



# تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک



شاپا چاپی: X ۶۱۱-۲۴۲۳  
شاپا الکترونیکی: ۴۶۰۳-۲۵۸۸

جلد ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

- ۲۰۳ تأثیر سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و برخی خصوصیات بیوشیمیایی سه رقم جو در رژیم های مختلف آبیاری  
مجتبی شعاع، فرهاد مهاجری، رحیم اوجی، علیرضا باقری
- ۲۲۳ اثر تنش خشکی بر صفات وابسته به کیفیت نانویی دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.)  
راحیل کلفام، خدیجه کیارستمی، تهمین لهراسبی، شبنم هسراک، خدیجه رضوی
- ۲۴۱ تأثیر تنش شوری و عناصر منگنز و آهن بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی زیره سیاه (*Carum carvi*) در شرایط زاهدان  
محمد رضا نقوی، زهرا عباس نژاد، ابوالفضل توسلی، مهدی دادمهر
- ۲۵۷ ارزیابی و انتخاب اکوتیپ های برتر زیره سبز با استفاده از صفات کمی و کیفی از طریق روش های آماری چندمتغیره در شرایط اقلیمی جیرفت  
سید محمد علوی سینی، حمید رضا فتایی
- ۲۷۷ سازگاری گندم دیم پاییزه به تغییر اقلیم در مناطق نیمه خشک و سرد با استفاده از تاریخ کاشت بهینه و آبیاری تکمیلی  
حامد عینی نرگسه، سجاد رحیمی مقدم، خسرو عزیزی، امین قرنجیک، سید رضا امیری
- ۲۹۵ تجزیه مسیر و تحلیل همبستگی عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ های سورگوم دانه ای (*Sorghum bicolor* L.) تحت شرایط تنش خشکی  
علی آذری نصرآباد، سید محسن موسوی نیک، محمد گلوی، علیرضا سیروس مهر، سید علیرضا بهشتی
- ۳۱۱ مقایسه عملکرد و برخی صفات های زراعی مرتبط با آن در بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.) و شیرازی (*Lallemantia royleana* L.) در کشت دیم پاییزه و بهاره  
نصراالله عباسی، سعیده ملکی فراهانی، مریم میردورقی
- ۳۲۵ اثر مصرف علف کش های پیش رویشی و پس رویشی و کود نیتروژن بر عملکرد باقلا و کنترل علف های هرز در دو منطقه دره شهر و ملکشاهی  
زاهد زینی وند، عباس ملکی، فرزاد بابایی، حشمت اله عزیزی، محمد میرزائی حیدری
- ۳۴۵ مقایسه اثر کلات های رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد و اجزاء آن در ذرت  
هایده ناصری زاده، محسن سعیدی، حمیدرضا چقازردی
- ۳۶۳ تعیین عوامل محدود کننده عملکرد سویا به روش تجزیه مقایسه کارکرد تحت شرایط تنش خشکی در انتهای فصل رشد  
علی باغبان امین، معصومه نعیمی، علی نخزری مقدم، علی راحمی کاریزکی

ادامه فهرست در پشت جلد .....



تأثیر زمان اولین آبیاری و کاربرد کودهای کلات و نانوی آهن و روی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران در کرمانشاه ۳۷۵

عبدالرضا زند، محمد گلوی، گودرز احمدوند، محمود رمودی

بررسی پاسخ عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه گوار در کشت مخلوط با چای ترش تحت سطوح مختلف نیتروژن ۳۸۹

محمدناصر مودودی، ابراهیم جهانگیر دهبرزویی، وحید شمس آبادی، زهرا شیرمحمدی، حسین نستری نصرآبادی، بهزاد فهمیده

# نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک

جلد ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

این نشریه که با همکاری انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران و انجمن علمی دانش کشاورزی گرمسیری ایران منتشر می گردد بر اساس آیین نامه نشریات علمی مصوب ۹۸/۰۲/۰۹ در ارزیابی سال ۱۴۰۳ موفق به کسب رتبه الف شده است و در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) نیز نمایه می شود.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه زابل

سردبیر: دکتر محمد رضا اصغری پور، استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل

مدیر مسئول: دکتر اسماعیل سیدآبادی، دانشیار گروه زراعت، دانشگاه زابل

## هیأت تحریریه:

دکتر سیدجلال طباطبائی، استاد گروه باغبانی، دانشگاه شاهد

دکتر ناصر مجنون حسینی، استاد گروه زراعت، دانشگاه تهران

دکتر محمدرضا شکیبا، استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز

دکتر سیدمحسن موسوی نیک، استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل

دکتر محمد صدقی، استاد گروه زراعت، دانشگاه اردبیل

دکتر خسرو عزیزی، استاد گروه زراعت، دانشگاه لرستان

دکتر عبدالعلی غفاری، دانشیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور

دکتر محمد رضا اصغری پور، استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل

دکتر بهنام کامکار، استاد گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر رضا صدرآبادی حقیقی، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

دکتر محمود رمرودی، استاد گروه زراعت دانشگاه زابل

دکتر مهدی دهمرده، دانشیار گروه زراعت دانشگاه زابل

## هیأت مشاوران بین المللی:

دکتر آریا دولت آبادیان، دانشگاه وسترن استرالیا، استرالیا

دکتر هاوارد چارلزلی، دانشگاه کالج هادلو، انگلستان

دکتر آمیت کساروانی، دانشگاه پانتناگار، هندوستان

دکتر شهزاد مقصود احمد بصرا، دانشگاه کشاورزی فیصل آباد، پاکستان

دکتر مراد تورج تورک، دانشگاه وان یوزونجی ییل، ترکیه

ویراستاران: دکتر اسماعیل سیدآبادی، دکتر عباس نصیری ده سرخی

صفحه آرا: فاطمه فتحی

نشانی: سیستان و بلوچستان، زابل، جاده بنجار، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، دفتر نشریات، کد پستی ۹۸۶۱۳۳۵۸۵۶

تلفن: ۳۱۲۳۲۱۰۲ (۰۵۴)، فاکس: ۳۱۲۳۲۱۰۰ (۰۵۴)

## راهنمای تهیه مقاله برای نشریه "تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک"

نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک از کلیه نویسندگان گرامی درخواست می‌نماید تا هنگام نگارش مقاله خود، کلیه موارد و نکات ذیل را مد نظر قرار دهند و رعایت نمایند. با توجه به اینکه نشریه در فرآیند نمایه‌سازی در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی قرار دارد، در صورت عدم نکات و شرایط مندرج در زیر، مقاله شما پیش از ارسال به داوری رد خواهد شد و تا زمانی که همه موارد زیر رعایت نشده باشند به درخواست شما ترتیب اثر داده نخواهد شد.

### چه مقالاتی را می‌توان ارسال نمود؟

**مقالات پژوهشی:** آن دسته از مقالاتی که شامل نتایج نوین از یک کار پژوهشی باشد را مقالات پژوهشی می‌خوانند. در این گونه از مقالات، نویسندگان باید پس از گردآوری داده‌های اصیل با روش‌های دقیق و معتبر پژوهشی و علمی به تحلیل یافته‌های خود بپردازند و نتایج یافته‌ها و مشاهدات علمی خود را ارائه نمایند.

**مقالات مروری:** آن دسته از مقالاتی که با دیدگاه مرور تخصصی ادبیات انتشار یافته علمی و پژوهشی روز دنیا در زمینه‌های مرتبط با موضوع نشریه باشند و توسط افراد متخصص و صاحب‌نظر در آن زمینه نگارش یافته باشند جزو مقالات مروری طبقه‌بندی می‌شوند و قابل ارسال برای داوری هستند.

### دستورالعمل و راهنمای تهیه مقاله

نگارش مقاله باید با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Word 2003 یا نسخه‌های بالاتر صورت بگیرد. تنظیمات صفحات مقاله باید در حالت صفحه A4 با ۲/۵ سانتی‌متر (یک اینچ) حاشیه به صورت تک‌ستونه باشد و متن مقاله با فاصله ۱/۱۵ بین خطوط نگارش شود.

کلیه متون مقاله باید با استفاده از فونت (B Nazanin) درج شوند. عنوان مقاله باید با سایز ۱۴ ضخیم و متن مقاله با سایز ۱۳ و ضخامت عادی درج شوند. عناوین اصلی مقاله مانند چکیده، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث و غیره با قلم ضخیم سایز ۱۳ درج شوند. عناوین جداول و اشکال با سایز ۹ پررنگ به صورت وسط چین و اطلاعات جداول با سایز ۹ ضخامت نرمال درج می‌گردند (در خصوص عنوان جداول و شکل‌ها، همچنین اطلاعات داخل آنها، سایز ۸ برای کلمات انگلیسی استفاده شود). نام‌های غیرفارسی در متن با فونت Times New Roman سایز ۱۱ درج می‌شوند.

### مشخصات مقاله و نویسندگان

عنوان مقاله، نام و نام‌خانوادگی نویسندگان، سمت نگارندگان مقاله به همراه مرتبه علمی آنان، نام دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی که نویسنده در آن اشتغال دارد به همراه آدرس ایمیل، نشانی پستی و تلفن نویسنده مسئول باید به دقت بر روی صفحه‌ای جداگانه به فارسی و انگلیسی درج گردند و به همراه برگه تعهدنامه امضاء شده اسکن و ارسال شود.

### مقاله به طور کلی باید شامل بخش‌های زیر باشد:

**عنوان:** باید کوتاه و شفاف باشد و موضوع مقاله را به خوبی مشخص سازد. حداکثر طول عنوان ۲۰ واژه است.

**چکیده:** باید به‌طور گویا و شفاف خلاصه‌ای از مقاله را به خواننده ارائه نماید و طول آن از ۲۵۰ واژه بیشتر نشود. بهتر است در جمله اول چکیده، ضرورت و اهداف انجام پژوهش درج گردد. در جمله دوم، مکان و زمان انجام پژوهش نوشته شود.

**واژه های کلیدی:** باید بین ۴ تا ۶ واژه که در دسته‌بندی موضوع مقاله کمک می‌نماید باشد. واژگان گزیده شده نباید در عنوان مقاله وجود داشته باشند و باید بر اساس حروف الفبا مرتب گردند.

**مقدمه:** بایستی علاوه بر تعریف موضوع مقاله و بیان کلیات پژوهش حاوی اطلاعات مربوط به اهمیت موضوع، پیشینه پژوهشی، فرضیه‌ها و هدف از اجرای تحقیق باشد. نام‌های علمی در متن مقاله و همچنین در بخش فهرست منابع، به صورت ایتالیک نوشته شوند. اصول سجاوندی یا نقطه‌گذاری و همچنین صفحه‌آرایی رعایت شود. قسمت‌های مختلف مقاله، پاراگراف-بندی شوند، به‌طور مثال در قسمت مقدمه به جای اینکه مطالب در یک پاراگراف طولانی آورده شوند بهتر است پاراگراف‌بندی موضوعی صورت گیرد.

در پاراگراف آخر بخش مقدمه، می‌بایست جنبه‌های نوآوری، ضرورت و اهداف انجام پژوهش به‌طور کامل شرح داده شود.

**مواد و روش‌ها:** بایستی به مشخصات منطقه آزمایش و کلیه مواد، روش‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در آزمایش به‌طور شفاف اشاره شود. در صورتی که یک روش از منبعی گرفته شده باشد، فقط به ذکر منبع اکتفا شود. نام دستگاه‌های مورد استفاده کاملاً ذکر شود. همچنین محل تهیه بذر، تاریخ کاشت و برداشت نیز نوشته شوند.

فرمول‌ها و روابط می‌بایست شماره‌گذاری شوند و شماره آنها در متن ذکر گردد. از به کار بردن اصطلاح‌هایی مانند "فرمول زیر" یا "رابطه زیر" خودداری شود.

**نتایج و بحث:** نتایج و بحث به صورت توأم نوشته شود. نتایج آزمایش می‌تواند بصورت جدول، شکل، عکس و غیره نشان داده شود ولی در هر حال بایستی از آرایه نتایج به‌صورت تکراری در دو شکل مجزا (برای مثال هم به‌صورت شکل و هم جدول) خودداری گردد. هر جدول از شماره، عنوان، سرستون و متن تشکیل می‌شود. عنوان جداول باید مختصر و گویا بوده، به‌نحوی-که نیازی به مراجعه به متن مقاله نباشد. عنوان جداول و اشکال به فارسی و انگلیسی تایپ شود. عنوان شکل در زیر آن درج گردد و عنوان جدول در بالای آن نوشته شود. هر جدول با یک خط افقی از شماره و عنوان متمایز می‌شود. همچنین سرستون با یک خط افقی از متن جدول جدا شده و در زیر متن جدول نیز یک خط افقی ترسیم می‌شود. جداول و اشکال مقاله باید به صورت دو زبانه تهیه شوند. یعنی باید عنوان جدول‌ها، عناوین ستون‌ها و ردیف‌ها در جداول، توضیح عکس‌ها، تصاویر و نمودارها به‌صورت فارسی و انگلیسی و اعداد جداول و اشکال به زبان انگلیسی آورده شوند. برای نوشتن معادل انگلیسی کلمات داخل جدول، نیازی به ایجاد ردیف جداگانه در جدول نمی‌باشد بلکه معادل انگلیسی باید زیر فارسی نوشته شود. سطر اول جدول که عناوین ستون‌ها را شامل می‌شود به‌صورت پررنگ (Bold) باشد.

واحدهای داخل جداول و شکل‌ها فقط باید به انگلیسی نوشته شوند و نیازی به نوشتن واحدها به فارسی نمی‌باشد. همچنین زیرنویس جداول و شکل‌ها نیز باید به صورت دوزبانه (فارسی و انگلیسی) تهیه شود. جداول باید از چپ به راست، تنظیم شوند. کادر اطراف شکل‌ها، حذف شوند.

جداول و اشکال می‌بایست در جای مناسب در داخل متن اصلی مقاله قرار داده شوند و به طور مناسب و هماهنگ شماره‌گذاری گردند. لازم است نویسندگان گرامی از ارسال جداول و نمودارها به صورت عکس خودداری نمایند. همچنین، کلیه تصاویر و مدارک آزمایشگاهی باید از کیفیت و وضوح قابل قبول برخوردار بوده و با رزولوشن ۳۰۰ پیکسل ذخیره شده و ارسال گردند.

**نتیجه گیری کلی:** این بخش به صورت مستقل از نتایج و بحث، در پاراگرافی جداگانه ذکر شود.

**سپاس‌گزاری:** در این بخش باید از همکاری‌های علمی، پژوهشی، مالی اشخاص حقیقی و حقوقی که در به انجام رسیدن پژوهش به شما کمک نموده‌اند سپاس‌گزاری نمایید.

**تعارض منافع:** در صورتی که بخشی از پژوهش شما به دیگر فعالیت‌های حرفه‌ای و اقتصادی یا مسئولیت‌های شما مرتبط می‌باشد باید این موارد را در این بخش اظهار نمایید. برای مثال چنانچه شما در شرکتی فعال هستید که محصولی را در زمینه زراعت یا کشاورزی تولید می‌نماید یا اگر اختراعی دارد که مرتبط با موضوع پژوهش شما می‌باشد باید در این بخش مسائل از این دست را اظهار نمایید. در غیر این صورت، می‌توانید از عبارت "نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد." استفاده کنید.

**منابع:** ارجاع به منبع در متن مقاله پس از ذکر یک مطلب غیر بدیهی که نیازمند استناد برای ارزیابی درستی آن است صورت می‌گیرد. منبع مورد نظر که برای بررسی درستی آن مطلب به آن ارجاع داده می‌شود، در پایان جمله و در داخل پرانتز با ذکر اسم نویسنده و سال آورده می‌شود (در صورتی که منبع فارسی است باید معادل انگلیسی نام نویسنده و سال میلادی ذکر گردد). از آوردن اسم نویسنده منبع در اول جمله خودداری نمایید.

نویسندگان محترم توجه داشته باشند در متن، "پرانتزهایی" که برای منابع به کار برده می‌شوند به "فارسی" باشند.

در خصوص منابع فارسی، توجه داشته باشید اسامی نویسندگان، عنوان مقاله و نام مجله به درستی به انگلیسی برگردانده شود. برای این منظور می‌توانید به سایت مجله مورد نظر رفته و در بخش انگلیسی سایت مجله، مشخصات مقاله مورد نظر خود را پیدا کنید. فهرست منابع به صورت انگلیسی و بر اساس حروف الفبا به شرح نمونه‌های زیر تنظیم شود. (لازم است تمام منابع فارسی مورد استفاده نیز به زبان انگلیسی نوشته شده و در پایان به شکل استاندارد (یعنی کامل، یکدست و در گروه) از عبارت [In Persian] استفاده شود. در ضمن در انتهای هر منبع آدرس doi و یا dor نیز ارائه گردد.

Arshadi, M., Parsa, M., Lakzian, A. and Kafi, M., 2021. Evaluation of root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under treatments of rhizobium, arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza on conditions of sterilized and non-sterile soil. *Crop Science Research in Arid Regions*, 2(2), pp.241-254. [In Persian]. doi: 10.22034/csrar.2021.268645.1080

Mahlooji, M. and Nasiri Dehsorkhi, A., 2021. Agrophysiological of barley genotypes responses to zinc fertilization and water saline irrigation. *Agriculture, Environment & Society*, 1(1), pp.19-25. doi: 10.22034/aes.2021.144192

Safaripour, M., 2022. Environmental impact assessment of corn, wheat and sunflower production using life cycle assessment methodology in Kermanshah province. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, University of Zabol [In Persian].

**چکیده انگلیسی:** در پایان مقاله و پس از اتمام بخش منابع در صفحه‌ای جداگانه عنوان و چکیده انگلیسی آورده شود. چکیده انگلیسی مقاله باید به صورت مبسوط (حداقل ۶۰۰ کلمه) و دارای تمام بخش‌های زیر به شکل تفکیک شده باشد.

1. Introduction
2. Materials and Methods
3. Results and Discussion
4. Conclusion
5. Keywords

واژه های کلیدی بر اساس حروف الفبا مرتب شوند و حرف اول کلمات به صورت حرف بزرگ باشد. تاریخ های به کار برده شده در چکیده انگلیسی، باید به میلادی درج گردند.

#### تعهدنامه

نویسندگان گرامی جهت چاپ مقالات خود در نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک بایست فرم تعهدنامه را تکمیل و پس از اخذ رضایت و امضای نویسندگان مقاله فایل اسکن شده آن را به دفتر نشریه ارسال نمایند. در صورتی که تعداد نویسندگان مقاله بیش از تعداد جداول در نظر گرفته بود، نویسندگان می‌توانند از صفحات مورد نیاز بیش از یک کپی تهیه نمایند و اطلاعات خود را به طور کامل و با دقت پر نمایند.

#### نکات مهم دیگر

- ✓ مسئولیت محتوای منتشر شده در یک مقاله تنها با نویسندگان آن مقاله می‌باشد.
- ✓ تمامی نگارندگان باید به منظور تایید اصالت محتوای مقاله و همچنین تعیین نویسنده مسئول برگ مشخصات مقاله را امضا نمایند.
- ✓ دانشجویان بایستی تایید استاد یا استادان راهنمای خود را ارسال نمایند. (در صورت عدم ارسال تعهدنامه، مقاله مورد بررسی قرار نمی‌گیرد).
- ✓ نویسنده مسئول باید حتماً ایمیل آکادمیک خود را درج نماید.
- ✓ هیات تحریریه از پذیرش مقالاتی که قبلاً در سایر نشریات چاپ شده و یا برای بررسی ارسال گردیده، معذور است.
- ✓ مقالاتی که بخشی از آن در کنگره‌ها، سمینارهای داخلی یا خارجی و سمپوزیوم‌ها ارایه و چاپ شده‌اند با ذکر این مطلب و در صورت عدم وجود موانع حقوق مؤلف (کپی رایت) از این قاعده مستثنی هستند.
- ✓ هیات تحریریه در رد، پذیرش یا ویرایش مقالات و همچنین تصمیم نهایی برای چاپ مقاله اختیار تام دارد.
- ✓ تمام مقالات باید با رعایت اخلاق در تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی و با توجه به بیانیه‌های مشخص در اخلاق پژوهش انجام شده باشد.
- ✓ به نویسندگان توصیه می‌شود تا پس از دریافت نظرات داوران، تغییرات و اصلاحات انجام شده را در نسخه اصلاحی با هایلایت کردن مطالب ویرایش شده مشخص نمایند. همچنین در برگه‌ای جداگانه ابهامات طرح شده توسط داوران را پاسخ دهند.
- ✓ حداقل نیمی از منابع ارجاع داده شده در مقاله مربوط به پژوهش‌های منتشر شده در ۱۰ سال اخیر باشند.
- ✓ تعداد مراجع ذکر شده در مقاله باید متناسب با نوع مقاله باشد. به طور متعارف مقالات پژوهشی بین ۱۰ تا ۳۰ ارجاع و مقالات مروری حداقل ۵۰ ارجاع دارند.



## تأثیر سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و برخی خصوصیات بیوشیمیایی سه رقم جو در رژیم های مختلف آبیاری

مجتبی شعاع<sup>۱</sup>، فرهاد مهاجری<sup>۲\*</sup>، محمدرحیم اوجی<sup>۲</sup>، علیرضا باقری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا، فسا، ایران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا، فسا، ایران

۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید، اقلید، ایران

\* مسئول مکاتبه: [fmohajeri1397@gmail.com](mailto:fmohajeri1397@gmail.com)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.414576.1372

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۷

### چکیده

به منظور بررسی محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در سه مرحله رشدی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و برخی پارامترهای بیوشیمیایی سه رقم جو در رژیم های مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلت پلات - فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار، در دو سال زراعی در شهرستان نیریز اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم های آبیاری در سه سطح یک، دو و چهار مرتبه آبیاری به عنوان عامل اصلی و عوامل فرعی شامل ارقام جو (ریحان، نصرت و خاتم) و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی مولار، در سه مرحله انتهای پنجه زنی، اواسط ساقه روی و ظهور پنجه درصدی برگ پرچم به همراه عدم تیمار مصرف بودند که به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب داده ها نشان داد یک و دو نوبت آبیاری در مقایسه با چهار نوبت آبیاری اثر منفی بر شاخص برداشت، رطوبت نسبی و مقادیر کلروفیل a و b در برگ ها داشت و پرولین برگ افزایش یافت. کمترین واکنش به کاهش دفعات آبیاری مربوط به وزن هزار دانه با ۲۲/۱ درصد کاهش بود. اسیدسالیسیلیک در شرایط کاهش دفعات آبیاری اثر معنی داری بر وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نداشت، اما موجب بهبود سایر صفات در هر سه رژیم آبیاری شد. میزان افزایش عملکرد توسط اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد در خاتم (۰/۹/۵)، ریحان (۰/۱۰/۷) و نصرت (۰/۱۰/۸) بود. در نهایت، اسیدسالیسیلیک، به ویژه هنگامی که در پایان پنجه زنی اعمال شد، با بهبود ویژگی های بیوشیمیایی، تحمل جو به خشکی را بهبود بخشید و عملکرد را افزایش داد.

**واژه های کلیدی:** پرولین، تنش خشکی، سطوح آبیاری، شاخص برداشت، هورمون های گیاهی

### مقدمه

سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ از سطح زیر کشت ۱/۶۶ میلیون هکتاری، ۳/۸۷ میلیون تن محصول برداشت شده است (Ahmadi et al., 2021).

غلات زمستانه در اکثر اقلیم های مدیترانه ای - از جمله جنوب ایران - که با بارش های زمستانی و تنش خشکی انتهایی شناخته می شوند (Carter et al., 2019) بیشتر در مراحل گرده افشانی، گل دهی و پر شدن دانه در بهار با کمبود آب مواجه هستند. خشکی با اثر بر تنظیم عملکرد پروتئین و ژن ها، موجب وقوع تغییرات مخرب مورفولوژیکی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مولکولی متعددی در گیاهان می گردد (Dubey et al., 2021) و از آنجا که خشک سالی در سرتاسر جهان جدی ترین محدودیت زیست محیطی تأثیرگذار بر تولید محصولات کشاورزی بوده (Bandurska, 2022) و طبق پیش بینی ها، سختی و شدت خشک سالی ها در آینده نزدیک افزایش نیز خواهد داشت

ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، از نظر میزان و پراکنش نامناسب نزولات آسمانی در بسیاری مناطق با چالش کم آبی مواجه است که با استفاده از ارقام مناسب منطقه و روش های متنوع آبیاری می توان از کاهش عملکرد گیاهان زراعی جلوگیری نمود (Naseri et al., 2016).

جو زراعی با سابقه ۱۰ هزار ساله، از محصولات پایه گذار کشاورزی جهان قدیم است (Badr et al., 2000) و از جمله مهمترین گیاهان زراعی است که سازگاری زیادی با تنوع گسترده ای از آب و هوا و محیط دارد، تا آنجا که به عنوان "محصول تغییر اقلیم" شناخته می شود و وفق پذیری آن با تنش های رطوبتی، جو را تبدیل به محصول منتخب زارعان در مناطق خشک نموده است (Bouhlal et al., 2021). جو از نظر سطح زیر کشت در ایران پس از گندم مقام دوم را دارد و در

افزایش کارآیی مصرف آب در این گیاه همراه بوده است (Ramezan *et al.*, 2009) و لذا چگونگی اعمال مدیریت کم آبیاری برای افزایش کارآیی مصرف آب و حفظ عملکرد اقتصادی امری ضروری بنظر می‌رسد و با توجه به عدم وجود منابع کافی پژوهشی در رابطه با اثر متقابل کم آبیاری و زمان کاربرد اسیدسالیسیلیک در ژنوتیپ‌های جو مورد بررسی در منطقه محل آزمایش، پژوهش حاضر برای پاسخ به نیاز زارعان به اجراء در آمده است.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات - فاکتوریل در قالب طرح پلایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای خصوصی واقع در شهرستان نیریز با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۳۲ متر از سطح دریا در سال‌های زراعی ۱۳۹۹ - ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ - ۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم‌های مختلف آبیاری در سه سطح یک مرحله آبیاری پس از کاشت، دو مرحله آبیاری و چهار مرحله آبیاری به عنوان عامل اصلی و سه رقم جو شش ردیفه (ریحان، نصرت و خاتم) رایج در منطقه محل آزمایش و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار در سه مرحله انتهایی دوره پنجه‌زنی، اواسط ساقه رفتن و ظهور پنجاه درصدی برگ پرچم به همراه تیمار عدم مصرف به عنوان عامل فرعی بودند که بصورت فاکتوریل در کرت اصلی خرد شدند.

خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی رسی بود (جدول ۱) و آب مورد استفاده برای آبیاری نیز دارای  $\text{pH} = 8/02$  و  $\text{dS.m}^{-1} = 0/204686$  بود. آمار ایستگاه هواشناسی شهرستان نیریز طی دو سال انجام آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. هر کرت آزمایشی شامل هشت ردیف با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع با ابعاد  $4/5 \times 1/6$  (۴/۵ متر طول و ۱/۶ متر عرض) بود. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمون خاک مقادیر ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (بصورت تقسیط سه مرحله‌ای قبل از کاشت، مرحله پنجه‌زنی و شروع ساقه رفتن)، ۶۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات در هکتار قبل از کاشت

(Dubey *et al.*, 2021)، لذا می‌باید علاوه بر اقدامات مرسوم مانند گزینش ارقام مقاوم به خشکی به دنبال راهکارهای سریع‌تری نیز بود و بنا به اظهار محققین یک رویکرد کمی متفاوت و غیر ژنتیکی برای بهبود تحمل محصول به خشکی، کاربرد برون‌زای متابولیت‌ها و هورمون‌های گیاهی است (Bandurska, 2022). هورمون اسیدسالیسیلیک که به عنوان یک مولکول سیگنال‌دهی شناخته می‌شود، با تنظیم بیان ژن‌ها و پروتئین‌های حیاتی در مسیر دفاع در مقابل تنش‌های زیستی و غیرزیستی در گیاهان نقش کلیدی دارد (Ding and Ding, 2020). در شرایط خشکی، اسیدسالیسیلیک از طریق تجمع املاح سازگار کننده، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (Malaga *et al.*, 2020) تولید کل قندها، فنولیک‌ها، اسیدهای آمینه آزاد، کلروفیل، کاروتنوئیدها (Dubey *et al.*, 2021) و حفظ نفوذپذیری غشا و القای پروتئین‌های استرس (al., 2021) و وضعیت آب گیاه و تحمل به تنش خشکی را در گندم

(khalvani *et al.*, 2021; Amin *et al.*, 2008) جو (El-Samad *et al.*, 2019; Abdelaal, 2020; Malaga *et al.*, 2020)، کلزا (Rehman and Khalil, 2018) و بسیاری دیگر از گیاهان بهبود می‌بخشد. یافتن راه کاری برای تولید اقتصادی جو با حداقل مصرف آب آن‌هم در شرایطی که کشور دچار خشک‌سالی‌های مستمر بوده و به شدت نیازمند علوفه برای تغلیف دام‌ها می‌باشد، ضرورتی انکار ناپذیر است و از آنجا که اثرات تنش خشکی به میزان و طول دوره آن، مرحله رشدی گیاه، ظرفیت ژنوتیپی گونه‌ها و بر همکنش عوامل محیطی بستگی دارد (Haddadin, 2015).

در این شرایط کم آبی، بهبود راندمان مصرف آب و صرفه‌جویی در حجم آب آبیاری در محصولات کشاورزی ضرورتی انکار ناپذیر است. کم آبیاری به عنوان راهکاری برای مدیریت آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک برای به حداکثر رساندن راندمان مصرف آب تعریف می‌شود که در آن به صورت هدفمند با اجازه دادن و پذیرش اندکی کاهش عملکرد، بدون ایجاد آسیب جدی به گیاه در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی می‌شود (Feres and Soriano, 2007) در تحقیقات انجام شده بر روی گیاه جو اگر چه اعمال تیمارهای کم آبیاری باعث کاهش عملکرد شد، ولی در تمامی موارد با

مصرف گردید. کشت به روش دستی و در عمق ۳ سانتی متری در تاریخ دهم آذر ماه انجام شد. اسیدسالیسیلیک مصرفی (۲- ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب) تولید شرکت مرک آلمان بود. اسید هیدروکسی بنزوئیک با جرم مولکولی ۱۳۸/۱۲ و چگالی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری

Table 1- The results of soil analysis at the experimental sites (soil depth 0–30 cm)

سال Year	هدایت الکتریکی Ec	اسیدیته pH	کربن آلی OC	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
	(dS.m <sup>-1</sup> )		(%)				(PPM)				(%)	(%)	
-2019۱۳۹۸	2.5	7.52	0.44	0.02	13.4	349	7.2	1.53	19.75	1.52	31.6	45.1	23.8
-2020۱۳۹۹	3	7.60	0.46	0.01	13.4	338	7.1	1.4	19.8	1.50	33	43.2	23.8

کردن بوته‌ها صورت گرفت. در این مرحله، صفات عملکرد بیولوژیک (وزن کل بخش هوایی برداشت شده هر واحد آزمایشی)، عملکرد دانه، شاخص برداشت (از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی محاسبه شد)، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه (با نمونه‌گیری تصادفی از عملکرد دانه در هر کرت و شمارش تعداد ۱۰۰۰ دانه در سه نوبت و توزین به آن‌ها) اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها بعد از انجام آزمون بارتلت و اثبات همگن بودن واریانس خطای آزمایش و با در نظر گرفتن سال به عنوان متغیر تصادفی انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس امید ریاضی منابع تغییر با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 به صورت مرکب و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد به جز اثر سه‌گانه آبیاری × رقم × استفاده از محلول پاشی در مراحل رشدی و اثر سال در آبیاری × رقم × و محلول پاشی در مراحل مختلف رشدی، سایر اثرات متقابل دو گانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد تعداد سنبله در سال اول آزمایش ۴/۰۴ درصد بیشتر از سال دوم بود (جدول ۴). در تطابق با این نتیجه، برخی محققین در مطالعه خود روی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش، تأثیر معنی‌داری را روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه مشاهده و کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر خشکی، را به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبله‌چه گزارش نموده‌اند (Dastfal et al., 2011).

## صفات مورد بررسی

برای اندازه‌گیری مقدار پرولین برگ پرچم همزمان با مرحله شروع پرشدن دانه (Pirasteh-Anoshe et al., 2017) نمونه برداری و استخراج پرولین صورت گرفت و با استفاده از رابطه ۱ بر حسب میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک بیان شد (Bates et al., 1973).

$$\text{Mmol/kgDW} = (\mu\text{mol prolin/lit}) \times 173 / \text{DW}(\text{mg}) \quad (1)$$

کلروفیل برگ پرچم در مرحله پرشدن دانه، استخراج و غلظت کلروفیل a و b آنها بر اساس روابط ۲ و ۳ بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید (Arnon, 1972).

$$a = 12.7(A_{663}) - 2.69(A_{645}) \times v/1000 \times w \quad (2)$$

$$b = 22.9(A_{645}) - 4.69(A_{663}) \times v/1000 \times w \quad (3)$$

وزن تر نمونه = w حجم نمونه استخراج شده = v

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ پرچم در اواسط دوره پرشدن دانه (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013) تعداد ۱۰ نمونه از هر واحد آزمایشی انتخاب و بلافاصله برگ‌ها به صورت کامل وزن شدند و وزن تر اولیه برگ‌ها (FW) ثبت گردید. به منظور تعیین وزن آماس، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب مقطر قرار داده شدند و پس از اندازه‌گیری وزن آماس (TW) به مدت ۴۸ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن خشک (DW) آن‌ها نیز اندازه‌گیری گردید و با استفاده از معادله شماره ۴ میزان RWC محاسبه شد (Hayat et al., 2005).

$$\text{RWC} = (\text{FW}-\text{DW}) / (\text{TW}-\text{DW}) \times 100 \quad (4)$$

برداشت نهایی جو در موقع رسیدگی کامل گیاه در دهه اول خرداد ماه از مساحت یک متر مربع در مرکز هر کرت با کف‌بر

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال

Table 2- Meteorological information of the place where the experiment was carried out during two years

	میزان بارندگی		میانگین دما		میانگین رطوبت نسبی	
	Precipitation		Mean temperature		Mean relative humidity	
	(mm)		(C°)		(%)	
	۱۳۹۸-۹۹	۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳۹۸-۹۹	۱۴۰۰-۱۳۹۹	۱۳۹۸-۹۹	۱۴۰۰-۱۳۹۹
	2019-20	2020-21	2019-20	2020-21	2019-20	2020-21
آذر Nov.	1.66	47	5.1	8.11	49	51
دی Dec.	6.59	5.3	8	4.7	50.5	28
بهمن Jan.	8.41	5.14	8.8	9.11	41	23
اسفند Feb.	2.13	5.17	14	15	28	33.5
فروردین Mar.	127	1.7	1.15	5.2	52	19
اردیبهشت Apr.	8.46	0	5.21	24	31.5	19.5
خرداد May.	1.2	0	5.28	9.29	16.5	8.5

ارقام از خود نشان داده است (جدول ۵).

تأثیر مثبت محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر تعداد دانه در سنبله در تیمار یک نوبت آبیاری نسبت به چهار نوبت آبیاری کمتر بود در تیمار بدون آبیاری تعداد دانه در سنبله در کلیه تیمارهای محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بدون اختلاف معنی دار در یک گروه آماری قرار گرفت. اظهار شده است که کاهش سطح جذب کننده اسیدسالیسیلیک (ریشه‌ها و اندام هوایی) باعث کاهش تأثیر این هورمون و در نتیجه کاهش تعداد دانه در سنبله می‌باشد (Hayat et al., 2010).

تیمارهای محلول پاشی در انتهای پنجه‌زنی و مرحله ظهور ۵۰ درصد ساقه در هر یک از تیمارهای آبیاری بدون اختلاف معنی دار آماری تأثیر مشابه بر تعداد دانه در سنبله داشت. بیشترین تعداد دانه در سنبله از تیمار برهم کنش چهار نوبت آبیاری و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه‌زنی به دست آمد (جدول ۶).

محلول پاشی در انتهای پنجه‌زنی در کلیه ارقام بیشترین تأثیر را بر تعداد دانه در سنبله داشته است. رقم ریحان بیشترین واکنش را به محلول پاشی اسیدسالیسیلیک نشان داده است.

به طور میانگین بیشترین تعداد دانه در سنبله از محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه‌زنی به دست آمد (۳۳/۰۱ عدد در سنبله). مطابق نتایج این آزمایش، گزارش‌هایی وجود دارد که غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله شده است (Pakar et al., 2015).

در نتایج برخی از پژوهش‌ها افزایش نسبت تسهیم مواد پرورده به سنبله‌های گندم را به دنبال کاربرد اسیدسالیسیلیک گزارش شده (Amin et al 2008) که در نتیجه آن تعداد دانه‌های تشکیل یافته بیشتر گردید. در پژوهشی که بر روی جو تیمار شده با اسیدسالیسیلیک و پرولین تحت تنش خشکی انجام شد مشخص شد این هورمون موجب بهبود صفت تعداد دانه در سنبله می‌گردد (Abdelaal et al., 2020) که با نتایج آزمایش حاضر تطابق دارد.

با توقف آبیاری پس از پنجه‌زنی تعداد دانه در سنبله نسبت به تیمار چهار نوبت آبیاری در ارقام خاتم، ریحان و نصرت به ترتیب ۳۶/۳۴، ۳۳/۵۵ و ۳۹/۲۲ درصد کاهش یافت که نشان داد رقم نصرت بیشترین واکنش به تنش خشکی را در بین این

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری، رقم و زمان محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه، تعداد دانه سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، رطوبت نسبی برگ، عملکرد زیستی، کلروفیل a, b و پرولین طی دو سال آزمایش

Table 3- Results of analysis of variance of the effect of levels irrigation, variety and time of salicylic acid foliar application on grain yield, number of grains spike, 1000- kernel weight, harvest index, relative water content (RWC), biological yield, chlorophyll a, b and proline of during two years of testing

منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی DF	رطوبت نسب برگ RWC	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	پرولین Proline	دانه در سنبله Grain in spike	وزن هزاردانه 1000-Kernel weight	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
سال Year	1	1219.18 **	0.1296 **	0.368 **	2.2735 **	91.00 **	0.19 ns	171760.6 **	8957260.2 **	735.86 **
تکرار × سال R/Y	4	0.20	0.0005	0.0003	0.0061	0.21	0.11	45.2	197.3	22.00
آبیاری Irrigation	2	9960.59 *	3.8834 *	1.8546 **	713.2713 **	3796.53 **	1348.65 **	10985868.3 **	452554228.7 **	19547.1 **
سال × آبیاری Y×I	2	468.01 **	0.2037 **	0.0093 **	0.4360 **	9.57 **	0.21 ns	28797.2 **	715622.3 **	548.42 **
تکرار × سال × آبیاری R×Y×I	8	0.18	0.0003	0.0001	0.0063	0.21	0.12	43.6	699.4	22.00
رقم Cultivar (C)	2	135.53 *	0.4526 ns	0.0228 ns	252.9313 **	161.28 *	123.07 *	122386.8 *	3180166.5 **	58.55 **
سال × رقم Y×C	2	1.47 **	0.0335 **	0.0038 **	0.2450 **	4.71 **	5.96 **	2496.8 **	401415.3 **	63.09 **
آبیاری × رقم Y×I	4	21.20 *	0.1008 *	0.1098 **	58.0469 **	29.67 **	15.01 **	30454.5 *	1068303.0 *	13.39 **
سال × آبیاری × رقم Y×I×C	4	2.68 **	0.0150 **	0.0033 **	0.2954 **	6.25 **	0.63 **	2097.0 **	151209.3 **	17.24 **
سالیسیلیک اسید SA	3	38.63 **	0.0182 ns	0.0072 **	6.1836 **	13.24 *	0.47 **	17474.2 **	1239667 **	24.32 **
سال × سالیسیلیک اسید SA×Y	3	0.39 **	0.0047 **	0.0002 ns	0.1745 **	0.81 **	0.72 **	213.0 *	7237 **	0.12 ns
آبیاری × سالیسیلیک اسید SA×I	6	3.90 **	0.0068 *	0.0005 ns	33.1210 **	0.42 ns	1.95 *	2726.3 **	241933 **	2.75 **
سال × آبیاری × سالیسیلیک اسید SA×I×Y	6	3.30 **	0.0013 **	0.0005 **	0.2861 **	0.41 *	0.45 *	267.6 **	5536 **	0.17 ns
رقم × سالیسیلیک اسید SA×C	6	1.69 ns	0.0027 ns	0.0004 *	2.1420 **	1.34 **	0.19 ns	168.2 ns	20706 **	1.42 **
سال × رقم × سالیسیلیک اسید SA×C×Y	6	3.19 **	0.0040 **	0.0001 ns	0.0767 **	0.38 *	0.40 **	314.9 **	2464 **	0.34 ns
آبیاری × رقم × سالیسیلیک اسید SA×C×I	12	2.42 **	0.0016 ns	0.0002 ns	3.0706 **	0.14 ns	0.18 ns	138.3 ns	5224 ns	0.68 *
سال × آبیاری × رقم × سالیسیلیک اسید SA×C×I×Y	12	0.51 **	0.0016 **	0.0004 **	0.2402 **	0.20 ns	0.28 **	354.5 **	2635 **	0.25 ns
خطا Error	132	0.08	0.0002	0.0001	0.0090	0.16	0.12	57.1	307.7	0.3
ضریب تغییر C.V.%		15.0	8.3	6.2	11.6	12.2	10.5	18.3	15.0	8.7

\*, \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری

\*, \*\* and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively

## وزن هزاردانه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد وزن هزاردانه تحت تأثیر سال و تغییر شرایط آن قرار نگرفته است (جدول ۵) با افزایش تعداد دفعات آبیاری وزن هزاردانه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (به ترتیب ۲۱/۶ و ۲۸/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمارهای دو و چهار نوبت آبیاری) (جدول ۵). فقدان آب درون‌سلولی و آسیب به فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی در گیاه از دلایل کاهش وزن هزاردانه می‌تواند باشد و از سوی دیگر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه موجب تسریع در رسیدن دانه و کاهش طول مدت انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه‌ها شده که این عامل به سبب تأثیر بر روابط منبع و مخزن منجر به لاغر شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزاردانه می‌شود (Ghabooli and Hosseini, 2021).

زمان محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک بر وزن هزاردانه تأثیر معنی‌دار نداشت. پیش از این برخی پژوهشگران در مطالعات خود دریافته‌اند که وزن هزاردانه در اثر تیمار با اسیدسالیسیلیک بدون تغییر می‌ماند که ناشی از رقیبیت بین تعداد پنجه و وزن هزاردانه برای دریافت مواد فتوسنتزی است (Sainio, 2001).

هرچند که در برخی از بررسی‌ها گزارش شده است که کاربرد اسیدسالیسیلیک باعث افزایش وزن دانه‌های گندم (Sharma *et al.*, 2017) و جو (Abdelaal *et al.*, 2020) می‌شود. چون وزن دانه به عنوان مهم‌ترین مقصد فیزیولوژیک در گیاهان زراعی در نظر گرفته می‌شود لذا افزایش وزن هزاردانه اثر مستقیم بر عملکرد دانه دارد، در این بررسی رقم نصرت از این نظر پتانسیل بیشتری برای ازدیاد عملکرد دانه دارد. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در شرایط یک آبیاری و دو مرحله آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت (جدول ۶). در تیمار چهار نوبت آبیاری محلول‌پاشی در انتهای پنجه‌زنی بیشترین وزن هزاردانه را داشت (۳۷/۸ گرم) که در مقایسه با تیمارهای محلول‌پاشی در مراحل ظهور ۵۰ درصد ساقه و انتهای ظهور برگ پرچم بدون اختلاف معنی‌دار بدون اختلاف معنی‌دار در بالاترین سطح در بین تیمارهای مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۶). در هر یک از ارقام مورد بررسی محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت (جدول ۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، تعداد دانه سنبله، وزن هزاردانه، رطوبت نسبی برگ، عملکرد زیستی، شاخص براشت، کلروفیل a, b و پرولین طی دو سال آزمایش

Table 4-Comparison of averages on grain yield, number of grains spike, 1000- kernel weight, relative water content (RWC), chlorophyll a, b and proline of during two years of testing harvest index, biological yield,

سال	رطوبت نسبی برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	شاخص برداشت
Year	RWC (%)	Chlorophyll a (mg g <sup>-1</sup> )	Chlorophyll b (mg g <sup>-1</sup> )	Proline (mg/g fw <sup>1</sup> )	Grain in spike	1000-Kernel weight (g)	Biological yield (kg h <sup>-1</sup> )	Grain yield (kg h <sup>-1</sup> )	Harvest index (%)
۱۳۹۸-۱۳۹۹	a 61.5	0.96 a	0.41 a	8.1 b	33.1 a	34.06 a	9389.9 a	3729.6 a	35.8 a
2019-20									
۱۳۹۹-۱۴۰۰	b 56.75	0.91 b	0.39 b	8.3 a	31.8 b	34.0 b	8825.9 b	3322.3 b	32.11 b
2020-21									

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

## عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دهنده اثر ساده و متقابل کلیه عوامل مورد بررسی بر عملکرد دانه جو بود (جدول ۳). عملکرد دانه در سال اول آزمایش (۹۹-۱۳۹۸)، ۶/۴ درصد بیشتر از سال دوم بود (جدول ۴). عوامل متغیر متعددی از جمله شرایط محیطی، تغذیه و بافت خاک بر روی تغییرات عملکرد

دانه در سال‌های مختلف تأثیر می‌گذارند. با توجه به کاهش این عوامل در طراحی و اجرای آزمایش، به نظر می‌رسد علت اصلی افزایش عملکرد در سال اول آزمایش مربوط به تغییرات شرایط آب و هوایی خصوصاً بارندگی بوده است. گیاه جو در شرایط تنش خشکی پس از گرده‌افشانی، بیشترین آسیب را در سرعت پر شدن دانه و در نتیجه آن کاهش

سه گانه محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه زنی بر روی رقم ریحان با چهار نوبت آبیاری (۶۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن از تیمار بدون محلول پاشی در رقم خاتم و بدون آبیاری (۶۲۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۵).

### عملکرد زیستی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دهنده تأثیر معنی دار اثر سال بر عملکرد زیستی گیاه زراعی بود. اثر ساده و متقابل کلیه عوامل مورد بررسی بر عملکرد ماده زیستی معنی دار بود (جدول ۳). عملکرد زیستی در سال اول مورد بررسی ۱۲/۲ درصد بیشتر از سال دوم آزمایش بود (جدول ۴) با توجه به شرایط مشابه تغذیه و خاک مزرعه آزمایشی به نظر می رسد متفاوت بودن عوامل جوی خصوصاً بارندگی عامل این افزایش عملکرد در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ باشد.

بر اساس مطالعات محققین تنش خشکی توان فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و این امر موجب کاهش تولیدات فتوسنتزی و در نهایت کاهش ماده خشک کل می گردد (Ghabooli, 2020; Abdelaal et al., 2021). در مطابقت با این بررسی ها افزایش تعداد دفعات آبیاری در آزمایش حاضر باعث افزایش معنی دار عملکرد ماده زیستی گیاه شد. بیشترین ماده خشک تولیدی در بین ارقام مورد بررسی متعلق به رقم ریحان با متوسط ۹۴۹۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار بود ارقام نصرت و خاتم پس از این تیمار بیشترین متوسط وزن عملکرد زیستی را در بین ارقام مورد بررسی داشتند (جدول ۵).

محلول پاشی اسیدسالیسیلیک باعث افزایش متوسط عملکرد زیستی نسبت به شاهد بدون محلول پاشی شد. محققین معتقدند که استفاده از اسیدسالیسیلیک، از طریق گسترش سیستم ریشه ای و حفظ سلامت آن ها، سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی می شود و در نتیجه با افزایش فتوسنتز در برگ ها نقش مثبتی در افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه ایفا می کند.

در شرایط کم آبی، اسیدسالیسیلیک از طریق تأثیر بر بیوسنتز اتیلن، پیری برگ ها را به تأخیر انداخته و از این طریق مدت زمان دوام سطح برگ را افزایش می دهد و به دنبال آن فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن افزایش می یابد در نتیجه موجب بهبود عملکرد بیولوژیک گیاه می شود (1997 Shakirova and Bezrukova). کاربرد اسیدسالیسیلیک پس

عملکرد دانه متحمل می شود (Poureira et al., 2019) و کاهش عملکرد بسته به شدت و زمان تنش خشکی می تواند در نتیجه محدودیت مبدأ (کاهش فتوسنتز، تسریع پیری و زوال برگ ها) یا محدودیت مقصد فیزیولوژیک (کاهش اندازه مقصد) باشد (Abbass et al., 2022). از میان سه رقم مورد بررسی عملکرد دانه در رقم ریحان از سایر ارقام بیشتر بود بر اساس نتایج پژوهشی دیگر گزینش ژنوتیپ ها بر اساس صفات روز تا رسیدگی و تعداد دانه در سنبله، به طور غیرمستقیم در هر دو شرایط آبیاری مناسب و تنش آخر فصل به گزینش ژنوتیپ های با عملکرد دانه بالا منتج می شود (Mohammadi, 2014).

محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه زنی، مرحله ظهور ساقه و انتهای ظهور برگ پرچم به ترتیب ۱۰/۴، ۸ و ۴/۲ درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد بدون محلول پاشی افزایش داد. اگرچه به طور کلی اسیدسالیسیلیک موجب افزایش عملکرد دانه می شود ولی این اثر مثبت به شدت با زمان محلول پاشی آن همبستگی داشت. نتایج آزمایشی بروی گندم نیز نشان داد که محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله پنجه زنی موجب افزایش عملکرد دانه گندم می گردد (Shoaa and Miri, 2012) و پژوهشگران دیگری نیز بیان نموده اند که کاربرد اسیدسالیسیلیک باعث افزایش عملکرد دانه می شود (Pakar et al., 2015).

افزایش تعداد دفعات آبیاری به چهار نوبت عملکرد دانه را در ارقام خاتم، ریحان و نصرت به ترتیب ۷/۹، ۸ و ۷/۲ برابر افزایش داد که نشان دهنده تحمل بیشتر رقم نصرت به تنش خشکی می باشد (جدول ۵). هر چند که تنش خشکی یکی از مهم ترین عامل هایی است که می تواند رشد و شاخص های فیزیولوژیکی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد با این حال واکنش گیاهان به تنش خشکی به عوامل متعددی از جمله ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (Bray, 1997). در کلیه تیمارهای آبیاری با محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه زنی بیشترین عملکرد دانه به دست آمد و بیشترین عملکرد در هر تیمار محلول پاشی متعلق به تیمار برهم کنش با تیمار چهار مرحله آبیاری بود (جدول ۵).

به عبارتی دیگر هیچ یک از تیمارهای محلول پاشی نتوانست کاهش عملکرد در اثر کاهش دور آبیاری را جبران نماید. بیشترین عملکرد دانه در بررسی حاضر از برهم کنش

از پایان پنجه‌زنی، مدت زمان کافی برای اعمال تأثیرات مثبت بر گیاه یا توانایی گیاه در پاسخ‌گویی به تأثیرات مثبت این ماده را نداشت، به طوری که در عملکرد دانه و بیولوژیک گیاه، تأثیر مثبت اسیدسالیسیلیک در مراحل بعد از انتهای پنجه‌زنی کاهش یافت هرچند که نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی باعث افزایش عملکرد دانه و زیستی گیاه شد.

جدول ۵- تأثیر برهم کنش تیمارهای مختلف آبیاری، زمان‌های مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و ارقام جو بر تعداد دانه سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت

Table 5- The interaction effect of different irrigation treatments, different times of salicylic acid foliar spraying and barley cultivars on the studied traits on number of grains spike, 1000- kernel weight, grain yield, biological yield, harvest index

آبیاری Irrigation	رقم Cultivar	زمان اعمال تیمار		وزن هزاردانه		عملکرد زیستی		عملکرد دانه		شاخص برداشت			
		Treatment	دانه در سنبله Grain in spike	1000-Kernel weight (g)	Biological yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Harvest index (%)						
I 3	ریحان Reihan	T <sub>1</sub>	38.10	c	35.03	hi	11191.6	g	4800	j	44.34	e	
		T <sub>2</sub>	38.90	b	35.50	h	11716.6	ef	5236	h	46.45	a	
		T <sub>3</sub>	38.80	b	35.19	h	11616.6	f	5179	h	45.66	b	
		T <sub>4</sub>	38.63	bc	35.23	h	11341.6	g	5063	i	45.14	bcd	
	نصرت Nosrat	T <sub>1</sub>	38.70	b	37.94	de	12733.3	c	5651	e	45.06	cd	
		T <sub>2</sub>	40.53	a	38.66	abc	13428.3	a	6246	a	46.75	a	
		T <sub>3</sub>	40.20	a	38.37	bcd	13073.3	b	6031	b	47.02	a	
		T <sub>4</sub>	39.13	b	38.28	cd	12861.6	bc	5808	d	45.59	bc	
	خاتم Khatam	T <sub>1</sub>	35.66	fgh	38.41	bcd	11871.6	e	5355	g	42.85	fg	
		T <sub>2</sub>	36.88	d	39.24	a	12650.0	c	5919	c	44.64	de	
		T <sub>3</sub>	36.70	d	38.98	ab	12293.3	d	5789	d	44.56	de	
		T <sub>4</sub>	36.06	ef	38.63	abc	12128.3	d	5535	f	44.56	de	
	I 2	ریحان Reihan	T <sub>1</sub>	35.83	fg	33.76	k	9730.0	o	3875	r	39.03	n
			T <sub>2</sub>	36.83	d	34.41	ijk	10146.6	lm	4281	o	41.17	kl
			T <sub>3</sub>	36.83	d	34.13	k	9976.6	mn	4260	o	41.40	jk
			T <sub>4</sub>	36.48	de	34.32	jk	9785.0	no	4145	pq	40.66	l
نصرت Nosrat		T <sub>1</sub>	34.00	ij	34.87	hij	10465.0	jk	4090	q	42.00	ij	
		T <sub>2</sub>	35.33	gh	35.25	h	10836.6	h	4569	l	42.86	fg	
		T <sub>3</sub>	35.16	h	35.44	h	10720.0	hi	4443	m	43.12	f	
		T <sub>4</sub>	33.83	j	35.09	h	10513.3	ij	4256	o	42.01	ij	
خاتم Khatam		T <sub>1</sub>	33.20	k	36.73	g	10266.6	kl	4158	p	39.78	m	
		T <sub>2</sub>	34.53	i	37.42	ef	10846.6	h	4657	k	42.16	hi	
		T <sub>3</sub>	34.26	ij	37.26	fg	10545.0	ij	4556	l	42.68	fgh	
		T <sub>4</sub>	33.93	j	36.92	fg	10365.0	jkl	4366	n	42.32	ghi	
I 1		ریحان Reihan	T <sub>1</sub>	24.20	o	28.85	mn	4596.6	q	625	v	14.88	r
			T <sub>2</sub>	24.76	n	28.34	n	4723.3	pq	665	uv	15.40	qr
			T <sub>3</sub>	24.60	no	28.48	n	4633.3	q	651	v	15.46	qr
			T <sub>4</sub>	24.76	n	28.55	n	4595.0	q	636	v	14.86	r
	نصرت Nosrat	T <sub>1</sub>	25.86	m	29.43	lm	4776.6	pq	719	tu	15.92	pq	
		T <sub>2</sub>	26.83	l	28.48	n	4885.0	p	764	st	16.55	o	
		T <sub>3</sub>	26.93	l	28.73	n	4801.6	pq	750	st	16.51	op	
		T <sub>4</sub>	25.73	m	29.68	l	4788.3	pq	721	tu	16.13	op	
	خاتم Khatam	T <sub>1</sub>	21.93	pq	30.02	l	4723.3	pq	761	st	13.46	S	
		T <sub>2</sub>	22.43	p	29.61	l	4810.0	pq	808	s	13.84	S	
		T <sub>3</sub>	22.10	pq	29.74	l	4736.6	pq	789	s	13.88	S	
		T <sub>4</sub>	21.83	q	30.05	l	4711.6	pq	769	st	13.71	S	

سطوح آبیاری: I<sub>1</sub> یک مرحله آبیاری، I<sub>2</sub> دو مرحله آبیاری و I<sub>3</sub> چهار مرحله آبیاری - زمان‌های محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید: T<sub>1</sub> شاهد (بدون کاربرد سالیسیلیک اسید)، T<sub>2</sub> در انتهای پنجه زنی، T<sub>3</sub> مرحله ظهور ۵۰٪ ساقه و T<sub>4</sub> انتهای ظهور برگ پرچم

Irrigation levels: I<sub>1</sub> one irrigation stage, I<sub>2</sub> two irrigation stages and I<sub>3</sub> four irrigation stages - different times of salicylic acid foliar spraying: In each column, the means with common letters do not have a statistically significant different. T<sub>1</sub> control (without the use of salicylic acid), T<sub>2</sub> tillering end, T<sub>3</sub> 50% emergence of stem and T<sub>4</sub> flag leaf emergence leaves

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference.

جدول ۶- تأثیر برهم کنش تیمارهای مختلف آبیاری، زمان های مختلف محلول پاشی اسید سالیسیلیک و ارقام جو بر ، کلروفیل a, b ، پرولین و رطوبت نسبی برگ

Table 6- The interaction effect of different irrigation treatments, different times of salicylic acid foliar spraying and barley cultivars on chlorophyll a, b, proline, relative water content (RWC)

آبیاری	رقم	زمان اعمال تیمار	رطوبت نسبی برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین				
Irrigation	Cultivar	Treatment time	RWC(%)	Chlorophyll a (mg g <sup>-1</sup> )	Chlorophyll b (mg g <sup>-1</sup> )	Proline (mg/g fw)				
I 3	ریحان Reihan	T <sub>1</sub>	66.36	f	0.91	l	0.50	fgh	4.11	qrs
		T <sub>2</sub>	69.07	bcd	0.96	jkl	0.51	dg	7.03	kl
		T <sub>3</sub>	68.46	de	0.95	jkl	0.50	dh	6.18	m
		T <sub>4</sub>	68.03	e	0.92	kl	0.50	eh	4.72	opq
	نصرت Nosrat	T <sub>1</sub>	70.57	a	1.01	ghi	0.48	h	3.01	u
		T <sub>2</sub>	69.91	ab	1.08	def	0.52	def	7.55	k
		T <sub>3</sub>	69.67	ab	1.09	cde	0.49	gh	4.96	op
		T <sub>4</sub>	69.16	bcd	1.06	efg	0.49	h	3.13	tu
	خاتم Khatam	T <sub>1</sub>	67.97	e	1.03	fgh	0.52	de	3.72	st
		T <sub>2</sub>	69.96	ab	1.14	bc	0.57	ab	4.44	pqr
		T <sub>3</sub>	69.40	bc	1.10	cde	0.55	bc	4.05	rs
		T <sub>4</sub>	68.50	cde	1.06	efg	0.53	cd	3.80	s
I 2	ریحان Reihan	T <sub>1</sub>	58.96	m	1.00	hij	0.56	ab	11.36	de
		T <sub>2</sub>	62.58	hij	0.97	ijk	0.58	a	8.20	j
		T <sub>3</sub>	61.74	jk	0.97	ijk	0.56	ab	9.40	fg
		T <sub>4</sub>	60.37	l	0.99	hij	0.55	bc	11.38	de
	نصرت Nosrat	T <sub>1</sub>	61.77	jk	1.12	bcd	0.39	l	12.48	c
		T <sub>2</sub>	65.83	f	1.17	ab	0.42	jk	8.97	ghi
		T <sub>3</sub>	64.62	g	1.16	ab	0.40	jkl	10.77	e
		T <sub>4</sub>	62.98	h	1.13	bc	0.40	kl	10.77	e
	خاتم Khatam	T <sub>1</sub>	61.60	k	1.20	a	0.40	jkl	6.91	l
		T <sub>2</sub>	63.18	h	1.15	ab	0.45	i	5.11	no
		T <sub>3</sub>	62.82	hi	1.15	ab	0.42	ij	5.59	mn
		T <sub>4</sub>	61.97	ijk	1.17	ab	0.42	jk	6.18	m
I 1	ریحان Reihan	T <sub>1</sub>	43.18	s	0.60	p	0.19	no	11.64	d
		T <sub>2</sub>	44.83	r	0.65	o	0.19	n	8.40	ij
		T <sub>3</sub>	43.87	s	0.62	op	0.18	no	9.96	f
		T <sub>4</sub>	43.14	s	0.61	op	0.17	o	10.95	e
	نصرت Nosrat	T <sub>1</sub>	46.32	q	0.76	n	0.25	m	15.08	a
		T <sub>2</sub>	46.90	pq	0.82	m	0.27	m	12.79	c
		T <sub>3</sub>	46.83	pq	0.82	m	0.27	m	14.08	b
		T <sub>4</sub>	46.29	q	0.76	n	0.26	m	14.00	b
	خاتم Khatam	T <sub>1</sub>	47.33	op	0.60	p	0.19	no	9.11	gh
		T <sub>2</sub>	48.69	n	0.64	op	0.20	n	7.46	kl
		T <sub>3</sub>	48.20	no	0.61	op	0.19	no	8.45	ij
		T <sub>4</sub>	47.37	op	0.59	p	0.19	no	8.68	hij

سطوح آبیاری: I<sub>1</sub> یک مرحله آبیاری، I<sub>2</sub> دو مرحله آبیاری و I<sub>3</sub> چهار مرحله آبیاری - زمان های محلول پاشی سالیسیلیک اسید: T<sub>1</sub> شاهد(بدون کاربرد سالیسیلیک اسید) ، T<sub>2</sub> در انتهای پنجه زنی، T<sub>3</sub> مرحله ظهور ۵۰٪ ساقه و T<sub>4</sub> انتهای ظهور برگ پرچم

Irrigation levels: I<sub>1</sub> one irrigation stage, I<sub>2</sub> two irrigation stages and I<sub>3</sub> four irrigation stages - different times of salicylic acid foliar spraying: In each column, the means with common letters do not have a statistically significant different. T<sub>1</sub> control (without the use of salicylic acid), T<sub>2</sub> tillering end, T<sub>3</sub> 50% emergence of stem and T<sub>4</sub> flag leaf emergence leaves

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی داری ندارند.

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference.

کاهش یافت و وزن ماده خشک در ارقام خاتم، ریحان و نصرت در تیمار بدون آبیاری نسبت به شرایط حداقل تنش (چهار نوبت آبیاری) به ترتیب ۵۹/۶، ۶۳/۱ و ۶۱/۲ درصد کاهش یافت که

در تمام شرایط آبیاری عملکرد زیستی در رقم ریحان بیشترین و در رقم خاتم از سایر تیمارها کمتر بود. عملکرد زیستی در کلیه ارقام مورد بررسی با کاهش تعداد دفعات آبیاری

شاخص برداشت را داشتند اما در تیمار دو مرحله آبیاری، بیشترین میزان شاخص برداشت متعلق به تیمار محلول پاشی مرحله ظهور ۵۰ درصد ساقه بود. در تیمار چهار مرحله آبیاری، محلول پاشی در انتهای پنجه‌زنی و ظهور ۵۰ درصد ساقه اختلاف معنی داری در شاخص برداشت ایجاد نکرد. بررسی واکنش شاخص برداشت در ارقام مورد مطالعه بیانگر حصول بیشترین شاخص برداشت از محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه‌زنی و ظهور ۵۰ درصد ساقه در رقم نصرت بود. در رقم خاتم، محلول پاشی اسیدسالیسیلیک شاخص برداشت را نسبت به تیمار بدون محلول پاشی افزایش داد اما زمان محلول پاشی تغییر معنی داری در شاخص برداشت ایجاد نکرد. در رقم ریحان، اختلاف محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه‌زنی و ظهور ۵۰ درصد ساقه معنی دار نبود (جدول ۵).

برخی از محققین بیان کردند که صفت شاخص برداشت توسط عوامل ژنی و محیطی کنترل می‌گردد، اما نقش عوامل ژنی در کنترل این صفت بیشتر بوده و از آنجاکه شاخص برداشت بیانگر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن می‌باشد (Zecevic and Knezevic, 2005) و گیاهان با شاخص برداشت بالا، قادرند کربوهیدرات بیشتری را از اندام‌های سبز به دانه‌ها منتقل کنند و به همین دلیل عملکرد بالایی را از خود نشان دهند. بین عملکرد دانه و وضعیت آبی گیاه و شاخص برداشت رابطه وجود دارد و ژنوتیپ‌هایی که بتوانند وضعیت آبی بالاتر و سرعت ترقق بیشتری در طول پر شدن دانه داشته باشند، به‌طور کارآمدتری ماده خشک را به دانه رسانده و عملکرد بهتری نشان می‌دهند (Merah, 2001).

### رطوبت نسبی برگ پرچم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دهنده اثر ساده و متقابل کلیه عوامل مورد بررسی بر رطوبت نسبی برگ پرچم بود (جدول ۳) با افزایش تعداد دفعات آبیاری رطوبت نسبی برگ پرچم به طور معنی دار افزایش یافت (جدول ۶). این نتایج در تطابق با نتایج تحقیقات دیگری مبنی بر کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی می‌باشد (Jiang and Huang, 2002) و نیز محققین دیگری نیز گزارش داده‌اند که رطوبت نسبی برگ در جو با آبیاری نرمال از همه بالاتر و در تنش از

نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم خاتم به تنش خشکی می‌باشد (جدول ۵). در برهم‌کنش سه گانه آبیاری، رقم و زمان محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بیشترین عملکرد زیستی متعلق به محلول پاشی در انتهای پنجه‌زنی رقم ریحان در چهار نوبت آبیاری بود (۱۳۴۲۸/۳ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۵).

### شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده معنی دار بودن اثر مستقل سال و اثر متقابل آن با اثر مستقل آبیاری و رقم و اثر دو گانه آبیاری و رقم در سطح یک درصد بودند. اثر متقابل سال با اثر مستقل اسیدسالیسیلیک معنی دار نبود (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت از سال اول آزمایش با متوسط ۳۵/۸ درصد به دست آمد (جدول ۴)، که میزان بارندگی در سال اول عامل این افزایش بوده است. افزایش تعداد دفعات آبیاری باعث افزایش شاخص برداشت شد. بالاترین میزان شاخص برداشت در بررسی حاضر، از تیمار چهار مرحله آبیاری به دست آمد (جدول ۵). صفات مرتبط با افزایش دسترسی به آب در طول پر شدن دانه، یا تغییر در مدت زمان کشت با شاخص برداشت بیشتر و عملکرد دانه مرتبط است (Carter et al., 2019). کاهش شاخص برداشت در اثر تنش کمبود آب را می‌توان به کاهش عملکرد دانه نسبت داد و دلیل کاهش عملکرد دانه را کاهش سطح برگ و عملکرد زیستی برشمرد.

میزان شاخص برداشت در تیمارهای محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله انتهای پنجه‌زنی و ظهور پنجاه درصد ساقه در بالاترین گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). سایر بررسی‌ها نیز نشان دهنده افزایش بیشتر عملکرد دانه نسبت به ماده خشک گیاهی در اثر مصرف اسیدسالیسیلیک می‌باشند که نهایتاً منجر به افزایش شاخص برداشت می‌شود (Abdi et al., 2022). محققین گزارش نمودند که مصرف اسیدسالیسیلیک در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش ملایم، شاخص برداشت را کاهش ولی در شرایط آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، شاخص برداشت را افزایش داد که با نتایج تحقیق حاضر، مطابقت ندارد (Jiraiie et al., 2009). شاخص برداشت در هر تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک، با افزایش میزان آبیاری افزایش یافت. مصرف اسیدسالیسیلیک در شرایط بدون آبیاری در ظهور ۵۰ درصد ساقه و انتهای پنجه‌زنی، بالاترین درصد

۲/۸ درصد افزایش داد؛ که نشان دهنده بهترین واکنش به محلول پاشی در رقم خاتم می باشد (جدول ۶). بالاترین رطوبت نسبی برگ پرچم از برهم کنش سه گانه محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه زنی در چهار نوبت آبیاری در رقم ریحان با متوسط ۷۰/۵۷ درصد به دست آمد. محلول پاشی در رقم خاتم در انتهای پنجه زنی و عدم محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در همین رقم بدون آبیاری کمترین رطوبت نسبی برگ را در بین تیمارهای مورد بررسی داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در هیچ یک از ارقام مورد بررسی نتوانست جبران کاهش رطوبت نسبی برگ پرچم در اثر تنش را نماید (جدول ۶). به نظر می رسد اسیدسالیسیلیک از طریق تجمع اسمولیت ها در داخل سلول، بالا بردن نسبت ریشه به ساقه، تحریک تولید اسیدآبسیزیک و کاهش هدایت روزنه ای، رطوبت نسبی گیاه را در شرایط تنش خشکی بهبود می بخشد (kadioglu *et al.*, 2011).

#### محتوای کلروفیل a و b برگ پرچم

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان دهنده اثر معنی دار کلیه عوامل ساده مورد بررسی بر روی کلروفیل a و b اندازه گیری شده بود. اثرات متقابل و سه گانه بر کلروفیل a و b در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a از تیمارهای دو و چهار نوبت آبیاری به دست آمد با افزایش سطح تنش حاصل از کاهش دفعات آبیاری میزان شاخص کاهش یافت در بالاترین سطح تنش (تیمار بدون آبیاری) میزان کلروفیل a نسبت به چهار نوبت آبیاری ۳۴/۳ درصد کاهش یافت. روند تغییرات کلروفیل b نیز نشان دهنده تأثیر کاهنده تنش خشکی به میزان ۵۸/۰۲ درصد بر این شاخص در تیمار بدون آبیاری نسبت به ۴ نوبت آبیاری بود (جدول ۶) بیشترین غلظت کلروفیل a و b متعلق به تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه زنی بود. با محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در این مرحله از رشد گیاه غلظت کلروفیل a (۴/۳ درصد) و b (۶/۳ درصد) در گیاه شد. اثر مثبت اسیدسالیسیلیک در افزایش محتوای کلروفیل a در جو شده است. این اثر می تواند به نقاشی اسیدسالیسیلیک در افزایش سبزمانی گیاه و جلوگیری از

همه کمتر بود (Abdelaal *et al.*, 2020). در بین ارقام مورد بررسی محتوای نسبی آب برگ پرچم در رقم ریحان نسبت به سایر ارقام برتری داشت (۶۰/۰۷ درصد). پس از این رقم بیشترین محتوای نسبی آب برگ در ارقام نصرت (۵۹/۵۵ درصد) و خاتم (۵۷/۵۵ درصد) ثبت شد (جدول ۶).

علت کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ را می توان به دلیل کاهش جذب آب از ریشه ها در شرایط خشک تفسیر نمود به علاوه کاهش در محتوای نسبی آب در گیاهان تحت تنش هایی نظیر خشکی و شوری، ممکن است به دلیل از دست رفتن فشار تورگر (تورژسانس) که در نتیجه محدود شدن دسترسی آب برای سلول است باشد (Colom and Vazzana, 2003; El-Khalla *et al.*, 2005).

محتوای نسبی آب برگ با محلول پاشی اسیدسالیسیلیک به طور معنی دار افزایش یافت. این افزایش در انتهای پنجه زنی ۳/۲ درصد، ظهور ۵۰ درصد ساقه ۲/۲ درصد و در انتهای ظهور برگ پرچم ۰/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون محلول پاشی بود (جدول ۶).

گزارش های دیگری هم وجود دارد که نشان می دهد تیمار گندم با اسیدسالیسیلیک میزان محتوای رطوبت نسبی برگ را افزایش می دهد (Agarwal *et al.*, 2005).

در شرایط بدون آبیاری بیشترین محتوای رطوبت نسبی آب برگ متعلق به رقم نصرت بود (۴۶/۵۹ درصد)، اما با افزایش دفعات آبیاری در دو و چهار نوبت بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ پرچم به رقم ریحان اختصاص داشت. میزان رطوبت نسبی با کاهش دفعات آبیاری کاهش یافت. این میزان کاهش در تیمار شاهد نسبت به چهار نوبت آبیاری به ترتیب برای ارقام خاتم، ریحان و نصرت، ۳۵/۶، ۳۳/۳ و ۳۰/۵ درصد بود. این نتایج نشان دهنده بیشترین حساسیت به تنش خشکی در رقم خاتم نسبت به سایر ارقام مورد بررسی می باشد (جدول ۶).

برهم کنش ارقام مورد بررسی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک حاکی از بیشترین رطوبت نسبی برگ در محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه زنی کلیه ارقام بود بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ پرچم از تیمار محلول پاشی در انتهای پنجه زنی در رقم ریحان به دست آمد. محلول پاشی در این مرحله رشدی نسبت به شاهد بدون محلول پاشی در ارقام خاتم، ریحان و نصرت به ترتیب رطوبت نسبی را ۴/۷، ۲/۲ و

پرویلین در رقم ریحان که نشان دهنده تحمل بیشتر این رقم به تنش خشکی می‌باشد (جدول ۶).

محقق‌ی گزارش نموده که میزان پرویلین در برگ‌های جو تحت تنش دو برابر افزایش داشت که نشان‌دهنده مقاومت به کم‌آبی است و ارقام مقاوم میزان پرویلین بیشتری داشتند (EI- Tayeb, 2005).

هرچند که رقم نصرت دارای سطح کلروفیل بالاتری نسبت به رقم خاتم بود اما غلظت پرویلین در رقم خاتم نسبت به این رقم افزایش یافت. به نظر می‌رسد سازوکار تحمل به تنش خشکی در رقم خاتم به واسطه افزایش غلظت پرویلین بوده و دلیل متحمل بودن به تنش خشکی در رقم نصرت به واسطه حفظ غلظت کلروفیل این رقم تحت شرایط کم‌آبی و در نتیجه حفظ سطح فتوسنتز مورد نیاز گیاه باشد.

محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در کلیه مراحل رشد باعث کاهش غلظت پرویلین نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی شد. محلول‌پاشی در مراحل انتهایی پنجه‌زنی، ظهور ۵۰ درصد ساقه و ظهور برگ پرچم به ترتیب ۳۸/۵، ۲۴/۹ و ۱۳/۲ درصد غلظت پرویلین را افزایش داد (جدول ۶). و نتایج پژوهشی در جو نشان داد که استرس خشکی در برگ میزان پرویلین را ۱۲۶ درصد افزایش داد اما محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در حالت تنش خشکی موجب تعدیل این افزایش تجمع گردید و میزان پرویلین در شرایط نرمال ۲۳ درصد بود (Zulfiqar et al., 2021).

در کلیه تیمارهای آبیاری محلول‌پاشی در انتهایی پنجه‌زنی به‌طور معنی‌دار باعث افزایش میزان پرویلین نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی شد و کمترین میزان غلظت پرویلین در تمامی شرایط آبیاری برای تیمار عدم محلول‌پاشی به دست آمد. در هر یک از مراحل محلول‌پاشی بیشترین غلظت پرویلین مربوط به رقم ریحان بود. واکنش ارقام مورد بررسی به محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در رابطه با تجمع پرویلین در گیاه متفاوت بود. در رقم ریحان با تأخیر در زمان محلول‌پاشی غلظت پرویلین کاهش یافت، اما این روند برای ارقام خاتم و نصرت افزایشی بود.

در نتایج مطالعه‌ای گزارش شده که تحت شرایط تنش خشکی سالیسیلیک‌اسید با القاء آنزیم سنتزکننده پرویلین و مهار آنزیم سنتزکننده اتیلن آمینوسیکلوپروپان کربوکسیلیک اسید ACC سنتتاز باعث افزایش تولید پرویلین در خردل می‌شود

تخریب کلروپلاست ها نسبت داده شود ( - Pirasteh Anosheh, 2017).

بیشترین میزان کلروفیل a در رقم ریحان و بیشترین میزان کلروفیل b در رقم خاتم اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل b در ارقام ریحان و نصرت بدون اختلاف معنی‌دار آماری در یک گروه قرار گرفت (جدول ۶). در برهم‌کنش ارقام و تعداد دفعات آبیاری بیشترین میزان کلروفیل a از اثر متقابل تیمار دو نوبت آبیاری و ارقام ریحان و نصرت به دست آمد. در هر یک تیمارهای دو و چهار نوبت آبیاری میزان کلروفیل a در این دو رقم اختلاف معنی‌دار نداشت. بیشترین میزان کلروفیل b از رقم خاتم در شرایط دو نوبت آبیاری با متوسط ۰/۵۷ میکروگرم بر گرم به دست آمد (جدول ۷). به نظر می‌رسد کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول مربوط می‌شود. این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و تجزیه می‌شوند و با کاهش کلروفیل، تغییرات قابل توجهی در گیاهان ایجاد می‌کنند (Moeini et al., 2022).

### محتوای پرویلین برگ پرچم

غلظت پرویلین در گیاه تحت تأثیر اثرات ساده سال و عوامل مورد بررسی و هم‌چنین اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

غلظت پرویلین در سال اول آزمایش به‌طور معنی‌دار نسبت به سال دوم کمتر بود. پرویلین در همه لندام‌های گیاه در طی تنش خشکی تجمع می‌یابد ولی سریع‌ترین انباشت را در برگ‌ها دارد (Fahmideh et al., 2021) افزایش غلظت پرویلین در تنش خشکی ممکن است نشان‌دهنده نقش احتمالی این اسیدآمینو در تنظیم اسمزی باشد (Podlesakova, 2019) و به عبارت دیگر در شرایط استرس، برخی از اسمولیت‌ها از جمله پرویلین، گلیسین بتائین، قندهای محلول و اسپرمین در داخل سلول‌های گیاهی تجمع می‌کنند تا پتانسیل اسمزی سلول را حفظ کنند (Dubey et al., 2021).

نتایج نشان داد با افزایش سطح تنش و کاهش تعداد نوبت آبیاری غلظت پرویلین افزایش یافت. در پژوهشی بر روی ارقام جو مشخص شد که جوهای تحت تنش خشکی میزان افزایش تجمع پرویلین در اندام هوایی نسبت به ریشه با افزایش بیش از ۳۰ درصد داشت (Frimpong et al., 2021). بیشترین غلظت

(Nazar et al., 2015) که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی شود. عملکرد زیستی و شاخص برداشت عوامل بسیار مهم و تأثیرگذاری بر عملکرد دانه بودند و از آنها می‌توان به عنوان صفات اصلی برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش خشکی استفاده کرد. گرچه به طور کلی اسیدسالیسیلیک موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود ولی این اثر مثبت به شدت با زمان محلول‌پاشی آن همبستگی داشت. و در شرایط آب و هوایی مشابه محل آزمایش و بویژه در شرایط خشک‌سالی رقم ریحان قابل توصیه به کشاورزان می‌باشد.

### تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی (یک دور آبیاری) به طور قابل توجهی باعث کاهش رشد گیاه، عملکرد، رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب و شاخص برداشت شد. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در انتهای پنجه‌زنی کلیه شاخص‌های مربوط به عملکرد را نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی افزایش داد. که می‌توان آن را به افزایش شاخص سطح برگ در کلیه مراحل رشد نسبت داد. اما محلول‌پاشی این هورمون در شرایط یک آبیاری و دو مرحله آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت و در هیچ یک از ارقام مورد بررسی و در هیچ مرحله رشدی نتوانست باعث جبران کاهش

### References

- Abbass, K., Qasim, M.Z. and Song, H., 2022. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, pp.42539–42559. doi: 10.1007/s11356-022-19718-6
- Abdelaal, K.A.A., Kot b, A., Salman, F., Alamery, M.M., El-Afry, A. I., Ghazy, D.S., Al-Doss, A.A., El-Sayed, E., El-Shawy, A., Abu-Elsaoud, M. and Hafez, Y.M., 2020. Exogenous application of proline and salicylic acid can mitigate the injurious impacts of drought stress on barley plants associated with physiological and histological characters. *Sustainability*, 12(5), pp.1736. doi: 10.3390/su12051736
- Abd El-Samad, H.M.A., Shaddad, M.A.K. and Ragaey, M.M., 2019. Drought strategy tolerance of four barley cultivars and combined effect with salicylic acid application. *American Journal of Plant Sciences*, 10, pp.512-535.
- Abdi, N., Van Biljon, A., Steyn, C. and Labuschagne, M.T., 2022. Salicylic acid Improves growth and physiological attributes and salt tolerance differentially in two bread wheat cultivars. *Plants*, 11(14), pp.1853-1865. doi: 10.3390/plants11141853
- Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava, G.C. and Meena, R.C., 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plant*, 49(4), pp.541-550.
- Ahmadi, K., Abadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammad Nia Afrozi, SH., Esfandiaripur, E. and AbbasTaghani, R., 2021. Agricultural statistics for the crop year 2018-2019, volume one: crops . Ministry of Agricultural Jihad, Vice President of Planning and Economy. *Information and Communication Technology Center*, 97 pages. [In Persian].
- Ahmadi Lahijani, M.J. and Emam, Y., 2013. Response of Wheat Genotypes to Terminal Drought Stress Using Physiological Indices. *Journal of Crop Production and Processing*, 9, pp.163-176. [In Persian]

- Amin, A.A., Rashad, E.M.S. and Gharib, F.A.E., 2008. Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 2, pp.252-261.
- Ashraf, M.A., Ashraf, M. and Qasim, A., 2010. Response of tow genetically diverse wheat cultivars to salt stress at differnt growth stages: leaf lipid peroxidation and phenolic contents. *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), pp.559-565.
- Badr, A., Muller, K., Schafer, P., Rabey, EL.H., Effgen, S., Ibrahim, H.H., Pozzi, C., Rohde, W. and Salamini, F., 2000. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 17(4), pp.499–510.
- Bandurska, H., 2022. Drought stress responses: coping strategy and resistance. *Plants*, 11(7), pp.922.
- Bates, I.S., Waldern, R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39, pp.205-207.
- Bouhlal, O., Affricot, J.R., Puglisi, D., El-Baouchi, A., El Otmani, F., Kandil, M., Hafidi, A.L., Keser, M., Sanchez-Garcia, M. and Visioni, A., 2021. Malting quality of ICARDA Elite winter barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm grown in moroccan middle atlas *Journal of The American Society of Brewing Chemists*, pp.1-12. doi: 10.1080/03610470.2021.1978036
- Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*, 2, pp.48-54.
- Carter, A., Hawes, M. and Ottman, M.J., 2019. Drought-tolerant barley: I. field observations of growth and development. *Agronomy*, 9(221), pp.1-19. doi: 10.3390/agronomy9050221
- Colom, M.R. and Vazzana, C., 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought- resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Environment and Experimental Botany*, 49, pp.135-144.
- Dastfal, M.V., Barati, Y., Emam, Y., Haghghatnia, H. and Ramazanpour, M., 2011. Evaluation of grain yield and Its components in wheat genotypes under terminal drought stress conditions in darab region. *Seed and Plant Production Journal*, 27(2), pp.195-217. [In Persian].
- Ding, P. and Ding, Y., 2020. Stories of salicylic acid: a plant defense hormone. *Trends Plant Sci*, 25, pp.549–565. doi: 10.1016/j.tplants.2020.01.004
- Dubey, A., Kumar, A., Malla, M.A., Chowdhary, K., Singh, G., Gudasalamani, R., Satyawati, S., Santamaria, Z.S., Menéndez, E. and Dames, J.F., 2021. Approaches for the amelioration of adverse effects of drought stress on crop plants. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 26(10), pp.928-947. doi: 10.52586/4998
- El-Khallal, S.M., Hathout, T.A.A., El-Raheim, A., Ashou, A. and Kerrit, A.A., 2005. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical an activities and productivity of maize plants growth under salt stress. *Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5, pp.380–390.
- El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul*, 45, pp.215–224.
- Fahmideh, L., Mazarie, A., Madadi, Sh. and Pahlevan, P., 2021. Comparison between of photosynthetic Pigments, osmotic regulators and antioxidant enzymes of nimroz and nomar barley cultivars of sistan region under

- drought stress. *Journal of Crop Breeding*; 13(37), pp.51-62. [In Persian]. doi: 10.52547/jcb.13.37.51
- Fereres, E., Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use, *Journal of Experimental Botany*, 58, pp.147–159. doi.org/10.1093/jxb/erl165
- Frimpong, F., Anokye, M., Windt, C.W., Naz, A.A., Frei, M., Dusschoten, D.V. and Fiorani, F., 2021. Proline-mediated drought tolerance in the barley (*Hordeum vulgare* L.) isogenic line is associated with lateral root growth at the early seedling stage. *Plants*, pp.1-21. doi: 10.3390/plants10102177
- Ghabooli, M. and Hosseini, A., 2021. Piriformospora indica promotes some morphophysiological traits, yield and ion homeostasis of barley (*Hordeum Vulgare* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 13(1), pp. 1-18. [In Persian]. doi: 10.22108/ijpb.2021.123339.1219
- Haddadin, M., 2015. Assessment of drought tolerant barley varieties under water stress. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 5(2), pp.131-137.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A., 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53, pp. 433-437.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), pp.14-25.
- Jiang, Y. and Huang, B., 2002. Drought and heat stress injury to two coolseason turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 41, pp. 436-442.
- Jiriae, M., Sajedi, N.A., Madani, H. and Sheikhi, M., 2009. Effect of PGPR and water deficit on agronomical traits of wheat (cv. Shahriar). *New Finding in Agriculture*, 3(4), pp.333-343. [In Persian].
- Kadioglu, A., Saruhan, N., Saglam, A., Terzi, R. and Acet, T., 2011. Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. *Plant Growth Regulation*, 64, pp.27-37.
- Khalvandi, M., Siosemardeh, A., Roohi, E. and Keramati, S., 2021. Salicylic acid alleviated the effect of drought stress on photosynthetic characteristics and leaf protein pattern in winter wheat. *Heliyon*, 7. e05908, pp.1-11. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e05908
- Malaga, S., Janeczko, A. and Janowiak, F., 2020. Involvement of homocastasterone, salicylic and abscisic acids in the regulation of drought and freezing tolerance in doubled haploid lines of winter barley. *Plant Growth Regul*, 90, pp.173–188.
- Mehrabian, N., Arvin, M., Khajavinejad, R. and Maghsoodi, K., 2011. Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress. *Seed Plant Improvement Journal*, 27, pp.41-55. [In Persian]
- Merah, O., 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 137, pp.139-145.
- Moeini, A.R., Neshat, A., Yazdanpanah, N. and Pasandi Pour, A., 2022. Effect of super absorbent polymer and soil texture affecting the physiological response of maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 16(1), pp.43-60. [In Persian].
- Mohammadi, S., 2014. Evolution of grain yield and its components relationships in bread wheat genotypes under

- full irrigation and terminal water stress conditions using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), pp.99-109. [In Persian].
- Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K. and Tahmasebi, Z., 2016. Studying root morphological characteristi of seminal roots systems of durum and bread wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2), pp.477-492. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.v17i1.69147**.
- Nazar, R., Umar, S., Khan, N.A. and Sareer, O., 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South African Journal Botany*, 98, pp.84-94. doi: **10.1016/j.sajb.2015.02.005**
- Pakar, N., Anosheh, H.P. and Emam, Y., 2015. The effect of different concentrations of salicylic acid on qualitative and quantitative characteristics of barley under salt stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(14), pp.191-202. [In Persian].
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Rousta, M.J. and Hashemi, S.E., 2017. Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Horedum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(3), pp.232-244. [In Persian].
- Podlesaková, K., Ugena, L., Spichal, L., Doležal, K. and De Diego, N., 2019. Phytohormones and polyamines regulate plant stress responses by altering GABA pathway. *New Biotechnology*, 48, pp.53-65. doi: **10.1016/j.nbt.2018.07.003**
- Poureisa, M., Nabipour, M. and Meskabashi, M., 2019. Evaluation of grain filling rate and stem soluble carbohydrate remobilization in barley cultivars under terminal drought. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), pp.1129-1139. [In Persian].
- Ramezani, H., Nazari, B., Tavakoli, A., Parsinejad, M. 2009. Evaluation of cropwat model in deficit irrigation management of wheat and barley in Karaj. *Water and Soil*, 23(1). [In Persian]. doi: **10.22067/jsw.v0i0.1540**
- Rehman, A. and Khalil, S.K., 2018. Effect of exogenous application of salicylic acid, potassium nitrate and methanol on canola growth and phenology under different moisture regimes. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(4), pp.781-789.
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, pp.105-111.
- Sainio, P.P. and Rajala, A., 2001. Chloromequat chloride and ethephon affect growth and yield medison. *Agricultural and Food Science*, pp.29-43.
- Shakirova, F.M. and Bezrukova, M.V., 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, pp.109-112.
- Sharma, M., Gupta, S.K., Majumder, B., Maurya, V.K., Deebe, F., Alam, A. and Pandey, V., 2017. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. *Journal of Proteomics*, 163, pp.28-51. doi: **10.1016/j.jpro.2017.05.011**
- Shoaa, M. and Miri, H.R., 2012. Reducing detrimental effects of salt stress on morphophysiological characteristics of wheat by application of salicylic acid. *Journal of Crop Production*, 5(1), pp.71-88. [In Persian].

- Zecevic, V. and Knezevic, D., 2005. Variability and components of variance for harvest index in wheat (*Triticum aestivum* L). *Genetica*, 37, pp.173-179.
- Zulfiqar, F., Chen, J., Finnegan, P.M., Younis, A., Nafees, M., Zorrig, W. and Hamed, K.B., 2021. Application of trehalose and salicylic acid mitigates drought stress in sweet basil and improves plant growth. *Plants*, 10(1078), pp.1-14. doi: **10.3390/plants10061078**

## Effects of salicylic acid on quantitative yield and some biochemical traits of three barley varieties under different irrigation regimes

Mojtaba Shooa<sup>1</sup>, Farhad Mohajeri<sup>2\*</sup>, Mohammad Rahim Owji<sup>2</sup>, Alireza Bagheri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D Student, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

<sup>2</sup> Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

<sup>3</sup> Eghlid Branch, Islamic Azad University, Eghlid, Iran

\*Corresponding Author: [fmohajeri1397@gmail.com](mailto:fmohajeri1397@gmail.com)

Received: 8 September 2023 Accepted: 10 February 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.414576.1372

### Abstract

**Introduction:** In the tropical and subtropical regions of Iran, the growth and yield of cereals decreases due to the presence of drought stress caused by the increasing decrease of water resources. At the same time, barley is one of the most suitable crops for such conditions. Today, the use of plant growth regulators such as salicylic acid has made plants resistant to environmental stresses such as drought. Due to the water limitation in Iran and the widespread use of barley in animal feeding, this research was carried out to evaluate the effects of different salicylic acid application times on some morphological traits and grain yield of this crop under drought stress. Due to the water limitation in Iran and the widespread use of barley in animal feeding, this research was carried out to evaluate the effects of different salicylic acid application times on some morphological traits and grain yield of this crop under drought stress.

**Materials and Methods:** A field experiment was conducted as a factorial split-plot on a randomized complete block design with three replications were carried out during two cropping years 2019-2020 and 2020-2021 in Neyriz city. The experimental factors include the number of times of irrigation in three levels of one, two and four times as the main factor, Six-Rowed barley varieties Reihan, Nosrat and Khatam, the sub factor and the spraying of salicylic acid hormone with a concentration of one mM, in four levels with water (control), tillering end, 50% emergence of stem, and end of flag leaf emergence leaves were as the sub-sub factor. Therefore, the experiment included 36 treatments and the whole experiment included 108 experimental units (plots). Each experimental plot consisted of eight rows, and the spacing of rows was 20 cm and a density of 350 grains per square meter with dimensions of 1.6 x 4.5 (4.5 meters long and 1.6 meters wide). The interval between the primary plots was 1.5 meters, and the subplot spacing was 0.5 meters. The soil of the experiment site had a silty clay texture, and the water used for irrigation had pH=8.02 and EC=0.2686 dS.m<sup>-1</sup>. The parameters measured included the number of Grain in spike, ChlorophyllA, ChlorophyllB, Proline, Relative water content, weight of 1000 seeds, biological yield and Grain yield. Data were analyzed after Bartlett's test, proving the homogeneity of test error variance and considering the year as a random variable. Variance analysis of the data was done based on the mathematical expectation of change sources using SAS Ver.9.1 software. The means were compared using Tukey's test at the five percent probability level.

**Results and Discussion:** The results showed that the independent effects of low irrigation treatments, variety and salicylic acid had a significant effect on the content of chlorophyll a and b, proline concentration, number of seeds per spike, biological yield, seed yield and also plant height. Based on the results Compared with normal conditions, drought stress had a negative effect on the indicators: RWC, chlorophyll a and b, other components related to yield and grain, and also increased proline content. The lowest response to the reduction of irrigation frequency was related to the weight of 1000 seeds with a decrease of 22.1%. Spraying salicylic acid solution in drought stress conditions did not have a significant effect on the weight of 1000 seeds and the number of seeds per spike, but it improved other studied traits in both stress and normal conditions. that these positive effects were strongly correlated with the time of foliar spraying and the highest efficiency of salicylic acid

application was related to foliar spraying at the end of tillering and results show the highest sensitivity to lack of irrigation in Khatam variety compared to other investigated varieties.

**Conclusion:** Among the barley cultivars, Rehan variety had the best performance in the experimental treatments, and in general, spraying salicylic acid solution, especially at the end of the tillering stage, was effective in reducing the effects of drought stress, and under similar water and soil conditions, its use in barley is recommended.

**Keywords:** Drought stress, Harvest index, Irrigation levels, Plant hormones, Proline



## اثر تنش خشکی بر صفات وابسته به کیفیت نانوائی دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

راحیل گلغام<sup>۱</sup>، خدیجه کیا رستمی<sup>۲\*</sup>، ته‌مین لهراسبی<sup>۳</sup>، شبنم هسراک<sup>۴</sup>، خدیجه رضوی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری زیست‌شناسی-فیزیولوژی گیاهی، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهراء، ونک، تهران، ایران

۲- گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهراء، ونک، تهران، ایران

۳- گروه بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشکده بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

۴- محقق پسا دکتری گروه بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشکده بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

۵- گروه زیست فناوری مولکولی گیاهی، پژوهشکده بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

\* مسئول مکاتبه: [kh.kiarostami@alzahra.ac.ir](mailto:kh.kiarostami@alzahra.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.427004.1381

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶

### چکیده

تنش خشکی مهمترین محدودیت محیطی است که بر میزان بهره‌وری و کیفیت محصول تأثیر داشته است. هدف از این تحقیق مطالعه اثر تنش خشکی بر کیفیت نانوائی گندم است. در این پژوهش دو رقم گندم نان ایرانی انتخاب و آزمایش به صورت مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل بدون تنش خشکی و تنش خشکی در هر دو رقم بود. بر اساس نتایج بدست آمده تنش خشکی باعث کاهش نشاسته و افزایش گلوتهن مرطوب، درصد پروتئین دانه، درصد حجم رسوب زنی و درصد جذب آب آرد در هر دو رقم شد. همچنین در رقم نوید باعث کاهش شاخص گلوتهن، حجم نان و رطوبت آرد به ترتیب به میزان ۷/۶۴، ۳۱/۶۷ و ۰/۳۴ درصد شد؛ اما در رقم پیش‌تاز موجب افزایش سختی دانه به میزان ۴ درصد شد. مقایسه دو رقم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش پروتئین دانه در رقم نوید نسبت به پیش‌تاز به میزان ۱/۵۷ درصد شد. به طور کلی تأثیر تنش خشکی با توجه به کاهش نشاسته و افزایش درصد گلوتهن مرطوب، پروتئین دانه و جذب آب، باعث کاهش کیفیت نانوائی در هر دو رقم گندم شد؛ اما در رقم نوید (با کیفیت نانوائی متوسط تا ضعیف) کاهش تراکم و دانسیته گرانول‌های نشاسته بر اثر خشکی محسوس‌تر بود که نشان از آسیب پذیرتر بودن رقم نوید در کیفیت نانوائی نسبت به رقم پیش‌تاز در برابر تنش خشکی بود.

واژه‌های کلیدی: حجم نان، گرانول، گلوتهن، نشاسته گندم

### مقدمه

حدود ۷۰ درصد از اراضی زیر کشت آن، در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است (Yan and Shi, 2013). گندم در برابر خشکی مقاومت زیادی ندارد اما می‌تواند تا حدودی با شرایط خشک تطبیق داده شود. از آنجایی که گندم مهمترین محصول در سراسر جهان است، تحمل تنش نقش مهمی در امنیت غذایی ایفا می‌کند (Cheraghi et al., 2023) و باید اولویت مقابله با چالش‌های امنیت غذایی جهانی در نظر گرفته شود (Razzaq et al., 2023).

نشاسته مهمترین محصول نهایی رشد و نمو گندم است (Shevkani et al., 2017). نشاسته ۶۳ تا ۷۷ درصد از وزن کل دانه خشک گندم را به خود اختصاص داده است و به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی است. ترکیب نشاسته در گندم تأثیر تعیین کننده‌ای بر کیفیت دانه، فرآوری آرد و عملکرد دارد (Kumar et al., 2019). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و

تنش‌های غیرزیستی مانند تنش‌های شوری و خشکی به‌عنوان محدودیت‌های اصلی برای رشد بهینه گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شوند (Cheraghi et al., 2023). درک بهتر اثرات دمای بالا و تنش خشکی مهم است زیرا با توجه به پیش‌بینی‌های انجام شده و تغییرات فصلی دما، خشکسالی را پیش رو داریم.

تقریباً نیمی از کل نیازهای غذایی انسان‌ها به ویژه در آسیا به طور مستقیم از غلات تأمین می‌شود. توسعه غلات به شدت تحت تأثیر تنش‌های محیطی است (Abid et al., 2018). گندم از سازگارترین گونه‌های غلات در شرایط آب و هوایی متفاوت می‌باشد. نشاسته و پروتئین‌ها اجزای اصلی در آندوسپرم گندم هستند که بر کیفیت محصول نهایی آن تأثیر می‌گذارند. تجارت جهانی آن، بیش از سایر محصولات کشاورزی است و

نانوایی همراه است. معیارهای ارزیابی کیفیت نانوایی شامل خصوصیات ظاهری (شکل، پر بودن، درصد رطوبت و ...) و خصوصیات درونی دانه (درصد پروتئین، سختی دانه، درصد جذب آب و حجم نان) می‌شود. نشاسته به عنوان یک مولکول کلیدی در پاسخ گیاه به تنش‌هایی مانند خشکی شناخته شده است. از طرفی قابلیت هضم نشاسته به اندازه گرانول، محتوای آمیلوز و آمیلوپکتین و مقاومت نشاسته بستگی دارد. اندازه ذرات آرد می‌تواند بر میزان نفوذ آب، کیفیت خمیر و در نهایت بافت نان مؤثر باشند. در صورت آسیب به نشاسته آرد گندم از ایجاد یک شبکه گلوتن مناسب در خمیر جلوگیری کرده و به عنوان عوامل کاهش کیفیت تولید نان در نظر گرفته می‌شوند (Santiago et al., 2015).

شناخت ویژگی‌های مربوط به تحمل گیاه در مقابله با تنش‌ها و نیز افزایش عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برای اصلاح و معرفی ارقام پر محصول و متحمل به تنش برخوردار است. کیفیت نانوایی آرد گندم محصول نهایی تعامل میان اجزاء مهم اندوسپرم یعنی نشاسته، پروتئین، لیپید، آب و ... است. پروتئین و نشاسته نه تنها به‌طور مستقیم بلکه به‌طور غیر مستقیم از طریق ایجاد پیوندها و اثر بر واکنش‌های مختلف می‌توانند بر کیفیت نانوایی اثر چشمگیری داشته باشند. به همین دلایل شناخت و بررسی آن در طی بروز تنش خشکی به عنوان مهمترین ساختار زیستی گندم از دیدگاه اقتصاد کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی گرانول‌های نشاسته در انواع گندم تحت تنش خشکی ممکن است بینشی در مورد مکانیسم‌ها و تنظیم بیوسنتز نشاسته گندم فراهم کند و به طور بالقوه می‌تواند اطلاعات مفیدی برای پرورش انواع گندم مقاوم به خشکی با خواص نشاسته خوب و پتاسیل عملکرد بالا را ارائه دهد. هدف از این پژوهش تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بذر دو رقم گندم نان ایرانی با کیفیت‌های نانوایی بالا و پایین و مقایسه آنها بر شاخص‌های کیفی محصولات نانوایی و معرفی رقم برتر در شرایط خشک‌سالی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

دو رقم گندم در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد تهران (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شمالی،

کاربرد نهایی نشاسته گندم با ساختار گرانول‌های نشاسته و توزیع آمیلوز و آمیلوپکتین ارتباط تنگاتنگی دارد. خصوصیات مانند محتوای آمیلوز و توزیع اندازه گرانول نشاسته بر درجه تخریب نشاسته، میزان جذب آب، گسترش حجم، ویژگی‌های هضمی، رفتار چسبندگی و دمای ژلاتینه تأثیر می‌گذارد (Zhang (a) et al., 2016). در نشاسته گندم دو نوع گرانول A و B و به مقدار کم گرانول نوع C وجود دارد (Zhang (b) et al., 2016). ساختار داخلی گرانول A و B از لحاظ ترکیبات، اندازه، دمای ژلاتینه شدن، خواص فیزیکی و شیمیایی و عملکردی تا حدی با یکدیگر متفاوت هستند که منجر به تغییراتی در قدرت تورم، ژلاتینه شدن و خواص چسبندگی می‌شود (Li et al., 2016).

وضعیت آب خاک به ویژه در طول توسعه دانه، احتمالاً مهمترین عامل محیطی مؤثر بر عملکرد و کیفیت دانه در غلات باشد (Lu et al., 2019). نتایج نشان دادند که افزایش یک درجه سانتی‌گراد به دمای متوسط جهانی، باعث کاهش حدود ۶ درصدی تولید بذر گندم می‌شود (Asseng et al., 2015). گندم برای تمام طول دوره رشد نیاز به آب دارد، اما در بعضی مراحل کمبود آب موجب آسیب بیشتر و کاهش قابل ملاحظه عملکرد می‌شود (Mahpara et al., 2014). تغییرات قابل اندازه‌گیری در اواخر پر شدن دانه‌ها می‌تواند اثر انباشته شده از مراحل اولیه باشد (Ambardekar et al., 2011). تنش آب، در غیر از مراحل بحرانی رشد (مراحل ساقه‌دهی، سنبله‌دهی و مراحل اولیه تشکیل دانه)، تأثیر کمی بر عملکرد دانه گندم نسبت به رشد کلی گیاه دارد. تنش در مرحله پر شدن دانه ممکن است تأثیر بیشتری بر گندم بگذارد، زیرا باعث کاهش مدت زمان پر شدن دانه و تسریع رسیدگی شود (Altenbach et al., 2003) که منجر به تغییرات اساسی در اندازه دانه و توزیع گرانول‌های نشاسته و همچنین عملکرد محصول شود.

در برخی موارد، تغییرات سال به سال در آب و هوا، تغییر در فصول کاشت یا رشد در مکان‌های مختلف، ممکن است گاهی اوقات تأثیر بیشتری بر عملکرد نشاسته نسبت به تفاوت ژنوتیپی داشته باشد. تنش خشکی باعث تغییر در ترکیب و ساختار نشاسته شده و باعث کمتر شدن اندازه دانه می‌شود (Thitisaksakul et al., 2012). کاهش رطوبت نسبی (کمتر از ۴۰ درصد) و مدت زمان محسوس معمولاً با کاهش کیفیت

۱۳۷ انجمن بین المللی شیمی غلات (International Association for Cereal Chemistry = ICC) با استفاده از رابطه های شماره (۱) بدست آمد.

1 (ICC = International Association for Cereal Chemistry)

$$\text{Glu (t)} = \text{Glu (s)} + \text{Glu (w)}$$

$$\text{Glu (i)} = \left( \frac{\text{Glu (s)}}{\text{Glu (t)}} \right) \times 100$$

Glu (t), Glu (s), Glu (w) و Glu (i) به ترتیب گلوتن

کل، گلوتن قوی، گلوتن ضعیف و شاخص گلوتن.

از کلیه نمونه‌ها را به آرد تبدیل شده و ۱۰ گرم از هر تکرار در دستگاه طیف سنج مادون قرمز (NIR-Near Infrared Spectroscopy) مدل PERTEN INFRAMATIC 8600 قرار گرفت و درصد پروتئین دانه، حجم رسوب زلنی، حجم نان، رطوبت آرد، شاخص سختی و جذب آب در آرد در آزمایشگاه واحد شیمی و تکنولوژی بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج مطابق با استانداردهای انجمن بین‌المللی علوم و تکنولوژی غلات (ICC) اندازه‌گیری شد. در نهایت بررسی نشاسته کل و گرانول‌های تفکیک شده با دستگاه طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (Fourier transform infrared spectroscopy) مدل Bruker Tensor 27 انجام شد. نمونه‌ها با وضوح ۰/۴۴ ثبت شدند و قبل از استفاده از KBr آبدار (۱ به ۱۰۰) (w/w) رقیق شد و مقدار پس زمینه از KBr خالص قبل از اسکن نمونه به دست آمد (Koksel *et al.*, 2008). این روش یک روش حساس، سریع و غیر مخرب است که با شناسایی گروه‌های عاملی ترکیبات، به یافتن ساختار یک ترکیب کمک می‌کند و شدت طیف‌های مرتبط با ترکیب مولکولی یا محتوای گروه شیمیایی را تعیین می‌کند. به منظور تعیین بیشتر ساختار نشاسته گندم از FT-IR استفاده شد. نمودارها در منطقه ۵۰۰ تا ۴۰۰۰  $\text{cm}^{-1}$  (منطقه مادون قرمز متوسط) قرار داده شد. پیوندها حداکثر در ۷ قله اصلی ۳۵۰۰، ۳۰۰۰، ۱۶۰۰، ۱۴۰۰، ۱۰۰۰، ۸۰۰ و ۵۰۰  $\text{cm}^{-1}$  نشان داده شدند (Koksel *et al.*, 2008). قله ۳۴۰۵  $\text{cm}^{-1}$  مربوط به کشش پیوند O-H، قله ۲۹۳۰  $\text{cm}^{-1}$  مربوط به کشش پیوند C-H، باندهای ۱۶۷۰ ~ ۱۶۰۰  $\text{cm}^{-1}$  به ارتعاشات خمشی  $\text{H}_2\text{O}$ ، قله‌های ۱۴۲۰  $\text{cm}^{-1}$  و ۱۳۶۶  $\text{cm}^{-1}$  مربوط به حالت خمشی C-H، H-C-H و O-H، قله‌های محدوده ۱۳۰۰ ~

عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۰ متر و میانگین بارندگی ۲۱۶ میلی‌متر) در آبان ماه سال ۱۳۹۸ کشت شد و هر تکرار شامل دو ردیف محصول به طول ۲/۵ متر و فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. رقم‌های گندم نان با نام نوید با کیفیت نانوائی متوسط تا ضعیف و پیش‌تاز با کیفیت نانوائی بالا انتخاب شدند. رقم نوید با شجره (Kirkpinar 79) 63-112/66-2×7C، مبدأ ترکیه و آمریکا و رقم پیش‌تاز با شجره Alvand//Aldan/Ias58، مبدأ الوند × لاین برزیلی است (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۱۳۹۴). هر دو رقم دارای شرایط بدون تنش خشکی با آبیاری هفته‌ای یک‌بار و تیمار تنش خشکی با قطع آبیاری در مرحله به خوشه رفتن و پیش از مرحله تشکیل دانه بود (معیار خشکی معادل پتانسیل اسمزی خاک برابر منفی ۱۲/۷ بار<sup>۱</sup> بود). ۳۵ روز بعد از گرده افشانی، برداشت بذرها هر گیاه بطور جداگانه از دو سوم میانی سنبله انجام گردید.

برای تعیین میزان نشاسته کل، ۱۰۰ گرم از تمام تیمارها به طور جداگانه در آب قرار داده شد، آب آنها هر روز عوض می‌شد. بعد از ۴ روز که دانه‌ها نرم شدند، آنها را در دستمال تمیزی گذاشته و با فشار زیاد، آب شیری رنگ را از آن خارج شد. آب شیری را در محل ثابتی قرار داده شد تا نشاسته ته نشین شود. مایع رویی با پیپت پاستور خارج و نشاسته ته نشین شده در سایه قرار داده شد تا کاملاً خشک شود (Olson and Knight, 1984). درصد گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن با دستگاه گلوتن‌شوی<sup>۲</sup> (Pertene-GM 2200, Sweden) و سانتریفیوژ مخصوص آن (Pertene-CF2015, Sweden) با ۱۰ گرم آرد انجام شد. برای جداسازی گرانول‌های A و B ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر استریل به ازای هر گرم نشاسته (استخراج شده در مرحله قبل) به لوله فالكون‌های ۵۰ میلی‌لیتری اضافه شد. سپس به مدت ۵ دقیقه با ۱۳×g سانتریفیوژ گردید. پس از انجام سانتریفیوژ، مایع رویی که حاوی گرانول‌های کوچکتر است جدا و به لوله فالكون دیگری منتقل شدند. این کار حداقل باید ۲۰ مرتبه تکرار شود. رسوب نهایی دارای گرانول‌های A نشاسته می‌باشد. کلیه مایع‌های رویی در این ۲۰ تکرار که دارای گرانول‌های B بودند در یک‌جا جمع شدند (Naguleswaran *et al.*, 2012). مقدار گلوتن مرطوب بنا بر استاندارد شماره

<sup>2</sup> Gluten Washer

<sup>1</sup> Bar

2003). ثابت شده است که تنش خشکی با تنظیم فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز نشاسته، مانند GBSS<sup>۱</sup> و SSS<sup>۲</sup> و AGPase بر سنتز نشاسته تأثیر می‌گذارد (Zhang et al., 2012). در شرایط تنش خشکی شدید از دست رفتن فعالیت AGPase منجر به توقف زودرس تجمع نشاسته می‌شود (Ahmadi and Baker, 2001).

در پژوهشی نشان دادند هر چه زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه کمتر باشد، دانه‌ها کوچکتر شده و مواد نشاسته‌ای کمتری دارند و بلوغ زودتر نسبت به شرایط بدون تنش خشکی داشتند (Ratnayake and Jackson, 2008). کاهش در میزان تجمع نشاسته و پایان زودرس تجمع نشاسته مسلماً رسوب نشاسته را محدود کرده و منجر به کاهش محتوای نشاسته می‌شود. به دلیل تداخل فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سلول‌های حساس در استقرار اندام و فعالیت بیوسنتز نشاسته، تنش خشکی زمان شروع و پر شدن دانه را تسریع نموده و تجمع نشاسته را کاهش داده که موجب تغییر بهره‌وری تولید گندم می‌شود (He et al., 2012). تنش خشکی باعث کمتر شدن محتوای آمیلوز و اندازه دانه می‌شود. آنزیم‌های بیوسنتز نشاسته در ژنوتیپ‌های مختلف با تغییر در شرایط محیطی متفاوت تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Thitisaksakul et al., 2012). پژوهش‌های دیگری نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند و نشان دادند تنش خشکی باعث کاهش محتوای نشاسته گندم می‌شود (Chen et al., 2021; Yu et al., 2016).

### درصد گلوتن مرطوب

در این آزمایش (جدول ۱ و ۲) در هر دو رقم تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار گلوتن مرطوب نسبت به شرایط بدون تنش شد که برای رقم پیش‌تاز این اختلاف با افزایش ۱۱ درصدی و برای رقم نوید در سطح ۵ درصد با افزایش ۲/۶۶ درصدی بود. همچنین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی رقم نوید با اختلاف معنی‌داری دارای گلوتن بیشتری به ترتیب ۱۳ درصد و ۴/۶۶ درصد نسبت به پیش‌تاز بود. نتایج نشان دادند هر چه زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه کمتر باشد، دانه‌ها کوچکتر شده و درصد گلوتن آن افزایش خواهد یافت.

۱۰۰۰ cm<sup>-1</sup> مربوط به کشش C-O-H، قله‌های ۱۱۵۵، ۱۰۹۷ و ۱۰۱۹ cm<sup>-1</sup> به عنوان کشش پیوند C-O و قله‌های ۸۰۰ تا ۱۳۰۰ cm<sup>-1</sup> عمدتاً مربوط به ارتعاشات کششی C-O و C-C است و به تغییرات ساختار پلیمر و هیدراته شدن نشاسته حساس است (Htoon et al., 2009). قله ۱۰۲۲ cm<sup>-1</sup> بخش‌های بی‌شکل و قله‌های در ۱۰۲۲ ~ ۱۰۴۸ cm<sup>-1</sup> بخش‌های بلوری را نشان می‌دهند. آنالیزهای آماری با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹.۴) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون t tests در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث

#### درصد نشاسته کل

بر اساس نتایج این آزمایش در هر دو رقم گندم مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی درصد نشاسته کل به صورت معنی‌داری کمتر از شرایط بدون تنش بود. در رقم پیش‌تاز با کاهش ۱/۵۶ درصدی و در رقم نوید با کاهش ۲/۰۸ درصدی بود (جدول ۱). همچنین بین دو رقم در دو شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی میزان نشاسته در رقم نوید با اختلاف معنی‌داری کمتر بود.

نشاسته از اجزای اصلی اندوسپرم گندم و بر کیفیت محصول نهایی تأثیرگذار است (Kumar et al., 2016). در واقع نشاسته مهمترین محصول نهایی رشد و نمو گندم است (Thitisaksakul et al., 2012) و تغییر در محتوای نشاسته شاخص انواع فرآیندهای رشد گیاه است. در شرایط تنش نشاسته ذخیره شده انرژی و کربن مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند. تغییرات رطوبت خاک، مکان رشد، الگوهای بارندگی و رطوبت هوا نشان داده شده است که بر عملکرد نشاسته تأثیر می‌گذارد. محیط‌های تنش‌زا از جمله خشکی به صورت پایدار یا دوره‌ای می‌توانند بیوسنتز و تجمع نشاسته را در اندوسپرم غلات تغییر دهند (Dang and Copeland, 2004). در واقع خواص اسمزی خاک می‌تواند نشاسته دانه را تحت تأثیر قرار دهد (Brennan et al., 2012). یکی از اولین آنزیم‌های سنتز نشاسته، گلوکز ۱ فسفات آدنیلیل ترانسفراز است که فعالیت آن در شرایط تنشی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Majoul

<sup>3</sup> ADP-glucose pyrophosphorylase

<sup>1</sup> Granule Bound Starch Synthase

<sup>2</sup> Soluble Starch Synthase

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

Table 1- Analysis of variance of some morphological and physiological traits

ارقام Cultivars	تیمار Treatments	درجه آزادی df	میانگین مربع Mean Square		
			نشاسته کل Total starch (%)	گلوتن مرطوب Wet Gluten (%)	شاخص گلوتن Gluten Index
P.	(C. & D.)	1	366.607 *	181.500 *	1.540 <sup>ns</sup>
	Error	4	92.212	1.00	1.025
N.	(C. & D.)	1	653.126 *	10.667 *	87.631 *
	Error	4	33.746	0.667	0.985
(P. & N.)	C.	1	840.167 *	253.500 *	1897.837 *
	Error	4	9.542	1	1.015
(P. & N.)	D.	1	1252.815 *	32.667 *	2933.997 *
	Error	4	35.083	0.667	0.995

\* و<sup>ns</sup> به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و عدم معنی‌دار بودن هستند.

(رقم پیش‌تاز = P., رقم نوید = N., بدون تنش = C., تنش خشکی = D.)

ns and \* no significant and of significant at the 5% levels of probability respectively

(D. = Drought stress, C. = Without stress, N. =Navid cultivar, P. =Pishtaz cultivar)

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

Table 2- Average comparison of some morphological and physiological traits

ارقام Cultivars	تیمار Treatments	نشاسته کل Total starch (%)	گلوتن مرطوب Wet Gluten (%)	شاخص گلوتن Gluten Index
P.	C.	44.94 a	29 b	96.54 a
P.	D.	43.38 b	40 a	97.56 a
N.	C.	42.58 a	42 b	60.97 a
N.	D.	40.49 b	44.66 a	53.33 b

(رقم پیش‌تاز = P., رقم نوید = N., بدون تنش = C., تنش خشکی = D.)

(D. = Drought stress, C. = Without stress, N. =Navid cultivar, P. =Pishtaz cultivar)

افزایش درصد گلوتن را در شرایط تنش گزارش کردند (Ozturk and Ydin, 2004). تحقیقات نشان داده است که انواع گندم با کیفیت بالا حاوی گلوتن مرطوب کمتری هستند (Hu and Shang, 2007).

### شاخص گلوتن

در این آزمایش (جدول ۱ و ۲) خشکی بر روی رقم پیش‌تاز تأثیری نداشت اما روی رقم نوید تأثیرگذار بود و باعث کاهش معنی‌دار شاخص گلوتن از ۶۰/۹۷ به ۵۳/۳۳ شد. همچنین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی شاخص گلوتن به طور معنی‌داری در رقم پیش‌تاز بالاتر بود. به طوری که رقم پیش‌تاز در شرایط بدون تنش به میزان ۳۵/۵۷ و در شرایط تنش خشکی به میزان ۴۴/۲۳ افزایش داشت.

شاخص گلوتن یکی از معیارهای سنجش پروتئین گندم

گلوتن مهمترین ماده پروتئینی در گندم است و ۸۰ درصد آن را گلیادین<sup>۱</sup> و گلوتنین<sup>۲</sup> تشکیل داده‌اند و هر دو در آب نامحلول هستند. گلوتنین‌ها پروتئین‌های پلی‌مری با بلندهای دی‌سولفیدی بین و درون ملکولی هستند. پروتئین‌های گلیادین نیز به چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند. گلیادین‌ها قابلیت کشسانی خمیر را افزایش می‌دهند. این ماده بسیار مهم و حیاتی در گندم با پروتئین‌های غلات فرق داشته و چون حالت الاستیکی دارد خاصیت نانوائی با کیفیت بالا را می‌دهد. گلوتن گندم صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. ذخیره پروتئین‌های گلیادین در اثر وجود پروتئین‌های شوک حرارتی (که به واسطه تنش افزایش یافته‌اند) که در بالادست ژن‌های کنترل کننده گلیادین قرار دارند انجام می‌گیرد. کاهش نسبت گلوتنین به گلیادین موجب ضعیف شدن خمیر و افت کیفیت نان خواهد شد. همچنین در تحقیق نیز

<sup>2</sup> Glutenin

<sup>1</sup> Gliadin

خشکی گزارش کردند (Eivazi et al., 2006).

### درصد پروتئین دانه

در این آزمایش (جدول ۳ و ۴) تنش خشکی در هر دو رقم به طور معنی داری باعث افزایش پروتئین دانه شد. به طوری که رقم پیشتاز از ۱۳/۷ درصد به ۱۶/۹ درصد و رقم نوید از ۱۴/۰۳ درصد به ۱۵/۳۳ رسید. همچنین در شرایط بدون تنش بین میزان درصد پروتئین دو رقم تفاوتی وجود نداشت اما تنش خشکی باعث افزایش معنی دار درصد پروتئین دانه به میزان ۱/۵۷ درصدی در رقم نوید نسبت به پیشتاز شد. ثابت شده است کاهش نشاسته در شرایط تنش باعث به هم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته و افزایش میزان پروتئین در واحد حجم می شود (Isvand et al., 2005).

است که به طور همزمان امکان ارزیابی کمی و کیفی گلوتمین را فراهم می کند (Bonfil and Posner, 2012). این شاخص به صورت نسبت گلوتمین مرطوب باقی مانده در یک غربال پس از سانتریفیوژ به کل گلوتمین مرطوب بیان می شود. این شاخص با ارزیابی استحکام گلوتمین ارتباط داشته و با سدیم دودوسیل سولفات همبستگی دارد. شاخص گلوتمین نشان دهنده نسبت گلوتمین مرغوب به گلوتمین نامرغوب و در واقع گویای کیفیت گلوتمین است (Aja et al., 2004) و ارزش نانوائی ارقام مختلف گندم به مقدار و نوع گلوتمین موجود در بذر است. از عوامل اساسی مؤثر در بهبود کیفیت نان و بازه اقتصادی شاخص گلوتمین می باشد. برخی محققین نشان دادند که انواع گندم با کیفیت بالا حاوی شاخص گلوتمین بالاتری هستند (Hu and Shang, 2007). در تحقیقی دیگر نیز کاهش شاخص گلوتمین را در شرایط

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات سنجش شده با دستگاه NIR

Table 3- Variance analysis of traits measured with NIR device

ارقام Cultivars	تیمار Treatments	درجه آزادی df	میانگین مربع Mean Square					
			پروتئین Protein (%)	رسوب زلنی ZEL (%)	حجم نان RMT (%) (ml)	رطوبت آرد Moisture (%)	شاخص سختی H.I. (%)	جذب آب در آرد F.W.A. (%)
P.	(C. & D.)	1	15.360 *	48.167 *	4.167 <sup>ns</sup>	0.201 <sup>ns</sup>	24 *	5.415 *
	Error	4	0.110	0.167	489.333	0.122	1.5	0.028
N.	(C. & D.)	1	2.535 *	6 *	1504.167 *	0.167 *	0.667 <sup>ns</sup>	2.2817 *
	Error	4	0.013	0.5	23.667	0.003	0.167	0.033
(P. & N.)	C.	1	0.167 <sup>ns</sup>	1.5 <sup>ns</sup>	16748.1667 *	6.202 *	204.167 *	18.375 *
	Error	4	0.107	0.5	463.667	0.029	1.667	0.058
(P. & N.)	D.	1	3.682 *	32.667 *	8588.1667 *	2.667 *	322.667 *	26.042 *
	Error	4	0.0167	0.167	49.333	0.097	0.1667	0.003

\* و<sup>ns</sup> به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ و عدم معنی دار بودن هستند.

(رقم پیشتاز = P., رقم نوید = N., بدون تنش = C., تنش خشکی = D.)

ns and \* no significant and of significant at the 5% levels of probability respectively

(D. = Drought stress, C. = Without stress, N. = Navid cultivar, P. = Pishtaz cultivar)

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات سنجش شده با دستگاه NIR

Table 4- Comparison of average traits measured with NIR device

ارقام Cultivars	تیمار Treatment	پروتئین Protein (%)	رسوب زلنی ZEL (%)	حجم نان B.V. (%) (ml)	رطوبت آرد Moisture (%)	شاخص سختی H.I. (%)	جذب آب در آرد F.W.A. (%)
P.	C.	13.70 b	28 b	462.33 a	6.23 a	54 b	67.13 b
P.	D.	16.90 a	33.66 a	460.67 a	6.60 a	58 a	69.03 a
N.	C.	14.03 b	27 b	568 a	8.27 a	42.33 a	63.63 b
N.	D.	15.33 a	29 a	536.33 b	7.93 b	43 a	64.87 a

(رقم پیشتاز = P., رقم نوید = N., بدون تنش = C., تنش خشکی = D.)

(D. = Drought stress, C. = Without stress, N. = Navid cultivar, P. = Pishtaz cultivar)

(ZEL= Zeleny Sedimentation, B.V.= Bread Volume, H.I.= Hardness Index, F.W.A.= Water Absorption in Flour)

یکی از مهمترین صفات مرتبط با کیفیت نهایی دانه گندم درصد حجم رسوب زلنی است (Haghparast *et al.*, 2009). در این سنجش پروتئین گلوتن آرد گندم متورم شده و به شکل رسوب در مدت زمان معینی ته نشین می‌شود، هر چه محتوای گلوتن بیشتر و کیفیت بهتر گلوتن باعث رسوب آهسته‌تر و افزایش عدد زلنی می‌شود. هر چه این عدد بالاتر باشد کیفیت نان بهتری خواهد داشت. در پژوهشی نیز حجم رسوب زلنی بیشتری را در شرایط خشکی برای گندم دوروم گزارش کردند (Barić *et al.*, 2006). اما در پژوهشی دیگر بر خلاف این نتایج نشان دادند که خشکی باعث کاهش ۲/۸ درصدی رسوب زلنی در گندم نان می‌شود (Tatar *et al.*, 2020). همچنین در تحقیق دیگری اثر معنی‌دار خشکی بر رسوب زلنی دانه گندم مشاهده نکردند (Barutcular *et al.*, 2016).

### درصد حجم نان

در سنجش درصد حجم نان (جدول ۳ و ۴) خشکی تأثیر معنی‌داری در رقم پیش‌تاز نداشت اما در رقم نوید تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار درصد حجم نان شد. همچنین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی رقم نوید به طور معنی‌داری دارای درصد حجم نان بالاتری بود. بر خلاف این تحقیق در پژوهشی دیگر نشان داده شد خشکی با حجم نان همبستگی مثبت دارد و همراه با افزایش گلیادین و گلوٹنین بودند (Rekowski *et al.*, 2021). در پژوهشی نشان دادند در شرایط خشکسالی بیشترین تأثیر منفی بر عملکرد خمیر حجم نان است (Tsenov *et al.*, 2015). همچنین اثر کاهشی تنش خشکی بر حجم نان در پژوهشی دیگر گزارش شد (Li *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر بالا بودن وراثت پذیری صفت حجم نان و پایین بودن اثرات محیطی مطرح شد (Pezeshkpour and Afkar, 2018).

### درصد رطوبت آرد

در سنجش درصد رطوبت آرد (جدول ۳ و ۴) در رقم پیش‌تاز تنش خشکی تأثیر معنی‌داری نداشت. اما در رقم نوید خشکی با کاهش ۰/۳۴ درصدی به طور معنی‌داری باعث کاهش رطوبت دانه شد. در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی رقم نوید نسبت به رقم پیش‌تاز از رطوبت بالاتری با اختلاف معنی‌داری

ارقام متنوع گندم از نظر درصد پروتئین و ارزش غذایی با هم متفاوت هستند و کیفیت هیچکدام با دیگری برابر نیست و این میزان بین ۷ تا ۱۸ درصد متغیر است (Cervantes-Pahm *et al.*, 2014). میزان پروتئین دانه بیشتر تحت تأثیر عوامل و شرایط محیطی مانند رطوبت قابل دسترس در طول فصل زراعی مخصوصاً در مرحله تشکیل و پرشدن دانه می‌باشد (Belderok *et al.*, 2000). البته لازم به ذکر است معمولاً اندازه‌گیری مقدار پروتئین گندم، کیفیت گندم و به تبع آن کیفیت نان را پیش‌بینی نمی‌کند، زیرا گندم‌هایی وجود دارند که درصد پروتئین بالایی دارند اما کیفیت نانوائی مطلوبی ندارند. در تحقیقی نشان داده شد خشکی باعث افزایش میزان پروتئین دانه می‌شود (Eivazi *et al.*, 2006). در پژوهشی دیگر نیز گزارش کردند تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث افزایش میانگین محتوای پروتئین دانه شد (Pierre *et al.*, 2008). در مطالعاتی علت افزایش میزان پروتئین دانه در تنش خشکی را ناشی از تأثیر کمتر تنش بر شاخص برداشت نیتروژن در مقایسه با شاخص برداشت ماده خشک می‌دانند. یکی دیگر از دلایل افزایش درصد پروتئین در شرایط تنش، انباشت پروتئین‌های شوک حرارتی می‌تواند باشد. غلظت پروتئین در مقایسه با ترکیب پروتئین اثر بیشتری بر کیفیت آرد دارد. بنابراین تغییرات محیطی مانند تنش خشکی که غلظت پروتئین را افزایش می‌دهند به علت تغییر در نسبت اسیدآمین‌های لندوخته شده، موجب کاهش کیفیت گندم می‌شوند (Gooding *et al.*, 2003). در پژوهشی نشان دادند تنش خشکی بر افزایش تجمع پروتئین آندوسپرم تأثیر گذاشت (Chen *et al.*, 2021).

### درصد حجم رسوب زلنی

در سنجش درصد حجم رسوب زلنی (جدول ۳ و ۴) در شرایط تنش خشکی در هر دو رقم افزایش را شاهد بودیم که در رقم پیش‌تاز با اختلاف معنی‌دار از ۲۸ به ۳۳/۶۶ درصد و در رقم نوید با اختلاف معنی‌دار از ۲۷ به ۲۹ درصد بود. در شرایط بدون تنش اختلاف معنی‌داری در درصد رسوب زلنی مشاهده نشد اما در شرایط تنش خشکی با اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد، افزایش درصد حجم رسوب زلنی در رقم پیش‌تاز به میزان ۴/۶۶ درصد را شاهد بودیم.

یافت (Eivazi et al., 2006).

### درصد جذب آب در آرد

در شرایط تنش خشکی در رقم پیشتاز درصد جذب آب در آرد به صورت معنی داری افزایش یافت و از ۶۷/۱۳ درصد به ۶۹/۰۳ درصد رسید (جدول ۳ و ۴). مشابه این نتایج در رقم نوید نیز مشاهده شد و از ۶۳/۶۳ درصد به ۶۴/۸۷ درصد رسید. همچنین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی رقم پیشتاز دارای درصد جذب آب آرد بیشتری نسبت به رقم نوید بود، به طوری که در هر دو شرایط بدون تنش ۳/۵ درصد و در شرایط خشکی ۴/۱۶ درصد افزایش جذب آب در آرد را داشت. در پژوهشی نیز گزارش شد که در تنش خشکی درصد جذب آب در گندم افزایش یافت (Eivazi et al., 2006). در تحقیقی دیگر تنش خشکی حداقل تاثیر را بر صفات درصد جذب آب توسط آرد داشت (Guttieri et al., 2001). نسبت بالاتر گلوتنین به گلیادین تحت شرایط تنش خشکی ممکن است باعث استحکام بیشتر گلوتن و خمیر شود و همین امر همراه با افزایش جذب آب توسط آرد باشد (Rakszegi et al., 2019). افزایش جذب آب توسط آرد خواص رئولوژیکی خمیر اصلاح و توانایی آن برای نگهداری گاز و در نتیجه و در نتیجه افزایش حجم نان بهبود می یابد (Mis, 2003).

### تحلیل ساختار نشاسته کل و گرانول A و B

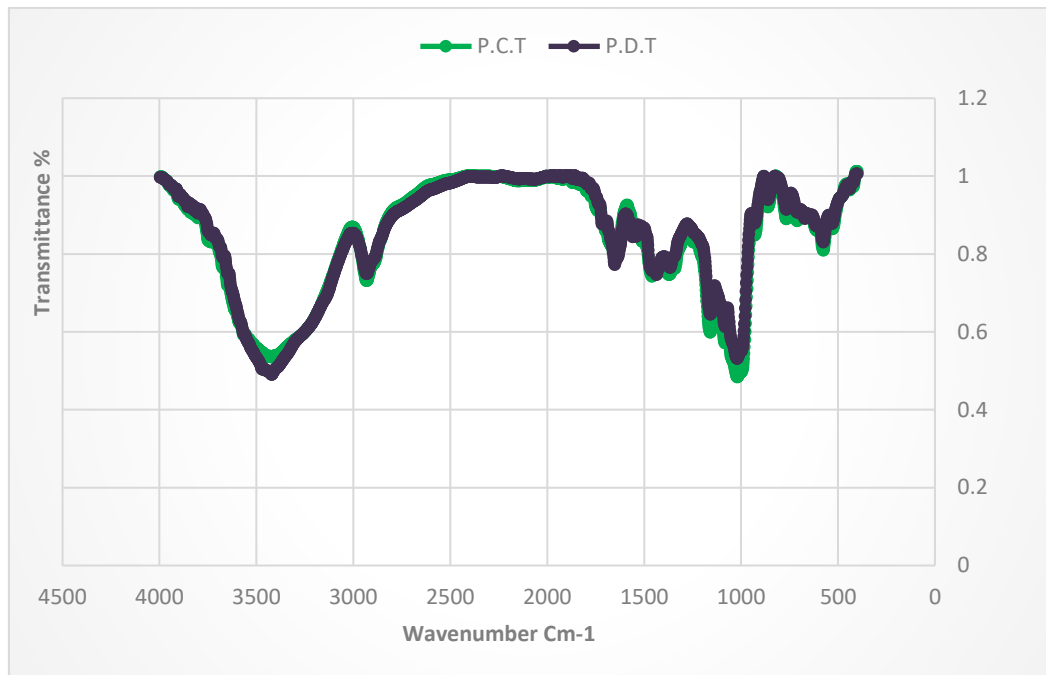
در این پژوهش ساختار نشاسته کل و گرانول A و B توسط دستگاه FT-IR در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی در هر دو رقم بررسی شد. طیفسنجی FT-IR برهمکنشها را با تمایز باندهای نماینده گروههای شیمیایی محاسبه می کند. بنابراین، این یک روش مفید برای بررسی فعل و انفعالات بین مولکولی نشاسته است. FT-IR به ساختارهای مرتبه کوتاه برد مارپیچ دوگانه حساس است. طیفسنجی FT-IR در این پژوهش نشان داده شد که نشاسته به خوبی استخراج شده است و آسیب ندیده است. برای نشاسته کل، گرانول A و B در رقم پیشتاز در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی همانطور که در اشکال ۱، ۳ و ۵ نشان داده می شود موقعیت قلهها هیچگونه تغییری را نشان ندادند. پس تنش خشکی در رقم پیشتاز عامل تغییرات مولکولی نشده و ساختار مولکولی همچنان ثابت باقی ماندند.

برخوردار بود. به طوری که در شرایط بدون تنش افزایش رطوبت دانه ۲/۰۴ و در شرایط تنش خشکی ۱/۳۳ درصد بود. درصد رطوبت آرد از عواملهای تأثیر گذار در کیفیت آرد مصرفی نانوائی می باشد. پایین یا بالا بودن رطوبت می تواند باعث افزایش خسارات به محصول در زمان برداشت و انبارداری شده و از طرفی می تواند تا حدودی هزینه های فرآیندهای پس از برداشت را زیادت کند. به طوری که انبار گندم با میزان رطوبت بیشتر از ۱۳ تا ۱۴ درصد، باعث تشدید واکنشهای شیمیایی و بیوشیمیایی شده و کیفیت آرد را پایین می آورد.

### درصد شاخص سختی

در سنجش درصد شاخص سختی (جدول ۳ و ۴) در رقم پیشتاز در شرایط تنش خشکی با اختلاف معنی داری از ۵۴ درصد به ۵۸ درصد افزایش یافت. اما در رقم نوید تنش خشکی تأثیر معنی داری نداشت. در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی رقم پیشتاز دارای افزایش معنی داری نسبت به رقم نوید داشت. به طوری که در شرایط بدون تنش این افزایش ۱۱/۶۷ درصد و در شرایط تنش خشکی این افزایش معادل ۱۴/۶۷ درصد بود.

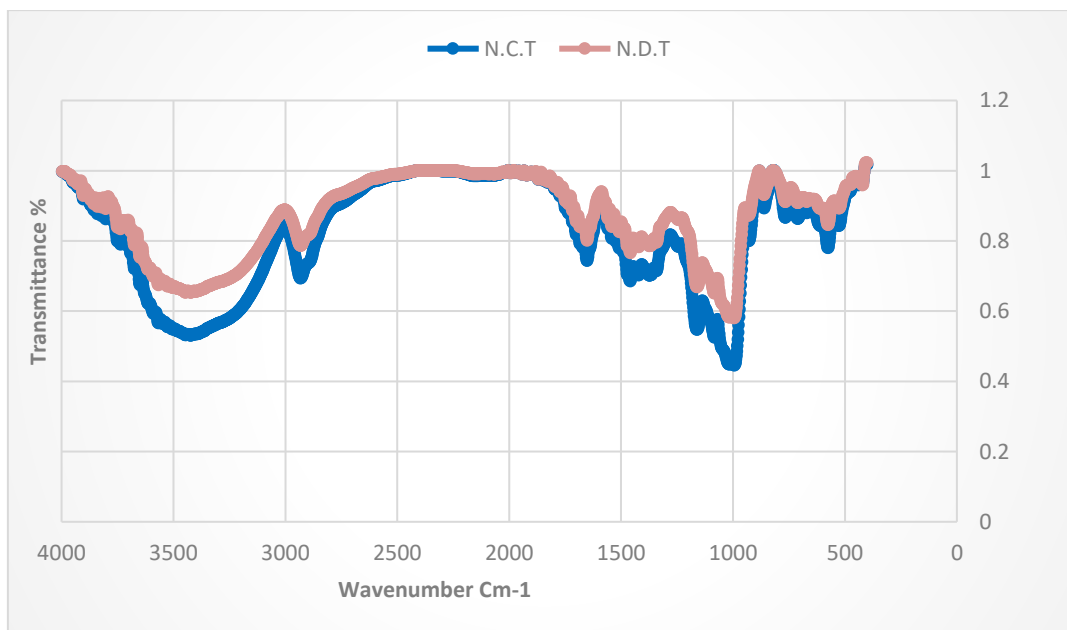
سختی گندم یکی از مهمترین عوامل در کیفیت و حجم نان است. همبستگی بسیار بالایی بین شاخص سختی و خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت گلوتن دیده شده است. همچنین سختی دانه گندم معیار خوبی برای تعیین کاربرد آرد حاصل از آن است. از طرفی سختی دانه نشان دهنده برخی خصوصیات مانند مقاومت در برابر حشرات و در برابر خرد شدن در طی حمل و نقل نیز می باشد. اکثر گندمهایی که پروتئین بالاتری دارند، سختی بالایی هم دارند (Arzani, 2002). با این استدلال که با افزایش سهم پروتئین دانه، فضاهای خالی بین سلولهای اندوسپرم کم شده و در نتیجه سختی دانه افزایش می یابد. صفت شاخص سختی در کیفیت آسیاب نیز تأثیر می گذارد و دانه های سخت به نیروی بیشتری جهت آرد شدن نیاز دارند و خسارت نشاسته ای بیشتری خواهند داشت و برای خمیر شدن نیز به آب بیشتری نیاز دارند. البته شاخص سختی دانه از خواص فیزیکی صفات کیفی و با قابلیت توارث بالا بوده و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می گیرد. در تحقیقی نیز گزارش شد که در تنش خشکی و شوری شاخص سختی دانه در گندم افزایش



شکل ۱- مقایسه نمودارهای حاصل از دستگاه FT-IR نشاسته کل رقم پیشناز در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (رقم پیشناز = P، نشاسته کل = T، بدون تنش = C، تنش خشکی = D)

Figure 1- Comparison of the graphs obtained from the FT-IR device of the total starch of Pishtaz cultivar in two conditions without stress and drought stress

(D. = Drought Stress, C. = without stress, T. = Total Starch, P. = Pishtaz cultivar)



شکل ۲- مقایسه نمودارهای حاصل از دستگاه FT-IR نشاسته کل رقم نوید در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (رقم نوید = N، نشاسته کل = T، بدون تنش = C، تنش خشکی = D)

Figure 2- Comparison of the graphs obtained from the FT-IR device of the total starch of Navid cultivar in two conditions without stress and drought stress

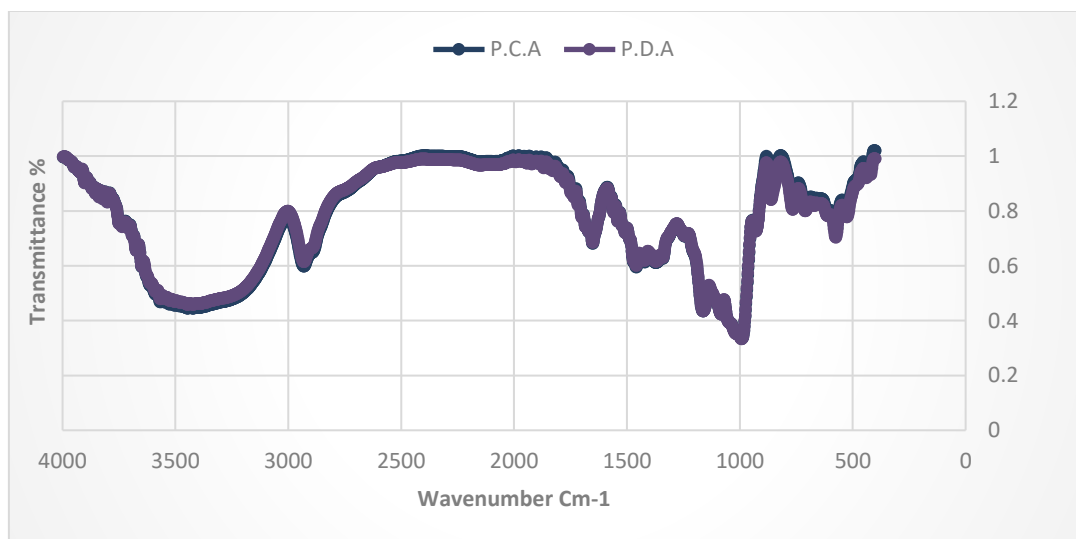
(D. = Drought Stress, C. = without stress, T. = Total Starch, N. = Navid cultivar)

و ۶ نشان داده می‌شود، موقعیت قله‌ها هیچگونه تغییری نداشتند اما شدت و دامنه یکی از پیک‌ها در محدوده کشش

در رقم نوید نیز برای نشاسته کل، گرانول A و B در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی همانطور که در اشکال ۲، ۴

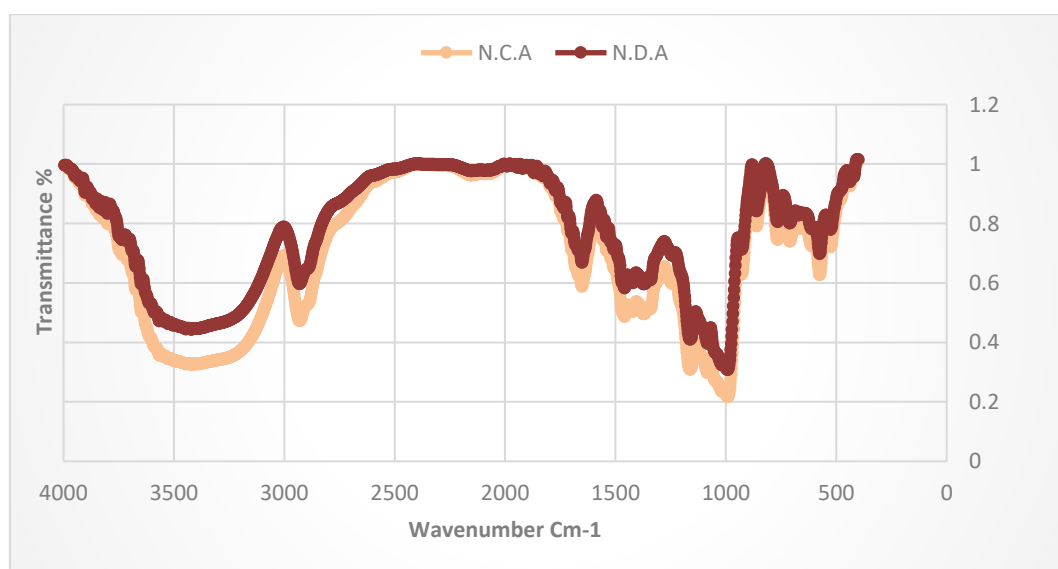
H و C-H (قله‌های  $11420\text{ cm}^{-1}$ ) کاهش صورت گرفت که برای گرانول A محسوس تر بود و از ۵۰ درصد به ۴۵ درصد جذب رسید. تغییرات ثبت شده برای رقم نوید در شرایط تنش خشکی می‌تواند به علت اثر تنش بر کاهش تراکم و دانسیته گرانول‌های نشاسته توجیه کرد.

پیوند O-H (قله  $3405\text{ cm}^{-1}$ ) در شرایط تنش خشکی کاهش نشان دادند به طوری که در نشاسته کل از ۳۳ درصد جذب به ۲۵ درصد جذب رسید، برای گرانول B باعث کاهش جزئی از ۸۸ درصد به ۸۰ درصد و برای گرانول A از ۶۸ درصد به ۵۵ درصد جذب رسید. همچنین در نشاسته کل و گرانول A رقم نوید به میزان کمی در قله مربوط به حالت خمشی H-C-



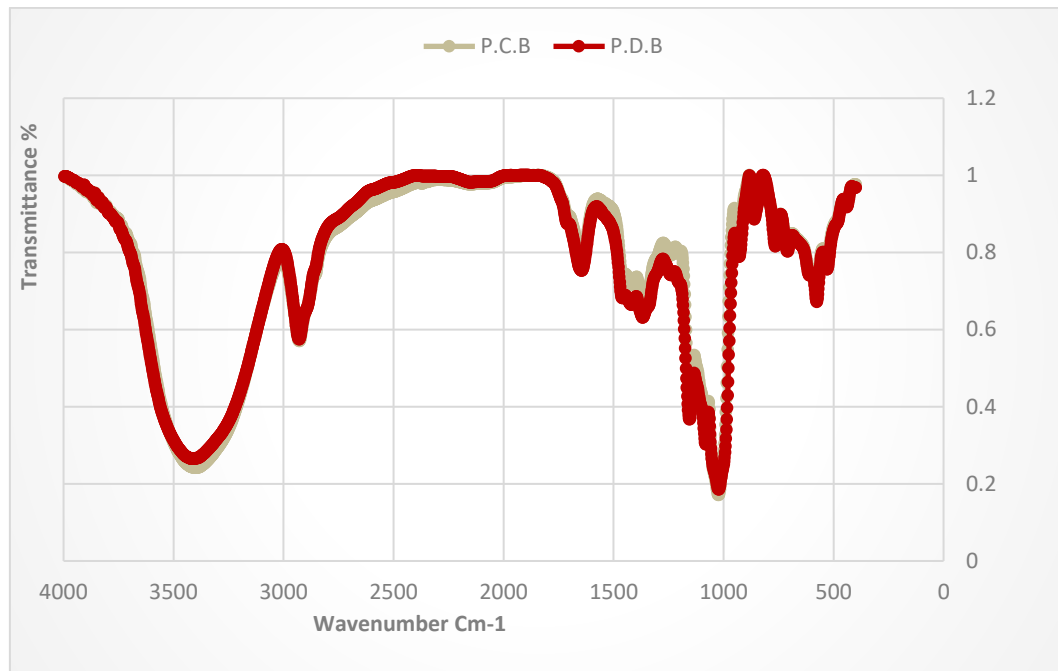
شکل ۳- مقایسه نمودارهای حاصل از دستگاه FT-IR گرانول A رقم پیشتاز در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (رقم پیشتاز = P، گرانول A = A، بدون تنش = C، تنش خشکی = D)

Figure 3- Comparison of the graphs obtained from the FT-IR device of the A granule of Pishtaz cultivar in two conditions without stress and drought stress (D = Drought Stress, C = without stress, A = A granule, P = Pishtaz cultivar)



شکل ۴- مقایسه نمودارهای حاصل از دستگاه FT-IR گرانول A رقم نوید در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (رقم نوید = N، گرانول A = A، بدون تنش = C، تنش خشکی = D)

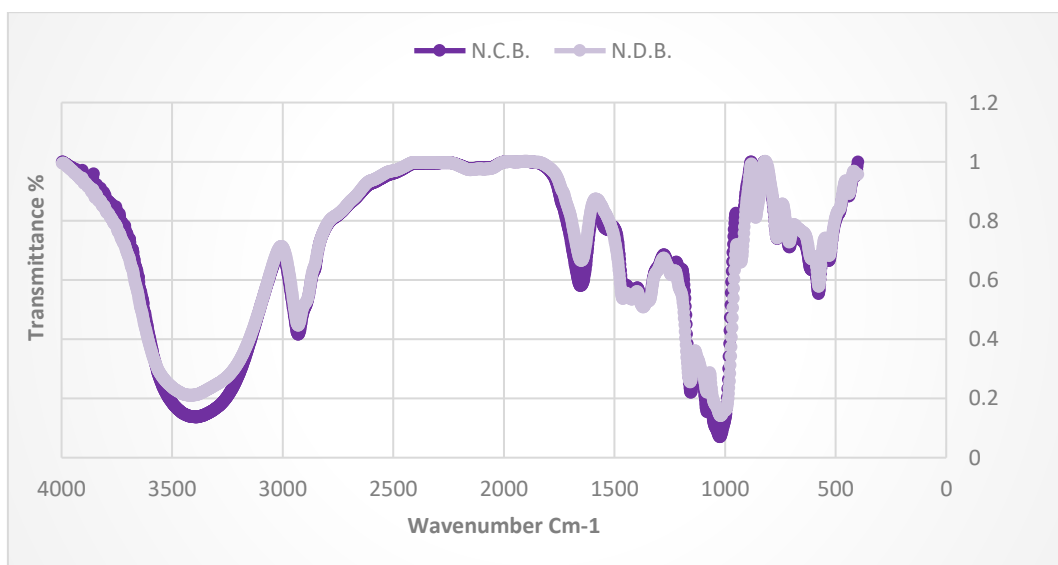
Figure 4- Comparison of the graphs obtained from the FT-IR device of the A granule of Navid cultivar in two conditions without stress and drought stress (D = Drought Stress, C = without stress, A = A granule, N = Navid cultivar)



شکل ۵- مقایسه نمودارهای حاصل از دستگاه FT-IR گرانول B رقم پیشتاز در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (رقم پیشتاز = P، گرانول B = B، بدون تنش = C، تنش خشکی = D)

Figure 5- Comparison of the graphs obtained from the FT-IR device of the B granule of Pishtaz cultivar in two conditions without stress and drought stress

(D. = Drought Stress, C. = without stress, B. = B granule, P. = Pishtaz cultivar)



شکل ۶- مقایسه نمودارهای حاصل از دستگاه FT-IR گرانول B رقم نوید در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (رقم نوید = N، گرانول B = B، بدون تنش = C، تنش خشکی = D)

Figure 6- Comparison of the graphs obtained from the FT-IR device of the B granule of Navid cultivar in two conditions without stress and drought stress

(D. = Drought Stress, C. = without stress, B. = B granule, N. = Navid cultivar)

### نتیجه گیری کلی

هر چه زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه کمتر باشد درصد گلوتن آن افزایش خواهد یافت و خشکی باعث کوتاه شدن زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه می شود. تنش خشکی روی شاخص

تنش خشکی باعث کاهش معنی دار نشاسته و افزایش گلوتن مرطوب و درصد پروتئین در هر دو رقم گندم شد. زیرا

تأثیر تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و کیفیت نانوبی هر دو رقم گندم شد؛ البته در رقم نوید با کیفیت نانوبی متوسط تا ضعیف بیشتر بود که نشان از آسیب پذیرتر بودن این رقم نسبت به رقم پیشتاز در برابر تنش خشکی بود. همچنین نتایج این پژوهش می‌تواند بینشی را در مورد تأثیر مکانیسم‌های بالقوه از طریق خشک‌سالی بر فراساختارها و خواص فیزیکی و شیمیایی گندم ارائه دهد.

### سیاسگزاری

بدین وسیله از حمایت دانشگاه الزهرا و پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری برای انجام این پژوهش تقدیر می‌گردد.

### تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

گلوتن رقم پیشتاز بی‌تأثیر اما باعث کاهش در رقم نوید شد. عدد این شاخص هر چه بالاتر باشد کیفیت پخت بهتری را شاهد خواهیم بود. در مقایسه دو رقم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی دیده شد که خشکی باعث افزایش درصد پروتئین دانه در رقم نوید نسبت به پیشتاز شد. هر چه درصد حجم رسوب زلنی بیشتر باشد کیفیت پخت بهتر است و در هر دو رقم تنش خشکی باعث افزایش این درصد شد و این افزایش در رقم پیشتاز بیشتر از نوید بود. خشکی روی درصد حجم نان و درصد رطوبت آرد در رقم پیشتاز بی‌تأثیر بود اما در رقم نوید باعث کاهش شد. درصد سختی دانه که با پروتئین دانه ارتباط دارد در رقم پیشتاز خشکی باعث افزایش سختی دانه شد اما در رقم نوید بی‌تأثیر بود. در هر دو رقم، خشکی باعث افزایش درصد جذب آب آرد شد. در تحلیل ساختار نشاسته توسط دستگاه FT-IR نشان داده شد تنش خشکی در رقم پیشتاز عامل تغییرات مولکولی نشده است و ساختار مولکولی همچنان ثابت باقی ماند اما در رقم نوید شدت پیکها در قله مربوط به کشش پیوند O-H در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. به طور کلی

### References

- Abid, M., Tian, Z., Zahoor, R., Ata-Ul-Karim, S.T., Daryl, C., Snider, J.L. and Dai, T., 2018. Pre-drought priming: A key drought tolerance engine in support of grain development in wheat. *Advances in Agronomy*, 152, pp.51-85. doi: 10.1016/bs.agron.2018.06.001.
- Ahmadi, A. and Baker, D.A., 2001. The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regulation*, 35, pp.81-91. doi: 10.1023/A:1013827600528.
- Aja, S., Perez, G. and Rosell, C.M., 2004. Wheat damage by *Aelia* spp. and *Eurygaster* spp. Effects on gluten and water-soluble compounds released by gluten hydrolysis. *Journal of Cereal Science*, 39, pp.187-193. doi: 10.1016/j.jcs.2003.10.001.
- Albuquerque, M.C.D. and Carvalho, N.D., 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. *Seed Science and Technology*, pp.465-479.
- Altenbach, S.B., DuPont, F.M., Kothari, K.M., Chan, R., Johnson, E.L. and Lieu, D., 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal Science*, 37, pp.9-20. doi: 10.1006/jcrs.2002.0483
- Ambardekar, A.A., Siebenmorgen, T.J., Counce, P.A., Lanning, S.B. and Mauromoustakos, A., 2011. Impact of field-scale nighttime air temperatures during kernel development on rice milling quality. *Field Crops Research*, 122, pp.179-185. doi: 10.1016/j.fcr.2011.03.012.

- Arzani, A., 2002. Grain quality of durum wheat germplasm as affected by heat and drought stress at grain filling period. *Wheat Information Service*, 94, pp.9-13.
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D., Cammarano, D., Kimball, B., Ottman, M., Wall, G. and White, J.W., 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5, 143. doi: **10.1038/nclimate2470**.
- Barić, M., Kereša, S., Šarčević, H., Jerčić, I.H., Horvat, D. and Drezner, G., 2006. Influence of drought during the grain filling period to the yield and quality of winter wheat (*T. aestivum* L.). In *Proceedings of 3rd International Congress' Flour-Bread 05' and 5th Croatian Congress of Cereal Technologists, Opatija*, 26-29 October 2005 (pp. 19-24). Faculty of Food Technology, University of Josip Juraj Strossmayer.
- Barutcular, C., Yildirim, M., Koc, M., Dizlek, H., Akinci, C., El Sabagh, A., Saneoka, H., Ueda, A., Islam, M., Toptas, I. and Albayrak, O., 2016. Quality traits performance of bread wheat genotypes under drought and heat stress conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12a), pp.6159-6165.
- Belderok, B., Mesdag, H. and Donner, D.A., 2000. Bread-Making Quality of Wheat. *Springer, New York*, 256.
- Bonfil, D.J. and Posner, E.S., 2012. Can bread wheat quality be determined by gluten index?. *Journal of Cereal Science*, 56, pp.115-118. doi: **10.1016/j.jcs.2012.07.003**.
- Brennan, C.S., Samaan, J. and El-Khayat, G.H., 2012. The effect of genotype and environmental conditions on grain physiochemical properties of Syrian durum wheat cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(12), pp.2627-2635. doi: **10.1111/j.1365-2621.2012.03145.x**.
- Cervantes-Pahm, S.K., Liu, Y. and Stein, H.H., 2014. Digestible indispensable amino acid score and digestible amino acids in eight cereal grains. *British Journal of Nutrition*, 111(9), pp.1663-1672. doi: **10.1017/S0007114513004273**.
- Chen, X., Zhu, Y., Ding, Y., Pan, R., Shen, W., Yu, X. and Xiong, F., 2021. The relationship between characteristics of root morphology and grain filling in wheat under drought stress. *Peer Journal*, 9, e12015. doi: **10.7717/peerj.12015**.
- Cheraghi, M., Motesarezadeh, B., Mousavi, S.M., Ma, Q. and Ahmadabadi, Z., 2023. Silicon (Si): a regulator nutrient for optimum growth of wheat under salinity and drought stresses-a review. *Journal of Plant Growth Regulation*, pp.1-25. doi: **10.1007/s00344-023-10959-4**
- Dang, J.M.C. and Copeland, L., 2004. Genotype and environmental influences on pasting properties of rice flour. *Cereal Chemistry*, 81, pp.486-489. doi: **10.1094/CCHEM.2004.81.4.486**.
- Eivazi, A., Abdollahi, S., Salekdeh, H., Majidi, I., Mohamadi, A. and Pirayeshfar, B., 2006. Effect of drought and salinity stress on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 7, pp.252-267. [In Persian]. doi: **20.1001.1.15625540.1384.7.3.6.2**
- Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R. and Schofield, J.D., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37(3), pp.295-309. doi: **10.1006/jcrs.2002.0501**.
- Guttieri, M.J., Stark, J.C., O'Brien, K. and Souza, E., 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and

- quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41, pp.327-335. doi: **10.2135/cropsci2001.412327x**.
- Haghparast, R., Rajabi, R., Najafian, G., Rashmekarim, K. and Aghaee Sarbarze, M., 2009. Evaluation of indices related to grain quality in advanced bread wheat genotypes under rainfed conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(2), pp.315-328. [In Persian].
- He, J-F., Goyal, R., Laroche, A., Zhao, M-L. and Lu, Z-X., 2012. Water stress during grain development affects starch synthesis, composition and physicochemical properties in triticale. *Journal of Cereal Science*, 56, pp.552–560. doi: **10.1016/j.jcs.2012.07.011**.
- Htoon, A., Shrestha, A.K., Flanagan, B.M., Lopez-Rubio, A., Bird, A.R., Gilbert, E.P. and Gidley, M.J., 2009. Effects of processing high-amylose maize starches under controlled conditions on structural organisation and amylase digestibility. *Carbohydrates Polymer*, 75, pp.236–245. doi: **10.1016/j.carbpol.2008.06.016**.
- Hu, X.Z. and Shang, Y.N., 2007. A new testing method for vital gluten swelling index. *Journal Science of Food Agriculture*, 87, pp.1778-1782. doi: **10.1002/jsfa.2925**.
- Isvand, H.R., Ahmadi, A., Shah Nejat Bushehri, A.A., Postini, K. and Jahan Soz, M.R, 2005. Effect of drought stress and timing of nitrogen fertilizer application on nitrogen transfer, baking quality and band pattern of storage proteins of wheat grain. *Agricultural Sciences of Iran*, 36(6), pp.1489-1497.
- Knight, JW. and Olson, RM., 1984. Wheat starch: production, modification, and uses. In *Starch: Chemistry and technology*, pp.491-506. Academic Press. doi: **10.1016/B978-0-12-746270-7.50021-5**.
- Koksel, H., Masatcioglu, T., Kahraman, K., Ozturk, S. and Basman, A., 2008. Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment. *Journal of Cereal Science*, 47, pp.275-282. doi: **10.1016/j.jcs.2007.04.007**.
- Kumar, R., Singh, V., Pawar, S.K., Singh, P.K., Kaur, A. and Sharma, D., 2019. Abiotic stress and wheat grain quality: A comprehensive review. *Wheat Production in Changing Environments: Responses, Adaptation and Tolerance*, pp.63-87. doi: **10.1007/978-981-13-6883-7\_3**.
- Kumar, R., Kumar, A., Sharma, N.K., Kaur, N., Chunduri, V., Chawla, M., Sharma, S., Singh, K. and Garg, M., 2016. Soft and hard textured wheat differ in starch properties as indicated by trimodal distribution, morphology, thermal and crystalline properties. *PLoS One*, 11(1), e0147622. doi: **10.1371/journal.pone.0147622**
- Li, Y., Wu, Y., Hernandez-Espinosa, N. and Peña, R.J., 2013. The influence of drought and heat stress on the expression of end-use quality parameters of common wheat. *Journal of Cereal Science*, 57(1), pp.73-78. doi: **10.1016/j.jcs.2012.09.014**.
- Li, W., Wu, G., Luo, Q., Jiang, H., Zheng, J., Ouyang, S. and Zhang, G., 2016. Effects of removal of surface proteins on physicochemical and structural properties of A- and B-starch isolated from normal and waxy wheat. *Journal of Food Science and Technology*, 53, pp.2673-2685. doi: **10.1007/s13197-016-2239-3**.
- Lu, H., Hu, Y., Wang, C., Liu, W., Ma, G., Han, Q. and Ma, D., 2019. Effects of High Temperature and Drought Stress on the Expression of Gene Encoding Enzymes and the Activity of Key Enzymes Involved in Starch Biosynthesis in Wheat Grains. *Frontiers in Plant Science*, 10, doi: **10.3389/fpls.2019.01414**.
- Mahpara, S., Hussain, S. and Farooq, J., 2014. Drought Tolerance Studies in Wheat (*Triticum Aestivum* L.).

- Cercetari Agronomice in Moldova*, 47, pp.133-140.
- Majoul, T., Bancel, E., Triboi, E., Ben Hamida, J. and Branlard, G., 2003. Proteomic analysis of the effect of heat stress on hexaploid wheat grain: Characterization of heat-responsive proteins from total endosperm. *Proteomics*, 3(2), pp.175-183. doi: [10.1002/pmic.200300570](https://doi.org/10.1002/pmic.200300570).
- Mis, A., 2003. Influence of the storage of wheat flour on the physical properties of gluten. *International Agrophysics*, 17(2).
- Naguleswaran, S., Li, J., Vasanthan, T., Bressler, D. and Hoover, R., 2012. Amylolysis of large and small granules of native triticale, wheat and corn starches using a mixture of  $\alpha$ -amylase and glucoamylase. *Carbohydrate Polymers*, 88(3), pp.864-874. doi: [10.1016/j.carbpol.2012.01.027](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.027).
- Ozturk, A. and Aydin, F., 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190, pp.93-98. doi: [org/10.1046/j.1439-037x.2003.00080.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2003.00080.x).
- Pezeshkpour, P. and Afkar, S., 2018. The study of genetic diversity, heritability and genetic advance of morphological traits, yield and yield components in different chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 9(24), pp.61-68. doi: [10.29252/jcb.9.24.61](https://doi.org/10.29252/jcb.9.24.61).
- Pierre, C.S., Peterson, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoevena, M., Larsona, M. and Hoefera, B., 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *Agronomy Journal*, 100, pp.414-420. doi: [10.2134/agronj2007.0166](https://doi.org/10.2134/agronj2007.0166).
- Rakszegi, M., Darkó, É., Lovegrove, A., Molnár, I., Láng, L., Bedő, Z., ... and Shewry, P., 2019. Drought stress affects the protein and dietary fiber content of wholemeal wheat flour in wheat/Aegilops addition lines. *PLoS One*, 14(2), e0211892. doi: [10.1371/journal.pone.0211892](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211892).
- Ratnayake, W.S. and Jackson, D.S., 2008. Starch gelatinization. *Advances in Food and Nutrition Research*, 55, pp.221-268. doi: [10.1016/s1043-4526\(08\)00405-1](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(08)00405-1).
- Razzaq, A., Noman, M.U., Azhar, S., Saleem, F., Gahlaut, V. and Wani, S.H., 2023. Drought stress tolerance in wheat: Recent QTL mapping advances. In *QTL Mapping in Crop Improvement*, pp.149-161. Academic Press. doi: [10.1016/b978-0-323-85243-2.00015-5](https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85243-2.00015-5).
- Rekowski, A., Wimmer, M.A., Tahmasebi, S., Dier, M., Kalmbach, S., Hitzmann, B. and Zörb, C., 2021. Drought Stress during Anthesis Alters Grain Protein Composition and Improves Bread Quality in Field-Grown Iranian and German Wheat Genotypes. *Applied Sciences*, 11(21), 9782. doi: [10.3390/app11219782](https://doi.org/10.3390/app11219782).
- Santiago, DM., Matsushita, K., Noda, T., Tsuboi, K., Yamada, D., Murayama, D., Koaze, H. and Yamauchi, H., 2015. Effect of purple sweet potato powder substitution and enzymatic treatments on bread making quality. *Food Science Technology Research*, 21, pp.159–165. doi: [10.3136/fstr.21.159](https://doi.org/10.3136/fstr.21.159).
- Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R. and Kaur, A., 2017. Wheat starch production, structure, functionality and applications—a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(1), pp.38-58. doi: [org/10.1111/ijfs.13266](https://doi.org/10.1111/ijfs.13266).
- Tatar, O., Cakalogullari, U., TONK, F.A., Istipliler, D. and Karakoc, R., 2020. Effect of drought stress on yield

- and quality traits of common wheat during grain filling stage. *Turkish Journal of Field Crops*, 25(2), pp.236-244. doi: **10.17557/tjfc.834392**.
- Thitisaksakul, M., Jimenez, R.C., Arias, M.C. and Beckles, D.M., 2012. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. *Journal of Cereal Science*, 56(1), pp.67–80. doi: **10.1016/j.jcs.2012.04.002**.
- Tsenov, N., Atanasova, D., Stoeva, I. and Tsenova, E., 2015. Effects of drought on grain productivity and quality in winter bread wheat. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(3), pp.592-598.
- Yan, L. and Shi, Y., 2013. Effect of drought stress on growth and development in winter wheat with aquasorb-fertilizer. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(11), pp.1502-1504. doi: **10.19026/ajfst.5.3374**.
- Yu, X., Li, B., Wang, L., Chen, X., Wang, W., Gu, Y., Wang, Zh. and Xiong, F., 2016. Effect of drought stress on the development of endosperm starch granules and the composition and physicochemical properties of starches from soft and hard wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (8), pp.2746-2754. doi: **10.1002/jsfa.7439**.
- Zhang, C., Zhou, L., Zhu, Z., Lu, H., Zhou, X., Qian, Y., Lu, Y., Gu, M. and Liu, Q., 2016. Characterization of grain quality and starch fine structure of two japonica rice (*Oryza sativa*) cultivars with good sensory properties at different temperatures during the filling stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(20), pp.4048-4057. doi: **10.1021/acs.jafc.6b00083**.
- Zhang (a), H., Li, H., Yuan, L., Wang, Z., Yang, J. and Zhang, J., 2012. Post-anthesis alternate wetting and moderate soil drying enhances activities of key enzymes in sucrose-to-starch conversion in inferior spikelets of rice. *Journal of Experimental Botany*, 63(1), pp.215-227. doi: **10.1093/jxb/err263**.
- Zhang (b), Y., Qi, G.U.O., Nan, F.E.N.G., Wang, J.R., Wang, S.J. and He, Z.H., 2016. Characterization of A-and B-type starch granules in Chinese wheat cultivars. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(10), pp.2203-2214. doi. **org/10.1016/s2095-3119(15)61305-3**.

## Effect of drought stress on properties related to bakery quality of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.)

Rahil Golfam<sup>1</sup>, Khadijeh Kiarostami<sup>2\*</sup>, Tahmineh Lohrasebi<sup>3</sup>, Shabnam Hasrak<sup>4</sup>, Khadijeh Razavi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ph.D Student of Plant Physiology, Department of Plant Science, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Vanak, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Plant Science, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Vanak, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Postdoctoral Researcher, Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

<sup>5</sup> Department of Plant Molecular Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

\*Corresponding Author: [kh.kiarostami@alzahra.ac.ir](mailto:kh.kiarostami@alzahra.ac.ir)

Received: 27 November 2023 Accepted: 2 February 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.427004.1381

### Abstract

**Introduction:** Among environmental stresses, drought stress is the most critical ecological constraint that has could affect yield and product quality. It is important better to understand the effects of high temperatures and drought stress because, according to the forecasts made and seasonal temperature changes, we are facing a drought. Almost half of all human food needs, especially in Asia, are met directly from cereals. Wheat is one of the most adaptable cereals in different climatic conditions. Starch and proteins are the main components in wheat endosperm that affect the quality of the final product. Starch composition in wheat has a decisive effect on seed quality, flour processing, and yield. Physicochemical properties and final application of wheat starch are closely related to the structure of starch granules and the distribution of amylose and amylopectin. The internal structure of A and B-granules are somewhat different in composition, size, gelatinization temperature, and physicochemical and functional properties that lead to changes in swelling strength, gelatinization, and adhesion properties. Protein and starch, not only directly but also indirectly through the creation of bonds and effects on various reactions, can have a significant impact on the quality of the bakery. For these reasons, its recognition and investigation during drought stress as the most critical biological structure of wheat from the point of view of agricultural economics is of particular importance.

**Materials and Methods:** Two bread wheat cultivars named Navid, with medium to poor baking quality, and Pishtaz, with high baking quality, were used in this study. Two wheat cultivars were cultivated in three replications in the research farm of Shahed University of Tehran in November 2019. Irrigation once a week was used as a normal treatment and stopped irrigation at the bolting stage for drought treatment (The criterion of drought stress is 30% of the maximum field capacity). Each replication consisted of two rows of cultivation with a length of 2.5 m and distances of 25 cm. At 35 days post-anthesis, the seeds of each plant were harvested from the middle two third of the spike. Traits such as total starch, wet gluten, gluten index, grain protein percentage, Zeleny sedimentation volume, bread volume, flour moisture, hardness index, and water absorption in flour were measured. Also, total starch and granules are separated was analyzed by FT-IR. Statistical analyses were performed with SAS software (version 9.4) and Average Comparison with t-tests at the level of 0.05. and 0.01.

**Results and Discussion:** In both wheat cultivars, drought stress showed a significant decrease in total starch content. Also, between the two cultivars under normal and drought stress conditions, the amount of starch in the Navid cultivar decreased significantly. Under drought stress, loss of AGPase activity leads to premature cessation of starch accumulation. In both cultivars, drought stress caused a significant increase in wet gluten compared to the normal. The results showed that the shorter the

time between flowering and seed ripening, the smaller the seeds and the higher the gluten content. Drought had no effect on the Pishtaz cultivar but was influential on the Navid cultivar and caused a significant decrease in gluten index. Also, in both normal and drought stress, the gluten index was significantly higher in the Pishtaz cultivar. Some researchers have shown that high-quality wheat cultivars have a higher gluten index. Drought stress in both cultivars significantly increased seed protein. It has been proven that reducing starch under stress conditions disturbs the protein ratio to starch and increases the amount of protein per unit volume. In both cultivars, we saw an increase in the percentage of Zeleny sedimentation volume. The higher the gluten content and the better the gluten quality, the slower the deposition and the increased the Zeleny sedimentation volume. In measuring the percentage of bread volume, the drought did not have a significant effect in the Pishtaz cultivar. But, in the Navid cultivar, drought stress caused a significant decrease. Drought stress in the Pishtaz cultivar had no significant effect on wheat seed moisture. However, in the Navid cultivar, drought stress with a decrease significantly reduced the grain moisture. Low or high humidity can increase crop damage during harvesting and storage, increasing the cost of post-harvest processes to some extent. The Percentage of hardness index in the Pishtaz cultivar in drought stress conditions with a significant difference increased. But in the Navid cultivar, drought stress had no significant effect on the hardness index. A very strong correlation has been observed between the hardness index and the rheological properties of the dough, and the quality of gluten. Both wheat cultivars, drought stress significantly increased the water uptake percentage of flour. Higher Glutenin to Gliadin ratio under drought stress conditions may make gluten and dough more robust, and This is accompanied by an increase in water absorption by flour. Drought stress in the Pishtaz cultivar did not cause molecular changes, and the molecular structure remained constant. In the Navid cultivar, for total starch, A-granules, and B-granules in both normal and drought stress in the positions of the peaks did not change. However, the intensity of one of the peaks in the range of O-H bond tension showed a decrease in the condition of drought stress.

**Conclusion:** Investigating the mechanisms that enable plants to adapt to drought stress and maintain their growth in these conditions ultimately helps select stress-resistant plants for cultivation in dry and semi-arid soil. In general, drought stress reduced the yield and baking quality of both wheat cultivars; of course, it was more in the Navid cultivar with medium to poor baking quality, which indicated that this cultivar is more vulnerable to drought stress than the Pishtaz cultivar. The results of this research can provide insight into the impact of potential mechanisms through drought on the ultrastructures and physicochemical properties of wheat starch and its relationship with baking quality.

**Keywords:** Bread volume, Gluten, Granules, Wheat starch

## تأثیر تنش شوری و عناصر منگنز و آهن بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی زیره سیاه (*Carum carvi*) در شرایط زاهدان

محمد رضا نقوی<sup>۱\*</sup>، زهرا عباس نژاد<sup>۲</sup>، ابوالفضل توسلی<sup>۱</sup>، مهدی دادمهر<sup>۳</sup>

۱- بخش کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۳- بخش علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

\* مسئول مکاتبه: [mr\\_naghavi@pnu.ac.ir](mailto:mr_naghavi@pnu.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.362439.1275

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

### چکیده

در راستای بررسی تأثیر تنش شوری و عناصر کم مصرف منگنز و آهن بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس زیره سیاه آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه زاهدان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش شوری به عنوان عامل اصلی در سه سطح (آبیاری با آب معمولی یا شاهد (۱/۲ دسی زیمنس بر متر)، آبیاری با آب نسبتاً شور (۳ دسی زیمنس بر متر) و آبیاری با آب شور (۵ دسی زیمنس بر متر)) و عناصر کم مصرف به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (عدم مصرف کود، مصرف منگنز، آهن، منگنز+آهن) بودند. نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر اکثر صفات بجز شاخص برداشت و درصد اسانس داشت. همچنین آبیاری با آب نسبتاً شور و شور منجر به کاهش عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری با آب معمولی گردید. با این وجود، کاربرد کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در شرایط تنش شوری منجر به تخفیف اثرات تنش شوری گردید به طوری که افزایش عملکرد دانه ناشی از مصرف کود آهن در تیمار آبیاری با آب شور، در مقایسه با عدم مصرف کود حدود ۲۵/۵ درصد بود. کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در این بررسی تأثیر معنی‌داری روی ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، عملکرد دانه، بیوماس و عملکرد اسانس زیره سیاه داشتند. علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار کودهای ریزمغذی بر اجزای عملکرد دانه، کاربرد این کودها باعث افزایش آنها گردید. با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سیاه در شرایط کاربرد منگنز و آهن، استفاده از این کودها در زراعت زیره سیاه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، اجزای عملکرد، اسانس، بیوماس، ریزمغذی

(2015).

### مقدمه

اهمیت استفاده از گیاهان دارویی، وجود ماده موثره در آنهاست که اثرات متفاوتی در کنترل انواع بیماری‌ها دارند. بنابراین کیفیت در گیاهان دارویی نسبت به گیاهان زراعی از اهمیت بیشتری برخوردار است. از جمله عواملی که بر میزان جذب عناصر غذایی و مقدار اسانس تأثیر می‌گذارد، تنش شوری است (Li and Jiang, 2004). کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و شوری یکی از تنش‌های محیطی بوده که به صورت موقت یا دائم خسارت‌های زیادی را به بار می‌آورد. تنش شوری می‌تواند با تغییر اختلاف پتانسیل و تأثیر بر قدرت جذب آب و املاح توسط ریشه‌ها، باعث تغییر میزان جذب عناصر توسط گیاه گردد (Ziaieian and Malakouti, 2001)، بنابراین کنترل میزان آب موجود در سطح ریشه‌ها می‌تواند به افزایش کیفیت در گیاهان دارویی کمک کند. کمبود آب

زیره سیاه (*Carum carvi*) گیاهی از خانواده چتریان و یکی از مهمترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه خشک ایران در شرایط کمبود آب و با حاصلخیزی کم خاک، حایز اهمیت فراوانی باشد (Ziaieian and Malakouti, 2001). کشت زیره سیاه در مناطق خشک و نیمه خشک در مقایسه با سایر محصولات زراعی از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است و به‌ویژه در مناطقی که آب عامل محدود کننده کشاورزی است، اگر محاسبه براساس درآمد حاصل از یک متر مربع آب انجام شود، زیره به نسبت آب مصرفی درآمد خوبی عاید می‌کند. به‌علاوه از آن جایی که زیره سیاه گیاهی صادراتی است، قیمت آن کمتر دچار نوسان شده و موجب اطمینان خاطر کشاورزان از فروش محصول خود به قیمت مناسب می‌شود (Raesee et al.,

هم در خاک‌های قلیایی قابل مصرف می‌باشد (Dashti *et al.*, 2015).

محلول پاشی سولفات منگنز به میزان پنج در هزار برای محصولات زراعی و باغی قابل توصیه می‌باشد و زمان مصرف هم یک ماه پس از سبز شدن می‌باشد. منگنز به صورت یون دوبار مثبت و به صورت ترکیبات مولکولی با بعضی عامل‌های کمپلکس کننده آلی EDTA به وسیله گیاه جذب می‌شود. همچنین گیاه می‌تواند منگنز را به هر یک از این دو صورت به طور مستقیم از طریق برگ جذب کند. محلول پاشی روی برگ برای رفع کمبود، کاری سریع و متداول است. مانند آهن، منگنز عنصری غیر پویا بوده و علائم کمبود معمولاً ابتدا در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود. منگنز نیز مانند سایر عناصر گروه فلزی سنگین، در فعال‌سازی آنزیم‌های متعددی که با متابولیسم کربوهیدرات‌ها، واکنش‌های فسفریل شدن و چرخه اسید سیتریک سر و کار دارند، نقش دارد (Hafeez *et al.*, 2013).

آهن نیز یکی از عناصر ضروری اما کم مصرف و کم تحرک در گیاهان است. به طور کلی گیاهان در بین همه‌ی ریزمغذی‌ها بیشترین نیاز را به آهن دارند، البته نوع گیاه نیز در این مسئله موثر است به طوری که بعضی گیاهان بیشترین نیاز را به روی دارند. آهن بخشی از گروه کتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا بوده و عنصری ضروری برای سنتز کلروفیل می‌باشد (Dashti *et al.*, 2015). علائم کمبود آهن ابتدا در جوان‌ترین برگ‌ها به صورت زردی بین رگبرگی بروز می‌کند و سرانجام پهنک برگ به رنگ زرد یا حتی سفید در می‌آید (Jamshidi *et al.*, 2012). ترکیب‌های کلاته آهن بهترین راه حل برای برطرف کردن کلروز آهن در همه خاک‌ها و به خصوص خاک‌های قلیایی بوده و می‌توانند شدیدترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان را علاج نمایند. ایجاد کلات‌های طبیعی، ترشح مواد اسیدی زا در اثر تجزیه شیمیایی، ممانعت از تماس فیزیکی ذرات آهن با آهن کودی، ایجاد شرایط مناسب برای تهویه و در نتیجه رشد بهتر ریشه و نیز ایجاد شرایط احیایی در میکرو سائیت‌های سطح ریشه از مکانشیم‌های مؤثر مواد آلی در رفع کلروز آهن می‌باشد (Ramezani *et al.*, 2013).

براساس مطالعات صورت گرفته در مورد گیاهان زراعی از جمله گندم، جو، ذرت و پنبه مشخص شده که استفاده از

تغییرات زیادی در رشد گیاه به وجود می‌آورد که می‌تواند سبب کاهش آن گردد. این در حالی است که میزان این کاهش رشد همواره با تغییرات مهمی در خواص کیفی گیاهان زراعی و باغی و از جمله گیاهان دارویی همراه است (Golestani, 2021). یکی از اثرات تنش شوری برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است (Jamshidi *et al.*, 2012).

عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان زراعی به دو دسته‌ی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف تقسیم می‌شوند. با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم مصرف می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید. عنصر منگنز نیز یکی از عناصر مهم و ضروری در فرایند رشدونمو در گیاهان و جانوران می‌باشد. منگنز از عناصر غذایی کم مصرف محسوب می‌شود. این عنصر نقش ضروری در عمل تنفس داشته و فعال کننده آنزیم‌هایی مانند نیتريت ردوکتاز بوده که در متابولیسم نیتروژن دخالت دارد. منگنز در خاک به شکل کاتیون دو ظرفیتی  $Mn^{+2}$  جذب می‌شود. در خاک‌هایی که میزان آهن بالاست مقدار منگنز قابل دسترس کم است (Jamshidi *et al.*, 2012).

منشاء منگنز موجود در خاک تجزیه سنگ‌های معدنی می‌باشد و از لحاظ فراوانی در پوسته زمین، پس از آهن قرار دارد. مقدار کل این عنصر در خاک ۲۰۰ الی ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. یون منگنز در خاک به سه حالت مختلف دیده می‌شود. مقدار کل منگنز و منگنز تبادل در خاک با مقدار کل منگنز در مواد مادری تشکیل دهنده همبستگی ندارد. دی اکسید منگنز پایدارترین اکسید منگنز در خاک است و با اسیدی شدن محیط، بر میزان حلالیت آن افزوده می‌شود. سایر صورت‌های منگنز مثل کربنات، هیدروکسید و سیلیکات منگنز همگی بیشتر از اکسید آن محلول‌اند و درجه حلالیت آنها با pH خاک رابطه معکوس دارد (Hafeez *et al.*, 2013). کمبود منگنز مشابه سایر عناصر ریزمغذی، بیشتر در خاک‌های آهنکی با مواد آلی کم اتفاق می‌افتد. حساسیت گیاهان مختلف به منگنز، بسیار متفاوت است و با توجه به اینکه پویایی این عنصر در درختان میوه مشابه کلسیم بسیار محدود است، بنابراین علائم کمبود این عنصر ابتدا در برگ‌های جوان مشاهده می‌شود. برای رفع این کمبود می‌توان از سولفات منگنز با ۲۸ تا ۳۲ درصد منگنز استفاده نمود این کود هم در خاک‌های اسیدی و

کودهای ریزمغذی منگنز و آهن و همچنین بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر کمیت و کیفیت اسانس این گیاه دارویی و بررسی برهمکنش مصرف انواع کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در سطوح مختلف شوری بر عملکرد و اسانس زیره سیاه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در باغ گیاهی شهرداری زاهدان در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی ارتفاع ۱۳۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. به منظور تعیین خصوصیات خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از خاک صورت گرفت و خصوصیات آن مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

کودهای ریزمغذی در شرایط بروز کمبود آب می‌تواند منجر به افزایش رشد و عملکرد این دسته از گیاهان شود اما در مورد گیاهان دارویی از جمله زیره سیاه هنوز این امر به خوبی مشخص نشده است، کنترل میزان عناصر خاک با افزودن کودهای شیمیایی یا آلی در صورت لزوم، نیز یکی از راه‌های بهبود کیفیت گیاهان دارویی است. با توجه به اینکه ماده موثره در گیاهان دارویی ممکن است تحت تأثیر مستقیم برخی عناصر ریزمغذی باشد، بررسی این عناصر امری ضروری می‌نماید (Moosavi *et al.*, 2014). با توجه به تأثیر شدید عوامل محیطی بویژه شوری و فقر عناصر کم مصرف در کیفیت و میزان اسانس گیاه دارویی زیره سیاه، این آزمایش جهت تأثیر تنش شوری و عناصر کم مصرف منگنز و آهن بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس زیره سیاه انجام گرفت. در این راستا، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر مصرف انواع

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil at a depth of 0-30 cm

بافت Texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphores (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	pH	EC (dS/m)
شنی لومی Loamy sand	41	33	26	210	11	0.07	7.4	1.9

پشته‌هایی به عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت با دست و در عمق سه سانتی‌متری انجام شد و به منظور اطمینان از استقرار کامل گیاهچه مقدار بذر مورد استفاده دو برابر مورد نیاز در نظر گرفته شد و بذور قبل از کاشت با قارچ کش بنومیل (دو در هزار) ضدعفونی شدند. پس از قرار دادن بذرها در شیارهای ایجاد شده بوسیله مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه بادی پوشش داده شد. پس از عملیات کاشت اولین آبیاری صورت گرفت.

مراقبت‌های پس از کاشت شامل وجین، آبیاری و سله‌شکنی به طور منظم انجام شد. بذرها ۱۵ روز پس از کاشت شروع به سبز شدن کردند. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در دو مرحله (گیاهچه‌ای و شروع رشد زایشی) انجام گرفت و برداشت با دقت زیاد و توسط کارگر انجام گرفت. هنگام برداشت، حاشیه‌ها شامل یک متر اول و آخر و ردیف‌های کناری حذف

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل: تنش شوری در سه سطح (آب معمولی ( $I_0$ ))، آب نسبتاً شور ( $I_1$ )، آب شور ( $I_2$ ) به عنوان فاکتور اصلی به ترتیب با هدایت الکتریکی (۱/۲ و ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر) با حل کردن نمک محلول NaCl در مخزن آبیاری تیمارها و چهار سطح عدم مصرف کود ( $N_0$ )، منگنز ( $N_1$ )، آهن ( $N_2$ ) و منگنز+آهن ( $N_3$ ) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. آهن و منگنز از منبع سولفات آهن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات منگنز (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت کاربرد خاکی در مرحله‌ی تهیه بستر بذر استفاده شد.

در قطعه زمینی که برای کشت در نظر گرفته شده بود، ابتدا با گاو آهن برگردان‌دار به عمق ۲۵ الی ۳۰ سانتی‌متر شخم زده شد و پس از تسطیح زمین با لولر و فارو زدن، در هر کرت

مصرف آهن در تیمار آبیاری با آب شور، از ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۱). عبارت دیگر، در شرایط آب معمولی و آب نسبتاً شور بیشترین ارتفاع بوته با مصرف مصرف توأم منگنز و آهن بدست آمد در حالی که کمترین مقدار این صفت در شرایط بدون مصرف کود ریزمغذی بدست آمد. همچنین در شرایط آب شور بیشترین و کمترین ارتفاع بوته بترتیب مربوط به مصرف آهن با ۱۸/۶ سانتی‌متر و عدم مصرف کود ریزمغذی با ۱۶/۳ سانتی‌متر بدست آمد. علت کاهش ارتفاع در اثر تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش فاصله میانگره و همچنین کاهش غلظت هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد نظیر جیبرلین و سایتوکینین که در افزایش تقسیم سلولی نقش دارند، می‌باشد (Bettaieb et al., 2009). برتری ارتفاع بوته در شرایط کاربرد آهن به دلیل تأمین مقادیر کافی آهن قابل دسترس گیاه و نقش این عنصر در سنتز کلروفیل جهت افزایش فتوسنتز در زمان رشد رویشی گیاه می‌باشد. برخی محققین نیز با بررسی اثرات تغذیه آهن و منگنز بر رشد گیاه گزارش نمودند که ارتفاع بوته با کاربرد آهن افزایش نشان داد (Akhtar et al., 2009; Hafeez et al., 2013).

### تعداد شاخه در بوته

نتایج آزمایش نشان داد که صفت تعداد شاخه در بوته تحت تأثیر تیمار تنش شوری در سطح پنج درصد قرار گرفت و تأثیر کودهای ریزمغذی و اثر متقابل تنش شوری در ریزمغذی بر آن معنی‌دار نگردید (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌های آزمایش، تیمارهای شاهد با میانگین ۸/۲ و آبیاری با آب شور با ۷/۷ شاخه در بوته از تعداد شاخه بیشتری در بوته برخوردار بوده و تیمار آب نسبتاً شور با میانگین ۷/۲، تعداد شاخه کمتری در هر بوته به خود اختصاص داد (شکل ۲). نداشتن فرصت کافی در شرایط تنش شوری به دلیل کوتاه شدن فاز رویشی، مانع از رشد رویشی مناسب و تولید شاخه فرعی می‌شود. همچنین از دسترس خارج شدن مواد غذایی خاک به موازات کاهش رطوبت خاک، مانع از جذب آن‌ها و در نتیجه تکمیل فرآیند شاخه‌دهی می‌گردد. نتایج تحقیق دیگری نیز حاکی از آن بود که آبیاری با آب نسبتاً شور منجر به کاهش ۲۵ درصدی در تعداد شاخه فرعی این گیاه در مقایسه با شاهد گردیده است که میزان این کاهش در آزمایش حاضر معادل ۱۲ درصد در تیمار آب نسبتاً شور در مقایسه با شاهد بود (Lotfi

گردیدند. در این تحقیق صفات ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد اسانس و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شدند. قبل از برداشت محصول، از هر کرت تعداد پنج بوته به صورت تصادفی برداشت و صفات مورد نظر شامل ارتفاع، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه شمارش و سپس میانگین‌گیری انجام و میانگین آن‌ها در هر تیمار ثبت گردید. وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و از یک نمونه ۱۰۰۰ تایی از هر کرت اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با رعایت اثر حاشیه، سطح دو متر مربع از هر کرت برداشت شد و در شرایط مزرعه به مدت ۷۲ ساعت در سایه خشک گردید. برای محاسبه شاخص برداشت، عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک تقسیم و در صد ضرب گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان اسانس از دستگاه کلونجر استفاده شد. با ضرب درصد اسانس هر تیمار در عملکرد دانه آن، عملکرد اسانس بدست آمد. در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

#### ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته زیره سیاه داشت؛ اثر کودهای ریزمغذی منگنز و آهن نیز بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل تنش شوری و کودهای ریزمغذی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در شرایط اثر متقابل تنش شوری در کودهای ریزمغذی حاکی از آن بود که در تمامی تیمارهای آبیاری، مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید و در این میان تیمارهای مصرف آهن و مصرف توأم منگنز و آهن در تیمار شاهد و همچنین تیمار مصرف آهن در تیمار آبیاری با آب شور، از ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۱). منگنز و آهن در تیمار شاهد و همچنین تیمار

کاهش تنش شوری و عناصر منگنز و آهن بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی زیره سیاه (*Carum carvi*) در شرایط زاهدان (Tabrizi *et al.*, 2009). نتایج سایر تحقیقات نیز حاکی از کاهش تعداد شاخه‌های گیاه در اثر تنش شوری است (Rohamare *et al.*, 2013; Moosavi *et al.*, 2014).

کاهش تنش شوری و عناصر منگنز و آهن بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی زیره سیاه (*Carum carvi*) در شرایط زاهدان (et al., 2014). کمبود آب باعث کاهش فتوسنتز، کاهش گسترش سطح برگ‌ها و عدم تشکیل شاخه‌های جدید گردیده است. کاهش جذب آب و مواد غذایی از جمله عوامل موثر بر کاهش تعداد شاخه‌های فرعی است (Farajzadeh Memari).

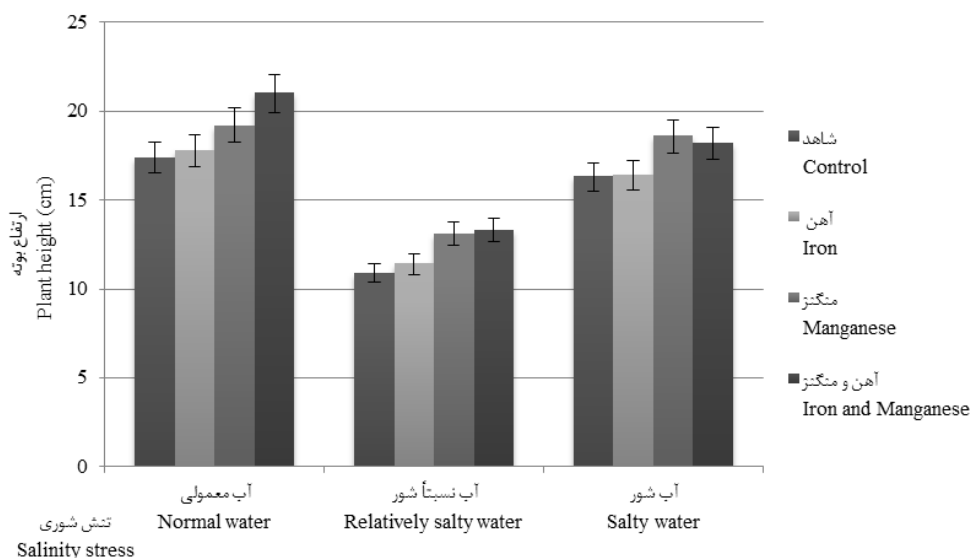
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد زیره سیاه

Table 2- Results of analysis of variance of morphological traits and performance components of caraway

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	تعداد چتر در بوته Number of umbrellas per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds in the umbrella	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds
بلوک Block	2	1.236	0.002	8.80	5.65	1274.48	0.044
تنش شوری Salinity stress	2	147.17**	2.860*	124.80**	65.39**	21121.58*	0.308*
خطای اول Error1	4	1.072	0.313	10.36	1.69	2843.21	0.040
ریزمغذی micronutrient	3	15.389**	0.739 <sup>ns</sup>	48.97**	6.28 <sup>ns</sup>	338.93 <sup>ns</sup>	0.275 <sup>ns</sup>
تنش شوری×ریزمغذی Salinity stress×micronutrient	6	5.714*	0.393 <sup>ns</sup>	13.58*	11.19*	3160.72**	0.005 <sup>ns</sup>
خطای باقیمانده Residual error	18	1.923	0.401	4.83	3.92	250.37	0.142
ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	8.59	8.22	15.00	17.01	27.09	14.44

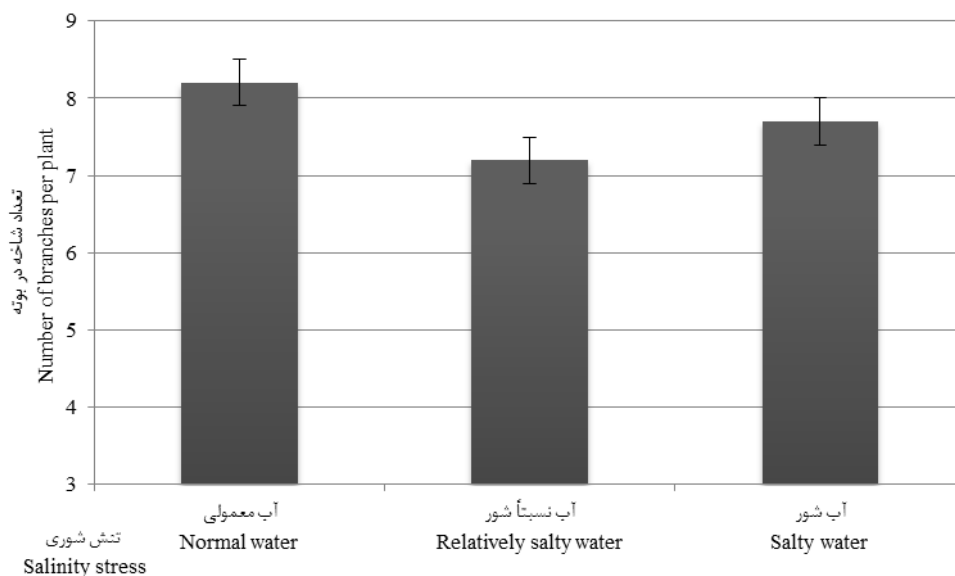
\*\*، \* و <sup>ns</sup> به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد

\*\*، \* and ns indicate significance at 1%, 5% probability level and non-significance, respectively.



شکل ۱- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر ارتفاع بوته زیره سیاه

Figure 1- Interaction of salinity stress and manganese and iron micronutrient fertilizers on plant height of caraway



شکل ۲- تأثیر تنش شوری بر تعداد شاخه در هر بوته زیره سیاه

Figure 2- The effect of salinity stress on the number of branches per plant of caraway

کاهش رشد رویشی در اثر تنش ایجاد شده در این مراحل منجر به کاهش تعداد چتر در بوته زیره سیاه شده است (Osman, 2009). در تحقیق دیگری گزارش شده است که با آبیاری با آب شور، کاهش شدید تعداد سنبله در بوته را نسبت به آبیاری با آب معمولی مشاهده کردند (Pouryousef *et al.*, 2014).

### تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در چتر داشت اما اثر مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر این صفت معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل تنش شوری در ریزمغذی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). تعداد دانه در بوته نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و برهمکنش تنش شوری در ریزمغذی معنی‌دار شد اما اثر کودهای ریزمغذی در این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آب معمولی و آب نسبتاً شور بیشترین تعداد دانه در چتر با مصرف آهن بدست آمد در حالی که کمترین مقدار این صفت در شرایط آبیاری معمولی با مصرف منگنز و در شرایط آب نسبتاً شور بدون مصرف کودهای ریزمغذی و مصرف توأم آهن و منگنز بدست آمد. همچنین در شرایط آب شور بیشترین و کمترین تعداد دانه در چتر بترتیب مربوط به مصرف توأم منگنز و آهن با ۱۲/۵ دانه در چتر و عدم

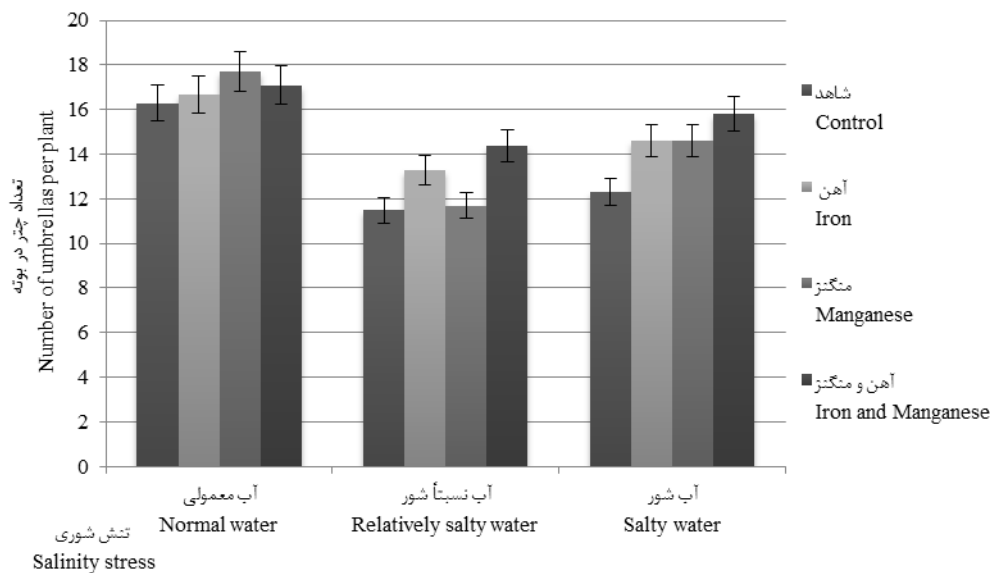
### تعداد چتر در بوته

از لحاظ آماری، تعداد چتر در بوته تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری، مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن و اثرات متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۲). شکل ۳ نیز برهمکنش تنش شوری بر کودهای ریزمغذی مطالعه شده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. در این راستا، در تحقیق دیگری با بررسی تغذیه برگ منگنز و آهن بر عملکرد کلزا اعلام شده است که با افزایش غلظت منگنز و آهن، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (Ramezani *et al.*, 2013). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در شرایط اثر متقابل تنش شوری در کودهای ریزمغذی حاکی از آن بود که در تمامی تیمارهای آبیاری، مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن منجر به کاهش تعداد چتر در بوته گردید و در این میان تیمارهای مصرف آهن در شرایط تیمار شاهد یا آبیاری معمولی و همچنین تیمار مصرف توأم آهن و منگنز در شرایط تیمار آبیاری با آب شور و آب نسبتاً شور، از تعداد چتر در بوته بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۳). همچنین در تمام تیمارهای آبیاری کمترین تعداد چتر در بوته در شرایط شاهد بدست آمد (شکل ۳). نتایج حاصل با یافته‌های سایر تحقیقات در خصوص اثر تنش شوری و تأثیر آن بر کاهش تعداد چتر در بوته مطابقت دارد (Rohamare *et al.*, 2013; Moosavi *et al.*, 2014). تعداد چتر در بوته به میزان رشد رویشی گیاه بستگی دارد و

دلنه در بوته می‌شود (Raesee *et al.*, 2015). کاهش تعداد دانه در اثر تنش شوری می‌تواند به علت تأثیر شوری در مرحله پر شدن دانه باشد. بدین معنی که گل‌های موجود در هر چتر به علت کمبود عناصر غذایی ناشی از شوری تکامل نیافته و چترها حاوی بذر یا پر نمی‌شوند و یا شامل بذوری می‌شوند که به مقدار جزئی توسعه یافته‌اند و در نهایت تعداد دلنه در چتر و تعداد دلنه در بوته کاهش می‌یابد (Moosavi *et al.*, 2014). کاهش تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تنش با نتایج محققین مختلف مطابقت دارد (Moosavi *et al.*, 2014; Raesee *et al.*, 2015).

مصرف کود ریزمغذی با ۱۰ دانه در چتر بدست آمد. در حالی که مقایسه میانگین در شرایط برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی نشان داد که بیشترین مقدار تعداد دانه در بوته در شرایط آبیاری معمولی برای مصرف آهن و در شرایط آبیاری با آب نسبتاً شور و شور برای مصرف توأم کودهای آهن و منگنز بدست آمد. همچنین کمترین مقدار این صفت در شرایط آبیاری معمولی با مصرف منگنز و در شرایط آب نسبتاً شور و شور بدون مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد.

محدودیت آبی در طول تنش شوری از طریق اختلال در عمل گرده‌افشانی و کاهش طول دوره آن موجب کاهش تعداد



شکل ۳- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر تعداد چتر در بوته زیره سیاه

Figure 3- The interaction of salinity stress and manganese iron micronutrient fertilizers on the number of umbrellas per plant of caraway

۲). وزن هزار دانه زیره سیاه در شرایط آبیاری با آب شور در مقایسه با شاهد بیشتر بود به طوری که هر دو تیمار آبیاری با آب شور و نسبتاً شور با یکدیگر در گروه آماری برتر قرار گرفته و وزن هزار دانه بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند (شکل ۶). بیشتر بودن وزن هزار دانه زیره سیاه در تیمارهای تنش شوری احتمالاً به دلیل وجود تعداد دلنه کمتر در این تیمارها باشد به طوری که تعداد دانه در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار آبیاری با آب نسبتاً شور بیشتر بود (شکل ۶). در شرایط آبیاری با آب معمولی، رشد سبزینه‌ای گیاه افزایش و در مقابل دلنه‌های کوچکتری تولید شده‌اند. به طور کلی گیاهان در مواجهه با تنش شوری دو راهکار برای جبران عملکرد دارند، یکی تعداد دانه

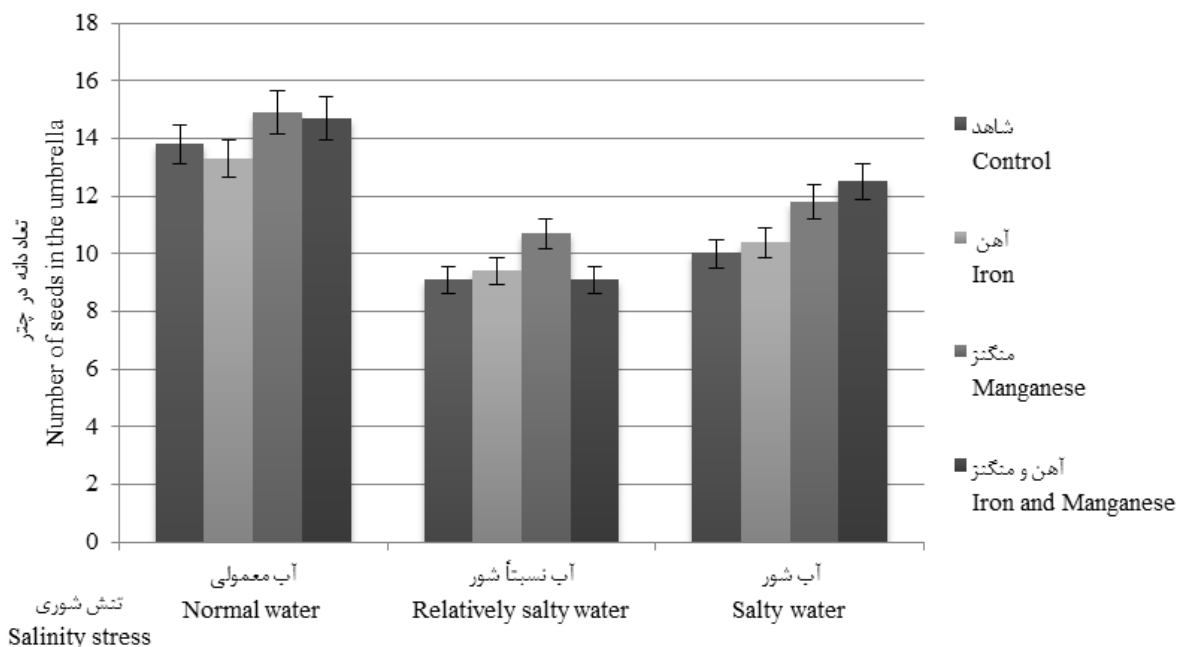
آهن از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد پروتئینی و کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌تولند باعث افزایش تعداد دانه شود (IzadiKhorameh and Balochi, 2012). افزایش تعداد دانه تحت تأثیر منگنز و آهن با نتایج برخی تحقیقات مطابقت دارد (Raesee *et al.*, 2015). در شکل ۴ و ۵ به ترتیب برهمکنش تنش شوری بر کودهای ریزمغذی در صفات تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته نشان داده شده است.

#### وزن هزار دانه

تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر وزن هزار دانه زیره سیاه داشت اما اثر ریزمغذی و اثر متقابل ریزمغذی و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبودند (جدول

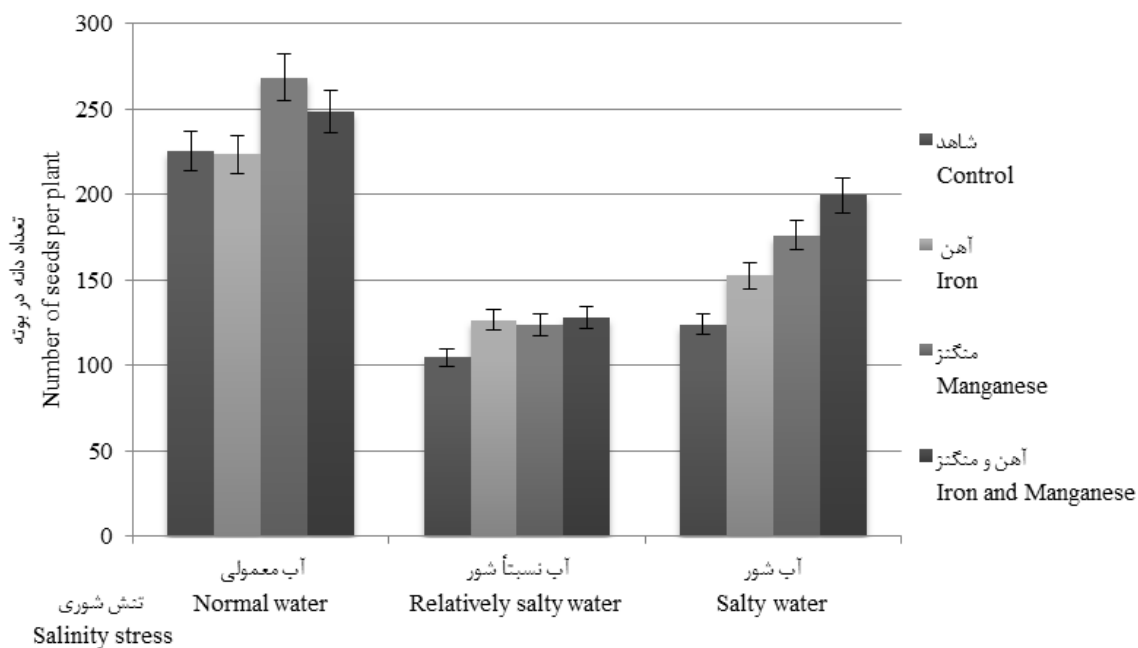
و افزایش وزن هزار دانه شده است. برخی محققین کاهش وزن هزار دانه در دفعات آبیاری بیشتر را گزارش نموده‌اند (Kobraee *et al.*, 2012; Raesee *et al.*, 2015).

بیشتر در اندازه کوچکتر و دیگری تعداد دانه کمتر ولی در اندازه بزرگتر که در این آزمایش، زیره سیاه با کاهش تعداد دانه در چتر سبب هدایت اسیمیلات بیشتر به دانه‌ها و افزایش سهم هر دانه از تولیدات فتوسنتزی و در نتیجه بزرگ شدن اندازه دانه‌ها



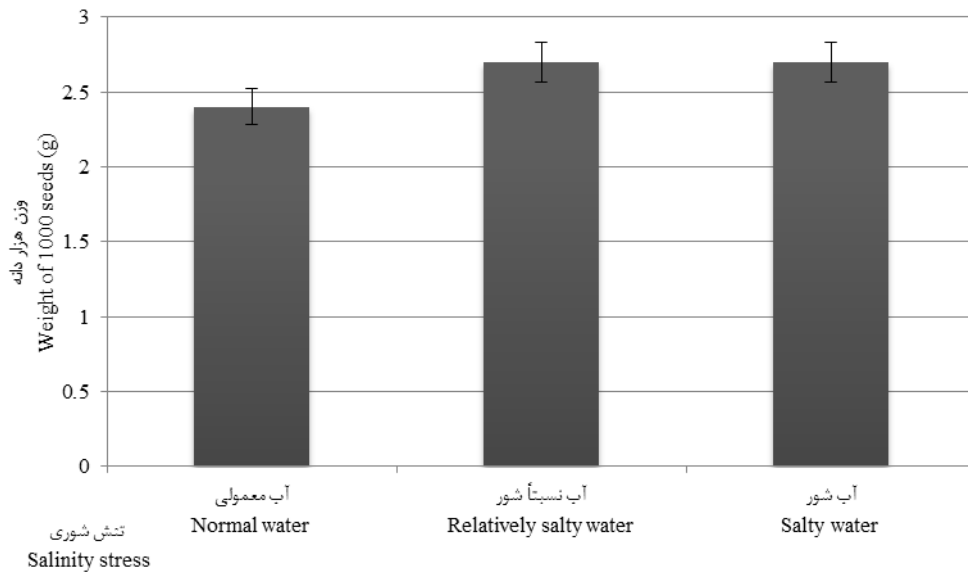
شکل ۴- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر تعداد دانه در چتر زیره سیاه

Figure 4- The interaction of salinity stress and manganese-iron micronutrient fertilizers on the number of seeds in the umbrella of caraway



شکل ۵- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر تعداد دانه در بوته

Figure 5- Interaction of salinity stress and manganese-iron micronutrient fertilizers on the number of seeds per plant of caraway



شکل ۶- تأثیر تنش شوری بر وزن هزار دانه زیره سیاه

Figure 6- The effect of salinity stress on the weight of a 1000 seeds of caraway

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات عملکردی و اسانس زیره سیاه

Table 3- Results of variance analysis of functional traits and caraway essential oil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares				
		عملکرد دانه Seed yield	بیوماس Biomass	شاخص برداشت Harvest index	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	3326.42	3713.19	159.435	0.007	1.970
تنش شوری Salinity stress	2	40240.43**	159755.91**	70.009 <sup>ns</sup>	0.044 <sup>ns</sup>	12.058*
خطای اول Error1	4	1451.18	6992.11	26.086	0.049	1.565
ریزمغذی micronutrient	3	9955.33**	56092.52**	6.082 <sup>ns</sup>	0.064 <sup>ns</sup>	5.001*
تنش شوری×ریزمغذی Salinity stress× micronutrient	6	5167.41*	19359.31*	8.585 <sup>ns</sup>	0.014 <sup>ns</sup>	4.939*
خطای باقیمانده Residual error	18	1548.90	6759.19	58.596	0.101	1.493
ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	12.25	11.52	16.84	15.87	18.96

\*\*، \* و <sup>ns</sup> به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد

\*\*، \* and ns indicate significance at 1%, 5% probability level and non-significance, respectively.

## عملکرد دانه

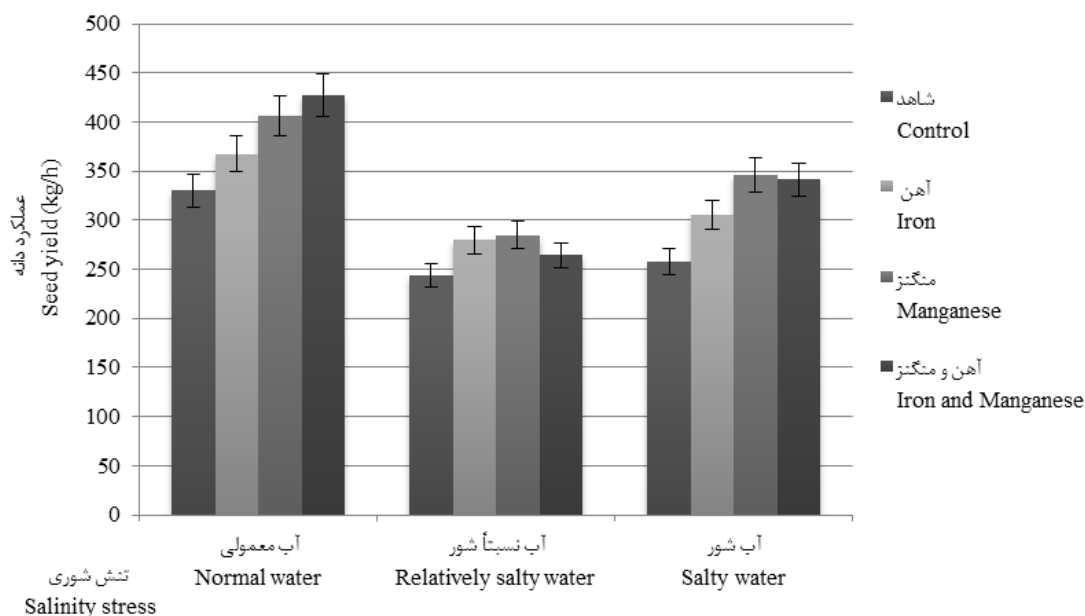
کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در سطح یک درصد بر عملکرد

دانه زیره سیاه بود و اثر متقابل تنش شوری و کودهای ریزمغذی

نتایج این آزمایش حاکی از تأثیر معنی‌دار تنش شوری و

رشد برگ‌ها می‌شود. بنابراین با کاهش سطح برگ، میزان جذب نور خورشید و به دنبال آن فتوسنتز گیاه کاهش یافته و این امر منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Dashti *et al.*, 2015). عنصر آهن در ساخت کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز نقش حیاتی دارد و فرودوکسین، پروتئین حامل آهن است که در انتقال الکترون درگیر است (Raesee *et al.*, 2015). بنابراین طبیعی است که با افزایش آهن در برگ، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته، فعالیت فتوسنتزی بیشتر شده و در نهایت افزایش عملکرد را در پی داشته باشد. بر طبق نتایج آزمایشی اظهار شده است که با مصرف توأم کودهای آهن و منگنز، میزان عملکرد دانه گندم به طور متوسط ۸۶۷ کیلوگرم افزایش یافته است (Kobraee *et al.*, 2012).

معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری نسبتاً شور و شور با مصرف آهن بدست آمد. در حالی که بیشترین مقدار این صفت در شرایط آبیاری معمولی بدون مصرف کودهای ریزمغذی مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت در سطوح تنش در تیمار بدون مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد. کاربرد کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در شرایط تنش شوری تا حدودی منجر به تخفیف اثرات تنش شوری گردید به طوری که افزایش عملکرد ناشی از مصرف کود آهن در تیمار آبیاری با آب شور، در مقایسه با عدم مصرف کود باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۵/۵ درصد گردید (شکل ۷). طبیعتاً کمبود آب و به دنبال آن کاهش فشار آماس درون سلولی و نیز کاهش جذب عناصر غذایی، منجر به کاهش اندازه سلول‌ها و



شکل ۷- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر عملکرد دانه زیره سیاه

Figure 7- Interaction of salinity stress and manganese and iron micronutrient fertilizers on grain yield of caraway

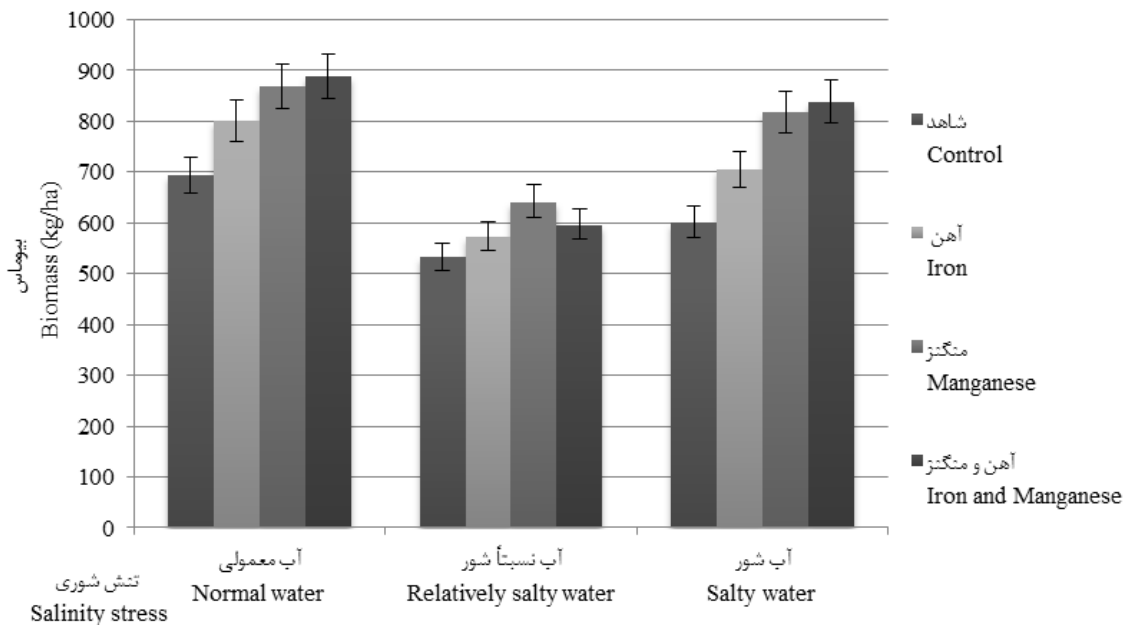
بیوماس بدست آمد و در شرایط نسبتاً شور در تیمار آهن مشاهده شد. کمترین مقدار بیوماس در سطوح تنش در تیمار عدم مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد. محدودیت آبی در مراحل مختلف نمودی موجب کاهش سطح برگ، جذب نور، فتوسنتز جاری و تولید مواد پرورده می‌شود که این موارد همه منجر به کاهش میزان تجمع ماده خشک می‌گردد (Kobraee *et al.*, 2012). از آنجایی که بیوماس به عنوان مجموعه‌ای از اندام زایشی و رویشی است، افزایش تعداد دفعات آبیاری باعث

### وزن خشک اندام هوایی (بیوماس)

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که بیوماس زیره سیاه به طور معنی‌داری و در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش شوری و مصرف ریزمغذی قرار گرفتند و اثر متقابل این دو بر بیوماس نیز معنی‌دار گردید (جدول ۳). همانطور که در شکل ۸ که مربوط به برهمکنش تنش شوری بر کودهای ریزمغذی است، مشاهده می‌شود در تیمار مصرف توأم منگنز و آهن بجز در شرایط تنش نسبتاً شور بیشترین وزن خشک اندام هوایی یا

تابش و یا ترکیبی از این دو می‌باشد. افزایش یا کاهش این دو عامل تأثیر مستقیمی در میزان رشد و عملکرد نهایی دارند. کاهش بازده استفاده از تابش عمدتاً با کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ همراه است و کاهش فتوسنتز برگ و همچنین کاهش انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف اجزای گیاه سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد (Kumar *et al.*, 2008).

جذب بیشتر آب در گیاه و افزایش کلی وزن توده زنده می‌شود (Kobraee *et al.*, 2012). ارتفاع معنی‌دار بیشتر گیاه در تیمار آبیاری با آب معمولی به دلیل استقرار بهتر سیستم ریشه‌ای در مراحل حساس رشدی گیاه، اثر خود را در مراحل انتهایی از طریق افزایش عملکرد بیوماس نشان داده است. کاهش وزن خشک گیاه در شرایط تنش عمدتاً ناشی از کاهش تشعشع جذب شده توسط سایه‌انداز گیاه و یا کاهش بازده استفاده از



شکل ۸- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر بیوماس زیره سیاه

Figure 8- Interaction of salinity stress and manganese and iron micronutrient fertilizers on biomass of caraway

درصد اسانس زیره سیاه تأثیر معنی‌داری نداشت اما اثر آن بر عملکرد اسانس در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید؛ اثر کودهای ریزمغذی نیز بر درصد اسانس معنی‌دار نبود اما اثر آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل تنش در کودهای ریزمغذی فقط برای عملکرد اسانس معنی‌دار شد. در شرایط آب معمولی و آب شور (بغیر از شرایط تنش نسبتاً شور) بیشترین عملکرد اسانس در تیمار مصرف توأم منگنز و آهن بدست آمد (شکل ۹). در شرایط آبیاری نسبتاً شور بیشترین عملکرد اسانس در تیمار منگنز مشاهده شد. در تمام سطوح تنش کمترین مقدار این صفت در تیمار عدم مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد. عملکرد اسانس حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد دانه می‌باشد و با توجه به عدم معنی‌دار شدن درصد اسانس و کاهش عملکرد دانه در

## شاخص برداشت

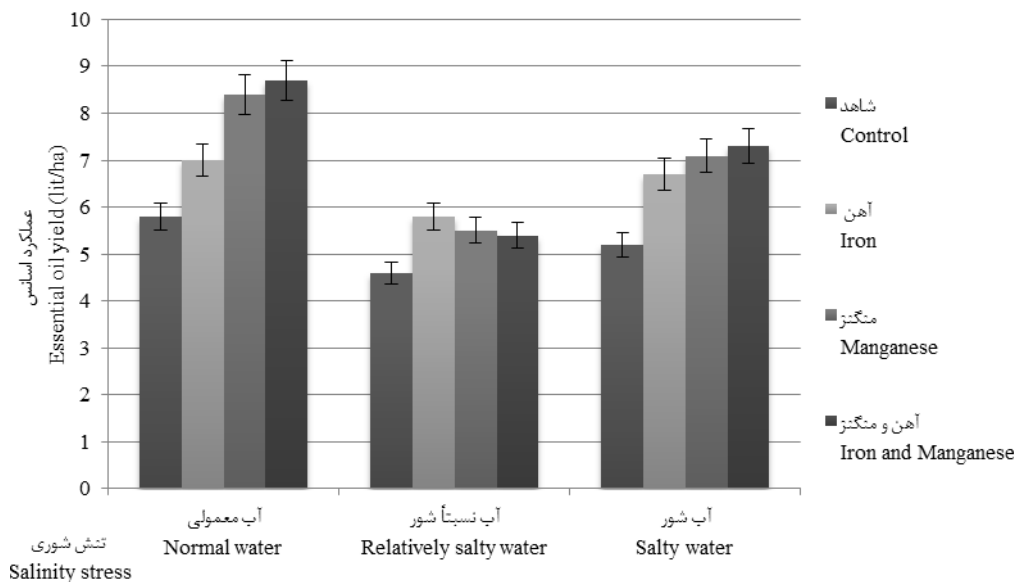
بر اساس نتایج، شاخص برداشت دانه زیره سیاه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای تنش شوری، کودهای ریزمغذی و اثر متقابل آنها قرار نگرفت (جدول ۳). با توجه به ماهیت صفت شاخص برداشت دانه و عدم تأثیرپذیری آن با اعمال تنش شوری می‌توان اظهار نمود عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به یک نسبت تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفته‌اند به عبارت دیگر تأثیر تیمارهای شوری بر اندام‌های رویشی و زایشی گیاه یکسان بوده است که نشان‌دهنده وابستگی شدید رشد زایشی گیاه به رشد رویشی آن است.

## درصد اسانس و عملکرد اسانس

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که تنش شوری بر

تنش شوری بر پیکره رویشی گیاه به عنوان تابعی از درصد عملکرد دانه و درصد اسانس است ( Soltani Gerdfarmarzi et al., 2011; Dashti et al., 2015; Raesee et al., 2015).

شرایط تنش، انتظار می‌رود که عملکرد اسانس در شرایط تنش شوری در مقایسه با شاهد کاهش پیدا کند. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه‌ی کاهش آب مصرفی، به دلیل اثرات مضر



شکل ۹- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر عملکرد اسانس زیره سیاه

Figure 9- The interaction of salinity stress and micronutrient fertilizers of manganese and iron on the essential oil yield of caraway

عملکرد و اجزای عملکرد و عملکرد اسانس در این گیاه دارویی می‌شود. با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سیاه در شرایط کاربرد منگنز و آهن، استفاده از این کودها در زراعت زیره سیاه توصیه می‌شود. بطور کلی نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان می‌دهد که تنش شوری روی اکثر صفات مطالعه شده اثر منفی دارد و با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل تنش در کودهای ریزمغذی مشاهده شد که اثر کاهشی تنش شوری در شرایط تنش شوری کامل تخفیف پیدا کرده و اثر کاهشی صفات مورد مطالعه در شرایط تنش شوری کمتر از تنش نسبتاً شور مشاهده شد و این اثر تخفیفی در تیمار مصرف توأم آهن و منگنز در شرایط تنش شوری بدست آمد.

## نتیجه گیری کلی

در این آزمایش تنش شوری بجز شاخص برداشت و درصد اسانس، تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سیاه داشت و منجر به کاهش آنها گردید. تأثیر منفی تنش شوری بر وزن هزار دانه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته را می‌توان مهمترین عامل کاهش عملکرد دانه در این شرایط دانست. همچنین در شرایط آبیاری معمولی، بر اساس نتایج موجود در مورد تغییرات مورفولوژیکی و عملکردی گیاه زیره سیاه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که منگنز و آهن و استفاده توأم آنها موجب افزایش در خصوصیات مورفولوژیکی،

## References

- Akhtar, N., Abdul Matin Sarker, M., Akhter, H. and Katrun Nada, M., 2009. Effect of planting time and micronutrient as manganese chloride on the growth, yield and oil content of *Menthapiperita*. *Soil Science Journal*, 44(1), pp.125-130. doi: 10.3329/bjsir.v44i1.2721
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120, pp.271-275. doi:

**10.1016/j.scienta.2008.10.016**

- Dashti, M., Mirza, M., Kafi, M. and Tavakkoli, H., 2015. Effects of water deficit stress on *Salvia leriifolia* Benth. yield and essential oil composition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 3(2), pp.262-274. [In Persian]. doi: **10.22092/ijmapr.2015.101468**
- Farajzadeh Memari Tabrizi, E., Yarnia, M., Khorshidi, M.B. and Ahmadzadeh, V., 2009. Effect of micronutrients and their application method on yield, crop growth rate and net assimilation rate of corn cv. Jeta. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(2), pp.611-615. doi: **10.1234/4.2009.1759**
- Golestani M., 2021. Evaluation of Drought Tolerance Indices in Moldavian Balm Ecotypes. *Journal of Crop Breeding*, 13(37), pp.213-221. [In Persian]. doi: **10.52547/jcb.13.37.213**
- Hafeez, Y., Khanif, M. and Saleem, M., 2013. Role of manganese in plant nutrition. *American Journal of Experimental Agriculture*, 9, pp.304-391.
- IzadiKhorameh, H. and Balochi, H.R., 2012. The effect of soil application of iron and zinc on yield and grain yield components of wheat in different planting dates. 12<sup>th</sup> Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, 5-7 September 2013, Karaj, Iran. [In Persian].
- Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Goltaph, E., 2012. Effects of different nutrition systems (organic and chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 28(2), pp.309-323. [In Persian]. doi: **10.22092/ijmapr.2012.3048**
- Kobraee, S., Noormohammadi, G., Heidari Sharifabad, H., Darvishkajori, F. and Delkhosh, B., 2012. Apply of zinc, iron and manganese fertilizer on leaf and grain elements concentration and relationship it's with economic and biological yield of soybean. *Plant and Ecosystem*, 8(2), pp.39-51. [In Persian].
- Kumar, A., Singh, R. and Chhillar, R.K., 2008. Influence of omitting irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Agronomica Hungarica*, 56(1), pp.69-74. doi: **10.1556/aagr.56.2008.1.7**
- Li, R. and Jiang, Z., 2004. Chemical composition of the essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.) from China. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(4), pp.311-313. doi: **10.1002/ffj.1302**
- Lotfi, M., Abbaszadeh, B. and Mirza, M., 2014. The effect of drought stress on morphology, proline content and soluble carbohydrates of tarragon (*Artemisia dracuncululus* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(1), pp.19-29. [In Persian]. doi: **10.22092/ijmapr.2014.5266**
- Moosavi, S.M., Moosavi, S.G.R. and Seghatoleslami, M.J., 2014. Effect of drought stress and nitrogen levels on growth, fruit and essential oil yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(3), pp.453-462. [In Persian]. doi: **10.22092/ijmapr.2014.7681**
- Osman, Y.A.H., 2009. Comparative study of some agricultural treatments effects on plant growth, yield and chemical constituents of some fennel varieties under Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(4), pp.541-554.
- Pouryousef, M., Mazaheri, D., Yousefi, A., Rahimi, A. and Tavakoli, A., 2014. Evaluation of grain qualitative

- traits of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) under limited irrigation regimes and different fertilizing treatments. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 30(3), pp.414-424. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2014.7675**
- Raese, N., Vakili, S., Sarhady, G. and Torkynegad, F., 2015. Effects of manure, iron and zinc fertilizers on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(1), pp.138-149. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2015.12621**
- Ramezani, M., Seghatoleslami, M., Mousavi, G. and Sayyari-Zohan, M.H., 2013. Effect of salinity and foliar application of iron and zinc on yield and water use efficiency of ajowan (*Carum copticum*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7, pp.421-426.
- Rohamare, Y., Nikam, T.D. and Dhumal, K.N., 2013. Effect of foliar application of plant growth regulators on growth, yield and essential oil components of ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *Agricultural and Food Science*, 3(2), pp.34-41.
- Soltani GerdFaramarzi, M.K. Omid, H., Habibi, H., Lebaschy, M.H. and Zarezadeh, A., 2011. The effects of glycine betaine and drought stress on yield, yield components and essential oil in German chamomile genotypes in Yazd region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(2), pp.279-289. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2011.6410**
- Ziaean, A.H. and Malakouti, M.J., 2001. Effects of Fe, Mn, Zn and Cu fertilization of wheat in the calcareous soils of Iran. In: Horst, W.J. (ed.) *Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems*, pp.840-841. **doi: 10.1007/0-306-47624-X\_409**

## The effect of salinity stress and manganese and iron elements on morphological traits and yield of caraway medicinal plant (*Carum carvi*) in Zahedan conditions

Mohammad Reza Naghavi<sup>1\*</sup>, Zahra Abbasnejad<sup>2</sup>, Abolfazl Tavassoli<sup>1</sup>, Mehdi Dadmehr<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> MSc Graduated of Agriculture, Payame Noor University, Iran

<sup>3</sup> Department of Basic Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran

\*Corresponding Author: [mr\\_naghavi@pnu.ac.ir](mailto:mr_naghavi@pnu.ac.ir)

Received: 17 September 2022 Accepted: 15 March 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.362439.1275

### Abstract

**Introduction:** Caraway is a plant from the umbelliferae, whose cultivation in arid and semi-arid regions has a high economic justification compared to other crops. The importance of using medicinal plants is the presence of effective substances in them, and the quality of medicinal plants is more important than agricultural plants. Iran is located in an arid and semi-arid region, and salinity is one of the environmental stresses that cause temporary or permanent damage. Salinity stress can change the amount of element absorption by the plant by changing the potential difference and affecting the absorption power of water and solutes by the roots. Nutrients necessary for the growth of agricultural plants are divided into two categories: high-consumption and low-consumption nutrients. By supplementing the consumption of low consumption nutrients, it is possible to improve the condition of plant growth in stressful conditions. Based on the studies conducted on agricultural plants, it has been determined that the use of micronutrient fertilizers in stressful situations can lead to an increase in the growth and yield of these plants, but this has not been well established in the case of medicinal plants, including caraway. . In this regard, this experiment was conducted to investigate the effect of salinity stress and the low consumption elements of manganese and iron on the morphological characteristics, yield, yield components and the amount of caraway essential oil.

**Materials and Methods:** This experiment was carried out in the split plots basis of randomized complete blocks in Zahedan region of Iran. The experimental factors include salinity stress as the main factor in three levels (Irrigation with normal or control water (1.2 deciSiemens/m), irrigation with relatively salty water (3 deciSiemens/m) and irrigation with salty water (5 deciSiemens/m)) and low consumption elements as secondary factors in four levels (no fertilizer consumption, consumption of manganese, iron, manganese + iron) were. Plant height, number of sub-branches, number of umbrella per plant, number of seeds per umbrella, number of seeds per plant, weight of 1000 seeds, seed yield, biomass, harvest index, essential oil percentage and essential oil yield were measured and weighed. At the end, after ensuring the normality of the data, their analysis was done using SAS statistical software, comparison of averages was done by Duncan's multi-range test and at the probability level of 5%. Graphs and figures were also drawn by Excel software.

**Results and Discussion:** The results showed that salinity had a significant effect at the probability level of one percent on plant height, number of umbrella per plant, number of seeds per umbrella, seed yield and biomass, and had a significant effect at the probability level of five percent on the number of branches per plant, number seeds per plant, weight of 1000 seeds and essential oil yield, but it had no effect on harvest index and essential oil percentage. According to the results, irrigation with relatively salty and salty water led to a decrease of 29.9 and 18.4 percent of grain yield, respectively, compared to irrigation with normal water. Nevertheless, the application of manganese and iron micronutrient fertilizers in the conditions of salinity stress to some extent led to the mitigation of the effects of salinity stress, so that the increase in grain yield due to the use of iron fertilizer in irrigation treatment with saline water was about 25.5% compared to the absence of fertilizer use. The highest yield of essential oil was achieved with 7.49 liters per hectare under favorable conditions. In

this study, manganese and iron micronutrient fertilizers had a significant effect at the one percent probability level on plant height, number of umerellaper plant, seed yield and biomass, and a significant effect at the five percent probability level on the essential oil yield of caraway. Iron consumption with an average of 345.70 kg per hectare had more grain yield. Despite the lack of significant effect of micronutrient fertilizers on grain yield components, the application of these fertilizers increased them. Considering the increase in seed yield and the yield of caraway essential oil under conditions of application of manganese and iron, the use of these fertilizers in caraway cultivation is recommended.

**Conclusion:** In this experiment, salinity stress had a significant effect on all the morphological traits, yield components, seed yield and essential oil yield of caraway, except for the traits of harvest index and percentage of essential oil, and led to their reduction. The negative effect of salinity stress on the weight of 1000 seeds, number of umbrella per plant, number of seeds per umbrella and number of seeds per plant can be considered the most important factor in reducing seed yield under these conditions. Based on the results, it can be concluded that manganese and iron and their combined use causes an increase in the morphological traits, seed yield and yield components and the yield of the essential oil in this medicinal plant. In general, considering the increase in seed yield and the yield of caraway essential oil under the conditions of application of manganese and iron, the use of these fertilizers in the cultivation of caraway can be justified.

**Keywords:** Biomass, Essential oil, Irrigation, Micronutrients, Yield components

## ارزیابی و انتخاب اکوتیپ‌های برتر زیره سبز با استفاده از صفات کمی و کیفی از طریق روش‌های آماری چندمتغیره در شرایط اقلیمی جیرفت

سید محمد علوی سینی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا فنائی<sup>۲</sup>

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

\* مسئول مکاتبه: [m.alavis@areeo.ac.ir](mailto:m.alavis@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.430131.1387

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

### چکیده

زیره سبز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی اهلی متحمل به خشکی در الگوی کاشت مناطق خشک و نیمه خشک کشور مورد توجه و استفاده کشاورزان می‌باشد. پایداری و افزایش تولید در زراعت این گیاه نیازمند شناسایی و معرفی اکوتیپ یا رقم اصلاح شده می‌باشد. از این رو تعداد ۶۴ اکوتیپ زیره سبز دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران طی آزمایشی در قالب طرح آماری لاتیس ساده ۸×۸ در دو تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان کشت شد. در این آزمایش صفات تاریخ ظهور چتر، تاریخ گلدهی، تاریخ پایان گلدهی، تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد چتر در بوته، چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس یادداشت‌برداری شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات مورد مطالعه برای اکوتیپ‌های زیره سبز وجود داشت. بطوری‌که در آماره‌های توصیفی نیز تنوع بالا در صفات تعداد دانه در بوته، زیست‌توده، عملکرد دانه و عملکرد اسانس مشاهده شد. بنابراین این صفات پتانسیل بالایی در برنامه‌های به‌نژادی زیره سبز خواهند داشت. باتوجه به نتایج تجزیه‌های انجام شده اکوتیپ‌های TN-150، TN-16، TN-180، TN-178، TN-15 و TN-141 با توجه به بررسی تمام صفات و با در نظر گرفتن مطلوبیت و عدم مطلوبیت صفات، به‌عنوان اکوتیپ‌های برتر و پربتانسیل گزینش و برای برنامه‌های اصلاحی پیشنهاد می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، درصد اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد دانه، SIIG

### مقدمه

دومین ادویه پرمصرف جهان بعد از فلفل (*Pepper nigrum*) می‌باشد کشت آن از اهمیت بالایی برخوردار است (Mnif and Aifa, 2015; Kanani et al., 2019). دانه این گیاه همچنین در طب سنتی برای درمان بسیاری از اختلالات و بیماری‌های بهداشتی مانند دندان درد، سوءهاضمه، اسهال، صرع و یرقان کاربرد فراوانی داشته است. این فواید دارویی عموماً به محتوای غنی و عملکرد قوی آن از ترکیبات فعال مانند ترپن‌ها، فنل‌ها و فلاونوئیدها نسبت داده شده است (Nostro et al., 2005; Gondaliya et al., 2018). زیره سبز علاوه بر مصارف دارویی و غذایی در صنایع بهداشتی و آرایشی نیز کاربرد دارد. طعم متمایز و عطر قوی و گرم زیره به دلیل محتوای اسانس آن است (Moghaddam et al., 2017). اخیراً چندین مطالعه نشان داده‌است که اسانس زیره دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد باکتریایی، ضد قارچی و ضد درد با ارزشی

زیره سبز گیاهی معطر، یکساله و علفی از خانواده Apiaceae با نام علمی *Cuminum cyminum* L. منشأ آن نواحی مدیترانه‌ای می‌باشد که به نواحی خشک و نیمه خشک جهان از قبیل خاورمیانه، هند و ترکیه گسترش یافته است. زیره سبز به‌خاطر تحمل بالا به خشکی در شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای یکی از قدیمی‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهانی است که کشت و کار می‌شود (Hajlaoui et al., 2010; Moghaddam et al., 2017). زیره دارای مصارف مختلف آشپزی و دارویی است و در سرتاسر جهان یک گیاه معطر چند منظوره بحساب می‌آید. این گیاه عموماً به‌عنوان چاشنی در غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان طعم‌دهنده در پنیر، ترشی و سوپ یک ادویه پرکاربرد است (Thippeswamy and Gohari and Saeidnia, 2011; Akhilender Naidu, 2005). با توجه به اینکه در حال حاضر

خراسان، آذربایجان شرقی، یزد، سمنان، اصفهان، گلستان، فارس و کرمان کشت می‌شود (Ghanbari *et al.*, 2017). با توجه به این که در ایران رقم اصلاح شده و ثبت شده‌ای برای زیره سبز وجود ندارد و کشاورزان در هر منطقه از اکوتیپ‌های محلی همان منطقه برای کشت استفاده می‌کنند تنوع بسیار بالایی از نظر کمی و کیفی بین این اکوتیپ‌ها وجود دارد این پژوهش با هدف بررسی پتانسیل اکوتیپ‌های زیره سبز و تعیین اکوتیپ‌های برتر از لحاظ زودرسی، ویژگی‌های کیفی و عملکرد در منطقه جنوب کرمان انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی و انتخاب اکوتیپ‌های برتر زیره سبز با استفاده از عملکرد، صفات زراعی، فنولوژی و کیفی تعداد ۶۴ اکوتیپ زیره سبز دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران طی آزمایشی در قالب طرح آماری لاتیس ساده ۸×۸ در دو تکرار (Ghaedrahmati *et al.*, 2017) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان واقع در جیرفت با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه، ۳۲ دقیقه و ۵۷ ثانیه شمالی و ۵۷ درجه، ۵۱ دقیقه و ۳۲ ثانیه با ارتفاع ۶۱۳ متری از سطح دریا کشت گردیدند (جدول ۱). میانگین بارندگی سالیانه این منطقه حدود ۱۷۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت حداکثر مطلق و حداقل مطلق ۵۰ و ۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش بشرح ذیل می‌باشد:

بافت خاک (شنی لومی)، اسیدیته (۸/۳)، هدایت الکتریکی (۲/۵)، میزان مواد آلی خاک (۰/۱ درصد)، محتوی عناصر غذایی فسفر و پتاسیم به ترتیب ۶ و ۲۰۵ قسمت در میلیون. هر کرت آزمایشی شامل دو پشته و در هر پشته دوخط به طول دو متر بود. فاصله بین دو ردیف روی پشته ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج تا هفت سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها یک پشته نکاشت و فاصله تکرارها از هم دو متر در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد کلیه عملیات زراعی شامل آماده سازی زمین، شخم پاییزه، دیسک، ماله و پخش کود قبل از کشت، وجین علف‌های هرز، آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفت و بیماری در زمان مناسب بر اساس شرایط منطقه جیرفت انجام

است (Derakhshan *et al.*, 2008; Einafshar *et al.*, 2012; Hashemian *et al.*, 2013; Moghaddam *et al.*, 2015).

نتایج یک پژوهش نشان داد در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی زیره سبز، اکوتیپ سبزوار بیشترین تعداد چتر در بوته، ارتفاع بوته، تعداد دانه در هر چتر، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، زیست‌توده و درصد اسانس را دارا بود. همچنین در این پژوهش گزارش شد، با توجه به پاسخ بهتر اکوتیپ سبزوار، مطالعات بیشتر برای معرفی این اکوتیپ به کشاورزان منطقه توصیه می‌شود (Rivandi *et al.*, 2020). گزارش شده است که کشت زیره سبز در شرایط آبی منجر به افزایش ارتفاع، شاخه‌های جانبی بیشتر، تعداد چتر و دانه بیشتر در هر گیاه، وزن هزار دانه بیشتر، عملکرد اسانس بیشتر و درصد اسانس کمتر در مقایسه با شرایط دیم می‌شود (Timachi *et al.*, 2021). نتایج مطالعه‌ای نشان داد، برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه زیره سبز، کاشت اکوتیپ کرمان در اسفندماه و جهت حصول حداکثر عملکرد اسانس اکوتیپ‌های سمنان و کرمان باتوجه به برتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها، در منطقه کرمان توصیه می‌شود (Ghanbari *et al.*, 2014). پژوهش‌گران گزارش کردند که یک رابطه خطی و مثبت بین عملکرد دانه و درصد اسانس با عملکرد اسانس وجود دارد. این محققین عنوان کردند که درصد تأثیرپذیری عملکرد اسانس از عملکرد دانه به مراتب بیشتر از درصد اسانس است. بنابراین هر عاملی که عملکرد دانه یا درصد اسانس را کاهش یا افزایش دهد، عملکرد اسانس تولیدی را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Ghane *et al.*, 2017; Rivandi *et al.*, 2020). عملکرد اسانس و درصد اسانس اکوتیپ‌ها در این آزمایش متفاوت بود که محققین دلیل آن را بیش از هر عاملی تحت تأثیر ژنتیک زیره سبز می‌دانند (Hashemian *et al.*, 2013). مطالعه ویژگی‌های فنولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان دارویی منجر به درک بهتر از مراحل رشد و نمو گونه‌های مختلف گیاهی می‌شود. حداکثر میزان رشد در هر مرحله خاص مانند رشد میوه یا متابولیت‌های ثانویه در اکوتیپ‌ها و ارقام مشلبه نیست (Niazian *et al.*, 2017). گونه‌های بومی منبع مهمی از تنوع ژنتیکی برای اصلاح زیره‌های سبز کشت شده هستند. تنوع در صفات فنولوژیکی و زراعی در ۲۴ نمونه زیره سبز گزارش شده‌است (Faravani *et al.*, 2018). این گیاه در حال حاضر در ایران، در استان‌های

پس از توزین به‌عنوان زیست‌توده در هر کرت ثبت شد. پس از جداسازی دلنه‌ها و بوجاری بذور، وزن بدست آمده به‌عنوان عملکرد دانه در هر کرت منظور شد. وزن هزار دانه با توزین چهار نمونه ۲۵۰ تایی با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم مشخص گردید. اسانس زیره سبز به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. بدین منظور، ۳۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود. سپس درصد اسانس به روش وزنی و عملکرد اسانس براساس حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه گردید (Eikani et al., 2007).

گرفت. مراحل فنولوژیکی شامل تاریخ ظهور چتر، تاریخ گلدهی، تاریخ پایان گلدهی و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک بوده و وقتی که ۵۰ درصد بوته‌های هر نمونه به آن مرحله رسیدند، ثبت گردید. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات مرفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه و اجزای عملکرد شامل تعداد چتر در بوته، چترک در چتر، تعداد دلنه در چترک، تعداد دلنه در چتر، تعداد دلنه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری گردید.

پس از حذف دو ردیف کناری و نیم‌متر از ابتدا و انتهای خطوط هرکرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، بوته‌ها در مرحله رسیدگی (۸۰ درصد زرد شدن بوته) به‌صورت دستی برداشت و

جدول ۱- اطلاعات اکوتیپ‌های زیره سبز تهیه‌شده از بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 1- Information of prepared cumin ecotypes of the national plant gene-bank of Iran

شماره	کد	منشأ	شماره	کد	منشأ	شماره	کد	منشأ
Number	Code	Source	Number	Code	Source	Number	Code	Source
1	TN-2	Yazd -Bafgh	23	TN-92	Khorasan-Birjand	45	TN-173	Khorasan-Birjand
2	TN-4	Yazd -Taft	24	TN-103	Khorasan-Kashmar	46	TN-166	IPK1
3	TN-6	Yazd -Ardakan	25	TN-107	Boshehr-Kangan	47	TN-172	IPK2
4	TN-8	Yazd -Mehriz	26	TN-108	Yazd -Ardakan	48	TN-22	Khorasan-Ferdos
5	TN-11	Khorasan	27	TN-115	Isfahan	49	TN-28	Khorasan-Taibad
6	TN-15	Yazd -Mehriz	28	TN-118	Khorasan-Jovein	50	TN-45	Khorasan-Ferdos
7	TN-16	Yazd -Abarkooh	29	TN-119	Khorasan-TorbateJam5	51	TN-47	Yazd-Tabas
8	TN-17	Isfahan-Naein	30	TN-123	Khorasan-TorbateJam1	52	TN-61	Khorasan-Ferdos
9	TN-21	Khorasan-Ferdos	31	TN-124	Tabriz-Khosroshahr	53	TN-81	Khorasan-Ghaienat
10	TN-25	Khorasan-Gonabad	32	TN-126	Khorasan-Birjand	54	TN-91	Khorasan-Birjand
11	TN-29	Khorasan-Taibad	33	TN-127	Kerman	55	TN-113	Khorasan-Taibad
12	TN-33	Khorasan-Ferdos	34	TN-131	Khorasan-Firoozeh	56	TN-125	Khorasan-Esfaraieen
13	TN-35	Khorasan-Tabas	35	TN-135	Khorasan-Khaf	57	TN-132	Khorasan-TorbateJam5
14	TN-37	Khorasan-Tabas	36	TN-136	Khorasan-Jovein	58	TN-148	Khorasan-TorbateJam3
15	TN-51	Yazd -Taft	37	TN-137	Khorasan-Jovein	59	TN-149	Khorasan-Neishabour
16	TN-53	Khorasan-Sabzevar	38	TN-139	Khorasan-Boshroieh	60	TN-150	Khorasan-Birjand
17	TN-55	Khorasan-Torbat	39	TN-140	Khorasan-Khaf	61	TN-178	Khorasan-Bardaskan
18	TN-67	Khorasan-Gonabad	40	TN-141	Khorasan-Neishabour	62	TN-180	Khorasan-Sabzevar
19	TN-78	Yazd -Ardakan	41	TN-142	Khorasan-Khaf	63	TN-181	Sistan1
20	TN-87	Khorasan-Torbat	42	TN-143	Khorasan-Khaf	64	TN-182	Sistan2
21	TN-88	Khorasan-Birjand	43	TN-145	Fars-Marvdasht			
22	TN-90	Khorasan-Birjand	44	TN-146	Khorasan-TorbateJam2			



شکل ۱- نمایی از مزرعه در مرحله سبز شدن (A) و در مرحله پر شدن دانه (B)

Figure 1- A view of the field in the vegetative phase (A) and in the grain filling stage (B)

ژنوتیپ‌ها به مخرج کسر تقسیم شد. بنابراین بعد از نرمال نمودن داده‌های اولیه (ماتریس D)، ماتریس R به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

۳- پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف) برای هر صفت (شاخص): در این مرحله با توجه به نوع صفت و نظر محقق برای هر صفت به‌طور جداگانه، بهترین ژنوتیپ (ایده‌آل) و ضعیف‌ترین (غیرایده‌آل) انتخاب شد. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر مقدار عملکرد یک ژنوتیپ مقدار ایده‌آل و پایین‌ترین مقدار عملکرد به‌عنوان ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف) در نظر گرفته شد. هم‌چنین در مورد تعداد روز تا رسیدگی، چنانچه زودرسی ژنوتیپ‌ها مهم باشد، مقدار ایده‌آل برابر کم‌ترین مقدار DMA و مقدار ضعیف برابر با حداکثر مقدار DMA برای ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ( $d_i^+$ ) و ژنوتیپ‌های ضعیف ( $d_i^-$ ): در این مرحله برای هر ژنوتیپ، فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ( $d_i^+$ ) و ژنوتیپ‌های ضعیف ( $d_i^-$ ) به ترتیب با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شد. به‌عبارت دیگر برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ( $d_i^+$ )، با توجه به رابطه ۴، ابتدا مقادیر تمام صفات (نرمال شده) در یک لاین (ژنوتیپ) را از مقادیر ایده‌آل برای هر صفت (که در مرحله قبل مشخص شده است) کم نموده و به توان ۲ رسانده و در نهایت آنها را جمع و جذر گرفته شد. همین کار را هم برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ ضعیف ( $d_i^-$ ) برای هر لاین انجام شد (رابطه ۵).

برای ارزیابی تنوع صفات، آماره‌های توصیفی صفات کمی و کیفی بر اساس محاسبه میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی در مناطق برآورد گردید. به‌منظور ارزیابی روابط صفات و نقش آن‌ها در میزان تنوع از آنالیز همبستگی صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد. تجزیه‌های آماری از طریق نرم‌افزار SAS نسخه (۹/۴) انجام شد.

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و ادغام صفات مورفو- فنولوژیک از روش SIIG استفاده شد که نحوه محاسبه این شاخص به شرح ذیل می‌باشد (Zali et al., 2015):

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها: با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به صورت رابطه ۱ تشکیل شد (ماتریس D).

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

در این ماتریس  $x_{ij}$  مقدار ژنوتیپ  $i$ ام ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) در رابطه با صفت  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) بود. به‌عبارت دیگر ردیف‌ها را ژنوتیپ‌ها و ستون‌ها را صفات تشکیل دادند.

۲- تبدیل ماتریس داده‌های اولیه (ماتریس D) به یک ماتریس نرمال (ماتریس R): از رابطه ذیل برای نرمال کردن داده‌ها (بدون واحد کردن داده‌ها) استفاده شد:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (2)$$

در رابطه ۲، برای نرمال نمودن داده‌ها، مقدار صفات در همه ژنوتیپ‌ها برای هر صفت را به توان ۲ رسانده و سپس جمع نموده و جذر گرفته شد (مخرج کسر) و در نهایت تک تک

مشاهده شد (Faravani *et al.*, 2018). کوتاه‌ترین بوته ۱۵/۰۰ سانتی‌متر و بلندترین بوته‌ها ۲۶/۵۰ سانتی‌متر ارتفاع داشتند. میانگین ارتفاع بوته در نمونه‌های زیره در منطقه جیرفت ۱۹/۲۵ سانتی‌متر بود. تعداد چتر در بوته در بازه ۸/۴ الی ۲۰/۷ عددی با متوسط ۱۳/۹۷ قرار داشت. این در حالی بود که کم‌ترین تعداد چترک در چتر ۲/۳۷ و تعداد دانه در چترک ۱/۸۲ عدد بود. بیش‌ترین میزان این صفات به ترتیب ۵/۱۷ و ۵/۰۰ عدد ثبت گردید. کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد دانه در چتر به ترتیب ۸/۰۳ و ۲۰/۵۰ و تعداد دانه در بوته به ترتیب ۶۸/۹۰ و ۴۲۲/۹۷ عدد بود. از نظر وزن هزار دانه کم‌ترین و بیش‌ترین میزان ثبت شده به ترتیب ۱/۸۱ و ۳/۵۵ گرم با متوسط ۲/۵۸ گرم در منطقه جیرفت بود. از نظر عملکرد دانه، به طور متوسط ۸۰/۷۸ گرم در مترمربع از هر نمونه زیره در منطقه جیرفت به‌دست‌آمد که کم‌ترین میزان ۲۹/۹۰ گرم در مترمربع و بیش‌ترین میزان ۱۷۸/۰۴ گرم در مترمربع بود. کم‌ترین زیست‌توده ۷۶/۲۲ گرم در مترمربع و بیش‌ترین میزان آن ۴۰۶/۴۳ گرم در مترمربع با متوسط ۱۹۹/۵۷ گرم در مترمربع ثبت گردید. کم‌ترین میزان شاخص برداشت در منطقه جیرفت ۲۹/۷۹ درصد و بیش‌ترین میزان این صفت ۴۸/۵۲ درصد با متوسط ۴۰/۴۵ درصد بود. در منطقه جیرفت کم‌ترین درصد اسانس در نمونه‌های زیره مورد مطالعه ۱/۵۹۲ درصد و بیش‌ترین میزان استخراج شده ۳/۴۲۴ درصد با متوسط ۲/۵۶۵ درصد بود. در نهایت کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد اسانس در منطقه جیرفت به ترتیب ۰/۳۴۶ و ۲/۳۰۵ گرم در متر مربع با متوسط ۱/۲۰۱ گرم در مترمربع به دست آمد. بیش‌ترین میزان دامنه‌تغییرات برای صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده به ترتیب با مقدار ۳۳۰/۲۰ و ۱۴۸/۱۴، ۳۵۴/۰۷ و ۱۴۸/۱۴، ۳۵۴/۰۷ و ۱۴۸/۱۴، ۳۵۴/۰۷ تغییرات نشان دهنده اختلاف زیاد بین داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد بنابراین تنوع در میان صفات اشاره شده نسبت به سایر صفات بیشتر است از آنجائی که واحد صفات اندازه‌گیری شده با یکدیگر متفاوت می‌باشد نمی‌توان از لحاظ این آماره، صفات مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد. بنابراین برای مقایسه بین صفات از لحاظ میزان تنوع، نیاز به استفاده از یک شاخص بدون واحد است که ضریب تغییرات دارای این شرایط است و امکان مقایسه صفات مختلف را از لحاظ میزان تغییرات فراهم می‌آورد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (۵)$$

در روابط فوق  $r_{ij}$  مقدار نرمال شده ژنوتیپ  $i$ ام ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) در رابطه با شاخص (صفت)  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) است.  $r_j^+$  و  $r_j^-$  به ترتیب مقادیر نرمال شده ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ژنوتیپ‌های ضعیف برای هر شاخص (صفت)  $j$ ام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) است.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG): در آخرین مرحله برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برای هر لاین یا ژنوتیپ از رابطه ۶ استفاده شد:

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, n, 0 \leq SIIG_i \leq 1 \quad (۶)$$

مقدار  $SIIG_i$  بین صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار  $SIIG_i$  آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است (Zali *et al.*, 2015).

## نتایج و بحث

در گزینش فنوتیپی برای اهداف اصلاحی، میانگین، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات پارامترهای باارزشی هستند (Bayat *et al.*, 2018; Alavi-Siney and Saba, 2021). از این رو آماره‌های توصیفی شامل میانگین، خطای معیار، حداقل، حداکثر، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی برای صفات مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد روز تا ظهور چتر به ترتیب ۷۹ و ۹۷/۵ روز بود. کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی به ترتیب ۸۳ و ۱۰۱ روز و تا پایان گلدهی به ترتیب ۹۴ و ۱۱۳/۵ روز بود. زودرس‌ترین و دیررس‌ترین بوته‌ها نیز به ترتیب نیاز به ۱۲۳ و ۱۳۵/۵ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی داشتند. پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش کردند که در خصوص صفات فنولوژیکی ژرم پلاس‌های زیره سبز در سطح ۰/۰۵ تفاوت‌های معنی‌داری از نظر صفات روز تا مرحله گلدهی (۶۳-۳۹) روز و رسیدگی (۹۴-۸۵) روز دارند. با گذشت زمان، اکوتیپ‌های مختلف این اختلاف‌ها را از نظر زمان رسیدگی جبران و مراحل انتهایی رشد تفاوت کمتری بین اکوتیپ‌ها از نظر زمان رسیدگی فیزیولوژیکی

جدول ۲- آماره‌های توصیفی صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های زیره سبز تحت شرایط اقلیمی جیرفت

Table 2- Descriptive statistics of studied traits in cumin ecotype under Jiroft condition

صفات	کمینه	بیشینه	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات فنوتیپی
Traits	Minimum	Maximum	Range	Mean	Standard deviation	PCV (%)
DUM (day)	79.00	97.50	18.50	85.08	4.98	5.85
DFL (day)	83.00	101.00	18.00	89.30	4.78	5.36
DEF (day)	94.00	113.50	19.50	100.16	3.32	3.31
DMA (day)	123.00	135.50	12.50	127.86	2.54	1.98
HEI (cm)	15.00	26.50	11.50	19.25	2.51	13.02
NUP	8.40	20.70	12.30	13.98	3.27	23.42
NUU	2.37	5.00	2.63	3.96	0.49	12.41
NGUB	1.83	5.17	3.35	3.88	0.60	15.40
NGU	8.03	20.50	12.47	15.29	2.95	19.32
NGP	68.91	422.98	354.07	220.20	82.16	37.31
W1000 (g)	1.82	3.55	1.74	2.59	0.30	11.66
YG (g/m <sup>2</sup> )	29.90	178.04	148.14	80.79	34.75	43.01
YB (g/m <sup>2</sup> )	76.23	406.43	330.20	199.58	80.47	40.32
HI (%)	29.80	48.53	18.73	40.45	4.32	10.69
EO (%)	1.59	3.42	1.83	2.57	0.38	14.97
EOY (g/m <sup>2</sup> )	0.35	2.31	1.96	1.20	0.47	39.22

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته؛ NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های زیره سبز در جیرفت

Table 3- ANOVA of the studied traits in cumin ecotypes under Jiroft condition

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات MS							
		DUM	DFL	DEF	DMA	HEI	NUP	NUU	NGUB
S.O.V	df								
تکرار	1	6.13	5.28	11.88	4.50	569.53	218.93	0.32	0.24
Replication									
بلوک‌های داخل تکرار	14	0.53	0.49	1.72	1.31	0.15	8.69	0.16	0.50
Blocks within Replications									
تیمار (تصحیح نشده)	63	49.58**	45.76**	21.99**	12.88**	12.57**	21.47**	0.48**	0.72**
Treatments (Unadj.)									
داخل بلوک	49	0.26	0.24	1.28	0.92	0.09	8.01	0.11	0.30
Intrablock									
خطا	63	0.32	0.29	1.38	1.01	0.10	8.16	0.12	0.35
Error									
RCB Design									
سودمندی نسبت به RCBD	-	110.95	110.89	101.91	102.64	105.09	100.15	102.42	105.56
Efficiency Relative to RCBD									
ضریب تغییرات (%)	-	0.63	0.58	1.16	0.78	1.62	20.42	8.65	14.71
CV (%)									

\*\* : معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱

\*\* : Significant at 0.01 of probability level

ادامه جدول ۳  
Table 3 Continued.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		NGU	NGP	W1000	YG	YB	HI	EO	EOY
تکرار Replication	1	0.42	60152	0.21	5185	4802	384.96	2.88	5.21
بلوک‌های داخل تکرار Blocks within Replications	14	4.35	3741	0.08	156	2159	42.93	0	0.13
تیمار (تصحیح نشده) Treatments (Unadj.)	63	17.41**	13501**	0.18**	2415**	12951**	37.39*	0.29**	0.44**
داخل بلوک Intrablock	49	4.35	3515	0.09	276	1794	23.58	0	0.166
خطا Error	63	4.35	3450	0.09	311	1690	18.05	0	0.175
RCB Design									
سودمندی نسبت به RCB Efficiency Relative to RCB	-	100	100.14	100	100	101.28	115.72	100	95
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	13.64	26.91	11.91	20.59	21.09	11.16	0	33.91

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

\* and \*\*: Significant at 0.05 and 0.01 of probability levels respectively

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

گزارش کرده‌اند (Faravani et al., 2017; Ghane et al., 2018).

همانطور که از جدول مقایسه میانگین استنباط می‌شود اکوتیپ‌های شماره TN 135, TN 150, TN 8, TN 143, TN 87, TN 88 و TN 137 با میانگین ۹۴، ۹۶، ۹۷، ۹۷، ۹۷ و ۹۷ روز، از کمترین زمان تا گلدهی برخوردار بودند (جدول ۴). اگرچه اکثر اکوتیپ‌های مورد بررسی از این لحاظ به هم نزدیک بودند. جدول همبستگی نشان داد که صفات فنولوژیک مورد بررسی با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند. بنابراین ظهور دیرهنگام گل در نهایت منجر به رسیدگی دیرهنگام می‌شود. صفات فنولوژیک با عملکرد دانه رابطه مثبت اما غیر معنی‌دار نشان دادند (جدول ۵). این نتیجه با یافته این پژوهش‌گران مطابقت دارد (Faravani et al., 2018).

مقایسه میانگین روز تا رسیدگی نشان داد که اکوتیپ‌های شماره TN 135, TN 143, TN 150, TN 131, TN 136,

در این آزمایش صفات عملکرد دانه، زیست توده، عملکرد اسانس و تعداد دانه در بوته به ترتیب با مقادیر ۰/۴۳، ۰/۳۲، ۰/۳۹ و ۰/۳۷ بیش‌ترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی را داشتند. بنابراین این صفات پتانسیل بالایی برای استفاده در برنامه‌های گزینشی زیره سبز خواهند داشت.

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی، عملکرد، اجزای عملکرد، درصد اسانس و عملکرد اسانس در اکوتیپ‌های زیره سبز مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است. در اکثر صفات خطای داخل بلوک‌ها نسبت به خطای مؤثر بیش‌تر بود به همین خاطر تجزیه به صورت لاتیس انجام شد (جدول ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود اثر اکوتیپ‌های زیره سبز در تمامی صفات بررسی شده معنی‌دار بود. معنی‌داری این اثر برای صفات مورد مطالعه نشان دهنده وجود تنوع بالا در بین اکوتیپ‌ها برای آن صفات می‌باشد. پژوهش‌گران دیگر نیز تنوع موجود بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات فنولوژیک، عملکردی و اجزاء عملکرد را

بودند. باتوجه به اینکه این اکوتیپ‌ها تحت شرایط اقلیمی جیرفت توانسته‌اند بیش‌ترین ماده خشک را تولید کنند و همچنین همبستگی این صفت با عملکرد دانه نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵) بنابراین می‌توانند به‌عنوان اکوتیپ‌های با پتانسیل بالا در برنامه‌های اصلاحی قلمداد گردند.

مقایسه میانگین نشان داد، بالاترین شاخص برداشت به اکوتیپ‌های TN81، TN61، TN140، TN150، TN178، TN47، TN146، TN91، TN45 و TN90 با میانگین ۴۸/۵، ۴۷/۳، ۴۶/۸، ۴۶/۷، ۴۶، ۴۵/۷، ۴۵/۶، ۴۴/۷، ۴۴/۶، ۴۴/۵ درصد تعلق داشت. اکوتیپ‌های فوق همگی نسبت به شاهد‌ها دارای شاخص برداشت بالاتری بودند (جدول ۴). در برنامه‌های اصلاحی شاخص برداشت صفت بسیار مهمی است اما زمانی بالا بودن این صفت ملاک‌گزینهش قرار خواهد گرفت که اکوتیپ‌های زیره‌سبز زیست‌توده بالایی داشته باشند که این موضوع به عملکرد بالا منجر شود. زمانی که یک اکوتیپ زیره‌سبز زیست‌توده پایینی داشته باشد هرچند بالاترین شاخص برداشت را نیز داشته باشد نمی‌تواند اکوتیپ مناسبی برای گزینهش در برنامه‌های اصلاحی باشد. در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه و عملکرد اسانس مشاهده شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین درصد اسانس را در میان اکوتیپ‌های مورد بررسی زیره‌سبز در شرایط جیرفت اکوتیپ‌های با شماره TN45، TN135، TN78، TN35، TN148، TN115، TN4، TN16، TN107 و TN149 با میانگین ۳/۴۲، ۳/۳۴، ۳/۳۲، ۳/۲۸، ۳/۲۴، ۳/۱۲، ۳/۰۳، ۳، ۲/۹۳ و ۲/۹۲ درصد داشتند (جدول ۴). رابطه منفی و معنی‌داری بین صفت درصد اسانس با عملکرد دانه و زیست‌توده مشاهده شد. بنابراین اکوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در مجموع از درصد اسانس کم‌تری برخوردار بودند. از طرف دیگر به‌خاطر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات عملکرد اسانس و عملکرد دانه (جدول ۵)، اکوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالا عملکرد اسانس بالاتری به‌خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه عملکرد اسانس از حاصل درصد اسانس و عملکرد دانه بدست می‌آید بنابراین اکوتیپ‌هایی که از حیث این دو صفت برترین باشند عملکرد اسانس بالاتری نیز خواهند داشت. هرچند با افزایش عملکرد دانه، درصد اسانس کاهش می‌یابد ولی این

TN132، TN148 و TN53 با میانگین ۱۲۳، ۱۲۴ و ۱۲۵ روز زودرس‌ترین بودند (جدول ۴). بنابراین این اکوتیپ‌ها می‌توانند با دوره رشد کوتاه‌تر از مواجهه با تنش‌های انتهایی فصل رشد اجتناب کنند. نتایج جدول ۵ رابطه معنی‌داری بین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و زیست‌توده نشان دادند این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش طول دوره رشد گیاه ماده خشک تولیدی افزایش یافته است. گزارش شده است که گیاه زیره‌سبز در مواجهه با تنش‌های انتهایی فصل طول دوره رشد و تولید ماده خشک آن کاهش و این در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Ayub *et al.*, 2008). بیش‌ترین عملکرد دانه در متر مربع را اکوتیپ‌های TN178، TN141، TN180، TN150، TN16، TN15، TN17، TN81، TN113 و TN124 با میانگین ۱۷۸، ۱۶۵، ۱۶۵، ۱۴۵، ۱۳۹، ۱۳۷، ۱۳۵، ۱۲۷، ۱۲۵ و ۱۲۰ گرم در متر مربع داشتند (جدول ۴). اکوتیپ‌های فوق، همگی نسبت به تیمارهای شاهد دارای عملکرد دانه بالاتری بودند. بنابراین این اکوتیپ‌ها از پتانسیل بالایی برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی برخوردار هستند. همبستگی عملکرد دانه با تمامی اجزای عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵) که این موضوع نشان می‌دهد، بهبود در هر کدام از اجزای عملکرد منجر به افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود. پژوهش‌گران دیگر نیز تأکید کرده‌اند که برای حصول حداکثر عملکرد بایستی اکوتیپ‌ها از لحاظ اجزای عملکرد مخصوصاً تعداد چتر و تعداد دانه در چتر در وضعیت مطلوبی باشند تا بتوانند برتری خود را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها نشان دهند. این پژوهش‌گران رابطه مثبت بین تعداد چتر و تعداد دانه در بوته را گزارش کرده‌اند (Ghane *et al.*, 2017; Soorni *et al.*, 2020). تحقیقات روی گیاهان خانواده چتریان نشان می‌دهد که تعدادی از اجزای عملکرد مانند تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه اهمیت بسزایی در تعیین عملکرد دارند (Rivandi *et al.*, 2020).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین زیست‌توده را اکوتیپ‌های با شماره TN141، TN178، TN180، TN16، TN17، TN15، TN124، TN150، TN125 و TN173 با میانگین ۴۰۶، ۳۸۷، ۳۸۱، ۳۵۶، ۳۵۱، ۳۳۴، ۳۲۹، ۳۰۸، ۳۰۴ و ۳۰۲ گرم در متر مربع داشتند (جدول ۴). اکوتیپ‌های فوق همگی نسبت به تیمارهای شاهد دارای ماده خشک کل بالاتری

پژوهش‌گران گزارش کردند که یک رابطه خطی و مثبت بین عملکرد دانه و درصد اسانس با عملکرد اسانس وجود دارد (Rivandi *et al.*, 2020).

کاهش به‌حدی نیست که باعث کاهش عملکرد اسانس شود. پژوهش‌گران نشان دادند هر عاملی که عملکرد دانه یا درصد اسانس را کاهش یا افزایش دهد، عملکرد اسانس تولیدی را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Ghane *et al.*, 2017). همچنین

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های زیره سبز تحت شرایط اقلیمی جیرفت

Table 4- Mean comparison of the studied traits in cumin ecotypes under Jiroft condition

کد اکوتیپ Ecotype code	DUM	DFL	DEF	DMA	HEI(cm)	NUP	NUU	NGUB	NGU	NGP	W1000 (g)	YG(g/m <sup>2</sup> )	YB(g/m <sup>2</sup> )	HI%	EO%	EOY(g/m <sup>2</sup> )
TN2	91	95	104	127	22.50	11.7	3.7	3.0	11.1	129.6	2.28	68.40	213.61	32.13	2.35	0.57
TN4	81	86	99	129	21.00	10.0	3.2	4.0	12.2	123.7	2.40	44.57	145.11	30.76	3.03	0.73
TN6	80	84	104	128	18.00	10.8	3.1	3.3	9.8	105.8	2.22	42.33	136.31	31.14	2.92	0.55
TN8	81	86	97	128	15.00	12.2	3.8	3.4	12.8	156.4	2.70	63.24	193.43	32.54	1.80	0.60
TN11	81	85	98	128	21.00	11.2	3.8	5.2	19.7	220.8	1.98	76.32	189.38	40.29	2.87	1.25
TN15	83	88	99	127	20.00	20.7	4.1	4.5	18.6	385.2	2.38	137.48	334.01	41.24	2.59	1.90
TN16	81	86	98	128	16.00	19.0	3.9	4.7	18.4	349.9	2.66	139.35	358.90	38.94	3.00	2.24
TN17	82	87	104	129	16.00	14.3	3.8	4.7	17.6	253.6	2.69	134.99	351.10	38.15	2.44	1.47
TN21	90	93	101	128	18.00	9.9	3.8	4.5	17.0	168.5	2.97	84.93	229.93	36.88	2.66	1.09
TN25	84	86	100	128	19.00	9.8	2.4	4.3	10.2	100.1	2.55	38.23	107.61	35.54	2.54	0.52
TN29	80	85	98	128	18.00	9.8	3.5	4.2	14.8	145.0	2.63	57.03	136.37	42.36	2.23	0.68
TN33	81	86	103	129	16.00	16.4	3.4	3.5	11.7	191.1	2.52	53.12	120.29	44.16	2.11	0.81
TN35	80	85	98	130	15.00	13.2	3.7	4.7	17.2	227.3	2.42	74.71	187.40	39.80	3.28	1.44
TN37	83	87	99	128	17.00	14.0	4.1	3.9	16.1	225.9	2.83	90.84	239.72	36.97	2.84	1.52
TN51	81	86	103	130	18.00	17.3	4.0	4.8	18.9	329.5	2.48	98.52	229.88	43.63	2.82	1.90
TN53	83	86	99	125	21.00	13.7	3.3	3.8	12.4	169.9	2.54	54.66	139.26	40.88	2.48	0.85
TN55	90	96	104	129	17.00	10.8	3.7	2.8	10.0	108.0	2.92	52.18	136.24	38.27	2.11	0.53
TN67	90	94	101	127	17.00	13.8	5.0	4.0	19.8	276.5	3.08	63.66	155.03	41.03	2.67	1.81
TN78	84	87	99	128	17.00	10.7	3.8	3.7	13.8	150.4	2.43	37.08	111.14	33.37	3.32	0.97
TN87	82	86	97	127	18.00	13.0	3.6	3.7	12.9	164.6	2.58	48.32	111.33	42.34	2.36	0.80
TN88	81	86	97	132	18.00	14.4	3.4	4.5	15.1	219.8	2.34	64.44	168.41	38.78	2.44	1.01
TN90	89	94	100	129	21.00	14.6	3.9	4.3	16.5	239.7	2.52	56.59	127.17	44.51	2.38	1.21
TN92	82	86	99	130	20.00	13.4	3.7	4.6	16.8	222.9	2.60	48.50	109.77	44.15	2.65	1.26
TN103	89	95	100	125	18.00	16.0	3.9	3.3	12.9	209.9	2.62	51.81	137.07	37.37	2.08	0.97
TN107	89	95	101	129	17.00	17.2	4.4	4.3	18.6	321.9	2.33	55.79	152.03	37.61	2.93	1.73
TN108	83	87	99	130	17.00	11.4	3.4	3.9	13.3	147.3	2.58	62.03	184.26	33.59	1.84	0.55
TN115	91	96	102	128	16.00	14.5	3.0	4.1	12.1	174.1	2.64	54.44	151.19	37.39	3.12	1.14
TN118	83	87	98	130	19.00	11.9	4.1	4.2	17.5	224.6	3.16	58.12	127.97	44.20	2.83	1.74
TN119	82	86	98	127	17.00	14.1	4.5	3.7	16.6	234.3	2.50	52.32	125.42	41.52	2.78	1.72
TN123	91	95	102	132	19.00	15.4	4.2	4.1	16.6	255.7	2.82	112.76	271.56	42.77	2.29	1.31
TN124	95	97	104	132	21.00	15.3	3.9	4.7	18.1	276.8	2.78	120.56	329.00	36.74	1.59	0.99
TN126	90	94	102	127	26.50	8.4	4.4	2.8	12.6	135.0	2.62	88.83	198.78	44.26	2.28	0.73
TN127	91	95	100	126	18.00	14.7	3.8	3.9	14.9	218.4	2.51	91.04	233.25	39.29	2.57	1.12
TN131	91	94	100	124	17.00	10.7	4.2	3.5	14.7	152.3	2.50	53.20	125.67	42.27	2.15	0.82
TN135	81	86	94	123	20.00	10.5	4.2	3.9	16.3	171.3	2.35	51.45	126.62	40.60	3.34	1.36
TN136	82	86	98	124	15.50	10.2	4.0	3.6	14.3	146.5	2.55	56.18	132.19	42.46	2.58	0.92

## ادامه جدول ۴

Table 4 Continued.

کد اکوتیپ Ecotype code	DUM	DFL	DEF	DMA	HEI(cm)	NUP	NUU	NGUB	NGU	NGP	W1000 (g)	YG(g/m <sup>2</sup> )	YB(g/m <sup>2</sup> )	HI%	EO%	EOY(g/m <sup>2</sup> )
TN137	81	86	97	125	17.00	11.7	3.8	4.4	16.9	197.8	2.39	60.77	145.49	42.18	2.82	1.06
TN139	82	86	99	130	21.50	17.6	4.4	3.5	15.4	270.5	2.85	89.85	211.76	43.58	2.47	1.55
TN140	91	95	101	127	20.00	17.5	4.2	4.1	17.4	304.5	2.50	94.27	201.16	46.84	2.42	1.47
TN141	94	98	104	132	18.00	17.9	4.6	4.3	19.6	350.4	3.18	165.78	406.43	40.98	1.74	1.54
TN142	81	86	98	130	19.00	11.0	4.0	2.7	10.8	119.3	2.58	57.77	151.23	38.36	2.59	0.65
TN143	87	90	97	124	18.00	16.0	4.1	3.6	14.7	235.1	2.61	60.61	143.27	41.86	2.41	1.19
TN145	83	87	97	128	21.50	16.0	3.4	3.5	11.8	188.1	2.76	79.76	204.63	39.29	2.60	1.10
TN146	82	87	99	128	20.00	12.0	3.8	3.6	13.7	166.1	2.52	84.90	189.30	45.60	2.80	0.95
TN173	83	87	104	128	19.00	9.3	4.1	3.7	14.9	139.1	3.55	120.39	302.15	40.49	2.62	1.12
TN166	95	98	111	135	21.50	14.1	3.9	3.6	13.6	189.6	2.35	78.51	178.03	44.04	2.60	0.77
TN172	98	101	114	136	21.50	16.7	4.0	3.9	15.5	260.0	2.08	86.44	290.43	29.80	2.75	1.17
TN22	97	100	104	130	24.50	15.3	4.4	3.2	14.1	217.7	2.46	82.46	196.27	42.45	2.33	1.00
TN28	84	88	99	126	22.50	13.8	3.8	3.6	13.5	186.5	2.38	59.25	136.91	44.09	2.59	0.91
TN45	89	93	101	130	21.50	12.4	4.0	2.9	11.8	145.8	2.47	59.24	132.71	44.63	3.42	1.06
TN47	88	92	104	125	21.50	9.2	3.2	3.4	10.8	99.0	2.31	34.82	76.23	45.75	2.51	0.56
TN61	85	89	101	125	20.00	15.8	3.8	4.4	16.6	263.5	2.83	111.88	236.83	47.30	2.73	1.64
TN81	89	93	99	128	22.50	16.9	3.9	4.9	19.1	328.2	2.75	127.50	262.68	48.53	2.60	1.93
TN91	90	94	104	130	20.00	18.3	4.0	3.9	15.5	284.7	2.43	101.09	225.97	44.78	2.62	1.44
TN113	89	94	101	126	20.00	17.6	4.2	4.2	17.6	310.6	2.58	125.19	285.19	43.92	2.35	1.48
TN125	80	84	97	128	18.00	17.3	4.6	4.1	18.6	323.5	2.66	116.29	304.83	40.23	2.51	1.69
TN132	79	83	98	124	18.00	8.6	4.4	1.8	8.0	68.9	2.58	29.90	89.72	33.23	2.41	0.35
TN148	81	85	97	124	23.50	8.7	4.2	3.9	16.5	143.9	2.30	84.53	220.35	38.37	3.24	0.87
TN149	81	86	98	128	17.00	11.6	4.6	3.6	16.7	193.6	2.43	59.69	150.83	39.58	2.92	1.10
TN150	79	84	96	124	23.50	17.9	5.0	3.8	19.2	343.4	2.81	144.95	308.79	46.76	2.48	1.93
TN178	80	84	99	127	18.00	20.6	4.5	4.6	20.5	423.0	3.36	178.04	387.42	46.01	2.01	2.31
TN180	81	86	100	128	21.50	20.1	4.8	3.8	18.4	370.8	3.22	165.24	381.43	43.14	2.20	2.14
TN181	80	84	97	128	18.00	19.7	4.8	3.9	18.6	367.2	1.82	84.05	201.97	39.44	2.34	1.64
TN182	82	86	100	130	24.50	16.0	4.4	3.8	16.9	270.0	2.36	89.14	224.54	39.75	2.83	1.45
LSD 0.05	1.07	1.04	2.33	1.99	0.63	5.74	0.69	1.15	4.17	119	0.62	33.26	84.58	9.07	0.0001	0.81
LSD 0.01	1.43	1.39	3.11	2.66	0.84	7.65	0.92	1.53	5.54	158	0.82	44.20	112.80	12.09	0.0001	1.08

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته؛ NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO/: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

گزارش شد که سه مولفه اصلی اول در تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات مطالعه شده در زیره سبز ۵۸ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند (Faravani *et al.*, 2018). در آزمایش حاضر مشخص گردید، عامل نخست که دارای ضرایب مثبت بالا برای صفات تعداد چتر در بوته، تعداد چترک

این محققین عنوان کردند که درصد تاثیرپذیری عملکرد اسانس از عملکرد دانه به مراتب بیشتر از درصد اسانس است. در تجزیه به عامل ها برای صفات مورد مطالعه سه عامل نخست که دارای بار عاملی بیشتر از یک بودند، در مجموع ۵۹/۷۸ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. در مطالعه پژوهش‌گران دیگر نیز

در شکل ۳ توزیع اکوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار قسمت آن نشان می‌دهد که اکوتیپ TN141 از بیشترین میزان صفات مرتبط با عامل اول برخوردار بوده و به عبارت دیگر دارای مقادیر بالا برای صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد دانه و همچنین اسانس برخوردار می‌باشد. همچنین این اکوتیپ از مقدار بالایی برای عامل دوم برخوردار است که نشان می‌دهد این اکوتیپ می‌تواند به عنوان یک نمونه تا حدودی دیررس مطرح باشد. اکوتیپ‌های قرار گرفته در قسمت سمت راست از مقادیر بالا برای عامل اول یعنی صفات مرتبط با عملکرد دانه و اسانس برخوردار هستند. در حالی که نمونه‌های توزیع شده در سمت چپ نمودار دارای وضعیت بالعکسی هستند. در این مورد می‌توان با انتخاب از قسمت سمت راست و بالا به اکوتیپ‌هایی دست یافت که دیررس هستند و هم از مقادیر عملکردی بالاتری برخوردار هستند. از طرف دیگر نمونه‌های توزیع شده در قسمت سمت راست و پایین زودرس بوده و از بازده نسبتاً بالایی برخوردار هستند. از دیگر اکوتیپ‌های دارای بازدهی بالا می‌توان به TN141، TN15، TN16، TN17 و TN51 اشاره نمود. مراجعه به جدول ۴ نشان می‌دهد که این اکوتیپ‌ها دارای عملکرد بالاتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بوده‌اند.

در چتر، تعداد دانه در چتر و گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و اسانس، شاخص برداشت و زیست‌توده بود به تنهایی ۳۴/۹۷ درصد از این تغییرات را به خود اختصاص داد.

عامل دوم با توجیه ۱۸/۱۳ درصدی تغییرات دارای ضرایب مثبت و بالا برای صفات فنولوژی شامل تعداد روز تا ظهور چتر، ۵۰ درصد گلدهی، پایان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی و ارتفاع بوته بود. عامل سوم بیشترین ضرایب عاملی را برای صفات تعداد دانه در چترک و درصد اسانس داشت و ۶/۶۷ درصد از تغییرات را نیز توجیه نمود (جدول ۶).

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عامل اول را عامل عملکرد و اجزای عملکرد، عامل دوم را عامل صفات فنولوژیکی و مرتبط با رشد رویشی و عامل سوم را شاخص اسانس نام گذاری نمود. نتایج بای پلات صفات مورد مطالعه نشان داد که صفات عملکرد و اجزای عملکرد روی مولفه اول قرار گرفته‌اند و صفات فنولوژیک و ارتفاع روی مولفه دوم قرار گرفته و به‌ترتیب تغییرات مولفه اصلی اول و مولفه اصلی دوم را توجیه می‌کنند. تنها صفت درصد اسانس در قسمت پایین و سمت چپ بای پلات قرار گرفته و توسط هیچ‌کدام از مولفه‌ها توجیه نمی‌شود (شکل ۲).

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه اکوتیپ‌های زیره سبز تحت شرایط اقلیمی جیرفت

Table 5- Correlation coefficient of studied traits in cumin ecotypes under Jiroft condition

Traits صفات	DUM	DFL	DEF	DMA	HEI	NUP	NUU	NGUB	NGU	NGP	W1000	YG	YB	HI	EO%	EOY
DUM	1															
DFL	0.98**	1														
DEF	0.69**	0.70**	1													
DMA	0.36*	0.36*	0.59**	1												
HEI	0.26*	0.23	0.18	0.06	1											
NUP	0.11	0.13	0.09	0.22	0.02	1										
NUU	0.05	0.05	-0.11	-0.06	0.15	0.40*	1									
NGUB	-0.07	-0.08	-0.07	0.17	-0.16	0.38*	-0.08	1								
NGU	-0.02	-0.02	-0.12	0.10	-0.03	0.58**	0.60**	0.75**	1							
NGP	0.04	0.06	-0.01	0.17	0.02	0.91**	0.57**	0.58**	0.85**	1						
W1000	0.02	0.02	-0.01	0.02	-0.13	0.11	0.23	0.05	0.20	0.19	1					
YG	0.08	0.08	0.13	0.17	0.17	0.66**	0.48*	0.43*	0.66**	0.77**	0.47*	1				
YB	0.11	0.11	0.21	0.25*	0.12	0.61**	0.42*	0.40*	0.61**	0.71**	0.42*	0.97**	1			
HI	0.03	0.04	-0.10	-0.15	0.27*	0.32*	0.30*	0.24	0.38*	0.39*	0.24	0.33*	0.09	1		
EO%	-0.24	-0.22	-0.16	-0.10	0.03	-0.22	-0.10	0.10	0.02	-0.15	-0.33*	-0.27*	-0.27*	-0.05	1	
EOY	-0.10	-0.08	-0.14	0.05	-0.03	0.76**	0.57*	0.50*	0.85**	0.90**	0.31*	0.70**	0.62**	0.43*	0.14	1

\* و \*\*: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

\* and \*\*: Significant at 0.05 and 0.01 of probability levels respectively

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته؛ NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چتر؛ NGU: تعداد دانه در چترک؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

جدول ۶- مقادیر ویژه، درصد واریانس مؤلفه‌های اصلی و ضرایب عددی صفات مورد مطالعه در سه مؤلفه اصلی نخست

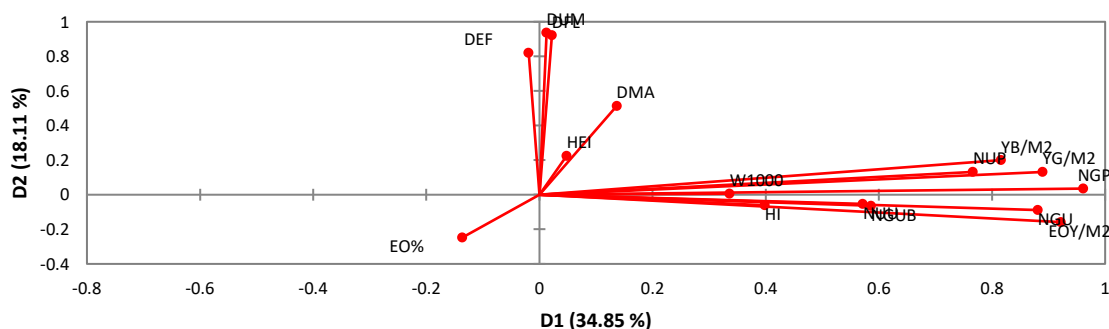
Table 6- Eigen value, variance and cumulative percent of principal components and studied traits coefficient in the first three principal components

Traits صفات	F1	F2	F3
DUM	0.01	0.94	-0.06
DFL	0.02	0.92	-0.06
DEF	-0.02	0.82	0.05
DMA	0.14	0.51	0.22
HEI	0.05	0.23	-0.19
NUP	0.77	0.13	0.03
NUU	0.57	-0.05	-0.39
NGUB	0.59	-0.06	0.65
NGU	0.88	-0.09	0.24
NGP	0.96	0.04	0.09
W1000	0.34	0.01	-0.33
YG	0.89	0.13	-0.25
YB	0.82	0.20	-0.18
HI	0.40	-0.06	-0.14
EO%	-0.14	-0.25	0.34
EOY	0.92	-0.16	0.13
Eigenvalue ریشه‌های مشخصه	5.60	2.90	1.07
Variability (%) درصد واریانس	34.98	18.13	6.67
Cumulative % درصد تجمعی واریانس	34.98	53.11	59.78

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

Factor loadings (axes D1 and D2: 52.97 %) after Varimax rotation

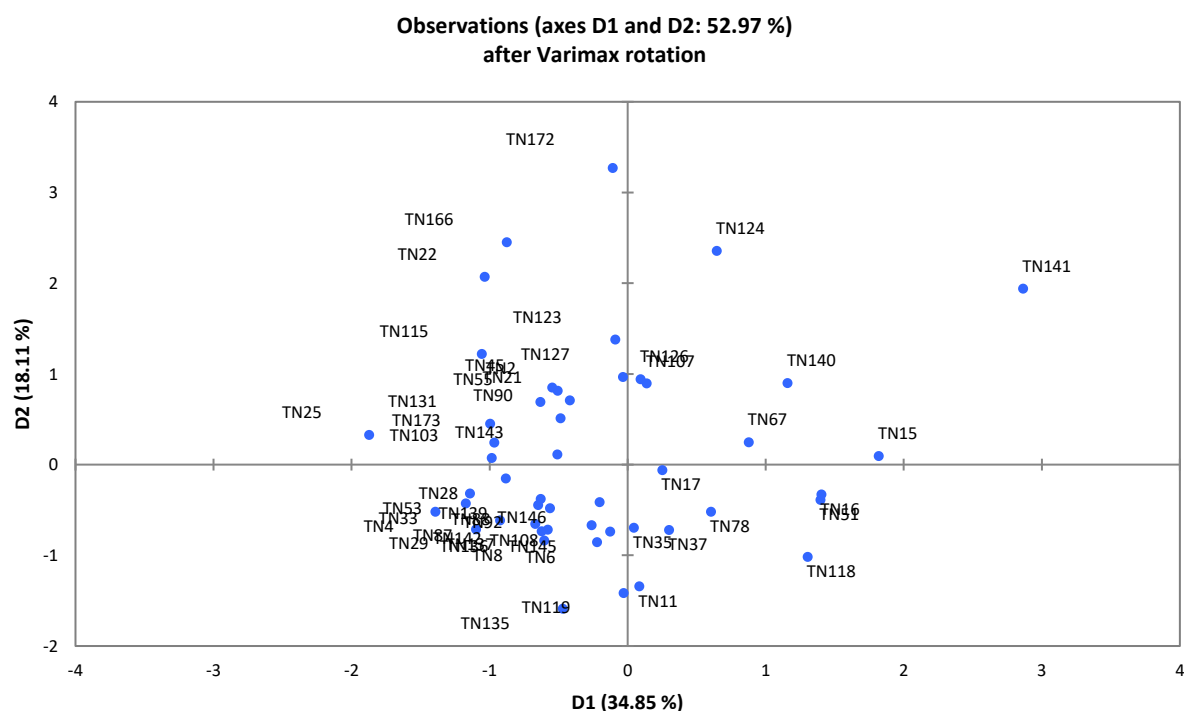


شکل ۲- نمودار بای پلات صفات مورد بررسی در زیره سبزی بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم

Figure 2- Biplot figure of studied traits in cumin based on first and second principal components

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

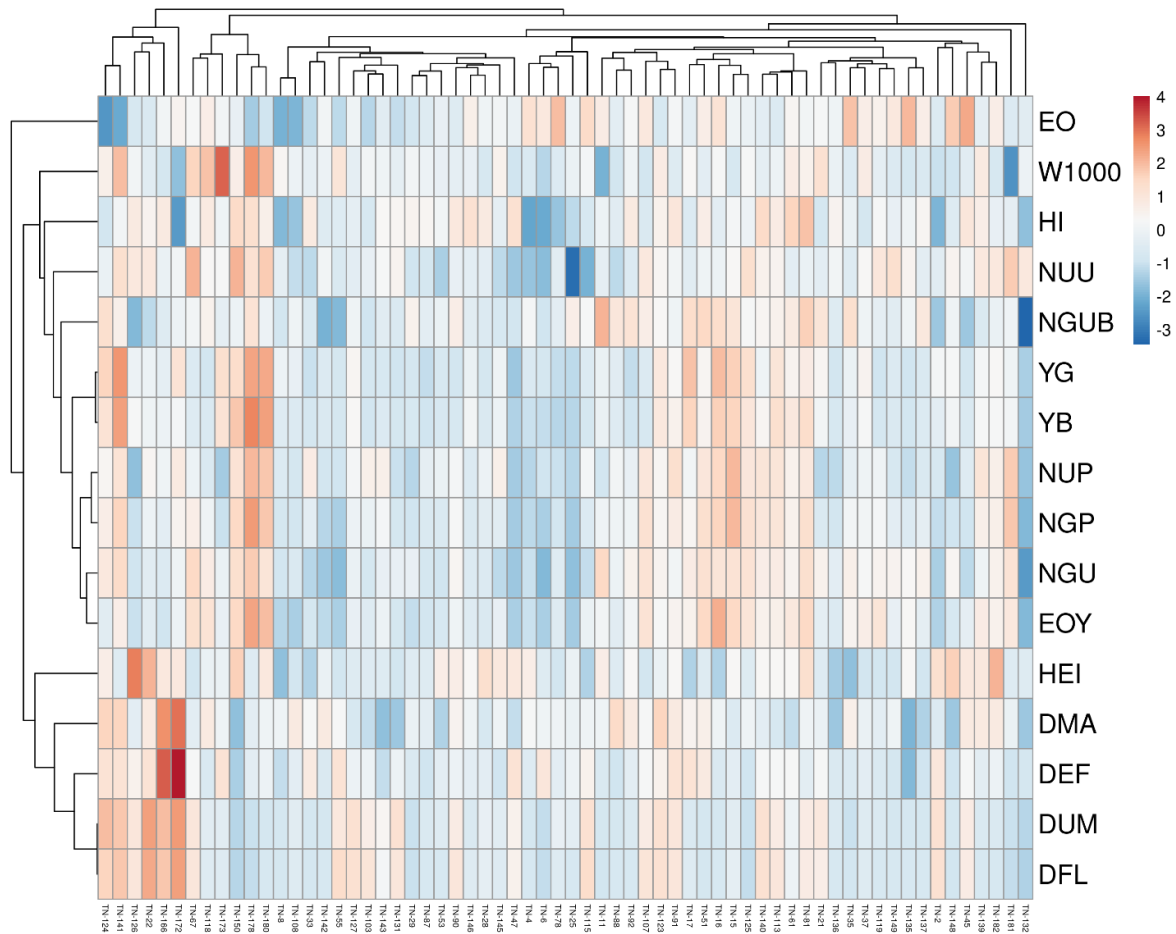


شکل ۳- نمودار بای پلات اکوتیپ‌های زیره سبز مورد مطالعه بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم در منطقه جیرفت

Figure 3- Biplot figure of studied cumin ecotypes based on first and second principal components at Jiroft

کمتری برخوردار خواهد بود (Zali *et al.*, 2017). گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد بررسی زیره سبز بر اساس شاخص SIIG نشان داد که این اکوتیپ‌ها در ۸ گروه قرار گرفتند که تعداد اکوتیپ‌های قرار گرفته از گروه ۱ تا ۸ به ترتیب ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۳ و ۱ اکوتیپ بود (جدول ۷). با توجه به گروه‌بندی انجام شده و کاهش مقدار شاخص SIIG از گروه ۱ به گروه ۸، اکوتیپ‌های گروه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ را بعلت داشتن شاخص SIIG بالای ۰/۵ می‌توان به عنوان اکوتیپ‌های برتر انتخاب نمود. اکوتیپ‌های TN-150، TN-16، TN-180، TN-178، TN-15 و TN-141 بخاطر شاخص بالای SIIG (مقدار شاخص بین ۰/۷ تا ۰/۹) در گروه ۱ و ۲ قرار گرفتند و به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها گزینش می‌گردند. پژوهش‌گران دیگر نیز براساس روش SIIG ژنوتیپ‌های برتر را گزینش کرده‌اند (Zali *et al.*, 2021; Nazari *et al.*, 2023). با توجه به تجزیه‌های انجام شده و مقایسه آن‌ها می‌توان بیان کرد که در روش مقایسه میانگین چون صفات بصورت تک تک مقایسه می‌گردند نمی‌توان بر مبنای همه صفات اقدام به گزینش برترین‌ها نمود. چنانچه گزینش تنها بر مبنای عملکرد صورت گیرد در گروه برتر ۱۰ اکوتیپ قرار می‌گیرند.

بر مبنای نتایج دندروگرام مبتنی بر هیت‌مپ، تمامی ۶۴ اکوتیپ انتخابی زیره سبز در دو کلاستر اصلی قرار گرفتند (شکل ۴). شش اکوتیپ TN-126، TN-141، TN-124، TN-166، TN-22 و TN-172 در کلاستر اول قرار گرفتند. برای این اکوتیپ‌ها، صفات مهم شامل DMA، DEF، DUM و DFL بودند. کلاستر دوم شامل ۵۸ اکوتیپ زیره سبز بود، که متعاقباً به دو زیرگروه تقسیم بندی شد. زیرگروه اول شامل تنها ۶ اکوتیپ زیره سبز بود (TN-67، TN-118، TN-173، TN-150، TN-178 و TN-180) که برای آنها صفت W1000 ظاهراً مهم‌ترین شاخص محسوب می‌شود. سایر ۵۲ اکوتیپ باقیمانده در زیرگروه دوم مربوط به کلاستر دوم قرار گرفتند. به منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها برای هر منطقه به‌طور جداگانه و انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه به‌طور همزمان، از شاخص SIIG استفاده شد (Zali *et al.*, 2015). از آنجایی که میزان تغییرات این شاخص بین صفر تا یک متغیر می‌باشد، هر چه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به یک نزدیک‌تر باشد، آن ژنوتیپ از مطلوبیت بالاتری از لحاظ صفات مورد مطالعه، برخوردار است و هر چه مقدار SIIG برای اکوتیپی به صفر نزدیک‌تر باشد، از نظر صفات مورد بررسی از مطلوبیت



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر بر مبنای هیت مپ

ردیف‌ها با استفاده از فاصله همبستگی و میانگین فاصله دو کلاستر گروه‌بندی شدند و ستون‌ها با استفاده از فاصله حداکثری و پیوستگی McQuitty گروه‌بندی شدند

Figure 4- Dendrogram of cluster analysis based on heatmap.

Rows are clustered using correlation distance and average linkage. Columns are clustered using maximum distance and McQuitty linkage

جدول ۷- گروه‌بندی اکتیپ‌های زیره سبز بر اساس شاخص SIIG

Table 7- Grouping of cumin ecotypes based on SIIG index

SIIG	$0.8 \leq SIIG < 0.9$	$0.7 \leq SIIG < 0.8$	$0.6 \leq SIIG < 0.7$	$0.5 \leq SIIG < 0.6$	$0.4 \leq SIIG < 0.5$	$0.3 \leq SIIG < 0.4$	$0.2 \leq SIIG < 0.3$	$0.1 \leq SIIG < 0.2$
گروه	1	2	3	4	5	6	7	8
Groups								
تعداد لاین‌ها								
Lines	2	4	5	10	13	16	13	1
Number								

در روش تجزیه فاکتور نیز اکتیپ‌های گروه‌بندی بر مبنای تمامی صفات انجام می‌گیرد که گروه برتر شامل ۵ اکتیپ (TN141, TN15, TN16, TN17 و TN51) می‌باشد. گروه‌بندی اکتیپ‌های زیره سبز بر مبنای شاخص SIIG ۶ اکتیپ‌زیره سبز (TN-150, TN-16, TN-180, TN-178, TN-15 و TN-141) را در گروه برتر قرار داد. مقایسه دو روش

آخر مشخص نمود که ۳ اکتیپ زیره سبز در دو روش اخیر مشترک هستند که نشان‌دهنده کارایی بالای این روش‌ها در گزینش برترین‌ها می‌باشد. برتری روش SIIG نسبت به سایر روش‌ها، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس مطلوبیت صفات می‌باشد (بطور مثال میانگین کم ژنوتیپ‌ها در صفات روز تا چتردهی و روز تا رسیدگی مطلوب هستند) که این موضوع در تجزیه‌های

بوته و عملکرد اسانس را بعنوان صفات مناسب برای گزینش اکوتیپ‌های برتر زیره سبز معرفی نمود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت باتوجه به نتایج تجزیه‌های انجام شده، اکوتیپ‌های TN-178، TN-180، TN-16، TN-150، TN-15 و TN-141 براساس تمامی صفات و با در نظر گرفتن مطلوبیت و عدم مطلوبیت صفات، به‌عنوان اکوتیپ‌های برتر و پرتانسیل گزینش و برای برنامه‌های اصلاحی پیشنهاد می‌گردند.

چندمتغیره از قبیل تجزیه فاکتور مدنظر قرار نمی‌گیرد. بنابراین ژنوتیپ‌های گزینش شده از طریق شاخص SIIG بعنوان ژنوتیپ‌های برتر در طی این آزمایش برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی تحت پیشنهاد می‌گردند.

### نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به نتایج به‌دست آمده و تنوع مشاهده شده برای صفات، می‌توان صفات عملکرد دانه، زیست‌توده، تعداد دانه در

### References

- Ayub, M., Nadeem, M.A., Tanveer, A., Tahir, M., Saqib, M.T.Y. and Nawaz, R., 2008. Effect of different sowing methods and times on the growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, 40(1), pp.259-264.
- Derakhshan, D., Sattari, M. and Bigdeli, M., 2008. Effect of sub inhibitory concentrations of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seed essential oil and alcoholic extract on the morphology capsule expression and urease activity of *Klebsiella pneumonia*. *International Journal Antimicrobial Agents*, 32, pp.432-436. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2008.05.009
- Einafshar, S., Poorazrang, H., Farhoosh, R. and Seiedi, S.M., 2012. Antioxidant activity of the essential oil and methanolic extract of cumin seed (*Cuminum cyminum*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114, pp.168-174. doi: 10.1002/ejlt.201100127
- Eikani, M.H., Golmohammad, F., Mirza, M. and Rowshanzamir, S., 2007. Extraction of volatile oil from cumin (*Cuminum cyminum*) with superheated water. *Journal of Food Process Engineering*, 30, pp. 255-266. doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00117
- Fanaei, H. R., Akbari Moghadam, H., Keigha, Gh., Ghaffarie, M. and Alli, E., 2006. Evaluation of Agronomy and Essential Oil Components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgare* Mill. and *Nigella sativa* L. in the Condition of Sistan region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 22(1), pp.34-41. [In Persian]. doi: 10.22092/ijmapr.2006.114998
- Faravani, M., Ashraf Jafari, A., Ranjbar, M., Negari, A.K. and Azizi, N., 2018. Correlation and Path Coefficient Analysis of Phenological, Agronomic and Morphological Traits of Cumin and Ajwain Ecotypes in Iran. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3), pp.482-495. doi: 10.15316/sjafs.2018.127
- Ghaedrahmati, M., Mardi, M., Naghavi, M.R., Majidi Heravan, E., Nakhoda, B., Azadi, A. and Mohammadi-Nejad, G., 2017. Statistical Analysis of Yields and its Component of Seeds Resulted from Early Crosses of wheat Cultivars under Salinity Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 9(21), pp.56-66. [In Persian]. doi: 10.29252/jcb.9.21.56
- Ghanbari, J., Khajoei-nejad, G.R. and Mohammadinejad, G., 2017. Study of Ecotype and Sowing Date Interaction in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) using Different Univariate Stability Parameters. *Iranian Journal of Field*

- Crops Research*, 15(1), pp.87-102. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.v15i1.43232**
- Ghanbari, J., Khajoei-Nejad, G.R. and Mohammadi-Nejad, G., 2014. AMMI analysis application for explanation of ecotype by sowing date (E×SD) interaction in terms of seed yield in cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 3(2), pp.19-27.
- Ghane, H., Amirshkari, H. and Naji, A.M., 2017. The effects of planting date and seed priming on yield and physiological traits of two cumin ecotypes. *Journal of Crops Improvement*, 19(3), pp.561-575. [In Persian]. doi: **10.22059/jci.2017.60461**
- Gohari, A.R. and Saeidnia, S., 2011. A Review on Phytochemistry of *Cuminum cyminum* seeds and its Standards from Field to Market. *Pharmacognosy Journal*, 25(3), pp.1-5. doi: **10.5530/pj.2011.25.1**
- Gondaliya, S.B., Khatrani, T.J., Soni, K.K. and Baravalia, Y.K., 2018. Consequence on long term storage on phytochemical attributes of cumin (*Cuminum cyminum* L.) from districts of north Gujarat, India. *Industrial Crops and Products*, 111, pp.908-913. doi: **10.1016/j.indcrop.2017.10.054**
- Hajlaoui, H., Mighri, H., Noumi, E., Snoussi, M., Trabelsi, N., Ksouri, R. and Bakhrouf, A., 2010. Chemical Composition and Biological Activities of Tunisian *Cuminum cyminum* L. Essential Oil: A High Effectiveness against *Vibrio* spp. Strains. *Food and Chemical Toxicology*, 48, pp.2186-2192. doi: **10.1016/j.fct.2010.05.044**
- Hashemian, N., Ghasemi Pirbaloti, A., Hashemi, M., Golparvar, A. and Hamed, B., 2013. Diversity in chemical composition and antibacterial activity of essential oils of cumin (*Cuminum cyminum* L.) diverse from Northeast of Iran. *Australian Journal of Crop Science*, 7(11), pp.1752-1760.
- Kanani, P., Shukla, Y.M., Modi, A.R., Subhash, N. and Kumar, S., 2019. Standardization of an efficient protocol for isolation of RNA from *Cuminum cyminum*. *Journal of King Saud University-Science*, 31(4), pp.1202-1207. doi: **10.1016/j.jksus.2018.12.008**
- Mnif, S. and Aifa, S., 2015. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) from Traditional Uses to Potential Biomedical Applications. *Chemistry and Biodiversity*, 12, pp.733-742. doi: **10.1002/cbdv.201400305**
- Moghaddam, M., Khaleghi Miran, S.N., Ghasemi Pirbalouti, A., Mehdizadeh, L. and Ghaderi, Y., 2015. Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, 70, pp.163-169. doi: **10.1016/j.indcrop.2015.03.031**
- Moghaddam, M. and Ghasemi Pirbalouti, A., 2017. Agro-morphological and phytochemical diversity of Iranian *Cuminum cyminum* accessions. *Industrial Crops and Products*, 99, pp.205-213. doi: **10.1016/j.indcrop.2017.02.003**
- Nazary, H., Rostaii, M. and Alavi Siney, S.M., 2023. Selection of superior bread wheat lines under rainfed condition of Zanjan based on moroho-phenological traits. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(2), pp.547-560. [In Persian]. doi: **10.22077/escs.2023.4808.2075**
- Niazian, M., Sadat Noori, S.A., Tohidfar, M. and Mortazavian, S.M.M., 2017. Essential Oil Yield and Agro-morphological Traits in Some Iranian Ecotypes of Ajowan (*Carum copticum* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4), pp.1151-1156. doi: **10.1080/0972060x.2017.1326849**
- Nostro, A., Cellini, L., Di Bartolomeo, S., Di Campli, E., Grande, R., Cannatelli, M.A., Marzio, L. and Alonzo,

- V., 2005. Antibacterial effect of plant extracts against *Helicobacter pylori*. *Phytotherapy Research*, 19(3), pp.198-202. **doi: 10.1002/ptr.1640**
- Rivandi, H., Rezvan, S., Jami Moeeni, M., Masoud Sinki, J., Damavandi, A. and Sanjani, S., 2020. Evaluation of Quantity and Quality Yield of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Ecotypes in Different Planting Date under Sabzevar Climatic Conditions. *Journal of Agroecology*, 12(2), pp.227-240. [In Persian]. **doi: 10.22067/jag.v12i2.78488**
- Soorni, J., Roustakhiz, J., Salimi, K. and Noori, M., 2020. Effects of drought stress on yield and yield-related traits, antioxidant enzymes and essential oil content of some Cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(4), pp.1125-1134. [In Persian]. **doi: 10.22077/escs.2020.2395.1624**
- Thippeswamy, N.B. and Akhilender Naidu, K., 2005. Antioxidant potency of cumin varieties cumin, black cumin and bitter cumin on antioxidant systems. *European Food Research and Technology*, 220, pp.472-476.
- Timachi, F., Armin, M., Jamimoeini, M. and Abhari, A., 2021. The Effect of Times and Type of Stress Modulator on Quantitative and Qualitative Yield of Cumin under Rain-fed and Irrigated Conditions. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2, pp.145-157. **doi: 10.22092/jmpb.2021.341798.1182**
- Zali, H., Barati, A., Marzoqian, A., Koohkan, S. and Gholipour, A., 2021. Selection of barley pure lines with high yield and desirable agronomic characteristics in warm areas of Iran. *Journal of Crop Production*, 14(1), pp.199-218. **doi: 10.22069/ejcp.2021.18845.2403**
- Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asghari, A. and Zeinalabedini, M., 2017. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, 8(20), pp.77-90. [In Persian].
- Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, and A., Hoseini, S.M., 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum - An International Journal*, 7(2), pp.703-711.

## Evaluation and Selection of superior cumin ecotypes through quantitative and qualitative traits via multivariate methods under Jiroft climatic conditions

Seid Mohammad Alavi-Siney<sup>1\*</sup>, Hamid Reza Fanaei<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran

<sup>2</sup> Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

\*Corresponding Author: [m.alavis@areeo.ac.ir](mailto:m.alavis@areeo.ac.ir)

Received: 12 December 2023 Accepted: 3 May 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.430131.1387

### Abstract

**Introduction:** Due to the decrease in rainfall and the need for low-water plants in cultivation patterns, cumin is considered a potential candidate for this purpose. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is one of the oldest and most economical plants, are cultivated due to its high tolerance to drought in Mediterranean climates. It is currently the second most commonly used spice in the world, after pepper (*Pepper nigrum*), making its cultivation important. This research was conducted to determine the superior ecotypes of cumin in terms of earliness, quality traits, and yield in southern Kerman.

**Materials and Methods:** To evaluate cumin ecotypes in the collection of the National Plant Gene Bank of Iran, 64 ecotypes were selected and planted. These ecotypes were evaluated during the 2021-2022 season based on a statistical design of a simple lattice (8x8) with two replications at the Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. The study recorded traits such as date of umbel appearance, date of flowering, date of end of flowering, date of physiological maturity, number of umbels per plant, number of umbellets per umbel, number of grains per umbellets, number of grains per umbel, number of grains per plant, thousand-grain weight, biomass, grain yield, essential oil percentage, and essential oil yield.

**Results and Discussion:** Descriptive statistics showed that the traits with the highest coefficient of variation were grain yield, biomass, essential oil yield, and number of grains per plant, with values of 43.01, 40.32, 39.22, and 31.31, respectively. These traits have a high potential for use in cumin selection programs. The ANOVA results indicated that the effect of cumin ecotypes was significant in all studied traits, indicating a high diversity among the ecotypes. The study of the days to maturity trait showed that the earliest ecotypes, with an average of 123, 124, and 125 days, were TN 135, TN143, TN150, TN131, TN136, TN132, TN148, and TN53. These ecotypes have a shorter growth period and can avoid stress at the end of the growing season. TN178, TN141, TN180, TN150, TN16, TN15, TN17, TN81, TN113, and TN124 were found to have the highest grain yield per square meter, with an average of 178, 165, 165, 145, 139, 137, 135, 127, 125, and 120 g/m<sup>2</sup>, respectively, exceeding the control treatments. These ecotypes have a high potential for use in breeding programs. There was a positive and significant correlation between grain yield and all components of grain yield, indicating that improving each yield component results in an increase in grain yield. A negative and significant relationship was found between essential oil percentage and grain yield and biomass. This suggests that ecotypes with high grain yield have a lower essential oil percentage. However, because there was a positive and significant correlation between essential oil yield and grain yield, ecotypes with high grain yield also had a higher essential oil yield. To group and select the superior ecotypes, it is necessary to use multivariate methods, such as factor analysis and SIIG method, which were used in this research. In the factor analysis method, the top group consists of five ecotypes (TN141, TN15, TN16, TN17, and TN51). Based on the SIIG index, six cumin ecotypes (TN-178, TN-180, TN-16, TN-150, TN-15, and TN-141) were placed in the top group. A comparison of the two methods revealed that three cumin ecotypes were common, indicating their high efficiency in selecting the best

ones. However, the SIIG method was found to be superior as it groups the genotypes according to desirable traits (such as low values for day to umbel appearance and days to maturity), whereas these traits are not considered in multivariate analysis methods like factor analysis.

**Conclusion:** Based on the results and the observed diversity of traits, it is recommended to introduce grain yield, biomass, grains number per plant, and essential oil yield as suitable traits for selecting superior cumin ecotypes. It can be concluded that TN-178, TN-180, TN-16, TN-150, TN-15, and TN-141 ecotypes are superior and have potential for breeding programs, considering both desirable and undesirable traits.

**Keywords:** Essential oil percentage, Essential oil yield, Factor analysis, Grain yield, SIIG



## سازگاری گندم دیم پاییزه به تغییر اقلیم در مناطق نیمه خشک و سرد با استفاده از تاریخ کاشت بهینه و آبیاری تکمیلی

حامد عینی نرگسه<sup>۱</sup>، سجاد رحیمی مقدم<sup>۲\*</sup>، خسرو عزیزی<sup>۲</sup>، امین قرنجیک<sup>۲</sup>، سیدرضا امیری<sup>۴</sup>

۱- گروه علوم کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۳- گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران

\* مسئول مکاتبه: [rahimi.s@lu.ac.ir](mailto:rahimi.s@lu.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.408044.1364

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

### چکیده

تغییرات اقلیمی جهانی باعث تغییرات گسترده در متغیرهای اقلیمی شده است که در نهایت بر تولیدات زراعی تأثیر می‌گذارد. در شرایط حال و تغییر اقلیم آینده، راهکارهای سازگاری مانند تاریخ کاشت بهینه و آبیاری تکمیلی می‌تواند به یک تولید پایدار در سیستم‌های کشت دیم منجر شود. در این تحقیق اثرات تاریخ‌های کاشت (۹ مهر، ۲۳ مهر و ۸ آبان) و رژیم‌های آبیاری (دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه) بر عملکرد دانه گندم در پنج شهرستان استان کردستان در دوره پایه و تغییر اقلیم آینده (پنج مدل گردش عمومی تحت سناریوی RCP8.5) با استفاده از مدل APSIM-Wheat ارزیابی شد. میانگین عملکرد دانه گندم در استان کردستان در دوره پایه برابر ۴/۶۳ تن در هکتار بود. به‌طور کلی در همه شهرستان‌های استان کردستان (بجز سنندج) بیشترین عملکرد دانه در دوره پایه در تاریخ کاشت ۹ مهر بدست آمد در حالی که در شرایط تغییر اقلیم، گندم بهترین عملکرد را در تاریخ کاشت ۲۳ مهر داشت. در شهرستان سنندج در دوره پایه و تغییر اقلیم بالاترین عملکرد دانه به‌ترتیب از کاشت گندم در تاریخ‌های ۲۳ مهر و ۸ آبان حاصل شد. در شرایط تغییر اقلیم، عملکرد دانه گندم در رژیم‌های آبیاری در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه در مقایسه با رژیم دیم ۸/۷ درصد افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیب تاریخ کاشت حدواسط (۲۳ مهر)×آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی/پر شدن دانه به‌عنوان بهترین راهکار مدیریتی تحت شرایط تغییر اقلیم آینده شناخته شد و می‌تواند در مناطق با اقلیم نیمه خشک و سرد کشور پیشنهاد گردد.

**واژه‌های کلیدی:** بارش فصلی، مدل‌سازی، مراحل رشد زایشی، میانگین دمای روزانه

### مقدمه

نهایت بر تولیدات زراعی تأثیر می‌گذارد (Kheiri et al., 2018). بر همین اساس، راهکارهای سازگاری مانند انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول (Sengxua et al., 2017)، تاریخ کاشت بهینه (Amiri et al., 2020) و آبیاری تکمیلی (Attia et al., 2016; Amiri et al., 2021) می‌تواند منجر به تولید پایدار در سیستم‌های کشت دیم شود.

در سطح مزرعه، مدیریت تقویم کشت از طریق تغییر تاریخ کاشت یکی از راهبردهای سازگاری برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی بر عملکرد محصول است (Turrall et al., 2011). تولید گندم دیم نه‌تنها به رطوبت اولیه خاک بستگی دارد (Nassiri et al., 2006) بلکه تحت تأثیر میانگین دمای روزانه و توزیع و میزان بارندگی فصلی نیز قرار می‌گیرد (Bannayan and Eyshi Rezaei, 2014; Kheiri et al., )

گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) بیش از ۳/۴ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت ایران را پوشش می‌دهد و نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی ایفا می‌کند. در اکوسیستم‌های زراعی ایران، عملکرد دانه گندم دیم از ۲۵۲ تا ۲۶۵۹ کیلوگرم در هکتار متغیر است که این موضوع نشان‌دهنده شکاف بزرگ در مناطق زیر کشت گندم دیم از نظر عملکرد دانه در واحد سطح است. از سوی دیگر، کل تولید گندم دیم عمدتاً تحت تأثیر شرایط محیطی، به ویژه میزان و توزیع بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد (Eyshi Rezaei and Bannayan, 2012; Nouri et al., 2017). این در حالی است که تغییرات اقلیمی جهانی باعث تغییرات گسترده در متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما شده است (IPCC, 2018)، که در

(Singh *et al.*, 2016). نتایج یک تحقیق در نگزاس آمریکا نشان داد که آبیاری تکمیلی به میزان ۱۰۰ میلی‌متر در مرحله چکمه‌ای شدن عملکرد گندم را در مقایسه با شرایط دیم ۳۵ درصد افزایش داد در حالی که ۱۴۰ میلی‌متر آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه ۶۸ درصد عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با تیمار دیم تولید کرد.

تحقیقات در بخش کشاورزی با استفاده از داده‌های بلند مدت برای طیف وسیعی از شرایط اقلیمی می‌تواند درک عمیق‌تری از شرایط هر منطقه را ارائه دهد (Chenu *et al.*, 2017; Eyni-Nargeseh *et al.*, 2020). مدل‌های شبیه‌سازی رشد مبتنی بر فرآیند را می‌توان برای بررسی اثرات اقلیم و سناریوهای مدیریتی و برهمکنش آن‌ها بر گیاهان در نظر گرفت (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2019; Amiri *et al.*, 2020). مدل‌های زراعی در حال تبدیل شدن به یک ابزار ارزشمند برای افزایش درک اکولوژی و فیزیولوژی محصولات زراعی هستند و می‌توانند برای بررسی و بهینه‌سازی فعالیت‌های مدیریتی مانند تاریخ کاشت (Dong *et al.*, 2014; Nouri *et al.*, 2017) و آبیاری (Attia *et al.*, 2016) بکار روند. شبیه‌ساز سیستم‌های تولید کشاورزی (APSIM) یک مدل رشدی است که توسط واحد تحقیقات سیستم‌های تولید کشاورزی (APSRU) در استرالیا طراحی شده است و توانایی بالایی در شبیه‌سازی دقیق رشد و نمو گیاهان در سطح مزرعه دارد (Keating *et al.*, 2003). مدل APSIM به طور گسترده برای محصولات مختلف مانند گندم، ذرت و کلزا به ویژه در محیط‌های خشک و نیمه خشک ایران با در نظر گرفتن تنوع آب و هوا، تاریخ کاشت و رژیم آبیاری آزمایش شده است (Deihimfard *et al.*, 2018; Eyni-Nargeseh *et al.*, 2021b).

با توجه به تغییرات مداوم اقلیمی و اثرات آن بر بخش کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، ارائه راهکارهای سازگاری برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم و افزایش تولیدات کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است. بر این اساس، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و رشد ارقام بهار و پاییزه در اکوسیستم‌های کشاورزی گندم دیم ایران تحت شرایط پایه و تغییرات اقلیمی آبی با استفاده از مدل APSIM-Wheat انجام شد.

(Arredondo *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2018). در این راستا، میزان رطوبت خاک در اوایل فصل رشد که از طریق تنظیم تاریخ کاشت تأمین می‌شود، همبستگی مثبت بالایی با عملکرد دانه دارد و می‌تواند عملکرد محصول را بهبود بخشد (Hai-dong *et al.*, 2017). علاوه بر تغییر تاریخ کاشت، آبیاری تکمیلی نیز می‌تواند یک روش مدیریتی مؤثر برای افزایش عملکرد دانه و هم‌چنین حفظ منابع آب، به ویژه در اکوسیستم‌های کشاورزی گندم دیم باشد. آبیاری تکمیلی به‌عنوان یکی از شیوه‌های مدیریتی مورد استفاده در محیط‌های مستعد خشکسالی برای تثبیت تولید محصول و جلوگیری از نوسانات تولید محصولات دیم استفاده می‌شود (Feres and Soriano, 2007; Amiri *et al.*, 2021). در این رویکرد، آبیاری فقط در مراحل مهم رشد گیاه در مناطقی که منابع آب محدود است اعمال می‌شود (Amiri *et al.*, 2016; Shang *et al.*, 2020).

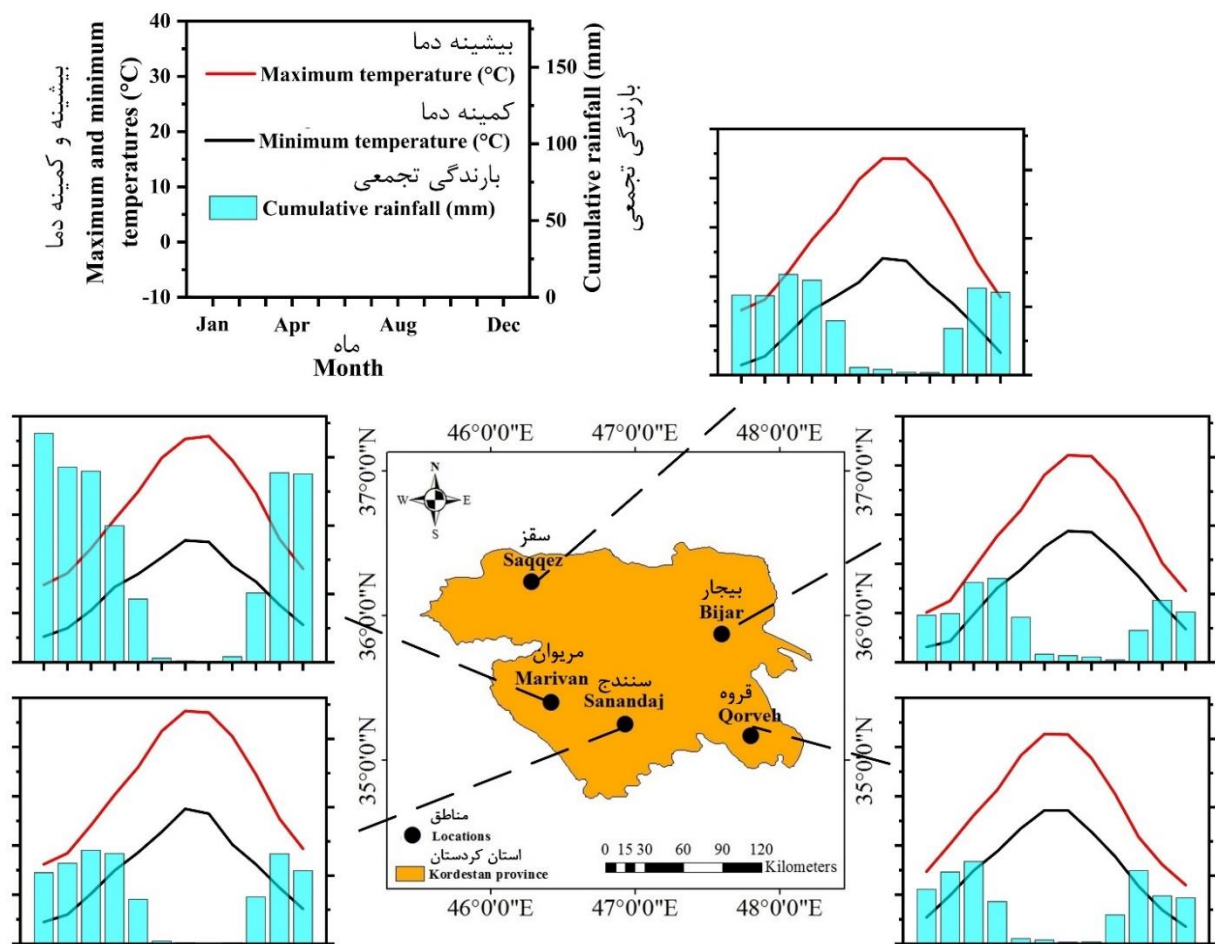
تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر تاریخ کاشت و آبیاری تکمیلی بر عملکرد محصولات مختلف تحت شرایط تغییر اقلیم به انجام رسیده است. در تحقیقی با بررسی اثرات تغییر اقلیم آینده بر تولید گندم دیم در شمال غرب و غرب ایران گزارش شد که تغییر فعالیت‌های زراعی مانند تاریخ کاشت می‌تواند به عنوان یک راهکار سازگاری برای بهبود در تولید گندم دیم در آینده در نظر گرفته شود (Nassiri *et al.*, 2006). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که به تعویق انداختن تاریخ کاشت می‌تواند اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی آبی بر عملکرد گندم دیم را جبران کند که عمدتاً این موضوع به دلیل تطابق دوره رشد گیاه با توزیع بارندگی در غرب و شمال غرب ایران طی دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ است (Nouri *et al.*, 2017). در پژوهشی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و پر شدن غلاف بر عملکرد نخود در شمال شرق ایران ارزیابی و گزارش شد عملکرد دانه در مقایسه با تیمار دیم به ترتیب ۴۱ تا ۱۳۹ درصد و ۱۳ تا ۶۶ درصد افزایش یافت (Amiri *et al.*, 2016). در پژوهشی دیگر اثرات تاریخ‌های کاشت و رژیم‌های آبیاری مختلف بر عملکرد دانه گندم دیم در پنجاب هند بررسی و گزارش شده که عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام به دلیل وزن و تعداد دانه کمتر کاهش یافت و دلیل این افت عملکرد هم‌زمانی دوره پر شدن دانه با درجه حرارت‌های گرم در انتهای فصل عنوان شد (Balwinder-)

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در پنج شهرستان استان کردستان (بیجار، مریوان، سقز، قروه و سنندج) به عنوان قطب اصلی تولید گندم دیم کشور به انجام رسید. کردستان یکی از استان‌های ایران واقع در غرب کشور است که از شمال به استان‌های آذربایجان غربی و زنجان، از شرق به همدان و زنجان، از جنوب به کرمانشاه و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود و حدود ۱/۷ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. متغیرهای

اقلیمی بلند مدت ۳۱ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰) شامل دماهای بیشینه و کمینه و بارش و همچنین مختصات جغرافیایی مناطق مورد بررسی در شکل ۱ ارائه شده است. مناطق مورد مطالعه بر اساس سطح زیر کشت، تنوع اقلیمی و دسترسی به داده‌های آب و هوایی (بارش، تعداد ساعات آفتابی، و دماهای کمینه و بیشینه) انتخاب شدند. این مناطق بر اساس طبقه‌بندی مبتنی بر روش یونسکو (UNESCO, 1979) در طبقه اقلیمی نیمه‌خشک و سرد قرار می‌گیرند.



شکل ۱- بارندگی تجمعی ماهانه و دماهای کمینه و بیشینه در ایستگاه‌های ۵ مورد مطالعه

Figure 1- Monthly cumulative rainfall, maximum, and minimum temperatures of 5 studied stations

مورد استفاده قرار گرفت. این مدل توسط محققین استرالیایی طراحی گردیده است و توانایی بالایی در شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان زراعی مختلف از جمله گندم دارد. زیر مدل گندم (APSIM-Wheat) رشد و نمو را در مقیاس روزانه

## توصیف مدل رشدی و داده‌های مدیریتی، خاکی و آب و هوایی

در این تحقیق برای پیش‌بینی رشد و نمو گندم دیم، سیستم شبیه‌ساز تولید کشاورزی (APSIM)، نسخه ۷/۱۰

شبیه‌سازی می‌کند و به عوامل مختلفی مانند آب و هوا (شامل بارش، تابش و دما)، خاک (شامل آب و نیتروژن خاک)، ضرایب ژنتیکی و اطلاعات مدیریتی مربوط به کاشت محصول زراعی پاسخ می‌دهد (Keating *et al.*, 2003).

داده‌های آب و هوایی که در این تحقیق استفاده شد شامل بارش (میلی‌متر)، تعداد ساعات آفتابی، و دماهای کمینه و بیشینه (درجه سانتی‌گراد) از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ بودند. این متغیرهای آب و هوایی از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری شدند. این متغیرها یکی از ورودی‌های چهارگانه مورد نیاز مدل APSIM هستند. از آنجایی که در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی داده‌های پرت و ثبت نشده در برخی از روزها وجود دارد، این داده‌ها با استفاده از برنامه WeatherMan (Hoogenboom *et al.*, 2003) اصلاح و بازسازی شدند. همان‌گونه که ذکر شد، یکی از متغیرهای آب و هوایی که به‌عنوان ورودی مورد نیاز مدل APSIM استفاده می‌شود تابش است، اما این متغیر در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی ثبت نمی‌شود و بجای آن تعداد ساعات آفتابی ثبت می‌گردد. بر همین اساس و با استفاده از تعداد ساعات آفتابی در هر روز، تابش روزانه در هر ایستگاه با استفاده از معادله آنگستروم (معادله ۱) (Prescott, 1940) تخمین زده شد:

$$R_s = (a + b \times n/N)R_a \quad (1)$$

در این معادله  $R_s$ ،  $n$ ،  $N$  و  $R_a$  به ترتیب تابش روزانه (مگاژول در متر مربع)، تعداد ساعات آفتابی، بیشینه تعداد ساعات آفتابی و تابش فرازمینی هستند. هم‌چنین  $a$  و  $b$  ضرایب آنگستروم کالیبر شده محلی می‌باشند. تابش فرازمینی با استفاده از رابطه ارائه شده توسط آلن و همکاران (Allen *et al.*, 1998) تخمین زده شد.

به دلیل فقدان اطلاعات جامع زمین‌های کشاورزی در ایران، از اطلاعات خاکی در پایگاه داده خاک جهانی (HWSO: <http://www.iasa.ac.at/Research/LULC/External-World-Soil-database/HTML>) ارائه شده توسط سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد و موسسه بین‌المللی برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های کاربردی وین (<http://www.iasa.ac.at/Research/LULC/External-World-Soil-database/HTML>) به‌عنوان منبع اصلی برای

پارامترهای خاکی مورد نیاز در شبیه‌سازی منطقه‌ای استفاده گردید. عمق خاک، چگالی ظاهری (BD)، رطوبت در ظرفیت پژمردگی (CLL)، رطوبت در ظرفیت مزرعه (DUL)، و رطوبت در ظرفیت اشباع (SAT) داده‌های ضروری خاک مورد نیاز برای اجرای ماژول بیلان آب خاک در مدل رشدی را تشکیل می‌دهند؛ مقادیر این پارامترها برای مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. از آنجایی که در اکوسیستم‌های کشاورزی دیم تاریخ کاشت و آب اولیه خاک ثابت نیست، تاریخ کاشت و آب اولیه خاک از یک مجموعه اولیه شبیه‌سازی بدست آمد. در این شبیه‌سازی‌ها، مدل APSIM با توجه به خصوصیات خاک، فعالیت‌های مدیریتی کشاورزان، بازه زمانی کاشت (از ۱ مهر تا ۲ آذر)، و بارندگی برای هر منطقه در طی یک دوره ۳۱ ساله (از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰) اجرا شد. برای این شبیه‌سازی‌ها، آب اولیه خاک ۲۰ درصد ظرفیت بالقوه آب خاک در دسترس (PAWC) برای هر منطقه جهت شروع شبیه‌سازی‌ها در نظر گرفته شد (Chenu *et al.*, 2013; Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2021a) و آب خاک و نیتروژن برای هر سال مجدد تنظیم گردید. جوانه‌زنی زمانی اتفاق می‌افتد که حداقل ۵ میلی‌متر بارندگی به مدت ۵ روز متوالی در طول بازه زمانی کاشت وجود داشته باشد و آب در دسترس خاک در هر مکان و فصل حداقل ۳۰ میلی‌متر باشد (بر اساس توصیه سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ایران برای کشاورزان کاشت گندم دیم). برای هر مکان، ۳۱ نقطه شبیه‌سازی روز جوانه‌زنی (۳۱ سال) و محتوای آب خاک مربوطه در زمان جوانه‌زنی وجود داشت. صدک ۲۵، میانه و صدک ۷۵، این نقاط به عنوان تاریخ کاشت ثلث و محتوای اولیه آب خاک در هر مکان برای اجرای شبیه‌سازی‌های بلندمدت و کاربرد مدل در نظر گرفته شد که در بخش‌های بعدی توضیح داده شده است.

اطلاعات مربوط به عملیات مدیریت کشاورزان محلی توسط کارشناسان محلی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی و وزارت جهاد کشاورزی در استان کردستان به‌دست آمده است. این اطلاعات شامل رقم غالب، خاک‌ورزی، عمق کاشت، فاصله ردیف‌ها، تراکم بوته و مقدار کود نیتروژن بود که در بخش‌های بعدی توضیح داده شده است.

شبیه‌سازی می‌کند و به عوامل مختلفی مانند آب و هوا (شامل بارش، تابش و دما)، خاک (شامل آب و نیتروژن خاک)، ضرایب ژنتیکی و اطلاعات مدیریتی مربوط به کاشت محصول زراعی پاسخ می‌دهد (Keating *et al.*, 2003).

داده‌های آب و هوایی که در این تحقیق استفاده شد شامل بارش (میلی‌متر)، تعداد ساعات آفتابی، و دماهای کمینه و بیشینه (درجه سانتی‌گراد) از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ بودند. این متغیرهای آب و هوایی از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری شدند. این متغیرها یکی از ورودی‌های چهارگانه مورد نیاز مدل APSIM هستند. از آنجایی که در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی داده‌های پرت و ثبت نشده در برخی از روزها وجود دارد، این داده‌ها با استفاده از برنامه WeatherMan (Hoogenboom *et al.*, 2003) اصلاح و بازسازی شدند. همان‌گونه که ذکر شد، یکی از متغیرهای آب و هوایی که به‌عنوان ورودی مورد نیاز مدل APSIM استفاده می‌شود تابش است، اما این متغیر در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی ثبت نمی‌شود و بجای آن تعداد ساعات آفتابی ثبت می‌گردد. بر همین اساس و با استفاده از تعداد ساعات آفتابی در هر روز، تابش روزانه در هر ایستگاه با استفاده از معادله آنگستروم (معادله ۱) (Prescott, 1940) تخمین زده شد:

$$R_s = (a + b \times n/N)R_a \quad (1)$$

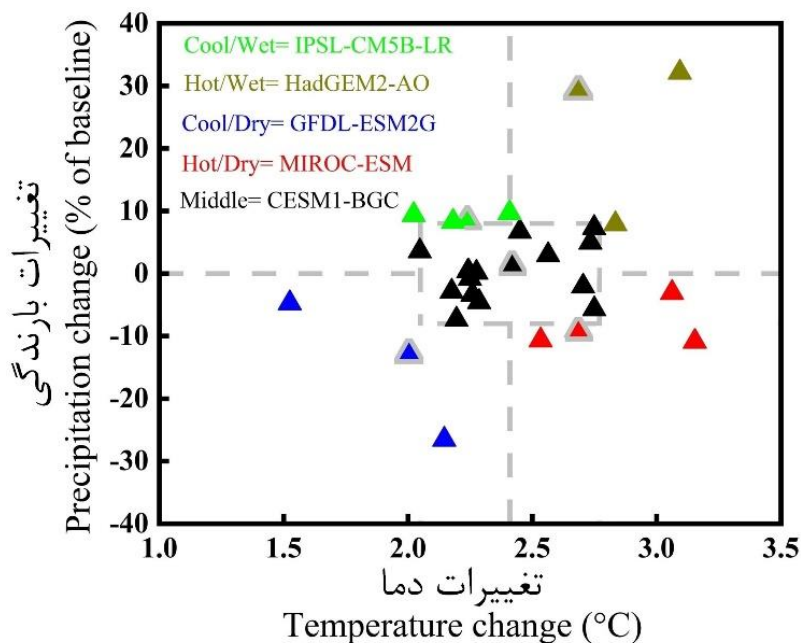
در این معادله  $R_s$ ،  $n$ ،  $N$  و  $R_a$  به ترتیب تابش روزانه (مگاژول در متر مربع)، تعداد ساعات آفتابی، بیشینه تعداد ساعات آفتابی و تابش فرازمینی هستند. هم‌چنین  $a$  و  $b$  ضرایب آنگستروم کالیبر شده محلی می‌باشند. تابش فرازمینی با استفاده از رابطه ارائه شده توسط آلن و همکاران (Allen *et al.*, 1998) تخمین زده شد.

به دلیل فقدان اطلاعات جامع زمین‌های کشاورزی در ایران، از اطلاعات خاکی در پایگاه داده خاک جهانی (HWSO: <http://www.iasa.ac.at/Research/LULC/External-World-Soil-database/HTML>) ارائه شده توسط سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد و موسسه بین‌المللی برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های کاربردی وین (<http://www.iasa.ac.at/Research/LULC/External-World-Soil-database/HTML>) به‌عنوان منبع اصلی برای

جدول ۱- خصوصیات خاک، ارتفاع و سطح زیر کشت گندم در مناطق مورد مطالعه

Table 1- Soil characteristics, elevation, and area under wheat cultivation in the study stations

ایستگاه Stations	عمق خاک Soil depth (cm)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	رطوبت خاک		ظرفیت آب قابل دسترس برای گیاه Plant available water-holding capacity (cm)	ارتفاع Elevation (m)	سطح زیر کشت Area under cultivation (ha)
			رطوبت خاک در نقطه پژمردگی Crop lower limit (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی Drained upper limit (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )			
بیجار	0-30	1.44	0.141	0.281	4.2	1940	151000
Bijar	30-100	1.54	0.140	0.280	9.8		
مریوان	0-30	1.3	0.135	0.270	4.1	1320	2500
Marivan	30-100	1.36	0.140	0.280	9.8		
قروه	0-30	1.44	0.135	0.270	4.1	1907	68200
Qorveh	30-100	1.54	0.140	0.280	9.8		
سنندج	0-30	1.3	0.135	0.270	4.1	1521	30000
Sanandaj	30-100	1.36	0.140	0.280	9.8		
سقز	0-30	1.3	0.135	0.270	4.1	1476	79700
Saqqez	30-100	1.36	0.140	0.280	9.8		



شکل ۲- تغییرات نسبی در دما و بارندگی تحت تمامی مدل‌های گردش عمومی نسبت به دوره پایه در دوره (۲۰۴۰-۲۰۷۰) و RCP8.5. هر مثلث نشان دهنده یک یکی از ۲۹ مدل گردش عمومی در هر طبقه اقلیمی است. ۵ مدل گردش عمومی انتخاب شده با خط خاکستری پیزامون مثلث مشخص شده است.

Figure 2- Relative change in temperature and precipitation under all GCMs with respect to baseline during mid-century period RCP8.5. Each triangle is colored by its category and represents one of the 29 GCMs. Selected representative GCMs are denoted with a gray outline.

۳۱ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰) برگرفته از سازمان هواشناسی و رهیافت AgMIP (AgMIP, 2013) برای اواسط قرن (۲۰۷۰-۲۰۴۰) تحت سناریوهای RCP4.8 و RCP8.5 اجرا شد. خروجی‌های ۲۹ مدل گردش عمومی برای انتخاب پنج مدل

مدل‌های گردش عمومی و سناریوهای تغییر اقلیم CMIP5 از مجموعه مدل‌های CMIP5 برای تولید آب و هوای آینده هر مکان بر اساس داده‌های اقلیمی مشاهده شده روزانه (دماهای کمینه و بیشینه، تابش و بارش)

مدل گردش عمومی بر اساس پنج ویژگی آب و هوایی ممکن، از جمله مرطوب خنک (IPSL-CM5B-LR)، مرطوب گرم (HadGEM2-AO)، خشک سرد (GFDL-ESM2G)، خشک گرم (MIROC-ESM)، و حدواسط (CESM1-BGC) جدا شدند. تغییرات بارش تجمعی و میانگین دما در طول فصل رشد گندم دیم برای پنج مدل گردش عمومی در دوره‌های پایه و دوره‌های آبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

گردش عمومی که نشان‌دهنده عدم قطعیت در تغییرات دما و بارندگی پیش‌بینی شده برای منطقه مورد مطالعه بودند، تجزیه و تحلیل شد. برای انجام این کار، تغییرات دما و بارش در طول فصل رشد گندم (شهریور تا خرداد) برای هر مدل گردش عمومی و سناریوی RCP8.5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس، پنج مدل گردش عمومی بر اساس نمودارهای پراکندگی میانگین تغییر دما در برابر تغییر درصد بارندگی انتخاب شدند (Ruane and McDermid, 2017) (شکل ۲). در نهایت، پنج

جدول ۲- تغییرات (درصد) در بارش تجمعی (میلی‌متر) و میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) در پنج مدل گردش عمومی (IPSL-CM5B-LR، HadGEM2-AO، CESM1-BGC، GFDL-ESM2G، MIROC-ESM) در مقایسه با دوره پایه در طول فصل رشد گندم دیم در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 2- The changes in cumulative precipitation (mm) and mean temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) in five general circulation models (IPSL-CM5B-LR, HadGEM2-AO, CESM1-BGC, GFDL-ESM2G, and MIROC-ESM) compared with the baseline during the rainfed wheat growing season in the studied stations

ایستگاه	پایه	IPSL-CM5B-LR	HadGEM2-AO	CESM1-BGC	GFDL-ESM2G	MIROC-ESM
Station	Baseline					
میانگین دما در طول فصل رشد گندم دیم						
Mean temperature during the rainfed wheat growing season						
بیجار	8.6	+2.3	+1.5	+2.3	+1.6	+2.3
Bijar						
مریوان	10.9	+2.4	+3.3	+2.8	+2.7	+3.0
Marivan						
قروه	9.6	+2.4	+3.5	+2.7	+2.7	+3.2
Qorveh						
سنندج	11.1	+2.4	+3.5	+2.7	+2.7	+3.2
Sanandaj						
سقز	8.7	+2.5	+3.3	+2.9	+2.7	+3.0
Saqquez						
بارش تجمعی در طول فصل رشد گندم دیم						
Cumulative precipitation during rainfed wheat growing season						
%						
بیجار	273	+0.8	+7.1	+0.8	+12.6	+0.8
Bijar						
مریوان	789	+8.5	+49.5	-4.9	-25.5	-20.3
Marivan						
قروه	283	+16.1	+34.7	+6.3	-29.4	-9.1
Qorveh						
سنندج	366	+13.3	+28.0	+4.8	-22.0	-16.0
Sanandaj						
سقز	390	+8.3	+47.8	-3.3	-21.7	-17.1
Saqquez						

گندم در پنج شهرستان استان کردستان استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه رژیم آبیاری (دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی، و آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه) و سه تاریخ

آزمایش‌های شبیه‌سازی بلند مدت و توصیف تیمارها: کاربرد مدل در تحقیق حاضر رقم آذر ۲ برای شبیه‌سازی رشد و نمو

بلندمدت ترکیبی از سه رژیم آبیاری، سه تاریخ کاشت، پنج منطقه در طول ۳۱ سال در دوره پایه و پنج مدل گردش عمومی تحت دو سناریو (۱۶۷۴۰ آزمایش شبیه‌سازی) بودند. لازم به ذکر است که غلظت دی‌اکسیدکربن برای شبیه‌سازی‌های دوره پایه ۳۶۰ قسمت در میلیون و برای سناریوی RCP8.5 ۵۷۰ قسمت در میلیون در نظر گرفته شد (Nasir *et al.*, 2020). در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی رشد و نمو گندم دیم در شهرستان‌های مورد مطالعه از رقم آذر ۲ به‌عنوان رقم غالب در مزارع دیم غرب و شمال غرب کشور استفاده شد. این رقم پیش‌تر توسط نویسندگان مقاله حاضر واسنجی و اعتبارسنجی شده است (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2021a). بنابراین در این تحقیق از مدل زراعی واسنجی و اعتبارسنجی شده استفاده شد. ضرایب ژنتیکی رقم آذر ۲ در جدول ۳ قابل مشاهده است. تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از برنامه R انجام شد. هم‌چنین نمودارها و نقشه‌ها به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای OriginPro 9.1 و ArcGIS 10.1 ترسیم شدند.

کاشت (۹ مهر، ۲۳ مهر و ۸ آبان) در دوره پایه (۳۱ سال) و پنج مدل گردش عمومی (HadGEM2-AO, IPSL-CM5B-LR, CESM1-BGC و MIROC-ESM, GFDL-ESM2G) تحت دو سناریوی انتشار دی‌اکسیدکربن (RCP4.5 و RCP8.5) برای دوره زمانی ۲۰۷۰-۲۰۴۰ بودند. مقدار آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه بر اساس عرف کشاورزان در منطقه معادل ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. ۵۰ میلی‌متر آبیاری تکمیلی بر اساس عرف کشاورزان مناطق با توجه به توصیه کارشناسان جهاد کشاورزی و مراکز تحقیقات کشاورزی در مناطق مورد مطالعه و هم‌چنین عمق خاک‌های زراعی مناطق مورد بررسی بود. خاک‌ورزی (رایج)، عمق کاشت (۵ سانتی‌متر)، تراکم بوته (۳۸۰ بوته در متر مربع)، و فاصله ردیف‌ها (۲۵ سانتی‌متر) در طول شبیه‌سازی برای کاربرد مدل بدون تغییر باقی ماندند. لازم به ذکر است که تمامی شبیه‌سازی‌ها برای کاربرد مدل در شرایط بدون تنش نیتروژن و عوامل زیستی انجام شد. در نهایت، آزمایش‌های شبیه‌سازی

جدول ۳- ضرایب ژنتیکی گندم (رقم آذر ۲) در APSIM-Wheat (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2021a)

Table 3- The genetic coefficients of wheat (Azar-2 cultivar) in APSIM-Wheat (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2021a)

ضریب Coefficient	مقدار Value	واحد Unite
زمان حرارتی در پایان مرحله جوانی Thermal time at the end of juvenile stage	380	°Cd
تعداد دانه در گرم ساقه Number of grain per gram of stem	25	Kernel/g stem
زمان حرارتی در مرحله ابتدای گلدهی Thermal time at floral initiation stage	500	°Cd
حداکثر اندازه دانه Maximum grain size	0.041	
زمان حرارتی از مرحله شروع پر شدن دانه تا رسیدگی Thermal time from start grain filling to maturity	400	°Cd
حساسیت به طول روز Photoperiod sensitivity	2.5	-
حساسیت به بهاره‌سازی Vernalization sensitivity	2	-

شبیه‌سازی نشان داد اختلاف عملکرد زیادی بین تیمارهای مورد بررسی (تاریخ‌های کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری) از نظر عملکرد دانه گندم وجود دارد؛ عملکرد دانه از ۱/۸۱ تن در هکتار (در تیمار دیم و تاریخ کاشت ۸ آبان) در شهرستان قروه تا ۵/۷۶ تن در هکتار (در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و تاریخ کاشت ۲۳ مهر و هم‌چنین تیمار آبیاری

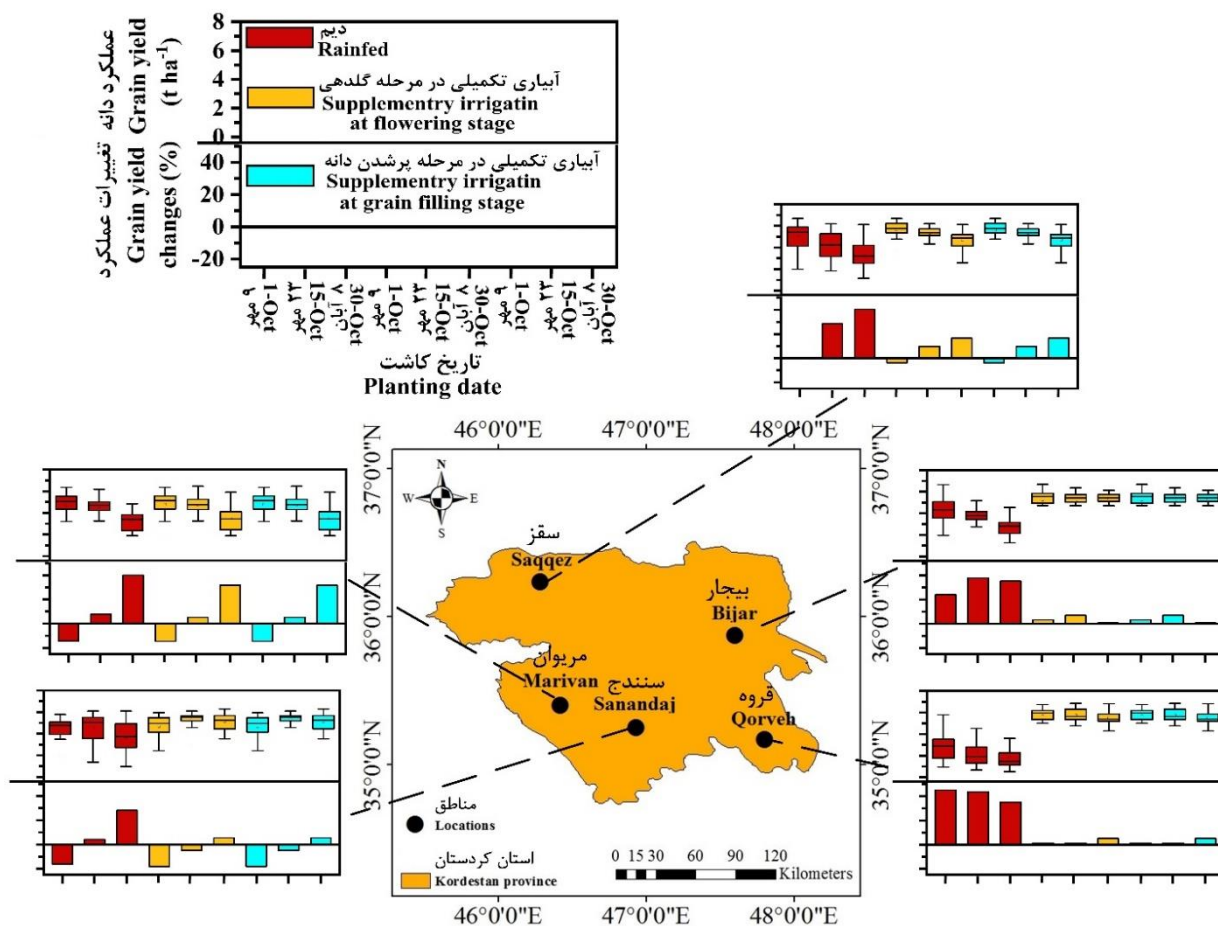
## نتایج و بحث

### عملکرد دانه گندم در دوره پایه تحت تیمارهای مختلف آبیاری و تاریخ کاشت

بطور کلی عملکرد دانه گندم دیم (رقم آذر ۲) در استان کردستان (میانگین سال، تاریخ‌های کاشت، رژیم‌های آبیاری و مناطق) ۴/۶۳ تن در هکتار شبیه‌سازی شد (شکل ۳). نتایج

کرد (شکل ۳). نتایج نشان داد که در همه مناطق بجز سنندج، عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت ۲۳ مهر و ۸ آبان به ترتیب ۴/۶ و ۱۷/۱ درصد کمتر از تاریخ کاشت ۹ مهر بود (شکل ۳). در سنندج بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۵/۰۷ تن در هکتار در تاریخ ۲۳ مهر بدست آمد و گندم دیم کاشته شده در تاریخ‌های ۹ مهر و ۸ آبان به ترتیب ۱۰/۵ و ۸/۲ درصد عملکردهای دانه کمتری نسبت به تاریخ کاشت ۲۳ مهر داشت.

تکمیلی در مرحله پر شدن دانه و تاریخ کاشت ۲۳ مهر) در این شهرستان نوسان داشت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در استان کردستان عملکرد دانه گندم (میانگین رژیم‌های آبیاری و مناطق بجز سنندج) در تاریخ کاشت ۹ مهر برابر ۴/۹۶ تن در هکتار بود. در تمام مناطق مورد بررسی بجز سنندج، کاشت گندم در تاریخ‌های ۲۳ مهر و ۸ آبان عملکرد دانه کمتری در مقایسه با بوته‌های کاشته شده در تاریخ کاشت ۹ مهر تولید



شکل ۳- عملکرد دانه بلندمدت شبیه‌سازی شده برای رژیم‌های آبیاری تکمیلی و تاریخ‌های کاشت در دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۸۰ (باکس پلات) و تغییرات آن در دوره آینده ۲۰۷۰-۲۰۴۰ (ستون‌ها؛ میانگین پنج مدل گردش عمومی) در همه مناطق مورد مطالعه. مقیاس‌ها در کادر بالا سمت چپ ارائه شده است.

Figure 3- Long-term simulated wheat grain yield for different supplementary irrigation regimens and planting dates at baseline for 1980–2010 (boxplots) and its change in the future of 2040–2070 (columns; average of the five GCMs) in all study sites. Scales are given in the top-left box.

افزایش عملکرد دانه گندم در شهرستان قروه با افزایش ۱۴۱/۴ درصدی (میانگین تاریخ‌های کاشت و سال) در مقایسه با رژیم دیم مشاهده شد (شکل ۳). همان‌گونه که ارائه شد، یافته‌های این تحقیق نشان داد که گندم (رقم آذر ۲) پاسخ‌های متفاوتی به تاریخ‌های کاشت مورد

بطور میانگین در سرتاسر تاریخ‌های کاشت، مناطق و سال‌ها، عملکرد دانه گندم در رژیم دیم برابر ۳/۷۲ تن در هکتار بدست آمد و با آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و همچنین آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه عملکرد دانه ۳۶/۸ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). شایان ذکر است که بیشترین

بارندگی کمتر در انتهای دوره رشد مناطق مورد مطالعه در مقایسه با تاریخ کاشت ۹ مهر نسبت داد. برتری تاریخ کاشت ۲۳ مهر در شهرستان سنندج نشان دهنده شرایط محیطی مطلوب مانند میانگین دمای روزانه در طول دوره رشد گندم و همچنین توزیع بهتر بارندگی در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر (۹ مهر و ۸ آبان) است (شکل ۱).

مطالعه نشان داد به طوری که در تاریخ کاشت اول (۹ مهر) بیشترین عملکرد دانه در همه مناطق مورد بررسی (بجز سنندج) بدست آمد. در شهرستان سنندج، ۲۳ مهر به عنوان تاریخ کاشت برتر برای تولید گندم شناخته شد. کاهش در عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت ۲۳ مهر و ۸ آبان را می‌توان عمدتاً به میانگین دمای روزانه بالاتر (جدول ۴) و مقدار

جدول ۴- تابش تجمعی، روز تا رسیدگی، میانگین دما در طول دوره رشد و پر شدن دانه گندم در سه تاریخ کاشت در دوره پایه و شرایط تغییر اقلیم در استان کردستان (به طور میانگین در سرتاسر مناطق و رژیم‌های آبیاری)

Table 4- Cumulative radiation, days to maturity, mean temperature during the growing season and grain filling period of wheat on three planting dates at baseline and climate change conditions in Kurdistan provinces (on average across locations and irrigation regimes)

دوره	تاریخ کاشت	تابش تجمعی	روز تا رسیدگی	میانگین دما در طول دوره رشد	میانگین دما در طول دوره پر شدن دانه
Period	Planting date	Cumulative radiation (MJ m <sup>-2</sup> )	Days to maturity	Mean temperature during the growing period (°C)	Mean temperature during the grain filling period (°C)
پایه Baseline	۹ مهر 1-Oct	3796.3	233.02	7.01	16.53
	۲۳ مهر 15-Oct	3817.2	230.62	6.77	17.80
	۸ آبان 30-Oct	3759.6	222.05	6.76	18.85
آینده Future	۹ مهر 1-Oct	3263.2	211.41	8.56	15.11
	۲۳ مهر 15-Oct	3286.0	209.71	8.22	17.06
	۸ آبان 30-Oct	3261.6	202.91	8.11	18.45

بارندگی در مراحل رشد زایشی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۱ و جدول ۵). در همین زمینه، در تحقیقی که رابطه بین متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) و عملکرد گندم دیم در شمال غرب ایران را مورد ارزیابی قرار داد، گزارش شد که بین بارندگی در طول فصل و عملکرد دانه گندم همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Kheiri et al., 2018).

یافته‌های این تحقیق نشان داد که آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه اثرات مشابهی بر عملکرد دانه گندم داشت و هر دو رژیم آبیاری افزایش قابل توجه عملکرد دانه را در پی داشتند. شناسایی زمان مناسب آبیاری تکمیلی در مراحل رشدی مهم یک عامل حیاتی برای محصولات زراعی در شرایط دیم قلمداد می‌شود (Wale et al., 2019). آبیاری محصولات دیم ماند گندم در مراحل رشد زایشی باعث افزایش

هنگامی که گندم در مناطق خشک و نیمه‌خشک با تأخیر کشت می‌شود عملکرد دانه به دلیل افزایش شدت تنش خشکی انتهای فصل کاهش می‌یابد (Nouri et al., 2017). در همین زمینه، در تحقیقی اثر متقابل ژنوتیپ «محیط» تاریخ کاشت بر عملکرد گندم دوروم در مرکز و جنوب ایتالیا مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که عملکرد دانه تولید شده در تاریخ کاشت زودهنگام به دلیل شاخص سطح برگ و طول دوره پر شدن دانه بیشتر، از کاشت گندم در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام بالاتر بود (Padovan et al., 2020). همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، عملکرد دانه گندم در تاریخ‌های کاشت دیرتر کمتر از تاریخ کاشت زودهنگام بود، در حالی که عملکرد دانه گندم با آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی یا پر شدن دانه به طور قابل توجهی افزایش نشان داد (شکل ۳) که این امر نشان‌دهنده کمبود

تکمیلی در مرحله رشد طولی ساقه انجام شد به طور معنی داری بیشتر از شرایط دیم (بدون آبیاری تکمیلی) بود (Shang *et al.*, 2020). نتایج حاصل از یک پژوهش دیگر نیز نشان داد که آبیاری تکمیلی در مراحل گل دهی و پر شدن غلاف در نخود در غرب و شمال غرب ایران باعث افزایش ۵ تا ۳۹ درصد عملکرد دانه شد (Amiri *et al.*, 2021).

عملکرد دانه از طریق بهبود شرایط رشدی و اجزای عملکرد می شود (Attia *et al.*, 2016; Shang *et al.*, 2020). در تحقیقی گزارش شد که دوبر آبیاری تکمیلی در مراحل زایشی گندم در گچساران عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم را تا ۴۵ درصد افزایش می دهد (Karimzadeh and Mohammadi, 2011). در تحقیقی دیگر، گزارش شد که عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گندم در دشت شمالی چین زمانی که یک آبیاری

جدول ۵- مقدار بارندگی (میلی متر) مناطق مورد مطالعه در سه تاریخ کاشت (۹ مهر، ۲۳ مهر و ۸ آبان) در دوره پایه و آینده (میانگین پنج مدل گردش عمومی)

Table 5- Rainfall amount (mm) of studied locations on three planting dates (1, 15, and 30-Oct) at baseline and future (average of the five GCMs) periods

ایستگاه Station	پایه Baseline			آینده Future		
	۹ مهر 1-Oct	۲۳ مهر 15-Oct	۸ آبان 30-Oct	۹ مهر 1-Oct	۲۳ مهر 15-Oct	۸ آبان 30-Oct
	بیجار Bijar	288.1	312.9	292.5	303.8	328.2
مریوان Marivan	925.2	922.2	900.3	877.8	899.2	881.8
قروه Qorveh	300.5	267.2	262.1	309.2	263.5	254.8
سنندج Sanandaj	407.7	422.9	421.7	384.8	397.1	403.8
سقز Saqqez	463.5	452.6	437.0	452.9	452.0	436.1

مورد بررسی نشان داد. نتایج شبیه سازی نشان داد زمانی که گندم بصورت دیم کاشته شد (بدون آبیاری تکمیلی)، بیشترین عملکرد دانه تحت سناریوی RCP8.5 در تاریخ کاشت ۲۳ مهر با میانگین ۵/۴۴ تن در هکتار در شهرستان سقز بدست آمد (شکل ۳). در تیمارهای آبیاری تکمیلی در مراحل گل دهی و پر شدن دانه، تحت سناریوی RCP8.5 بیشترین عملکرد دانه گندم (۵/۸۵ تن در هکتار) در تاریخ کاشت ۲۳ مهر در شهرستان سنندج بدست آمد. به طور میانگین در سرتاسر رژیم های آبیاری، بیشترین عملکرد دانه شبیه سازی شده تحت سناریوی اقلیمی RCP8.5 در شهرستان های بیجار (۵/۴۰ تن در هکتار)، مریوان (۴/۹۵ تن در هکتار) و سقز (۵/۷۱ تن در هکتار) از کاشت گندم در تاریخ ۲۳ مهر بدست آمد. در شهرستان سنندج بیشترین عملکرد دانه گندم تحت سناریوی RCP8.5 در تاریخ کاشت ۸ آبان با میانگین عملکرد ۵/۱۸ تن در هکتار شبیه سازی شد (شکل ۳). در شهرستان قروه بیشترین

### تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد دانه گندم دیم تحت تأثیر تاریخ کاشت × آبیاری تکمیلی

نتایج شبیه سازی نشان داد عملکرد دانه گندم دیم تحت تأثیر تغییر اقلیم آینده در مناطق و تیمارهای مختلف متفاوت بود. عملکرد دانه گندم (به طور میانگین در سراسر تاریخ های کاشت، رژیم های آبیاری و مناطق مورد بررسی) تحت سناریوی RCP8.5 در مقایسه با دوره پایه ۶/۹ درصد افزایش یافت. نتایج حاصل از شبیه سازی ها تغییرات زیادی را در عملکرد دانه گندم دیم بسته به تاریخ های کاشت و رژیم های آبیاری تحت شرایط تغییر اقلیم آینده در مناطق مورد بررسی نشان داد. بر همین اساس، عملکرد دانه گندم دیم از ۲/۴۵ تن در هکتار (دیم × ۸ آبان) در شهرستان قروه تا ۵/۸۵ تن در هکتار (آبیاری تکمیلی در مرحله گل دهی × ۲۳ مهر) در شهرستان سقز متغیر بود (شکل ۳).

گندم دیم پاسخ متفاوتی به تاریخ های کاشت در مناطق

غلظت دی‌اکسیدکربن ناشی از تغییر اقلیم از سوی دیگر باعث افزایش عملکرد دانه گندم شده است. باید توجه داشت که روند گرمایش جهانی به دلیل تغییر اقلیم ممکن است برای تولید گندم در برخی مناطق مفید باشد، اما ممکن است بهره‌وری در مناطقی که دمای مطلوب در حال حاضر وجود دارد را کاهش دهد (Ortiz *et al.*, 2008; Eyni-Nargeseh *et al.*, 2020). در همین زمینه گزارش شد که برخی از مناطقی که در حال حاضر آب و هوای سردی برای رشد گندم دارند می‌توانند از افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم بهره ببرند (Mueller *et al.*, 2015). همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شد، عملکرد دانه شبیه‌سازی شده گندم در هر سه تاریخ کاشت در آینده نسبت به دوره پایه در شهرستان‌های بیجار و قروه افزایش یافت. این درحالی بود که افزایش عملکرد ناشی از آبیاری تکمیلی در هر سه تاریخ کاشت جزئی بود. به‌نظر می‌رسد تأثیر توأم افزایش دما و غلظت دی‌اکسیدکربن (Dehimfard *et al.*, 2018) و هم‌چنین توزیع یکنواخت بارندگی در طول فصل (Bannayan and Eyshi Rezaie, 2014; Kheiri *et al.*, 2018) باعث افزایش عملکرد دانه گندم در هر سه تاریخ کشت تحت تیمار دیم در این مناطق شده است. در همین راستا گزارش شده است (Adil Rashid *et al.*, 2019) که عملکرد گندم با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و دما در دشت شمالی چین افزایش می‌یابد. این محققین عنوان کردند که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن تحت سناریوهای مختلف سهم ۱۰ تا ۳۲ درصدی در افزایش عملکرد دانه گندم داشت. افزایش جزئی در عملکرد دانه تحت رژیم‌های آبیاری تکمیلی در مقایسه با رژیم دیم در هر سه تاریخ کاشت تحت شرایط تغییر اقلیم را می‌توان به تغییر توزیع بارش‌های فصلی به مراحل رشد زایشی گندم (از گل‌دهی به بعد) نسبت داد که این بارش‌ها باعث کاهش اثرات مثبت آبیاری تکمیلی شده است. در مجموع، با توجه به روند گرم شدن هوا در مناطق مورد مطالعه در آینده و وجود دماهای روزانه مناسب‌تر برای رشد و نمو گندم در استان کردستان، برهمکنش تاریخ کاشت حدواسط (۲۳ مهر) × آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی یا پر شدن دانه برای افزایش تولید گندم قابل توصیه است.

### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق رشد و عملکرد گندم دیم (رقم آذر ۲) با

عملکرد دانه گندم (۴/۵۲ تن در هکتار) در تاریخ کاشت ۹ مهر به ثبت رسید (شکل ۳). نتایج شبیه‌سازی نشان داد که آبیاری تکمیلی در هر دو مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه اثر یکسانی بر عملکرد دانه گندم در همه مناطق مورد مطالعه داشت. عملکرد دانه گندم در تیمار دیم (به‌طور میانگین در سرتاسر مناطق و تاریخ‌های کاشت) معادل ۴/۴۲ تن در هکتار بود و زمانی که آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی یا پر شدن دانه انجام شد، عملکرد دانه ۱۷/۸۷ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). نکته قابل توجه در مورد آبیاری تکمیلی در شهرستان قروه مشاهده شده به‌طوری‌که عملکرد گندم در این شهرستان با کاربرد آبیاری تکمیلی بیشترین درصد افزایش (۷۳/۸۷ درصد تحت سناریوی RCP8.5) را نسبت به تیمار دیم نشان داد.

یافته‌های حاصل از شبیه‌سازی رشد و عملکرد گندم نشان داد که تغییر اقلیم آینده اثرات متفاوتی بر عملکرد گندم داشت. به‌نظر می‌رسد نوسانات بارندگی در دوره رشد از یک سو (Yang *et al.*, 2019) و افزایش دما و غلظت دی‌اکسیدکربن از سوی دیگر (Nassiri *et al.*, 2006; Dehimfard *et al.*, 2020) از جمله دلایل اصلی برای پاسخ‌های متفاوت گندم در هر منطقه هستند. در شهرستان‌های مورد مطالعه در استان کردستان عملکرد دانه گندم نوسانات زیادی در واکنش به تغییر در تاریخ کاشت و رژیم آبیاری تحت شرایط تغییر اقلیم در مقایسه با دوره پایه نشان داد. به‌عنوان مثال، در شهرستان‌های مریوان و سقز عملکرد دانه گندم در تاریخ کاشت ۹ مهر در هر سه رژیم آبیاری کمتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود و تأخیر در کاشت موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد. در شهرستان سنندج روند تقریباً مشابهی مشاهده شد به این‌صورت که کاشت گندم در تاریخ‌های ۹ و ۲۳ مهر موجب دستیابی به عملکردهای دلنه کمتری در مقایسه با دوره پایه شد درحالی‌که تاریخ کاشت ۸ آبان عملکرد دانه گندم را نسبت به دوره پایه افزایش داد (شکل ۳). عملکرد دلنه کمتر گندم در تاریخ کاشت ۹ مهر نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر (۲۳ مهر و ۸ آبان) را می‌توان ناشی از بارندگی کمتر در شروع دوره رشد گیاه دانست. شکل ۳ نشان می‌دهد عملکرد دانه شبیه‌سازی شده در شهرستان‌های مریوان، سقز و سنندج در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام بیشتر بود. در این مناطق مقدار بارش بیشتر در زمان کاشت از یک سو و افزایش دما و

تاریخ کاشت ۸ آبان بدست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و مرحله پر شدن دانه اثرات مشابهی بر عملکرد دانه گندم در استان کردستان داشتند. در مجموع، ترکیب تاریخ کاشت زود هنگام (۹ مهر) × آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی/پر شدن دانه در دوره پایه و ترکیب تاریخ کاشت حدواسط (۲۳ مهر) × آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی/پر شدن دانه تحت شرایط تغییر اقلیم آینده برای اغلب مناطق استان کردستان قابل توصیه است.

### سپاس‌گزاری

بدین وسیله از دانشگاه لرستان بخاطر حمایت‌های خود در تحقیق حاضر کمال تشکر و قدردانی را داریم. (کد طرح: ۱۴۰۲-۱۹-۶-۰۲-۶-۱۴۰۰).

استفاده از مدل APSIM-Wheat در تاریخ‌های کاشت ۹ مهر، ۲۳ مهر و ۸ آبان در سه رژیم دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه در دوره پایه و تغییر اقلیم آینده در پنج شهرستان استان کردستان شبیه‌سازی شد. به‌طور کلی عملکرد دانه گندم (میانگین همه مناطق، تاریخ‌های کاشت، رژیم‌های آبیاری) تحت شرایط تغییر اقلیم ۶/۹ درصد در مقایسه با دوره پایه افزایش نشان داد. در دوره پایه بیشترین عملکرد دانه در همه مناطق مورد بررسی در تاریخ کاشت زود هنگام ۹ مهر بدست آمد بجز سنندج که تاریخ کاشت ۲۳ مهر برتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود. در تمام شهرستان‌های استان کردستان (بجز سنندج) تحت شرایط تغییر اقلیم، بیشترین عملکرد دانه گندم در تاریخ کاشت ۲۳ مهر بدست آمد؛ در شهرستان سنندج بیشترین عملکرد دانه گندم دیم در

### References

- Adil Rashid, M., Jabloun, M., Neumann Andersen, M., Zhang, X. and Olesen, J.E., 2019. Climate change is expected to increase yield and water use efficiency of wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 222, pp.193-203. doi: 10.1016/j.agwat.2019.06.004
- AgMIP., 2013. Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R in Windows Version 2.3. <http://www.agmip.org/wp-content/uploads/2013/10/Guide-for-Running-AgMIP-Climate-Scenario-Generation-with-R-v2.3.pdf>
- Amiri, S.R., Deihimfard, R. and Eyni-Nargeseh, H., 2020. Toward dormant seeding of rainfed chickpea as an adaptation strategy to sustain productivity in response to changing climate. *Field Crops Research*, 247, pp.107674. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107674
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage, Paper No 56, Rome.
- Amiri, S.R., Deihimfard, R. and Soltani, A., 2016. A single supplementary irrigation can boost chickpea grain yield and water use efficiency in arid and semiarid conditions: a modeling study. *Agronomy Journal*, 108, pp.2406-2416. doi: 10.2134/agronj2016.02.0087
- Amiri, S.R., Eyni-Nargeseh, H., Rahimi-Moghaddam, S. and Azizi, K., 2021. Water use efficiency of chickpea agro ecosystems will be boosted by positive effects of CO<sub>2</sub> and using suitable genotype × environment × management under climate change conditions. *Agricultural Water Management*, 252, pp.106928. doi: 10.1016/j.agwat.2021.106928
- Arredondo, T., Delgado-Balbuena, J., Kimball, B., Luna-Luna, M., Yopez-Gonzalez, E., Huber-Sannwald, E., Garcia Moya, E. and Garatuza-Payan, J., 2020. Late sowing date as an adaptive strategy for rainfed bean production under warming and reduced precipitation in the Mexican Altiplano?. *Field Crops Research*, 255,

- pp.107903. doi: **10.1016/j.fcr.2020.107903**
- Attia, A., Rajan, N., Xue, Q., Nair, S., Ibrahim, A. and Hays, D., 2016. Application of DSSAT- CERES-Wheat model to simulate winter wheat response to irrigation management in the Texas High Plains. *Agricultural Water Management*, 165, pp.50-60. doi: **10.1016/j.agwat.2015.11.002**
- Balwinder-Singh, B., Humphreys, E., Gaydon, D.S. and Eberbach, P.L., 2016. Evaluation of the effects of mulch on optimum sowing date and irrigation management of zero till wheat in central Punjab, India using APSIM. *Field Crops Research*, 197, pp.83-96. doi: **10.1016/j.fcr.2016.08.016**
- Bannayan, M. and Eyshi Rezaei, E., 2014. Future production of rainfed wheat in Iran (Khorasan province): climate change scenario analysis. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(2), pp.211–227. doi: **10.1007/s11027-012-9435-x**
- Chenu, K., Deihimfard, R. and Chapman, S.C., 2013. Large-scale characterization of drought pattern: a continent-wide modelling approach applied to the Australian wheatbelt—spatial and temporal trends. *New Phytologist*, 198(3), pp.801–820. doi: **10.1111/nph.12192**
- Chenu, K., Porter, J.R., Martre, P., Basso, B., Chapman, S.C., Ewert, F., Bindi, M. and Asseng, S., 2017. Contribution of crop models to adaptation in wheat. *Trends in Plant Science*, 22(6), pp.472–490. doi: **10.1016/j.tplants.2017.02.003**
- Deihimfard, R., Eyni-Nargeseh, H. and Mokhtassi-Bidgoli, A., 2018. Effect of future climate change on wheat yield and water use efficiency under semi-arid conditions as predicted by APSIM-Wheat model. *International Journal of Plant Production*, 12(2), pp.115–125. doi: **10.1007/s42106-018-0012-4**
- Dong, C., Hu, D., Fu, Y., Wang, M. and Liu, H., 2014. Analysis and optimization of the effect of light and nutrient solution on wheat growth and development using an inverse system model strategy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 109, pp.221–231. doi: **10.1016/j.compag.2014.10.013**
- Eyni-Nargeseh, H., Deihimfard, R., Rahimi-Moghaddam, R. and Mokhtassi-Bidgoli, A., 2020. Analysis of growth functions that can increase irrigated wheat yield under climate change. *Meteorological Applications*, 27(1), PP.1-10. doi: **10.1002/met.1804**
- Eyshi-Rezaei, E. and Bannayan, B., 2012. Rainfed wheat yields under climate change in northeastern Iran. *Meteorological Applications*, 19, pp.346-354. doi: **10.1002/met.268**
- Fereres, E. and Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), pp.147-159. doi: **10.1093/jxb/erl165**
- Hai-dong, L., Ji-quan, Z. and Dong-wei, G., 2017. Efficacy of planting date adjustment as a cultivation strategy to cope with drought stress and increase rainfed maize yield and water-use efficiency. *Agricultural Water Management*, 179, pp.227-235. doi: **10.1016/j.agwat.2016.09.001**
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Porter, C.H., Wilkens, P.W., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Tsuji, G.Y., 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Vol. 1: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- IPCC., 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above

- pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO, Roberts D, Skea J, Shukla PR, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, Pidcock R, Connors S, Matthews JBR, Chen Y, Zhou X, Gomis MI, Lonnoy E, Maycock T, Tignor M, Waterfield T, (eds.)].
- Karimzadeh, R. and Mohammadi, M., 2011. Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5(2), pp.138-146.
- Keating, B.A., Carberry, P.S., Hammer, G.L., Probert, M.E., Robertson, M.J., Holzworth, D., Huth, N.I., Hargreaves, J.N., Meinke, H., Hochman, Z. and McLean, G., 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*, 18(3), pp.267–288. doi: **10.1016/s1161-0301(02)00108-9**
- Kheiri, M., Soufizadeh, S., Ghaffari, A., Aghalikhani, M. and Eskandari, A., 2018. Association between temperature and precipitation with dryland wheat yield in northwest of Iran. *Climatic Change*, 141, pp.703-717. doi: **10.1007/s10584-017-1904-5**
- Mueller, B., Hauser, M., Iles, C., Haque-Rimi, R., Zwiers, F.W. and Wan, H., 2015. Lengthening of the growing season in wheat and maize producing regions. *Weather and Climate Extremes*, 9, pp.47–56. doi: **10.1016/j.wace.2015.04.001**
- Nasir, I.R., Rasul, F., Ahmad, A., Asghar, H.N. and Hoogenboom, G., 2020. Climate change impacts and adaptations for fine, coarse, and hybrid rice using CERES-Rice. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, pp.9454–9464. doi: **10.1007/s11356-019-07080-z**
- Nassiri, M., Koocheki, A., Kamali, G.A. and Shahandeh, H., 2006. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 52(1), pp.113-124. doi: **10.1080/03650340600560053**
- Nouri, M., Homae, M., Bannayan, M. and Hoogenboom, G., 2017. Towards shifting planting date as an adaptation practice for rainfed wheat response to climate change. *Agricultural Water Management*, 186, pp.108-119. doi: **10.1016/j.agwat.2017.03.004**
- Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, M.D., Ortiz-Monasterio, J.V and Reynolds, R., 2008. Climate change: Can wheat beat the heat? *Agriculture Ecosystems and Environment*, 126, pp.46–58. doi: **10.1016/j.agee.2008.01.019**
- Padovan, G., Martre, P., Semenov, M.A., Masoni, A., Bregaglio, S., Ventrella, D., Lorite, I.J., Santos, C., Bindi, M., Ferrise, R. and Dibari, C., 2020. Understanding effects of genotype × environment × sowing window interactions for durum wheat in the Mediterranean basin. *Field Crops Research*, 259, pp.107969. doi: **10.1016/j.fcr.2020.107969**
- Prescott, J.A., 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 64, pp.114-118. doi: **10.4236/jss.2014.28019**

- Rahimi-Moghaddam, S., Deihimfard, R., Azizi, K. and Roustaii, M. 2021a Characterizing spatial and temporal trends in drought patterns of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) across various climatic conditions: A modelling approach. *European Journal of Agronomy*, 129, pp.126333. doi: **10.1016/j.eja.2021.126333**
- Rahimi-Moghaddam, S., Eyni-Nargeseh, H., Ahmadi, S.A.K. and Azizi, K., 2021b. Towards withholding irrigation regimes and drought-resistant genotypes as strategies to increase canola production in drought-prone environments: A modeling approach. *Agricultural Water Management*, 243, pp.106487. doi: **10.1016/j.agwat.2020.106487**
- Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J. and Deihimfard, R., 2019. Optimal genotype  $\times$  environment  $\times$  management as a strategy to increase seed maize productivity and water use efficiency in water-limited environments and rising temperature. *Ecological Indicators*, 107, pp.105570. doi: **10.1016/j.ecolind.2019.105570**
- Ruane, A.C. and Mcdermid, S.P., 2017. Selection of a representative subset of global climate models that captures the profile of regional changes for integrated climate impacts assessment. *Earth Perspectives*, 4(1), pp.1-20. doi: **10.1016/j.agrformet.2011.10.015**
- Sengxua, Ph, Samson, B.K., Bounphanousay, Ch., Xayavong, S., Douangboupha, Kh., Harnpichitvitaya, D., Jackson, T.M. and Wade, L.J., 2017. Adaptation of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in the rainfed lowlands of lao PDR. *Plant Production Science*, 20(4), pp.477-484. doi: **10.1080/1343943x.2017.1403290**
- Shang, Y., Lin, X., Li, P., Shubo, G., Lei, K., Wang, S., Hu, X., Zhao, P. and Wang, D., 2020. Effects of supplemental irrigation at the jointing stage on population dynamics, grain yield, and water-use efficiency of two different spike-type wheat cultivars. *Plos One*, 15(4), pp.e0230484. doi: **10.1371/journal.pone.0230484**
- Turrall, H., Burke, J.J. and Faurès, J.M., 2011. Climate Change, Water and Food Security. FAO Water Reports 36. FAO, Rome.
- UNESCO., 1979. Map of the world distribution of arid regions. Map at scale 1:25,000,000 with explanatory note. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 54 pp. ISBN 92-3-101484-6
- Wale, A., Sebnie, W., Girmay, G. and Beza, G., 2019. Evaluation of the potentials of supplementary irrigation for improvement of sorghum yield in Wag-Himra, North Eastern, Amhara Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 5: 1664203. doi: **10.1080/23311932.2019.1664203**
- Yang, Ch., Fraga, H., Leperen, W., Trindade, H. and Santos, J.A., 2019. Effects of climate change and adaptation options on winter wheat yield under rainfed Mediterranean conditions in southern Portugal. *Climatic Change*, 154, pp.159-178. doi: **10.1007/s10584-019-02419-4**

## Adapting autumn rainfed wheat to climate change in semi-arid and cold regions using optimal planting date and supplementary irrigation

Hamed Eyni-Nargeseh<sup>1</sup>, Sajjad Rahimi-Moghaddam<sup>2\*</sup>, Khosro Azizi<sup>2</sup>, Amin Gharanjik<sup>3</sup>, Seyedreza Amiri<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Agricultural Science, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

<sup>3</sup> Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Iran

\*Corresponding Author: [rahimi.s@lu.ac.ir](mailto:rahimi.s@lu.ac.ir)

Received: 21 July 2023 Accepted: 6 December 2023

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.408044.1364

### Abstract

**Introduction:** Global climate change has caused extensive changes in climatic parameters such as rainfall and temperature, ultimately affecting field crop productions. Considering continuous climate change and its effects on the agricultural sector, especially in arid and semi-arid regions, it seems inevitable to provide adaptation strategies to reduce climate change's negative effects and increase agricultural production. Accordingly, the present study aimed to investigate the effect of planting date and supplementary irrigation (SI) at important growth stages on wheat yield and growth in rainfed agro-ecosystems under baseline and future climate change conditions using the APSIM-Wheat model.

**Materials and Methods:** The current study focused on five locations (Bijar, Marivan, Saqqez, Qorveh, and Sanandaj) in Kurdistan province, Iran. The study locations were chosen based on being a cultivated rainfed wheat area, their climatic diversity, and the availability of long-term climate data (rainfall, sunshine duration, and minimum and maximum temperatures). The WeatherMan (Weather Data Manager) program embedded in Decision Support System for Agro-technology Transfer (DSSAT) package was used to restore and modify missing and outliers data in the study locations. The APSIM-Wheat model was applied to predict the wheat development and growth (Azar-2 cultivar). The performance of the crop model was evaluated based on the comparison of field-measured and simulated values for study traits. To do this, the Willmott index of agreement (d-index), normalized root mean squared error (nRMSE), mean bias error (MBE), determination coefficient ( $R^2$ ), and 1:1 line indicators were considered. The five GCMs under RCP8.5 scenario were singled out based on five possible climate characteristics, including cool wet (IPSL-CM5B-LR), hot wet (HadGEM2-AO), cool dry (GFDL-ESM2G), hot dry (MIROC-ESM), and middle (CESM1-BGC). Simulation experimental treatments in five locations were three irrigation regimes of (i) rainfed, (ii) SI at flowering stage, (iii) and SI at grain filling stage, and three planting dates of 1, 15, and 30 October at baseline period (1980-2010) and five GCMs under the RCP8.5 scenario for 2040-2070 period.

**Results and Discussion:** Large variability was detected in rainfed wheat grain yield depending upon planting date and irrigation regime in five studied locations. wheat plants differently responded to planting dates and irrigation regimes in the Kurdistan province, Iran and varied from 1.81 t ha<sup>-1</sup> (rainfed × 30-Oct in Qorveh) to 5.76 t ha<sup>-1</sup> (SI at flowering stage × 15-Oct and SI at grain filling stage × 15-Oct in Qorveh). The average grain yield of the entire wheat agro-ecosystems was 4.63 t ha<sup>-1</sup>. An increase of 6.9% was simulated for wheat grain yield entire Kurdistan province, Iran (as a semi-arid and cold agro-climatic zone) under future climate change conditions compared with the baseline. At the baseline period, the maximum wheat grain yield produced at an early planting date (1-Oct) in all locations except for Sanandaj, in which a mid-planting date (15-Oct) had the highest simulated grain yield. The simulated grain yields were maximized at a mid-planting date in studied locations except

for Sanandaj, in which a late planting date (30-Oct) had the highest grain yield under future climate change conditions. The SI at flowering and grain filling stages had a similar effect on the wheat grain yield. Averaged by planting dates and locations, the wheat grain yield was increased by 8.7% when SI regimes were used compared with the rainfed treatment under climate change conditions.

**Conclusion:** The current findings showed that a mid planting date  $\times$  SI at flowering/grain filling stages was identified as the best management practice under future climate conditions and can be suggested in semi-arid and cold agro-climatic zone for the autumn wheat in the Kurdistan province, Iran.

**Keywords:** Daily mean temperature, Modeling, Reproductive stages, Seasonal rainfall



## تجزیه مسیر و تحلیل همبستگی عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) تحت شرایط تنش خشکی

علی آذری نصرآباد<sup>۱\*</sup>، سید محسن موسوی نیک<sup>۲</sup>، محمد گلوی<sup>۲</sup>، علیرضا سیروس مهر<sup>۲</sup>، سید علیرضا بهشتی<sup>۳</sup>

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

\* مسئول مکاتبه: [azari\\_ali2003@yahoo.com](mailto:azari_ali2003@yahoo.com)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.292387.1200

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹

### چکیده

به منظور بررسی تنوع و روابط موجود بین صفات با عملکرد و اجزای عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای تنش شامل آبیاری معمول، قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (رؤیت آخرین برگ به صورت لوله‌ای) به عنوان تنش شدید و قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (۵۰ درصد بوته‌ها در مرحله گل‌دهی) یا تنش متوسط به عنوان عامل اصلی و ۱۰ ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای شامل سپیده، KGS29، MGS2، KGS33، KGFS27، MGS5، KGFS5، KGFS17، KGFS13 و KGFS30 به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ژنوتیپ‌ها از نظر اغلب ویژگی‌های مورد بررسی، تفاوت آماری معنی‌داری نشان دادند که حاکی از وجود تنوع بالا در بین ژنوتیپ‌ها است. برهمکنش تنش خشکی و ژنوتیپ در دو سال آزمایش نشان می‌دهد که از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ KGFS13 در شرایط تنش ملایم و آبیاری نرمال به همراه KGFS17 در شرایط آبیاری نرمال بیشترین و ژنوتیپ KGFS5 در شرایط تنش خشکی شدید کمترین عملکرد دانه را دارا بود. بر اساس تجزیه علیت، در شرایط نرمال، وزن هزار دانه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت، در حالی که تعداد دانه در پانیکول از طریق وزن هزار دانه بیشترین تأثیر غیرمستقیم و منفی بر عملکرد داشت. همچنین در شرایط تنش خشکی متوسط، ارتفاع گیاه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت در حالی که ارتفاع گیاه از طریق وزن هزار دانه تأثیر غیرمستقیم بر عملکرد داشت.

واژه‌های کلیدی: قطع آبیاری، مرحله رویشی، وزن هزاردانه

### مقدمه

رطوبتی بستگی دارد. تنش خشکی اثرات معکوس بر روی عملکرد دارد بسته به مرحله‌ای که اتفاق افتاده است. ویژگی‌های مرتبط با تحمل به تنش خشکی قبل از گرده‌افشانی شامل میزان فتوسنتز بیشتر برگ (Lawlor and Cornic, 2002)، کاهش دمای کانوپی به میزان بیشتر، بهبود خروج پانیکول (Ayeneh et al., 2002; Lawlor and Cornic 2002) و باروری بیشتر دانه گرده است. در حالی که ویژگی‌های مرتبط با تحمل به تنش خشکی پس از گرده‌افشانی شامل عمق ریشه بیشتر (Sharp et al., 2004)، سبزمانی (Borrell et al., 2000)، دوره طولانی‌تر پر شدن دانه، افزایش میزان پر شدن دانه و افزایش وزن تک‌دانه است (Borrell et al., 2000).

تنش خشکی، تهدید فزاینده جهان است، اغلب کشورهای جهان با مشکل خشکی مواجه‌اند و کمبود آب به عنوان اصلی‌ترین تنش محیطی و بروز خسارت به قسمت‌های مختلف تولیدات گیاهی دنیا محسوب می‌شود (Khan et al., 2004; Farshadfar et al., 2011). تنش خشکی به عنوان مشکل اصلی در بهره‌وری محصولات در تمام دنیا است (Farooq et al., 2009) با توجه به خسارات ناشی از وقوع تنش خشکی، ارزیابی واکنش گیاهان در این شرایط بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Passioura, 2007). اثرات تنش خشکی بر محصول، به زمان و شدت تنش

و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۵۸ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۸۱ متر) انجام گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه و بهاره و دیسک و تسطیح در بهار ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام و کود دهی بر اساس نتایج آزمون خاک انجام گرفت. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول شماره ۱ آورده شده است. کود اوره به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در ۲ نوبت (یک سوم همزمان با کاشت و دوسوم باقی مانده به فاصله یک ماه بعد از سبز شدن یعنی در مرحله تفکیک نقاط رشد یا مرحله ۸ برگی به صورت نواری در پای بوته)، کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیز همزمان با کاشت به زمین داده شد. کاشت در پایان اردیبهشت ماه انجام گرفت. در تمام مدت آزمایش کنترل علف‌های هرز به صورت دوره‌ای و به صورت وجین دستی انجام گرفت. دور آبیاری ۷ روز، حجم آب آبیاری در هر نوبت بر اساس میزان دبی سیفون‌های آبیاری در هر کرت حدود ۹۰۰ لیتر بود، بر این اساس میزان مصرف آب در تیمار آبیاری نرمال در هر کرت حدود ۱۰۰۰۰ مترمکعب، در مورد تیمار تنش خشکی ملایم این میزان حدود ۶۲۵۰ مترمکعب و در تیمار تنش خشکی شدید ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار بود.

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای تنش شامل آبیاری معمول، قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (رؤیت آخرین برگ به صورت لوله‌ای) به عنوان تنش شدید و قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (در مرحله گل‌دهی ۵۰ درصد بوته‌ها) یا تنش متوسط به عنوان عامل اصلی و ۱۰ ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای شامل سپیده، KGS29، MGS2، KGS33، KGFS27، MGS5، KGFS5، KGFS17، KGFS13 و KGFS30 به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند (Wardlaw and Willenbrink, 1994).

هر کرت شامل چهار خط به طول شش متر و فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر و مساحت هر کرت ۱۴/۴ مترمربع بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ضمناً بین هر کرت و کرت مجاور یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. کاشت در پایان اردیبهشت ماه در هر دو سال مطالعه پس از رسیدن دمای خاک به ۱۲ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. برای تعیین اجزای عملکرد دانه از هر کرت نیم متر طولی (۰/۳

سورگوم [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] از غلات اصلی برای کشاورزی دیم در مناطق نیمه گرمسیری است و به دلیل مقاومت فوق‌العاده آن در شرایط نامساعد محیطی، در قسمت‌های وسیعی از جهان کشت می‌شود (Thakur and Sharma, 2005). در نواحی خشک و نیمه‌خشک تحت تأثیر تنش آبی در مراحل انتهایی رشد نظیر گرده‌افشانی قرار می‌گیرد که اثرات منفی بر عملکرد دارد (Prasad *et al.*, 2008). اطلاعات در مورد همبستگی معنی‌دار بین صفات برای شروع یک برنامه اصلاحی حائز اهمیت است؛ زیرا این موضوع احتمال انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب با صفات مطلوب و دلخواه را به‌طور هم‌زمان فراهم می‌کند (Ali *et al.*, 2009). در تحقیقی همبستگی مثبت بین صفات دخیل در عملکرد نظیر ضخامت پانیکول و وزن دانه در بوته نشان داد که این صفات برای انتخاب مستقیم ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در سورگوم نقش اساسی دارند (Prasad and Audilakshmi, 2008). طول پانیکول صفتی وابسته به ژنوتیپ بوده و سهم عمده‌ای در عملکرد نهایی و تعداد دانه در پانیکول دارد (Abbad *et al.*, 2004). پژوهشگران بیان نموده‌اند که تنش خشکی تعداد دانه در پانیکول را کاهش می‌دهد (Sinclair *et al.*, 1990). تجزیه ضرایب مسیر در ابتدا توسط رایت (Wright, 1921) پیشنهاد گردید که توسط آن می‌توان ضرایب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف بر متغیر وابسته تقسیم نمود و بنابراین به تشخیص روابط علت- معلولی و گزینش کارآمد کمک می‌کند.

با توجه به گسترش روزافزون دامداری‌ها و توسعه سطح زیر کشت این محصول که از گیاهان نسبتاً مقاوم به خشکی است، در منطقه خراسان جنوبی و به‌ویژه بیرجند انجام طرح‌های بهنژادی و بهزراعی بسیار ضروری و حائز اهمیت است. این تحقیق باهدف تجزیه و تحلیل همبستگی و علیت عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای تحت شرایط تنش خشکی در منطقه بیرجند به مرحله اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه

تهویه دار در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، کل نمونه‌ها توزین و عملکرد بیولوژیک تعیین شد و سپس نمونه‌ها با دست کوبیده شده و دانه‌ها جدا و توزین گردید و شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

مترمربع) برداشت و تعداد بوته، تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه پانیکول و وزن هزار دانه تعیین گردیدند. برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت پس از حذف دو خط حاشیه و نیم متر ابتدا و انتهای هر کرت از سطح سه مترمربع برداشت انجام شد و پس از خشک شدن کامل در آون

جدول ۱- خصوصیات خاک محل آزمایش

Table 1- Soil properties of the research site

سديم Sodium Na <sup>+</sup> (meq/l)	منيزيم Magnesium Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	کلسيم Calcium Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	مجموع آنيون‌ها Total anions (meq/l)	سولفات Sulphate SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/l)	کلر Chlorine Cl <sup>-</sup> (meq/l)	بيکربنات HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	کربنات Carbonate CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/l)	عمق خاک Soil depth (cm)
16	5.2	8.9	31	6.1	19	5.9	0.2	0-30
16	5.4	9.2	32	6.4	19	6.2	0.3	30-60
پتاسيم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (ppm)	ازت کل % (N)	اسيدپته pH	هدايت الكتريكي عماره اشباع خاک Saturated soil extract electrical conductivity (ds/m)	نسبت جذب سديم Sodium absorption ratio	مجموع کاتيون‌ها Total cations (meq/l)	پتاسيم Potassium K <sup>+</sup> (meq/l)	عمق خاک Soil depth (cm)
214	5.4	0.03	8.1	3.2	6.3	32	1.1	0-30
196	4.3	0.02	8	3.3	6.1	32	0.9	30-60

\* میلی اکی والان در لیتر (meq/l)

سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند و از نظر بقیه صفات این اثرات معنی‌دار نبودند. اثر متقابل بین سال و تنش آبی و ژنوتیپ از نظر وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد و از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌دار داشته و از نظر بقیه صفات این اثر معنی‌دار نگردید (جدول ۲).

مقایسه میانگین نشان می‌دهد که از نظر عملکرد بیولوژیک، آبیاری معمولی مشترکا با تیمار تنش ملایم بالاتر از تیمار تنش شدید قرار گرفتند. از نظر عملکرد دانه، تیمار آبیاری معمولی مشترکا با تیمار تنش ملایم بالاتر از تیمار تنش خشکی شدید قرار گرفتند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ KGFS13 بیشترین عملکرد دانه را داشته و ژنوتیپ KGS33 کمترین میزان را دارا بود. از نظر عملکرد بیولوژیک، ژنوتیپ‌های KGFS30، KGFS13، KGFS17 و KGFS5 مشترکا بیشترین میزان و ژنوتیپ‌های MGS2، KGS29 و سپیده مشترکا کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

درواقع کاهش عملکرد، ناشی از کاهش تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه به‌عنوان اجزای عملکرد دانه است (Maman et al., 2004). محققین گزارش نموده‌اند که تنش

پس از جمع‌آوری اطلاعات به‌منظور بررسی وجود تنوع صفات میان ارقام و لاین‌های مورد مطالعه بر روی تک‌تک صفات تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات و رگرسیون گام‌به‌گام با نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای مشخص کردن اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مهم، تجزیه مسیر از نرم‌افزار PATH استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای آن در جدول ۲ آورده شده است. بر این اساس، اثر تنش آبی بر صفت تعداد دانه در پانیکول در سطح احتمال یک درصد و بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید و از نظر شاخص برداشت و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال و تنش آبی نیز از نظر هیچ‌یک از صفات فوق معنی‌دار نبود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد و از نظر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد در پانیکول در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌دار نشان دادند (جدول ۲). اثر متقابل تنش آبی و ژنوتیپ از نظر شاخص برداشت و عملکرد دانه در

کاهش (2003)، کاهش هدایت روزنه‌ای (Liang *et al.*, 2002)، کاهش غلظت پروتئین‌های محلول (Rodriguez *et al.*, 2007) و نهایتاً کاهش سرعت فتوسنتز (Yang and Zang, 2006) و تسریع پیری برگ‌ها (Martinez *et al.*, 2003)، میزان تولید بیوماس و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته میزان خسارت به‌شدت و مدت‌زمان اعمال تنش و همچنین مقاومت گیاه و مرحله رشدی که گیاه در آن قرار دارد بستگی دارد (Thomas Robertson *et al.*, 2004).

آبی هم رشد و هم فتوسنتز خالص را کاهش می‌دهد (Ali *et al.*, 2009) و در نتیجه باعث کاهش بیوماس و عملکرد دانه می‌شود. بیوماس، معیاری مناسب برای انتخاب ارقام مقاوم حتی در شرایط نرمال (بدون تنش) است. بعضی از محققین، کاهش وزن دانه را یکی از دلایل کاهش میزان شیره پرورده وارد شده به دانه و کاهش دوره پرشدن دانه بیان کرده‌اند (Khalili *et al.*, 2008). تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش رشد برگ‌ها (Gan and Amasino, 1997; Galle *et al.*, 2010) کاهش غلظت کلروفیل (Brevedan and Egli,

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) اثر تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای

**Table 2- Combined analysis of variance (Mean squares) of drought stress on yield and yield component in different grain sorghum genotypes**

S.O.V	دانه درجات آزادى d.f	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest Index	وزن هزار دانه 1000 grain weight	تعداد دانه در پانیکول Grains per panicle	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to Anthesis	ارتفاع گیاه Plant height	ضخامت ساقه Stem Diameter	تعداد برگ Leaf number	تعداد پنجه Tiller Number	طول پانیکول Panicle length	مساحت برگ پرچم Flag Leaf Area
سال Year(y)	1	3956940 <sup>ns</sup>	11043457 <sup>ns</sup>	0.0059 <sup>ns</sup>	5024*	186953 <sup>ns</sup>	21.3	1626	0.49	2.85	0.06	23.74	195.15
تکرار × سال Replication × y	4	2109121	39073289	0.0079	110.2	82843	44.1	440	0.09	18.98	0.28	18.78	4047
تنش آبی Water stress(S)	2	26291981*	351168418*	0.027 <sup>ns</sup>	490 <sup>ns</sup>	137801**	184**	3730**	0.03	2.33	1.94	210	4021
سال × تنش Y × S	2	1211342 <sup>ns</sup>	27664900 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	64.3 <sup>ns</sup>	2301 <sup>ns</sup>	0.02	1172*	0.22	0.58	0.001	50	250
خطا Error	8	489619	67186589	0.021	84.2	9194	14.5	208	0.07	1.93	0.84	9.02	2719
ژنوتیپ Genotype (G)	9	10119465**	182206565*	0.031*	728**	496223*	1004**	842**	0.56**	39.88**	6.02**	233**	65451**
سال × ژنوتیپ Y × G	9	1718758 <sup>ns</sup>	61463635	0.01 <sup>ns</sup>	69 <sup>ns</sup>	116001**	0.02	379**	0.05	1.75	0.004	22.6	6543
تنش آبی × ژنوتیپ S × G	18	3351248**	48665898 <sup>ns</sup>	0.027**	68 <sup>ns</sup>	49586 <sup>ns</sup>	52**	211*	0.05	0.94	1.30**	13.19	1279
سال × تنش Y × S × G	18	598801*	43193804*	0.007 <sup>ns</sup>	8.7**	43031 <sup>ns</sup>	0.02	291**	0.07	1.76	0.0008	22.6	920
خطا Error	108	342458	20376004	0.005	22.8	32928	14.7	122	0.05	1.50	0.46	7.20	1656
ضریب تغییرات CV%		25	16.3	42	11.6	44	5.46	13.07	12.8	10.3	9	14.09	26.3

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

\*, \*\*: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای

Table 3- Mean comparison of the effect of water stress on yield and its components in grain sorghum genotypes

تیمارها Treatments	تعداد دانه در پانیکول Grain number per panicle	وزن هزار دانه 1000 grain weight (gr)	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (Kg/ ha)	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ ha)
تنش خشکی					
Water stress					
S1	1	467 a	0.19 a	17649 a	2979 a
S2	2	377 b	0.15 a	12825 b	1657 b
S3	3	392 b	0.18 a	15562 ab	2384 ab
ژنوتیپ‌ها					
Genotypes					
KGS29	1	274 d	0.24 a	12155 b	2492 bc
MGS2	2	306 cd	0.19 ab	11265 b	1802 c
KGS33	3	241 d	0.14 b	13824 ab	1682 c
Sepideh	4	307 cd	0.17 ab	12446 b	1848 c
KGFS27	5	746 a	0.18 ab	13712 ab	2075 bc
MGS5	6	326 b-d	0.13 b	14583 ab	1965 c
KGFS5	7	341 b-d	0.12 b	18450 a	2199 bc
KGFS17	8	559 a-c	0.17 ab	18484 a	2960 b
KGFS13	9	582 ab	0.24 a	19143 a	4193 a
KGFS30	10	447 b-d	0.12 b	19394 a	2183 bc

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند. قطع آبیاری در مرحله زایشی = تنش خشکی ۱، قطع آبیاری در مرحله رویشی = تنش خشکی ۲، آبیاری نرمال = تنش خشکی ۳

Means in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability LSD Test. S1=Normal Irrigation, S2=Irrigation cut off in vegetative stage S3= Irrigation cut off in generative stage.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح تنش خشکی و ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای

Table 4- Mean comparison of the effect of water stress on yield and its components in grain sorghum genotypes

تنش خشکی Water stress	ژنوتیپ‌ها Genotypes	وزن هزار دانه 1000 grain weight (gr)	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ha)	تنش خشکی Water stress	ژنوتیپ‌ها Genotypes	وزن هزار دانه 1000 grain weight (gr)	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ha)
S1	KGS29	48.4 a-d	0.35 a	3664 bc	S2	MGS5	40.6 f-i	0.09 c-f	1239 f-h
S1	MGS2	43.6 d-g	0.15 b-f	1609 e-h	S2	KGFS5	39.6 g-i	0.05 f	690 h
S1	KGS33	40.5 f-i	0.19 b-e	2266 d-f	S2	KGFS17	40.4 f-i	0.2 b-e	2006 d-g
S1	Sepideh	42.6 f-i	0.19 b-e	2244 d-f	S2	KGFS13	38.6 hi	0.19 b-e	2622 c-e
S1	KGFS27	25.2 j	0.19 b-e	2405 c-f	S2	KGFS30	43.7 d-g	0.09 c-f	1682 e-h
S1	MGS5	50.6 ab	0.16 b-f	2644 c-e	S3	KGS29	42.9 f-h	0.21 b-d	2187 d-g
S1	KGFS5	45.1 c-f	0.13 c-f	2704 c-e	S3	MGS2	41.1 f-i	0.22 a-c	1966 d-h
S1	KGFS17	43.3 e-h	0.21 b-d	4748 ab	S3	KGS33	40.5 f-i	0.15 b-f	1856 e-h
S1	KGFS13	49 a-c	0.18 b-f	4683 ab	S3	Sepideh	38.6 hi	0.17 b-f	1985 d-g
S1	KGFS30	53.2 a	0.12 c-f	2815 c-e	S3	KGFS27	23 j	0.08 d-f	1177 f-h
S2	KGS29	37.8 i	0.14 c-f	1622 e-h	S3	MGS5	43.3 e-h	0.15 b-f	2010 d-g
S2	MGS2	40.5 f-i	0.19 b-e	1828 e-h	S3	KGFS5	49.4 a-c	0.19 b-e	3203 cd
S2	KGS33	39.2 g-i	0.07 ef	922 gh	S3	KGFS17	43.2 f-h	0.11 c-f	2124 d-g
S2	Sepideh	41 f-i	0.17 b-f	1314 f-h	S3	KGFS13	48.2 b-e	0.35 a	5272 a
S2	KGFS27	23.3 j	0.28 ab	2643 c-e	S3	KGFS30	37.9 i	0.15 b-f	2052 d-g

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند. قطع آبیاری در مرحله زایشی = تنش خشکی ۱، قطع آبیاری در مرحله رویشی = تنش خشکی ۲، آبیاری نرمال = تنش خشکی ۳

Means in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability LSD Test. S1=Normal Irrigation, S2=Irrigation cut off in vegetative stage S3= Irrigation cut off in generative stage

همبستگی غیر معنی‌دار بود (جدول ۷). در این شرایط با افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه کاهش یافته و موجب کاهش عملکرد می‌شود. کاهش در ظرفیت فتوسنتزی به‌عنوان یک اصل در محدود شدن عملکرد است، بنابراین ظرفیت فتوسنتزی کمتر پوشش گیاهی منجر به کاهش عملکرد از طریق کاهش دوره پرشدن دانه می‌شود (Royo and Blanco, 1999; Kumudini *et al.*, 2002). همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد دانه در پانیکول با عملکرد دانه در شرایط تنش شدید مشاهده گردید (جدول ۷). توانایی یک مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی بستگی به ظرفیت مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی دارد و ظرفیت مخزن شامل وزن دانه، تعداد دانه و اندازه دانه است (Beheshti and Behbodi, 2010). در خصوص شاخص برداشت محققین گزارش کرده‌اند که چون این شاخص نشان‌دهنده پتانسیل ژنتیکی در عملکرد اقتصادی است، مقادیر بالای آن در شرایط آبیاری نرمال در یک ژنوتیپ می‌تواند عملکرد بالا در شرایط تنش آبی را نیز به همراه داشته باشد (Richards *et al.*, 2002).

ضرایب همبستگی سایر صفات در شرایط نرمال نشان می‌دهد که ارتفاع گیاه با تعداد دانه در پانیکول و تعداد برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. تعداد روز تا گرده‌افشانی با ضخامت ساقه، تعداد برگ و مساحت برگ پرچی همبستگی مثبت و با تعداد پنجه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. در این شرایط تعداد پنجه با تعداد برگ همبستگی منفی نشان داد (جدول ۵).

در شرایط تنش متوسط، تعداد دانه در پانیکول با تعداد روز تا گرده‌افشانی و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت نشان داد. طول پانیکول با شاخص برداشت همبستگی مثبت و عملکرد بیولوژیک با تعداد روز تا گرده‌افشانی، ضخامت ساقه، تعداد برگ و مساحت برگ پرچی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. همچنین در این شرایط، تعداد روز تا گرده‌افشانی با تعداد برگ و مساحت برگ پرچی همبستگی مثبت و با تعداد پنجه همبستگی منفی داشت. تعداد برگ با ضخامت ساقه همبستگی مثبت و تعداد پنجه با طول پانیکول نیز همبستگی مثبت نشان دادند (جدول ۶).

در شرایط تنش آبی شدید، وزن هزاردانه با تعداد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع گیاه همبستگی منفی، تعداد دانه در

برهمکنش تنش خشکی و ژنوتیپ در دو سال آزمایش نشان می‌دهد که از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ KGFS13 در شرایط تنش ملایم و آبیاری نرمال به همراه KGFS17 در شرایط آبیاری نرمال بیشترین و ژنوتیپ KGFS5 در شرایط تنش خشکی شدید کمترین عملکرد دانه را دارا بود (جدول ۴).

### ضرایب همبستگی ساده صفات

ضرایب همبستگی ساده بین برخی خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های سورگوم دلنه‌ای مورد مطالعه در شرایط نرمال و شرایط تنش آبی متوسط و شدید در جداول ۵ تا ۷ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، عملکرد دانه در شرایط نرمال با صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، مساحت برگ پرچم و تعداد روز تا گرده‌افشانی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد و با بقیه صفات مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری ملاحظه نگردید (جدول ۵). عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط بدون تنش تحت تأثیر طول دوره رشد (تعداد روز تا گرده‌افشانی) است. در این تحقیق نیز با افزایش تعداد روز تا گرده‌افشانی، عملکرد دانه و بیولوژیک افزایش مثبت و معنی‌داری داشت. نتایج سایر محققین نیز نشان‌دهنده اثر معنی‌دار محیط و ژنوتیپ بر تغییرات تولید در طی دوره پرشدن دانه در سورگوم است (Hammer and Broad, 2003). بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک نشان‌دهنده آن است که با افزایش کل زیست‌توده، عملکرد دانه افزایش داشته است. این نتیجه با نتیجه تحقیق محققین دیگر مطابقت دارد (Sarvari and Beheshti, 2011). بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با ارتفاع بوته نشان می‌دهد که گیاهان با ارتفاع بیشتر، زیست‌توده بیشتری تولید کرده و باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Sarvari and Beheshti, 2011).

ارتفاع گیاه و مساحت برگ پرچم در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه می‌باشند. برگ پرچم نقش مهمی در پرشدن دانه‌ها دارد زیرا نزدیک‌ترین منبع به پانیکول‌ها است و مواد فتوسنتزی را به پانیکول منتقل می‌کند. در شرایط تنش متوسط نیز عملکرد دلنه با شاخص برداشت و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). در شرایط تنش شدید، وزن هزار دانه همبستگی منفی با عملکرد دانه نشان داد هرچند این

پانیکول با شاخص برداشت و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت، در این شرایط، طول پانیکول با مساحت برگ پرچمی همبستگی شاخص برداشت با ارتفاع گیاه همبستگی مثبت، تعداد روز تا گرده‌افشانی با تعداد برگ همبستگی مثبت نشان داد. همچنین مختلف با یکدیگر معنی‌دار نشد (جدول ۷).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم دانه‌ای در شرایط نرمال

**Table 5- Correlation coefficient among agronomical traits in different grain sorghum genotypes in normal condition**

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
عملکرد دانه-۱ 1- Grain yield	1											
وزن هزار دانه-۲ 2- 1000 grain weight	0.383	1										
تعداد دانه در پانیکول-۳ 3- Grain per panicle	0.480	-0.462	1									
شاخص برداشت-۴ 4- Harvest Index	0.201	-0.066	0.15	1								
عملکرد بیولوژیک-۵ 5- Biologic yield	0.86**	0.448	0.363	-0.286	1							
تعداد روز تا گرده‌افشانی-۶ 6- Days to Anthesis	0.656*	0.211	0.481	-0.467	0.899**	1						
ارتفاع گیاه-۷ 7- Plant height	0.651*	-0.187	0.707*	-0.170	0.699**	0.797**	1					
ضخامت ساقه-۸ 8- Stem Diameter	0.385	0.242	0.397	-0.462	0.605	0.695**	0.360	1				
تعداد برگ-۹ 9- Leaf number	0.531	0.167	0.494	-0.512	0.789**	0.958**	0.798**	0.727**	1			
تعداد پنجه-۱۰ 10- Tiller Number	-0.455	-0.006	-0.214	0.023	-0.545	-0.665**	-0.661	-0.455	-0.657**	1		
طول پانیکول-۱۱ 11- Panicle length	0.301	-0.107	0.276	0.559	-0.087	-0.331	0.057	-0.549	-0.393	0.475	1	
مساحت برگ پرچم-۱۲ 12- Flag Leaf Area	0.729*	0.227	0.464	-0.070	0.755**	0.752*	0.497	0.590	0.604	-0.505	-0.112	1

\* و \*\*: به ترتیب به مفهوم معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد می باشد

\* and \*\*: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively

### تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام

را توجیه کردند. با بررسی نتایج رگرسیون گام‌به‌گام، به ترتیب صفات ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در پانیکول در شرایط بدون تنش، صفات ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه در شرایط تنش متوسط و صفت تعداد دانه در پانیکول به‌تنهایی در شرایط تنش شدید، نسبت به سایر صفات از اهمیت نسبی بیشتری برخوردار بودند. این نتایج با نتایج همبستگی ساده ویژگی‌ها مطابقت دارد، به‌طوری‌که صفت تعداد دانه در پانیکول، همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۸).

به‌منظور شناسایی مهم‌ترین صفات مؤثر در تشکیل بذر و تعیین میزان اهمیت و نقش آن‌ها در عملکرد دانه از روش رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید استفاده شد (جدول ۸). با توجه به صفات مؤثر بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی چندگانه این صفات در شرایط بدون تنش، ۹۱ درصد، در شرایط تنش متوسط، ۹۱/۴ درصد و در شرایط تنش شدید، ۷۰ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه

عملکرد دانه با تعداد دانه در مترمربع و شاخص برداشت است. تفاوت عملکرد سورگوم با تعداد پانیکول در مترمربع یا تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول و وزن دانه مرتبط است (Maman *et al.*, 2004).

با توجه به نتایج تجزیه رگرسیونی گام به گام در شرایط نرمال می توان گفت که صفات مورد اشاره بیشترین سهم در توجیه تنوع در ژنوتیپ های مورد مطالعه را دارا هستند (جدول ۸). تحقیقات بسیاری حاکی از وجود همبستگی بالا و مثبت بین بهبود ژنتیکی

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین خصوصیات زراعی ژنوتیپ های مختلف سورگوم دانه ای در شرایط تنش آبی متوسط

Table 6- Correlation coefficient among agronomical traits in different grain sorghum genotypes in medium stress condition

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
عملکرد دانه-۱ 1- Grain yield	1											
وزن هزاردانه-۲ 2- 1000 grain weight	0.607	1										
تعداد دانه در پانیکول-۳ 3- Grain per panicle	0.458	-0.265	1									
شاخص برداشت-۴ 4- Harvest index	0.640*	0.501	0.125	1								
عملکرد بیولوژیک-۵ 5- Biologic yield	0.514	0.310	0.326	-0.281	1							
تعداد روز تا گرده افشانی-۶ 6- Days to Anthesis	0.496	0.095	0.693*	-0.226	0.855**	1						
ارتفاع گیاه-۷ 7- Plant height	0.685*	0.003	0.708*	0.233	0.5	0.573	1					
ضخامت ساقه-۸ 8- Stem Diameter	0.159	0.249	-0.133	-0.401	0.690*	0.367	0.093	1				
تعداد برگ-۹ 9- Leaf number	0.339	-0.045	0.420	-0.415	0.843**	0.716*	0.590	0.77**	1			
تعداد پنجه-۱۰ 10- Tiller Number	0.127	0.275	-0.387	0.603	-0.520	-0.733*	-0.079	-0.217	-0.437	1		
طول پانیکول-۱۱ 11- Panicle length	0.298	0.316	0.026	0.754*	-0.440	-0.4	0.230	-0.492	-0.476	0.733*	1	
مساحت برگ پرچم-۱۲ 12- Flag Leaf Area	0.372	0.344	0.242	-0.211	0.789**	0.784**	0.323	0.454	0.49	-0.606	-0.261	1

\* و \*\*: به ترتیب به مفهوم معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد می باشد

\*, \*\*: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively

### تجزیه علیت

به منظور تفسیر بهتر نتایج حاصل از همبستگی های ساده بین صفات و رگرسیون گام به گام، تجزیه مسیر (علیت) در مورد عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش متوسط انجام شد (جدول ۹ و ۱۰). با توجه به اینکه در شرایط تنش شدید تنها صفت تعداد دانه در پانیکول وارد مدل رگرسیونی شده بود نیازی به انجام تجزیه علیت در این شرایط نیست. در تجزیه علیت در شرایط بدون تنش، عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع روی سه صفت تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه و ارتفاع

با توجه به نتایج تجزیه رگرسیونی گام به گام در شرایط تنش خشکی می توان گفت که ویژگی های مورد اشاره بیشترین سهم را در توجیه تنوع در ژنوتیپ های مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی دارا می باشند. همبستگی بسیار بالایی بین تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه و عملکرد نهایی مشاهده شده است (جدول ۵ تا ۷). کاهش وزن هزار دانه ژنوتیپ ها در شرایط تنش آبی مربوط به انتقال کمتر کربوهیدرات ها به دانه است، زیرا مرحله پر شدن دانه در سورگوم هم زمان با رقابت شدید برای مصرف متابولیت ها است (Bdulki *et al.*, 2007).

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم دانه‌ای در شرایط تنش آبی شدید

**Table 7- Correlation coefficient among agronomical traits in different grain sorghum genotypes in sever stress condition**

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
عملکرد دانه 1- Grain yield	1											
وزن هزاردانه 2- 1000 grain weight	-0.544	1										
تعداد دانه در پانیکول 3- Grain per panicle	0.740*	-0.9**	1									
شاخص برداشت 4- Harvest index	0.865**	-0.737*	0.867**	1								
عملکرد بیولوژیک 5- Biologic yield	-0.002	0.420	-0.352	-0.459	1							
تعداد روز تا گرده‌افشانی 6- Days to Anthesis	0.459	-0.453	0.571	0.292	0.124	1						
ارتفاع گیاه 7- Plant height	0.519	-0.804**	0.689*	0.656*	-0.176	0.121	1					
ضخامت ساقه 8- Stem Diameter	0.089	-0.183	-0.005	-0.093	0.486	0.134	0.330	1				
تعداد برگ 9- Leaf number	0.219	-0.400	0.387	-0.029	0.248	0.886**	0.081	0.304	1			
تعداد پنجه 10- Tiller Number	-0.027	0.357	-0.317	-0.143	0.117	-0.437	-0.266	-0.418	-0.254	1		
طول پانیکول 11- Panicle length	0.244	-0.163	0.084	0.381	-0.289	-0.597	0.421	0.006	-0.383	0.516	1	
مساحت برگ پرچم 12- Flag Leaf Area	0.215	0.097	0.011	-0.073	0.348	0.748*	-0.195	0.193	0.610	-0.414	-0.665*	1

\* و \*\*: به ترتیب به مفهوم معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد می باشد

\*, \*\*: Significant at the 5 and 1 percent probability levels, respectively

جدول ۸- تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام عملکرد دانه (متغیر وابسته) با سایر ویژگی‌ها در ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم دانه‌ای در شرایط بدون تنش، تنش متوسط و شدید

**Table 8- Stepwise regression analysis of grain yield (dependent variable) with other characteristics in different genotypes of grain sorghum under normal conditions, medium stress and sever stress**

تیمارها Treatments	متغیرهای وارد شده در مدل Variables entered in model	R	R <sup>2</sup>	B	t	Beta
شرایط نرمال Normal	ارتفاع گیاه Plant height	0.707	0.501	31.948	3.357	0.375
	وزن هزاردانه 1000 grain Weight	0.838	0.702	98.176	6.985	0.669
	تعداد دانه در پانیکول grain per panicle	0.910	0.828	3.496	4.353	0.533
تنش متوسط Medium stress	ارتفاع گیاه Plant height	0.685	0.469	99.981	4.463	0.683
	وزن هزاردانه 1000 grain Weight	0.914	0.836	98.636	3.954	0.605
	تعداد دانه در پانیکول grain per panicle	0.704	0.548	1.867	3.114	0.740

داشت (۰/۶۹۲). درحالی‌که تعداد دانه در پانیکول از طریق وزن هزار دانه بیشترین تأثیر غیرمستقیم و منفی بر عملکرد داشت

گیاه انجام شد. بر اساس تجزیه علیت، در شرایط نرمال وزن هزار دانه بیشترین تأثیر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه

گزینه‌های الزاماً منجر به افزایش عملکرد دانه نمی‌گردد. اثر غیرمستقیم وزن هزار دانه از طریق تعداد دانه در پانیکول بر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش توسط تعدادی از محققین گزارش شده است (Solanki and Bakhshi, 1973; Aghaei *et al.*, 1996). اثر مستقیم و بالای تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه در جو توسط محققین دیگری نیز گزارش و تأیید شده است (Fathi and Rezaei Moghaddam, 2000).

(۰/۳۲-). همچنین وزن هزار دانه به‌طور غیرمستقیم از طریق تعداد دانه در پانیکول بر عملکرد دانه تأثیر داشت (۰/۲۳-). تعداد دانه اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشت. در حالی که، اثر غیرمستقیم و منفی از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد نشان داد (جدول ۹) و در عین حال همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان می‌دهد (جدول ۵). ولی این اثر خودش را به‌طور غیرمستقیم از طریق وزن هزار دانه نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که افزایش در وزن هزار دانه از طریق

جدول ۹- ضرایب تجزیه علیت همبستگی عملکرد بذر با برخی صفات در سورگوم دانه‌ای در شرایط نرمال

Table 9- Path analysis coefficients of correlation between grain yield and some characteristics in grain sorghum under normal conditions

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect via		
		وزن هزاردانه 1000 grain weight	تعداد دانه در پانیکول Grain per panicle	ارتفاع گیاه Plant height
تعداد دانه در پانیکول Grain per panicle	0.496	-0.32	-	0.303
وزن هزاردانه 1000 grain weight	0.692	-	-0.23	-0.081
ارتفاع گیاه Plant height	0.429	-0.13	0.35	-
جمع (همبستگی بین عملکرد و صفات) Sum (correlation between grain yield and traits)		0.382	0.479	0.651

اثر باقیمانده

Residual Effect = 0.465

جدول ۱۰- ضرایب تجزیه علیت همبستگی عملکرد بذر با برخی صفات در سورگوم دانه‌ای در شرایط تنش خشکی متوسط

Table 10- Path analysis coefficients of correlation between grain yield and some characteristics in grain sorghum under medium drought stress conditions

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect via	
		وزن هزاردانه 1000 grain weight	ارتفاع گیاه Plant height
وزن هزاردانه 1000 grain weight	0.604	-	0.002
ارتفاع گیاه Plant height	0.683	0.001	-
جمع (همبستگی بین عملکرد و صفات) Sum (correlation between grain yield and traits)		0.606	0.685

Residual Effect = 0.405

داشت. در حالی که تأثیر غیرمستقیم هر یک از صفات مذکور بر عملکرد دانه ناچیز بود (جدول ۱۰). همبستگی بین ارتفاع گیاه

بر اساس تجزیه علیت، در شرایط تنش خشکی متوسط، ارتفاع گیاه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه (۰/۶۸۳)

شرایط نرمال، وزن هزار دانه و تعداد دانه در پانیکول بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت در حالی که تعداد دانه در پانیکول از طریق وزن هزار دانه بیشترین تأثیر غیرمستقیم و منفی بر عملکرد داشت. بر اساس تجزیه علیت، در شرایط تنش خشکی ارتفاع گیاه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب بوته‌های بلندتر در شرایط تنش خشکی از طریق گزینش می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه گردد. در مجموع بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، چنین استنباط می‌شود که در شرایطی که یکی از مراحل رشد در سورگوم با محدودیت رطوبتی مواجه می‌شود که با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی حاکم بر کشور یک امر رایج و مورد انتظار است، ارزیابی تنوع در صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم دانه‌ای و بررسی این صفات در شرایط تنش رطوبتی، اقدام مهم و مؤثری در برنامه‌های بهنجاری سورگوم است.

و عملکرد دانه در مطالعات دیگر نیز گزارش و تأیید شده است (Tourchi and Rezai, 1996). بر اساس نتایج حاصل در شرایط تنش متوسط، گیاهان پابلند عملکرد دانه بالاتری دارند. همبستگی بالای ارتفاع گیاه و عملکرد دانه می‌تواند ناشی از اثر آن از طریق پانیکول باشد. احتمالاً بوته‌های بلند در قسمت پانیکول نیز دارای گره‌های بیشتری هستند.

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از همبستگی‌های بین صفات مورد بررسی مشخص شد که در شرایط نرمال (بدون تنش) صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه می‌توانند در جهت بهبود عملکرد دانه به کار برده شوند. در شرایط تنش آبی متوسط، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه بیشترین سهم را در توجیه تنوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارا بودند. در شرایط تنش آبی شدید تنها تعداد دانه در پانیکول، بیشترین سهم را در توجیه تنوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارا بود. در

### References

- Abbad, H., Jafari, E.L., Bort, S.A. and Araus, J.L., 2004. Comparison of flag leaf and ear photosynthesis with biomass and grain yield of durum wheat under various water conditions and genotypes. *Agronomie*, 24, pp.19-28. doi: 10.1051/agro:2003056
- Aghai, M., Moghadam, M., Valizadeh, M., Kazami Arbat, H. and Banaei Khasrai, A., 1996. Stability analysis and path analysis of grain yield in some of spring barely cultivars. *Journal of Science Agriculture*, 19(1 and 2), pp.59-82. [In Persian].
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, pp.1-15. doi: 10.1104/pp.24.1.1
- Aruna, C. and Audilakshmi, S., 2008. A strategy to identify potential germplasm for improving yield attributes using diversity analysis in sorghum. *Plant Genetic Resources*, 6, pp.187-194. doi: 10.1017/s1479262108994144
- Ayeneh, A., Ginkel, M., Reynolds, M.P. and Ammar, K., 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle, and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*, 79, pp.173 – 184. doi: 10.1016/s0378-4290(02)00138-7
- Beheshti, A.R. and Behboodi Fard, B., 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. *Australian Journal of Crop Science*, 4(3), pp.185-189. doi: 10.22067/gsc.v8i4.7966
- Brevedan, R.E. and Egli, D.B., 2003. Short periods of water stress during seed filling, Leaf senescence, and yield

- of soybean. *Crop Science*, 43, pp.2083-2088. doi: **10.2135/cropsci2003.2083**
- Borrell, A.K., Hammer, G.L., and Douglas, A.C.L., 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? I. Leaf growth and senescence. *Crop Science*, 40, pp.1026–1037. doi: **10.2135/cropsci2000.4041037x**
- Ezeaku, I.E. and Mohammed, S.G., 2006. Character association and path analysis in grain sorghum. *African Journal of Biotechnology*, 5(14), pp.1337-1340.
- Farooq, M.W.A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, pp.185-212. doi: **10.1007/978-90-481-2666-8\_12**
- Farshadfar, E., Rasoli, V., Teixeira da Silva, J.A. and Farshadfar, M., 2011. Inheritance of drought tolerance indicators in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using a diallel technique. *Australian Journal of Crop Science*, 5(7), pp.870-878. doi: **10.3316/informit.281092299825091**
- Fathi, H. and Rezaei Moghaddam, K., 2000. Path analysis of grain yield and yield components for some barley cultivars in Ahvaz region. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(1), pp. 38-48. [In Persian].
- Gambin, B.L. and Borrás, L., 2007. Plasticity of sorghum kernel weight to increase assimilate availability. *Field Crops Research*, 100, pp.272-284. doi: **10.1016/j.fcr.2006.08.002**
- Gan, S. and Amasino, R.M., 1997. Making sense of senescence. *Plant Physiology*, 113, pp.313- 319. doi: **10.1104/pp.113.2.313**
- Hammer, G.L. and Broad, I.J., 2003. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. *Agronomy Journal*, 95(1), pp.199-206. doi: **10.2134/agronj2003.1990**
- Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, M., 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, pp.100-105.
- Khalili, A., Akbari, N. and Chaichi, M.R., 2008. Limited irrigation and phosphorus fertilizer effects on yield and yield components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.var. Kimia). *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science*, 3(5), pp.697-702.
- Khan, A.S., Ul-Allah, S. and Sadique, S., 2010. Genetic variability and correlation among seedling traits of Wheat (*Triticum aestivum*) under water stress. *International Journal of Agriculture & Biology*, 2, pp.247-250.
- Lawlor, D.W. and Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment*, 25, pp.275–294. doi: **10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x**
- Liang, Z., Zhang, F., Shao, M. and Zhang, J., 2002. The relations of stomatal conductance, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Botanical Bulletin- Academia Sinica*, 43, pp.187-192.
- Maman, N., Mason, S.C., Lyon, D.J. and Dhungana, P., 2004. Yield components of pearl millet and grain sorghum across environments in the central great plains. *Crop Science*, 44, pp.2138-2145. doi: **10.2135/cropsci2004.2138**

- Martinez, D.E., Luquez, V.M., Bartoli, C.G. and Guiamet, J.J., 2003. Persistence of photosynthetic components and photochemical efficiency in ears of water-stressed wheat (*Triticum aestivum*). *Plant Physiology*, 119, pp.1-7. doi: **10.1046/j.1399-3054.2003.00195.x**
- Monneveux, P. and Ribaut, J., 2011. Drought phenotyping in crops: from theory to practice. Generation challenge programme press. pp.296.
- Monti, A., Amaducci, M.T., Pritoni, G. and Verturi, G., 2006. Variation in carbon isotope discrimination during growth and at different organs in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 98, pp.157-163. doi: **10.1016/j.fcr.2006.01.002**
- Passioura, J., 2007. The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58, pp.113-117. doi: **10.1093/jxb/erl212**
- Prasad, P.V.V., Pisipati, S.R., Mutava, R.N. and Tuinstra, M.R., 2008. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. *Crop Science*, 48, pp. 1911–1917. doi: **10.2135/cropsci2008.01.0036**
- Ramulu, P. and Rao, P.U., 2003. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, pp.677–685. doi: **10.1016/s0889-1575(03)00095-4**
- Reynolds, M., Fernanda, D. and Richard, T., 2007. Drought- adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), pp.177-186. doi: **10.1093/jxb/erl250**
- Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Condon, A.G. and Van Herwaarden, A.F., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science*, 42, pp.111-131. doi: **10.2135/cropsci2002.1110**
- Rodriguez, D.J., Romero-Garcia, J., Rodriguez-Garcia, R. and Sanchez, J.A.L., 2002. Characterization of proteins from sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. *Trends Crop New*, 1, pp.143-149.
- Royo, C. and Blanco, R., 1999. Use of potassium iodide to mimic drought stress in triticale. *Field Crops Research*, 59, pp.201-212. doi: **10.1016/s0378-4290(98)00121-x**
- Sarvari, S.M. and Beheshti, S.A., 2011. Relationship between grain yield and plant characteristics in grain sorghum genotypes under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 14 (2), pp.183-201. [In Persian].
- Sharp, R.E., Poroyko, V., Hejlek, L.G., Spollen, W.G., Springer, G.K., Bohnet, H.J. and Nguyen, H.T. 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany*, 55, pp.2343–2351. doi: **10.1093/jxb/erh276**
- Sinclair, T., Bennetto, R.D.M. and Muchow, R.O., 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. *Crop Science*, 30, pp.690-693. doi: **10.2135/cropsci1990.0011183x003000030043x**
- Thakur, M. and Sharma, A.D., 2005. Salt stress and phytohormone (ABA) Induced changes in germination, sugars and anzymes of carbohydrate metabolism in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. *Journal of Agriculture & Social Science*, 1, pp.89–93.
- Tourchi, M. and Rezai, A.M., 1996. Correlation between traits and path analysis for grain yield in sorghum

- (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Iranian Journal of Agriculture Science*, 28(1), pp.73-86. [In Persian].
- Thomas Robertson, M.J., Fukai, S. and Peoples, M.B., 2004. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. *Field Crops Research*, 86(1), pp.67-80. doi: **10.1016/s0378-4290(03)00120-5**
- Van Oosterom, E.J. and Hammer, G.L., 2008. Determination of grain number in sorghum. *Field Crop Research*, 108, pp.259-268. doi: **10.1016/j.fcr.2008.06.001**
- Wardlaw, I.F. and Willenbrink, J., 1994. Carbohydrate storage and mobilization by the culm of wheat between heading and grain maturity: the relation to sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, pp.255-271. doi: **10.1071/pp9940255**.
- Wright, S., 1921. The effects of inbreeding on the genetic composition of a population. In: Wright, S., Systems of Mating, Bureau of Animal Industry, United States Dept. of Agriculture, Washington, D. C. doi: **10.1093/genetics/6.2.124**

## Correlation and path analysis in yield and its components in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L.) under water stress conditions

Ali Azarinasrabad<sup>1\*</sup>, Seyed Mohsen Mousavi Nik<sup>2</sup>, Mohammad Galavi<sup>2</sup>, Alireza Siroosmehr<sup>2</sup>, Seyed Alireza Beheshti<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Crop and Horticultural Science Research Department, South Khorassan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Birjand, Iran

<sup>2</sup> Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>3</sup> Crop and Horticultural Science Research Department, Khorassan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

\*Corresponding Author: [azari\\_ali2003@yahoo.com](mailto:azari_ali2003@yahoo.com)

Received: 28 February 2022

Accepted: 1 June 2022

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.292387.1200

### Abstract

**Introduction:** Drought stress is a major problem in the productivity of crops around the world. Growth of sorghum in dry and semi-arid regions is affected by water stress at the late stages of growth, such as anthesis, which has negative effects on yield. Information about the significant correlation between traits is important for starting a breeding program. Because it allows the selection of desired genotypes with desirable traits simultaneously. Due to the increasing spread of livestock and the development of the cultivated area of this plant, which is a relatively drought-tolerant plant, it is very important to carry out breeding and agronomic research in the South Khorasan region, especially in Birjand. The objectives of this research were to: a) determine the grain yield relationships with its components using the stepwise regression method; b) investigate the relationships between traits using path analysis.

**Materials and Methods:** A field experiment was carried out using a split plot design with 3 replications. Main plots include drought stress treatments while the sub-plots consisted of 10 genotypes of sorghum including KGS29, MGS2, Sepideh, KGFS27, MGS5, KGFS5, KGFS17, KGFS13 and KGFS30.

Each plot consisted of four lines with length of 6 meters and a distance between the lines of 60 cm and the area of each plot was 14 square meters. Plant spacing on the row was considered as 10 cm. To determine grain yield and biological yield and harvest index after removing two lines of margin and half a meter of the beginning and the end of each plot were harvested from a surface of three square meters. After drying in a ventilated oven at 72 ° C for 72 Hours, total dry weight and biological yield were determined and then the samples were weighed and the seeds were weighed and the harvest index was calculated. After data collecting, the data were analysed, using SAS software to investigate the diversity of traits among the cultivars and lines. Calculation of correlation coefficient between traits and stepwise regression was performed using SPSS software. To distinguish the direct and indirect effects of important traits, path analysis was used.

**Results and Discussion:** Results from combined analysis showed that cultivars and lines were significantly different at %1 level for all traits that is from variation between studied lines and cultivars. Comparison of interaction between genotype and stress about grain yield indicated that genotype KGFS13 in medium and normal drought stress, commonly with genotype KGFS17 in normal condition had the highest level and genotype KGFS5 in sever stress condition had the lowest grain yield respectively. In drought stress condition, Based on path analysis, Thousand Kernel weight had the highest direct effect on grain yield in normal condition. While number of seeds per panicle, had indirect effect via 1000-seeds weight on grain yield. The plant height had the highest direct effect on grain yield in medium dry condition. While the plant height, had indirect effect via 1000-seeds weight on grain yield.

**Conclusion:** According to the results of the correlations between the studied traits, under normal (no stress) conditions, plant height, number of seeds per panicle and 1000-seed weight can be used to improve grain yield. Under moderate water stress conditions, plant height and 1000-seed weight had the largest contribution in determination of the genotypes diversity. Based on path analysis, Thousand Kernel weight had the highest direct effect on grain yield in normal condition. While number of seeds per panicle, had indirect effect via 1000-seeds weight on grain yield. The plant height had the highest direct effect on grain yield in medium dry condition. While the plant height, had indirect effect via 1000-seeds weight on grain yield.

**Keywords:** Irrigation cut off, Thousand kernel weight, Vegetative stage

مقایسه عملکرد و برخی صفتهای زراعی مرتبط با آن در بالنگوی شهری (*Lallemantia*(*iberica* L.) و شیرازی (*Lallemantia royleana* L.) در کشت دیم پاییزه و بهارهنصرالله عباسی دهکرد<sup>۱</sup>، سعیده ملکی فراهانی<sup>۲\*</sup>، مریم میردورقی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

\* مسئول مکاتبه: maleki@shahed.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.424183.1378

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶

## چکیده

به منظور بررسی عملکرد و برخی صفتهای زراعی مرتبط با آن در بالنگوی شهری و شیرازی در کشت پاییزه و بهاره، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول دو گونه بالنگو (بالنگو شهری و شیرازی)، و فاکتور دوم تاریخ کاشت (۲۹ آبان و ۸ اسفند به ترتیب به عنوان کاشت پاییزه و بهاره) بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده گونه بر وزن هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد، تعداد شاخه فرعی، درصد موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. به طوری که تعداد شاخه فرعی و درصد موسیلاژ در بالنگو شیرازی به ترتیب ۱۲۱/۷ و ۸۸/۶ درصد نسبت به بالنگو شهری بیش تر بود. همچنین با بررسی اثر ساده تاریخ کاشت (پاییزه و بهاره)، تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال پنج درصد، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد موسیلاژ و کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد در تاریخ کاشت پاییزه نسبت به تاریخ کاشت بهاره بیش تر بود. در این راستا عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در کشت پاییزه به ترتیب ۱۲۵/۸ و ۱۲۶/۶ درصد در مقایسه با کشت بهاره بیش تر بودند. علاوه بر این، عملکرد موسیلاژ و شاخص برداشت در کشت پاییزه بالنگوی شیرازی به ترتیب ۲۷۱/۳ و ۳۶/۶ درصد نسبت به کشت بهاره بالنگوی شهری بیش تر بود. به طور کلی تاریخ کاشت ۲۹ آبان (کشت پاییزه) به دلیل طولانی بودن فصل، مساعد بودن دما، رطوبت و بارندگیهای کافی نسبت به ۸ اسفند (کشت بهاره) را می توان برای هر دو گونه بالنگوی شیرازی و شهری تحت شرایط خشک و نیمه خشک مناسب دانست.

واژه های کلیدی: تاریخ کاشت، کارایی مصرف آب، کشت بهاره، گیاه دارویی، موسیلاژ

## مقدمه

یک ساله یا چندساله، علفی یا درختچه ای و گرمادوست و مقاوم به خشکی است. این گیاه در کشاورزی پایدار مناطق خشک و نیمه خشک ایران مورد استفاده قرار می گیرد (Samimifar *et al.*, 2019). بالنگوی شهری (*L. iberica*) و بالنگوی شیرازی (*L. royleana*) گونه های یک ساله هستند. بالنگو گیاهی است که به دلیل خواص دارویی و صنعتی و همچنین کاربرد آن در کشاورزی مصارف مختلفی دارد. تمام قسمت های هوایی آن (برگ ها و دانه ها) صرفه اقتصادی دارد. برای درمان سرفه های ناشی از سرماخوردگی، از دانه های بالنگو به عنوان نرم کردم گلو استفاده می شود. علاوه بر این، از آن ها در درمان مشکلات گوارشی، کلیوی و ادراری و همچنین اختلالات سیستم عصبی استفاده می شود. روغن دانه بالنگو شهری از ۶۸ درصد لینولنیک اسید، ۱۰/۸ درصد لینولئیک اسید، ۱۰/۳ درصد اولئیک اسید،

خشکی یکی از مهم ترین مسائل در کشت گیاهان دارویی در شرایط خشک و نیمه خشک می باشد (Elmendorf *et al.*, 2015). زیرا یکی از مواردی که ممکن است تأثیر نامطلوب قابل توجهی بر رشد گیاه داشته باشد کمبود آب است (Chai *et al.*, 2016). در مقابل، توانایی گونه های گیاهی برای تحمل کمبود آب و شرایط مرطوب متفاوت است و این ویژگی معمولاً برای شناسایی گونه های مقاوم به خشکی استفاده می شود (Alvarez *et al.*, 2018). توانایی بالنگو برای تولید در شرایط دیم نشان دهنده انعطاف پذیری و سازگاری این گیاه در شرایط تنش خشکی است.

بالنگو با نام علمی *Lallemantia* sp. یکی از گیاهان دارویی خانواده نعنائیان (Lamiaceae) می باشد. بالنگو گیاهی

در بررسی‌های انجام شده مشخص شد که تا کنون اثر تاریخ کاشت‌های متفاوت در شرایط دیم بر روی دو گونه بالنگو شهری و شیرازی مورد مطالعه قرار نگرفته است. از سویی دیگر کشور ما با چالش کمبود منابع آبی و وابستگی بسیار شدید به واردات دانه‌های روغنی مواجه است. بیش از ۹۰ درصد روغن مورد نیاز کشور از خارج تأمین می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد نیاز به محصولات روغنی جدید با سازگاری بیش‌تر به شرایط خشکی و احتیاجات غذایی کم‌تر به شدت احساس می‌شود. علاوه بر این مطالعه سازگاری گیاهان دارویی امکان کشت و تولید گیاهان دارویی را در شرایط دیم کشور فراهم می‌کند. بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه عملکرد و برخی صفات‌های زراعی مرتبط با آن در بالنگوی شهری (*Lalelemantia iberica* L.) و شیرازی (*Lalelemantia royleana* L.) در کشت پاییزه و بهاره انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول دو گونه بالنگو شامل بالنگوی شهری (*Lalelemantia iberica* M.Bieb.) و شیرازی (*Lalelemantia royleana* Benth.) و فاکتور دوم شامل تاریخ کاشت (در دو تاریخ ۲۹ آبان و ۸ اسفند به ترتیب به عنوان کاشت پاییزه و بهاره) بودند. به منظور آماده‌سازی زمین که در زراعت قبلی به صورت آیش بود، ابتدا خاک مزرعه بوسیله گاواهن برگردان دار شخم زده شد. پس از آن عمل دیسک زدن به منظور خرد کردن کلوخه‌ها انجام گرفت و پس از آن به وسیله فاروئر به صورت جوی و پشته درآمد. سپس اقدام به کرت‌بندی و تعیین خطوط زمین کاشت مورد آزمایش شد. مشخصات آب و هوای منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل از انجام کشت، جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از خاک مزرعه نمونه‌گیری مرکب (پنج نمونه) از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد (جدول ۲). بذرهاى بالنگو از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. جهت تعیین مقدار بذر لازم برای کشت، قبل از کاشت درصد جوانه‌زنی بذرها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. سپس بذرها با فاصله ردیف

۶/۵ درصد اسید پالمیتیک و ۱/۸ درصد اسید استئاریک تشکیل شده است (Overeem *et al.*, 1999). روغن این گیاه به دلیل غلظت بالای اسید لینولنیک در بسیاری از صنایع مفید است (Ion *et al.*, 2011).

از آنجایی که شرایط آب و هوایی بیش‌ترین اهمیت را در رشد و نمو گیاهان دارد، تغییرات آب و هوایی با کاهش یا افزایش ماده مؤثر بر تولید و اثربخشی گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارد. در نتیجه می‌توان تاریخ کاشت را تحت تأثیر اقلیم به عنوان عامل تعیین کننده‌ای در نظر گرفت که بیش‌ترین تأثیر را بر تولید ماده مؤثره گیاه دارد (Tabatabaie *et al.*, 2011). تاریخ کشت یکی از مهم‌ترین جنبه‌های زراعی است که گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا بر کمیت و کیفیت تولید گیاه تأثیر بسزایی دارد. بهترین تاریخ کاشت در هر منطقه به وقوع دماهای مطلوب در طول دوره نمو گیاه از جوانه‌زنی تا رسیدگی بستگی دارد (Torabi *et al.*, 2008). در تاریخ کشت بهینه کمیت و کیفیت عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Farahani Farahani *et al.*, 2012; He *et al.*, 2018). بالنگو به دو صورت پاییزه و بهاره کشت می‌شود. مطالعات حاکی از این است که کشت پاییزه آن عملکرد بالاتری دارد (Amanzadeh *et al.*, 2011). تغییر در تاریخ کاشت بر تراکم مطلوب بوته و مقدار آب در دسترس گیاه در طول دوره نمو تأثیر می‌گذارد (Hajmohammadnia Ghalibaf *et al.*, 2020). محققان در بررسی اثر کم‌آبایی بر دو گونه بالنگو گزارش کردند کاهش رطوبت قلیل استفاده خاک تا ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد دانه و شاخص برداشت نداشت (Abdollahi and Maleki Farahani, 2015). در پژوهشی دیگر گزارش کردند که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد دانه سیاهدانه کاهش می‌یابد (D'Antuono *et al.*, 2002). همچنین محققان در بررسی شدت و زمان اعمال تنش خشکی گزارش کردند که تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پرشدن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه و وزن هزاردانه می‌شود (Yadollahi *et al.*, 2017). همچنین محققان بیان کردند بیان کردند که به طور کلی کشت پاییزه در تمامی تیمارهای مورد بررسی درصد موسیلاژ بالاتری داشت (Karimi Jalilehvandi *et al.*, 2020).

داشت مانند وجین و تنک کردن برحسب نیاز گیاه به صورت دستی انجام شد. در این آزمایش در هیچ کدام از مراحل رشد گیاهان آبیاری صورت نگرفت.

کاشت ۵۰ سانتی متر از یکدیگر و فاصله روی ردیف پنج سانتی متر با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در عمق سه سانتی متر خاک به صورت دستی کشت شدند. در طول آزمایش عملیات

جدول ۱- آمار هواشناسی مربوط به سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ منطقه مورد مطالعه

Table 1- Meteorological statistics related to the crop year 2018-2019 of the studied area

	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May.
حداقل دما Minimum temperature (C°)	5.00	-1.000	-4.000	-4.000	-2.000	3.00	3.00
حداکثر دما Maximum temperature (C°)	20.0	19.0	15.0	16.0	27.0	27.0	22.0
میانگین دما Average temperature (C°)	12.0	9.00	5.00	8.00	10.0	17.0	15.2
میانگین رطوبت هوا Average air humidity (%)	50.0	65.0	61.0	57.0	39.8	47.3	35.1
بارندگی (mm) Precipitation	0.000	11.2	28.2	21.8	10.2	72.6	0.000

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 2- Physicochemical analysis of farm soil

هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH	پتاسیم K (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر P (mg.kg <sup>-1</sup> )	نیترژن N (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil texture
7.89	7.70	596	2.24	0.09	36.0	42.0	22.0	Silty loam

آزمایشی، مقادیر زهکشی، جریان رو به بالا و رواناب ناچیز بود. بنابراین  $ET = P + DW$  تحت شرایط آزمایشی ما استفاده شد.

کارایی مصرف آب نیز مطابق معادله ۳ اندازه‌گیری شد (Qiu et al., 2008):

$$WUE = \frac{EY}{ET \text{ crop}} \quad (3)$$

WUE کارایی مصرف آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب، EY عملکرد اقتصادی برحسب کیلوگرم در هکتار (عملکرد دلنه)، ET crop حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) در شرایط دیم می‌باشد.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و پس از مشاهده علائم ظاهری رسیدگی در گیاه شامل زرد و خشک شدن برگ‌ها و نیمه‌قهوه‌ای شدن دانه‌ها در سنبله‌ها، برداشت گیاهان صورت گرفت. به منظور تعیین اجزاء عملکرد تعداد پنج بوته از هر کرت انتخاب و اجزاء عملکرد شامل، تعداد شاخه جانبی، تعداد فندقه در چرخه گل، تعداد چرخه گل در بوته، ارتفاع گیاه، و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و

میزان سبزی‌نگی برگ یا شاخص سبزی‌نگی برگ (SPAD) به وسیله دستگاه کلروفیل متر دستی (مدل Minolta-502، ساخت ژاپن) در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور تعیین درصد موسیلاژ دانه بالنگو، از هر تیمار دو گرم دانه جدا و درصد موسیلاژ آن مطابق با روش کالیاسوندارام و همکاران (Kalyanasundaram et al., 1982) اندازه‌گیری شد. همچنین عملکرد موسیلاژ با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید:

$$(1)$$

$$(100 / \text{میزان موسیلاژ} \times \text{عملکرد بذری}) = \text{عملکرد موسیلاژ}$$

تخمین رطوبت خاک برای هر کرت با استفاده از معادله تعادل آب و خاک (معادله ۲) انجام شد (Zhang et al., 2005; Qiu et al., 2008):

$$ET = CR + P + DW - D - R \quad (2)$$

که در آن CR = صعود مویبندی، P = بارش، D = زهکشی، R = رواناب (mm)، DW = تغییر در محتوای خاک برای عمق ۱ متری. محتوای آب خاک به صورت وزن سنجی برای هر لایه ۲۵ سانتی متری (تا ۱۰۰ سانتی متر) اندازه‌گیری شد. در مکان

(جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر گونه گیاهی نشان داد که تعداد شاخه‌های فرعی در بالنگوی شیرازی با میانگین ۱۳/۶۶ عدد نسبت به بالنگوی شهری با میانگین ۶/۱۶، ۱۲۱/۷ درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). محققان بر خلاف این یافته‌ها دریافتند که بالنگوی شهری دارای شاخه‌های بیش‌تری نسبت به نوع شیرازی است (Abdolahi and Maleki Farahani, 2015). در پژوهشی دیگر بر روی تأثیر تاریخ کاشت بر گونه‌های مختلف پژوهشگران بیان کردند که تأثیر تاریخ کاشت بر تعداد شاخه‌های جانبی معنی‌دار است (Sarkees and Tahir, 2016). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین دو تاریخ کاشت وجود دارد. بر همین اساس کشت پاییزه تعداد شاخه فرعی بیش‌تری نسبت به کشت بهار داشت (جدول ۵). به گفته محققان، این به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه در طول دوره رشد رویشی در نتیجه شرایط محیطی مطلوب از نظر دما و رطوبت است (Khamdi and Nezami, 2009).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت ( $p \leq 0/01$ ) بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که کشت پاییزه با میانگین ۹۲۹ کیلوگرم در هکتار افزایش ۱۲۶ درصدی نسبت به کشت بهار با میانگین ۴۱۱ کیلوگرم در هکتار داشت (جدول ۴). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تاریخ کاشت نسبت به گونه‌های بالنگو تأثیر بیشتری بر عملکرد دلنه دارد، زیرا در تاریخ کاشت بهار به دلیل کوتاه بودن طول دوره رشد (رویشی و زایشی) گیاه در استفاده از تمام عوامل محیطی فرصت کمتری دارد که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده، کاهش رشد، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در تاریخ کاشت بهار ناشی از تغییرات در مراحل فنولوژیک یا شرایط محیطی مانند خشکی، افزایش دما در پایان فصل رشد و یا ناتوانی گیاه در استفاده از باران و رطوبت اولیه فصل است (Karimi Jalilehvandi et al., 2017).

نتایج بیانگر تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که کشت پاییزه با میانگین ۱۸۱۰ کیلوگرم در هکتار افزایش ۸۴/۱ درصدی نسبت به کشت بهار با میانگین ۹۸۳ کیلوگرم در هکتار داشت (جدول ۵). محققین گزارش کردند که افزایش

عملکرد دانه بالنگو در هر کرت از یک مترمربع (پس از حذف اثر حاشیه) برداشت انجام شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. شاخص برداشت نیز از تقسیم شدن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک و ضرب عدد به دست آمده در ۱۰۰، محاسبه گردید.

در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (Ver. 9.1) SAS انجام شد. میانگین تیمارها نیز توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

## نتایج و بحث

### سبزی‌نگی برگ

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳ اثر متقابل گونه  $\times$  تاریخ کاشت ( $p \leq 0/01$ ) بر سبزی‌نگی برگ معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج اثر متقابل نشان داد مقدار شاخص سبزی‌نگی برگ با میانگین ۵۹/۴۰ در تاریخ کاشت بهاره‌ی گونه شهری در مقایسه با شاخص سبزی‌نگی برگ با میانگین ۴۶/۰۶ در تاریخ کاشت بهاره‌ی گونه شیرازی بیش‌تر بود (جدول ۴). با توجه به اکسیداسیون نوری رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش محتوای شاخص سبزی‌نگی برگ در شرایط دیم به عنوان شاخصی از تنش اکسیداتیو در نظر گرفته شده است (Anjum et al., 2011). مقدار شاخص سبزی‌نگی برگ در گونه شهری در تاریخ کاشت بهار نسبت به پاییزه بیش‌تر بود، اما در گونه شیرازی تاریخ کاشت پاییزه نسبت به بهار شاخص سبزی‌نگی برگ بالاتری نشان داد (جدول ۴).

با توجه به اینکه شاخص سبزی‌نگی برگ به عنوان شاخص تحمل به تنش در نظر گرفته می‌شود، به نظر می‌رسد که بالنگو شهری مقاومت بیش‌تر در برابر تنش با افزایش محتوای شاخص سبزی‌نگی برگ در طی کاشت بهار با افزایش دمای هوا نشان می‌دهد. این به نوعی خود تنظیمی توسط گیاه در پاسخ به کمبود آب اشاره دارد، زیرا اجزای فتوسنتزی گیاه با افزایش محتوای شاخص سبزی‌نگی برگ، نور بیش‌تری را جذب می‌کنند (Herbingr et al., 2002).

### عملکرد و اجزای عملکرد

بررسی‌ها نشان داده است تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر اثر گونه گیاهی ( $p \leq 0/01$ ) و تاریخ کاشت ( $p \leq 0/05$ ) قرار می‌گیرد

نتیجه رشد رویشی و وزن خشک اندام‌های هوایی بابونه کاهش می‌یابد (Ebadi *et al.*, 2010). علاوه بر کاهش قابل توجه عملکرد بیولوژیک ناشی از کوتاه شدن دوره رشد، تخصیص مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن نیز در تاریخ کاشت بهاره کاهش یافت. در نتیجه گیاهان در تخصیص ماده خشک به دانه کارایی کم‌تری داشتند.

عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت پاییزه احتمالاً ناشی از مواجهه گیاهان با شرایط محیطی مطلوب‌تر و در نتیجه رشد رویشی مناسب‌تر بوده است (Nezami *et al.*, 2009). همچنین در پژوهشی دیگر محققین تأثیر تاریخ کاشت بر رشد و گلدهی بابونه را بررسی کردند و دریافتند که تأخیر در کاشت بابونه تأثیر منفی بر رشد دارد و دوره رشد بابونه را کوتاه می‌کند و در

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی گونه‌های شهری و شیرازی بالنگو در تاریخ کاشت پاییزه و بهاره در شرایط دیم

Table 3- Analysis of the variance of quantitative and qualitative traits of (*L. iberica*) and (*L. royleana*) Species in autumn and spring sowing dates in dryland condition

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد موسیلاژ Mucilage percentage	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	کارایی مصرف آب Water use efficiency
بلوک Block	2	3658 <sup>ns</sup>	23529 <sup>ns</sup>	7.55 <sup>ns</sup>	0.224 <sup>ns</sup>	14.3 <sup>ns</sup>	0.0031 <sup>ns</sup>
تاریخ کاشت Sowing date (SD)	1	806564 <sup>**</sup>	2050430 <sup>**</sup>	284 <sup>**</sup>	0.00040 <sup>ns</sup>	7327 <sup>**</sup>	0.732 <sup>**</sup>
گونه Species (S)	1	21594 <sup>ns</sup>	82807 <sup>ns</sup>	6.60 <sup>ns</sup>	105 <sup>**</sup>	2737 <sup>**</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
S×SD	1	21.8 <sup>ns</sup>	36524 <sup>ns</sup>	59.6 <sup>*</sup>	0.378	456 <sup>*</sup>	0.00003 <sup>ns</sup>
خطا Error	6	9282	18837	5.83	0.312	43.6	0.0085
ضریب تغییرات C.V. (%)		14.3	9.82	5.18	5.80	10.4	14.4

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup> و <sup>\*\*</sup>: به ترتیب تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup> and <sup>\*\*</sup>: non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

ادامه جدول ۳

Table 3 Continued.

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	سبزی‌بندی برگ Leaf greenness	تعداد چرخه گل در بوته Number of inflorescence per plant	تعداد فندقه در چرخه گل Number of achene per inflorescence	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	وزن هزاردانه 1000-seed weight
بلوک Block	2	4.84 <sup>ns</sup>	18.8 <sup>ns</sup>	0.083 <sup>ns</sup>	18.1 <sup>ns</sup>	4.08 <sup>ns</sup>	0.657 <sup>ns</sup>
تاریخ کاشت Sowing date (SD)	1	5.33 <sup>ns</sup>	368 <sup>ns</sup>	3.00 <sup>ns</sup>	6745 <sup>**ns</sup>	30.0 <sup>*</sup>	0.129 <sup>ns</sup>
گونه Species (S)	1	28.2 <sup>ns</sup>	82.6 <sup>ns</sup>	1.33 <sup>ns</sup>	38.5 <sup>ns</sup>	168 <sup>**</sup>	3.68 <sup>*</sup>
C×SD	1	31.2 <sup>**</sup>	20.0 <sup>ns</sup>	0.000 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	14.0 <sup>ns</sup>	1.20 <sup>ns</sup>
خطا Error	6	11.8	66.6	2.19	70.8	3.97	0.606
ضریب تغییرات C.V. (%)	11.0	6.60	21.2	21.6	15.5	20.0	26.5

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup> و <sup>\*\*</sup>: به ترتیب تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup> and <sup>\*\*</sup>: non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

جدول ۴- اثر متقابل گونه گیاهی و تاریخ کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی گونه‌های شهری و شیرازی بالنگو در تاریخ کاشت پاییزه و بهاره در شرایط دیم

Table 4- The interaction effect of plant species and sowing date on the quantitative and qualitative characteristics of (*L. iberica*) and (*L. royleana* L.) species in autumn and spring sowing dates in dryland condition

تاریخ کاشت Sowing date	گونه‌های گیاهی Plant species	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield (kg ha <sup>-1</sup> )	سبزی‌نگی برگ Leaf greenness
بهاره Spring	<i>L. iberica</i>	44.6 <sup>b</sup>	29.4 <sup>d</sup>	47.8 <sup>b</sup>
پاییزه Autumn		49.9 <sup>a</sup>	66.7 <sup>b</sup>	59.4 <sup>a</sup>
بهاره Spring	<i>L. royleana</i>	38.7 <sup>c</sup>	47.2 <sup>c</sup>	46.0 <sup>b</sup>
پاییزه Autumn		52.9 <sup>a</sup>	109 <sup>a</sup>	55.0 <sup>a</sup>

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون مقایسه میانگین حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Columns with similar letters are not significantly different from each other based on the mean comparison test of the minimum significant difference at the 5% probability level.

جدول ۵- اثرات ساده گونه گیاهی و تاریخ کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی گونه‌های شهری و شیرازی بالنگو در تاریخ کاشت پاییزه و بهاره در شرایط دیم

Table 5- Simple effects of plant species and sowing date on quantitative and qualitative characteristics of (*L. iberica*) and (*L. royleana*) species in autumn and spring sowing dates in dryland condition

تیمارها Treatments	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg ha <sup>-1</sup> )	درصد موسیلاژ Mucilage percentage (%)	وزن هزاردانه 1000-seed weight (g)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg ha <sup>-1</sup> )
بالنگوی شهری <i>L. iberica</i>	6.16 <sup>b</sup>	-	-	-	6.68 <sup>b</sup>	3.48 <sup>a</sup>	-
بالنگوی شیرازی <i>L. royleana</i>	13.6 <sup>a</sup>	-	-	-	12.60 <sup>a</sup>	2.38 <sup>b</sup>	-
پاییزه Autumn	-	77.8 <sup>a</sup>	929.5 <sup>a</sup>	1810 <sup>a</sup>	-	-	0.884 <sup>a</sup>
بهاره Spring	-	30.4 <sup>b</sup>	411.0 <sup>b</sup>	983 <sup>b</sup>	-	-	0.390 <sup>b</sup>

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون مقایسه میانگین حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Columns with similar letters are not significantly different from each other based on the mean comparison test of the minimum significant difference at the 5% probability level.

بالنگو را گزارش دادند (Abdolahi and Maleki Farahani, 2015). بنابراین بالنگو شیرازی ۸۸/۶ درصد موسیلاژ بیشتری نسبت به بالنگوی شهری دارد. موسیلاژ با افزایش سطح تماس بذر با خاک و در نتیجه افزایش عرضه رطوبت به دانه و به حداقل رساندن از دست دادن آب، عامل مهمی در مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی به حساب می‌آید (Yang et al., 2010). با توجه به نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۲) که هدایت الکتریکی را ۷/۸۹ دسی‌زیمنس بر متر

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار گونه ( $p \leq 0.01$ ) بر درصد موسیلاژ دانه بود (جدول ۳). نتایج نشان داد، در مقایسه هر دو گونه، موسیلاژ بذر گونه شیرازی بیش‌تر از گونه شهری بود. بیش‌ترین درصد موسیلاژ دانه ۱۲/۶۰ درصد در گونه شیرازی و کم‌ترین آن ۶/۶۸ درصد در گونه شهری مشاهده شد (جدول ۴). به طور کلی بذرهایی که درصد موسیلاژ و شاخص تورم بالاتری دارند از کیفیت بالاتری برخوردار خواهند بود. محققان تفاوت قابل توجهی در درصد موسیلاژ بین دو نوع

می‌توان به بیش‌تر بودن عملکرد دانه در مقایسه با تاریخ کاشت بهاره نسبت داد (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص برداشت با عملکرد دانه ( $r=0.709^{**}$ )، صحت این مطلب را تأیید می‌کند (جدول ۶). محققین در آزمایشی در مشهد مشاهده نمودند که شاخص برداشت گیاهان نخود در کاشت بهاره (۱۶ اسفند) نسبت به کاشت پاییزه (۲۴ مهر و ۱۱ آبان)، کم‌تر بود (Nezami and Bagheri, 2005). آن‌ها دلیل احتمالی این کاهش را به افزایش نسبت رشد رویشی به رشد زایشی گیاهان در تاریخ کاشت بهاره مربوط دانستند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشخص شد که اثرات تاریخ کاشت ( $p \leq 0.01$ )، گونه ( $p \leq 0.01$ ) و اثر متقابل گونه و تاریخ کاشت ( $p \leq 0.05$ ) بر عملکرد موسیلاژ معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، عملکرد موسیلاژ گونه شیرازی بیش‌تر از گونه شهری بود. عملکرد موسیلاژ گونه شیرازی با میانگین  $10.9/2$  گرم در متر مربع در کشت پاییزه با افزایش  $271/3$  درصدی نسبت به کشت بهاره بالنگوی شهری با میانگین  $29/4$  گرم در متر مربع به طور معنی‌دار کم‌تر بود (جدول ۴) که با نتایج Ahmadi and Maleki Farahani, 2021 مطابقت داشت.

از آنجایی که تأثیر پارامترهای هواشناسی بر تاریخ‌های مختلف کاشت متفاوت است، آب یک عامل اساسی در مدیریت تولید محصول است. دما، تابش آفتاب و سایر شرایط هواشناسی به تنهایی یا به طور مشترک بر رشد و بهره‌وری گیاه تأثیر می‌گذارند (Abdolahi and Maleki Farahani, 2015). نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) همچنین بیانگر اثر معنی‌دار تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب بود. بین دو تاریخ کاشت مورد بررسی، کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت پاییزه با میانگین  $0.884$  کیلوگرم بر متر مکعب نسبت به کاشت بهاره با میانگین  $0.390$  کیلوگرم بر متر مکعب، تقریباً  $126/6$  درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). این موضوع اهمیت تغییر تاریخ کاشت را به عنوان یک استراتژی سازگاری با تغییرات آب و هوایی برای کاهش تبخیر نشان می‌دهد (Rahimi Moghaddam et al., 2016). یک مطالعه نشان داد که تاریخ کاشت پاییزه به دلیل دمای پایین تبخیر و تعرق کمتری نسبت به تاریخ کاشت بهاره دارد (Deihimfard and Rahimi Moghaddam, 2016). در واقع، کاشت زود هنگام

نشان داد، در این مطالعه مشاهده شد که در شرایط شوری  $7/89$  دسی‌زیمنس بر متر، گونه بالنگوی شیرازی موسیلاژ بیشتری را در مقایسه با گونه بالنگوی شهری دارد. پژوهشگران بیان کردند در شرایط تنش شوری و خشکی موسیلاژ به جوانه‌زنی بذر در تنش خشکی و شوری کمک کرده و نقش مهمی را از نظر اکولوژیکی در چرخه زندگی گیاه‌بازی می‌کند (Yang et al., 2010).

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد اثر گونه بر وزن هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که وزن هزار دانه بالنگوی شهری با میانگین  $3/48$  گرم نسبت به بالنگوی شیرازی با میانگین  $2/38$  گرم،  $46/21$  درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). تفاوت معنی‌دار وزن هزار دانه بین دو گونه گیاهی در شرایط یکسان، مؤید این مطلب است که وزن هزار دانه تحت تأثیر ژنتیک نیز است (Mokari, 2020).

اثر تاریخ کاشت ( $p \leq 0.01$ ) بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). بین دو تاریخ کاشت مورد بررسی، ارتفاع بوته در تاریخ کاشت پاییزه با میانگین  $77/83$  سانتی‌متر نسبت به کاشت بهاره با میانگین  $30/41$  سانتی‌متر، تقریباً  $155/9$  درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). تغییرات شرایط محیطی مانند دما، مدت روز و رطوبت موجود خاک در طول فصل رشد تحت تأثیر تاریخ کاشت بوده و بر سرعت رشد و ارتفاع گیاه تأثیر می‌گذارد (Zareei Siahbidi et al., 2021). پژوهشگران گزارش دادند که کشت به موقع و وقوع دماهای بهینه در طول دوره رشد رویشی گیاه باعث افزایش ارتفاع آن نسبت به کشت دیررس می‌شود (Faraji, 2003).

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳ اثر تاریخ کاشت ( $p \leq 0.01$ ) و اثر متقابل گونه و تاریخ کاشت ( $p \leq 0.05$ ) بر شاخص برداشت معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، که شاخص برداشت در هر دو گونه گیاهی بالنگوی کشت پاییزه بیش‌تر بود. به‌طوری‌که شاخص برداشت در کشت پاییزه گونه شیرازی با میانگین  $52/91$  درصد افزایش نشان داد، که با میزان شاخص برداشت بالنگوی شهری در کشت پاییزه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد و در کشت بهاره گونه شیرازی با میانگین  $38/71$  درصد کم‌تر بود (جدول ۴). علت بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمار تاریخ کاشت پاییزه را

می‌دهد که رشد رویشی خوب و گیاهان با قدرت رشد کافی برای دستیابی به عملکرد بالا مورد نیاز است (Dahie-Zehi *et al.*, 2020). بر اساس یافته‌های مطالعه عبداله‌ای و همکاران (Abdolahi *et al.*, 2014)، بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب همبستگی مثبت و معنی‌دار آماری وجود دارد. در مطالعه دیگری، محققان همبستگی مثبت و معنی‌دار آماری بین مقدار آب مصرفی و عملکرد دانه و ارتفاع گیاه پیدا کردند، که نشان می‌دهد میزان آب مصرفی نقش مهمی در افزایش ارتفاع گیاه دارد. بنابراین، همبستگی معنی‌دار بین مقدار آب مصرفی و عملکرد و اجزای عملکرد دانه نشان‌دهنده حساسیت گیاه به افزایش دما و کمبود آب است و پیشنهاد می‌کند که مدیریت بهینه آب در کشت گیاه در نظر گرفته شود (Salamati *et al.*, 2021).

باعث می‌شود که چرخه رشد در دماهای پایین‌تر به پایان برسد و همین مشکل باعث کاهش تعرق در سطح گیاه و تبخیر سطح خاک می‌شود.

### ضریب همبستگی

نتایج همبستگی بین صفات مورد مطالعه در جدول ۶ آورده شده است. عملکرد دانه به ترتیب با صفات کارایی مصرف آب ( $r=0.992^{**}$ )، ارتفاع بوته با صفات عملکرد دانه ( $r=0.996^{**}$ )، کارایی مصرف آب ( $r=0.996^{**}$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=0.982^{**}$ )، تعداد شاخه فرعی با عملکرد موسیلاژ ( $r=0.986^{**}$ ) و درصد موسیلاژ ( $r=0.962^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. ضریب همبستگی بالا بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نشان

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه گونه‌های شهری و شیرازی بالنگو در تاریخ کاشت پاییزه و بهاره در شرایط دیم

Table 6- Correlation coefficients of studied traits of (*L. iberica*) and (*L. royleana*) species in autumn and spring sowing dates in dryland condition

	سبزیگی برگ (۱) Leaf greenness (1)	تعداد چرخه گل در بوته (۲) Number of inflorescence per plant (2)	تعداد فندقه در چرخه گل (۳) Number of achene per inflorescence (3)	ارتفاع بوته (۴) Plant height (4)	تعداد شاخه فرعی (۵) Number of sub-branches (5)	وزن هزار دانه (۶) 1000-seed weight (6)	عملکرد دانه (۷) Seed yield (7)	عملکرد بیولوژیک (۸) Biologic yield (8)	شاخص برداشت (۹) Harvest Index (9)	درصد موسیلاژ (۱۰) Mucilage percentage (10)	عملکرد موسیلاژ (۱۱) Mucilage yield (11)	کارایی مصرف آب (۱۲) Water use efficiency (12)
1	1											
2	-0.424 <sup>ns</sup>	1										
3	0.55 <sup>ns</sup>	0.503 <sup>ns</sup>	1									
4	-0.090 <sup>ns</sup>	0.848 <sup>ns</sup>	0.871 <sup>ns</sup>	1								
5	-0.055 <sup>ns</sup>	0.652 <sup>ns</sup>	-0.181 <sup>ns</sup>	0.311 <sup>ns</sup>	1							
6	-0.243 <sup>ns</sup>	-0.116 <sup>ns</sup>	0.609 <sup>ns</sup>	0.219 <sup>ns</sup>	-0.828 <sup>ns</sup>	1						
7	-0.081 <sup>ns</sup>	0.806 <sup>ns</sup>	0.911 <sup>ns</sup>	0.996 <sup>**</sup>	0.226 <sup>ns</sup>	0.299 <sup>ns</sup>	1					
8	-0.188 <sup>ns</sup>	0.805 <sup>ns</sup>	0.917 <sup>ns</sup>	0.982 <sup>*</sup>	0.158 <sup>ns</sup>	0.387 <sup>ns</sup>	0.992 <sup>**</sup>	1				
9	0.320 <sup>ns</sup>	0.654 <sup>ns</sup>	0.825 <sup>ns</sup>	0.913 <sup>ns</sup>	0.322 <sup>ns</sup>	0.060 <sup>ns</sup>	0.909 <sup>ns</sup>	0.849 <sup>ns</sup>	1			
10	-0.341 <sup>ns</sup>	0.432 <sup>ns</sup>	-0.552 <sup>ns</sup>	-0.074 <sup>ns</sup>	0.874 <sup>ns</sup>	-0.8260 <sup>ns</sup>	-0.159 <sup>ns</sup>	-0.185 <sup>ns</sup>	-0.160 <sup>ns</sup>	1		
11	-0.050 <sup>ns</sup>	0.909 <sup>ns</sup>	0.413 <sup>ns</sup>	0.797 <sup>ns</sup>	0.820 <sup>ns</sup>	-0.403 <sup>ns</sup>	0.741 <sup>ns</sup>	0.686 <sup>ns</sup>	0.768 <sup>ns</sup>	0.497 <sup>ns</sup>	1	
12	-0.082 <sup>ns</sup>	0.806 <sup>ns</sup>	0.911 <sup>ns</sup>	0.996 <sup>**</sup>	0.224 <sup>ns</sup>	0.302 <sup>ns</sup>	1.0 <sup>**</sup>	0.992 <sup>**</sup>	0.908 <sup>ns</sup>	-0.160 <sup>ns</sup>	0.740 <sup>ns</sup>	1

<sup>ns</sup>، \* و \*\*: به ترتیب تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

<sup>ns</sup>، \* and \*\*: non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

دانه نشان دهنده حساس بودن گیاه به افزایش دما و کمبود آب و توجه به مدیریت بهینه زراعی در کشت گیاه دارد. از طرف دیگر درصد موسیلاژ در گونه بالنگو شیرازی بیش از بالنگو شهری است که به نظر می‌رسد نوعی واکنش و استراتژی گیاه در شرایط دیم برای افزایش جذب آب و هدایت آن به دانه و

### نتیجه‌گیری کلی

از این پژوهش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که عملکرد دانه در کشت پاییزه بیش‌تر از کشت بهاره بود. علت را می‌توان به افزایش کارایی مصرف آب در کشت پاییزه نسبت داد. زیرا همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کارایی مصرف آب با عملکرد

بودن دما، رطوبت و بارندگی‌های کافی نسبت به ۸ اسفند (کشت بهاره) را می‌توان برای هر دو گونه بالنگو شیرازی و شهری تحت شرایط خشک و نیمه‌خشک مناسب دانست.

### تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

ادامه فرایندهای فیزیولوژیک درون دانه، تولید موسیلاژ بیشتر باشد. علاوه بر این با توجه به شرایط شوری خاک در این مطالعه و افزایش موسیلاژ گونه بالنگوی شیرازی نسبت به گونه بالنگو شهری، با این حال ضروری است که تحقیقات مکمل در این زمینه در شرایط مزرعه صورت پذیرد. به طور کلی تاریخ کاشت ۲۹ آبان (کشت پاییزه) به دلیل طولانی بودن فصل، مساعد

### References

- Abdolahi, M. and Maleki Farahani, S., 2015. Evaluation of seed yield, mucilage and protein of different species and ecotypes of balangu (*Lallemantia* sp.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31, pp.676-678. [In Persian]. doi: [org/10.22092/ijmapr.2015.102684](https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.102684)
- Abdolahi, M., Maleki Farahani, S., Fotukian, M.H. and Hasanzadeh Gorttapeh, A., 2014. Evaluation of yield, yield components and water use efficiency of shahri and shirazi balangu (*Lallemantia* sp) under drought stress for irrigation management. *Journal of Water and Irrigation Management*, 3, pp.103-120. [In Persian]. doi: [org/10.22059/jwim.2014.50045](https://doi.org/10.22059/jwim.2014.50045)
- Ahmadi, R. and Maleki Farahani, S., 2021. Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics, and nitrogen efficiency in *Lallemantia iberica* (M.Bieb.) Fisch. & C.A.Mey. and *Lallemantia royleana* (Benth.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37, pp.65-82. [In Persian]. doi: [org/10.22092/ijmapr.2021.351894.2864](https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351894.2864)
- Amanzadeh, Y., Khosravi Dehaghi, N., Gohari, A., Monsef-Esfahani, H. and Sadat Ebrahimi, S., 2011. Antioxidant activity of essential oil of *Lallemantia iberica* in flowering stage and post-flowering stage. *Research Journal of Biological Sciences*, 6, pp.114-117.
- Anjum, S., Wang, L., Farooq, M., Khan, I. and Xue, L., 2011. Methyl jasmonate-induced alteration in lipid peroxidation, antioxidative defence system and yield in soybean under drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197, pp.296-301. doi: [org/10.1111/j.1439-037x.2011.00468.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.2011.00468.x)
- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.L., Waskom, R.M., Niu, Y. and Siddique, K.H., 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, pp.1-21. doi: [org/10.1007/s13593-015-0338-6](https://doi.org/10.1007/s13593-015-0338-6)
- D'Antuono, L., Moretti, A. and Lovato, A.F.S., 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial Crops and Products*, 15, pp.59-69. doi: [org/10.1016/s0926-6690\(01\)00096-6](https://doi.org/10.1016/s0926-6690(01)00096-6)
- Dahie-Zehi, F., Ramroudi, M. and Raissi, A., 2022. Investigation of Some Morphological Traits, Yield, Yield Components, and Oil Percentage of Sesame Genotypes under Drought Stress Conditions. *Journal of Crops Improvement*, 24, pp.41-51. [In Persian]. doi: [org/10.22059/jci.2021.316826.2499](https://doi.org/10.22059/jci.2021.316826.2499)
- Deihimfard, R. and Rahimi Moghadam, S., 2016. Assessing the yield of spring and autumn-sown sugar beet in Mashhad and Neyshabor, Khorasan using a simulation model. *Journal of Plant Production*, 22, pp.157-180.

[In Persian].

Ebadi, M.T., Azizi, M., Omidbaigi, R. and Hasanzadeh khayat, M., 2010. Effect of sowing date and harvest frequency on flower yield, essential oil percent and composition of chamomile (*Matricaria recutita* L.) CV. Presov. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26, pp.213-226. [In Persian].

**doi: org/10.1055/s-0030-1264356**

Elmendorf, S.C., Henry, G.H., Hollister, R.D., Fosaa, A.M., Gould, W.A., Hermanutz, L., Hofgaard, A., Jonsdottir, I.S., Jorgenson, J.C. and Levesque, E., 2015. Experiment, monitoring, and gradient methods used to infer climate change effects on plant communities yield consistent patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, pp.448-452. **doi: org/10.1073/pnas.1410088112**

Farahani pad, P., Paknejad, F., Fazeli, F., Ilkaee, M.N. and Davoodi fard, M., 2012. Effect of sowing date on dry matter and yield components in four soybean cultivars. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8, pp.203-212. [In Persian].

Faraji, A., 2003. Effect of sowing date and plant density on rapeseed varieties. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 5, pp.64-73. [In Persian].

Hajmohammadnia Ghalibaf, K., Bannayan Aval, M., Rashed Mohassel, M.H., Valaei, N., Yaghoubi, F. and Rashidi, Z., 2020. Effects of Sowing Date and Deficit Irrigation on Water Use Efficiency of Cumin (*Cuminum L.*) at two different Densities in Mashhad Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18, pp.213-224. [In Persian].

He, W., Yang, J.Y., Qian, B., Drury, C.F., Hoogenboom, G., He, P., Lapen, D. and Zhou, W., 2018. Climate change impacts on crop yield, soil water balance and nitrate leaching in the semiarid and humid regions of Canada. *Plos one*, 13. **doi: org/10.1371/journal.pone.0207370**

Herbingr, K., Tausz, M., Wonisch, A., Soja, G., Sorger, A. and Grill, D., 2002. Complex interactive effects of drought and ozone stress on the antioxidant defense system of two wheat cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40, pp.691-696. **doi: org/10.1016/s0981-9428(02)01410-9**

Ion, V., Basa, A.G., Sandoiu, D.I. and Obrisca, M., 2011. Results regarding biological characteristics of the species *Lallemantia iberica* in the specific conditions from south Romania. *Scientific Papers, UASVM Bucharest*, 54, pp.275-280.

Kalyanasundaram, N.K., Patel, P.B. and Dalal, K.C., 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* Forsk in relation to the available nitrogen in soil. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 52, pp.240-242.

Karimi Jalilehvandi, T., Maleki Farahani, S. and Rezazadeh, A., 2020. Effects of sowing date and chemical fertilizer on the flavonoid content and quantitative and qualitative characteristics of lady's mantle (*Lallemantia royleana* Benth.) seed. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35, pp.1059-1075. **doi: org/10.22092/ijmapr.2020.122860.2368**

Karimi Jalilehvandi, T., Maleki farahani, S. and Rezazadeh, A.R., 2017. Effects of sowing date and chemical fertilizer on seed vigor and qualitative and quantitative characteristics of Lady's mantle (*Lallemantia royleana* Benth.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33, pp. 126-138. [In Persian]. **doi:**

**org/10.22092/ijmapr.2017.109717**

- Khamdi, N., Nezami, A. and Bagheri, A.R., 2009. Effect of autumn sowing on phenology and morphology of cold hardy lentils (*Lens culinaris* Medik.) in Mashhad conditions. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 2, pp.39-51. [In Persian]. doi: **org/10.22077/escs.2009.51**
- Mokari, M., 2021. Investigation the Effect of Changing the Irrigation Method on the Harvest Index and Water Productivity of Two Wheat Cultivars with the Use of Nitrogen Fertilizer. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 24, pp.141-158. [In Persian]. doi: **org/10.47176/jwss.24.4.22993**
- Nezami, A. and Bagheri, A., 2005. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring sowing: I-phenology and morphology. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3, pp.143-155. [In Persian].
- Nezami, A., Korramdel, S., Nassiri-Mahallati, M. and Mohammad-Abadi, A.A., 2009. Effect of sowing dates on cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces in Mashhad conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 2, pp.1-13. [In Persian]. doi: **org/10.22077/escs.2009.10**
- Overeem, A., Buisman, G.J.H., Derksen, J.T.P., Cuperus, F.P., Molhoek, L. and Grisnich, W., 1999. Seed oils rich in linolenic acid as renewable feedstock for environment-friendly crosslinkers in powder coatings. *Industrial Crops and Products*, 10, pp.157-165. doi: **org/10.1016/S0926-6690(99)00018-7**
- Qiu, G.Y., Wang, L., He, X., Zhang, X., Chen, S., Chen, J. and Yang, Y., 2008. Water Use Efficiency and Evapotranspiration of Winter Wheat and Its Response to Irrigation Regime in the North China Plain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, pp.1848-1859. doi: **org/10.1016/j.agrformet.2008.06.010**
- Rahimi Moghaddam, S., Kambouzia, J. and Deihimfard, R., 2016. Investigating the maize (*Zea mays* L.) water use efficiency in hot areas under climate change conditions. *Environmental Sciences*, 14, pp.27-40. [In Persian].
- Salamati, S., Danaie, A. and Behbahani, L., 2021. Comparison and Evaluation of the Effects of Different Levels of Tape Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Two Local Behbahan and Shevin Sesame Varieties. *Journal of Water and Soil Science*, 25, pp.13-24. [In Persian]. doi: **org/10.47176/jwss.25.2.26986**
- Samimifar, P., Shafagh kolvanagh, J., Dabbagh mohammadi nassab, A. and Raei, Y., 2019. Evaluation of Grain Yield and Oil and Protein of 49 dragon's Head (*Lallemantia iberica* Fisch. E Mey) Ecotype at East Azarbaijan. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29, pp.159-174. [In Persian].
- Sarkees, N.A. and Tahir, D.S.H., 2016. Seed yield and oil content of safflower as affected by genotypes and sowing dates. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 47, pp.56-65.
- Tabatabaie, R., Amini Dehaghi, M., Shahmoradi, M. and Kaviani Ahangar, F., 2011. Effects of Sowing Date and Different Amounts of Nitrogen Fertilizer on the Yield and Yield Components of Two Marigold Varieties (*Calendula Officinalis*). *Daneshe Zeraat*, 3, pp.103-118. [In Persian].
- Torabi, H., Naghdibadi, H.A, Omid, H., Amirshkari, H. and Miransari, M., 2008. Effects of soil tillage, canola (*Brassica napus* L.) cultivars and sowing date on canola yield, and oil and some biological and physical properties of soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54, pp.175-188. doi: **org/10.1080/03650340701814292**

- Yadollahi, P., Asgharipour, M.R., Marvane, H., Kheiri, N. and Amiri, A., 2017. The effects of drought stress on grain and oil yield of two cultivars on sunflower. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 1, 65-76. [In Persian].
- Yang, X., dong, M. and huang, Z., 2010. Role of mucilage in the germination of *Artemisia sphaerocephala* achens exposed to osmotic stress and salinity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, pp.131-135. **doi: org/10.1016/j.plaphy.2009.12.006**
- Zareei Siabidi, A., Rezaizad, A., Asgari, A. and Shiranirad, A.H., 2021. Investigation of the Effect of Delayed Sowing Date on some Agronomic Characteristics of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars in Kermanshah. *Plant Production Technology*, 13, pp.105-118. [In Persian].
- Zhang, X., Chen, S., Liu, M., Pei, D. and Sun, H., 2005. Improved Water Use Efficiency Associated with Cultivars and Agronomic Management in the North China plain. *Agronomy Journal*, 97, pp. 783–790. **doi: org/10.2134/agronj2004.0194**

## Yield comparison and agronomic properties of Dragon's head (*Lalelemantia iberica* L.) and Lady's mantle (*Lalelemantia royleana* L.) under dry land farming in autumn and spring sowing

Nasrullah Abbasi Dehkord<sup>1</sup>, Saeideh Maleki Farahani<sup>2\*</sup>, Maryam Mirdoraghi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Ph. D Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

\* Corresponding Author: [maleki@shahed.ac.ir](mailto:maleki@shahed.ac.ir)

Received: 7 November 2023 Accepted: 16 July 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.424183.1378

### Abstract

**Introduction:** The dragon's head, with the scientific name *Lallemantia* sp, is one of the medicinal plants of the mint family (*Lamiaceae*). Dragon's head is a plant that has various uses due to its medicinal and industrial properties as well as its use in agriculture. This plant is used in sustainable agriculture in arid and semi-arid regions of Iran. Drought is one of the most important issues in the cultivation of medicinal plants in arid and semi-arid conditions. Because one of the factors that may have a significant adverse effect on plant growth is water scarcity. In contrast, the ability of plant species to tolerate water deficit and wet conditions varies, and this characteristic is usually used to identify drought-tolerant species. Dragon's head ability to produce in dry conditions shows the flexibility and adaptability of this plant in drought stress conditions. In summary, weather conditions greatly impact the production and effectiveness of medicinal plants by affecting the levels of active substances. Changes in sowing dates influence plant density and water availability during growth. Effective irrigation planning, considering factors like water use efficiency, seed yield, and overall water utilization, is crucial for maximizing plant growth and economic performance. By considering weather conditions, adjusting sowing dates, and implementing efficient water management strategies, farmers can enhance water use efficiency, economic performance, and the overall quality of medicinal plant production. Considering the lack of information about the response of different dragon head species in autumn and spring sowing under arid and semi-arid conditions, the present study was conducted to investigate the effect of sowing date on yield and quantitative and qualitative traits of dragon's head (*L. iberica*) and lady's mantle (*L. royleana*) in dry and semi-dry conditions.

**Materials and Methods:** To investigate the effect of planting date on the yield, quantitative and qualitative traits of the dragon's head (*L. royleana* and *L. iberica*) under dryland condition, a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design in three replications. The first factor was two types of *Lallemantia* (*L. royleana* and *L. iberica*), and the second factor was the planting date (November 29 and March 8, respectively, as autumn and spring sowing).

**Results and Discussion:** The results showed that the simple effect of species on the thousand seed weight at the 5% probability level, number of sub-branches was significant, mucilage percentage and mucilage yield at the 1% probability level. So, the number of sub-branches and mucilage percentage in *L. royleana* increased by 121.7% and 88.6%, respectively, compared to *L. iberica*. Also, by examining the simple effect of sowing date (autumn and spring), the number of sub-branches increased at the 5% probability level. Plant height, seed yield, biological yield, harvest index, mucilage yield, and water use efficiency increased at the 1% probability level at the autumn sowing date compared to the spring sowing date. In this regard, grain yield and water use efficiency on the

autumn sowing date showed an increase of 125.8% and 126.6%, respectively, compared to the spring sowing date. In addition, the mucilage yield and harvest index in the autumn sowing of *L. royleana* were 271.3% and 36.6% higher, respectively, than the spring sowing of *L. iberica*.

**Conclusions:** In general, the sowing date of 29 November (autumn sowing) due to the length of the season, favorable temperature, humidity, and sufficient rainfall compared to 8 March (spring sowing) can be considered suitable for both (*L. royleana* and *L. iberica*) dragon's head species under dryland condition. In addition, considering the soil salinity conditions in this study and the increase in mucilage of *L. royleana* species compared to the *L. iberica* species, it is necessary to carry out additional research in field condition.

**Keywords:** Drought stress, Medicinal plant, Mucilage, Spring sowing, Water use efficiency

## اثر مصرف علفکش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی و کود نیتروژن بر عملکرد باقلا و کنترل علف‌های هرز در دو منطقه دره شهر و ملکشاهی

زاهد زینی وند<sup>۱</sup>، عباس ملکی<sup>۲\*</sup>، فرزاد بابایی<sup>۲</sup>، علیرضا طاهری<sup>۲</sup>، محمد میرزایی حیدری<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام، ایلام، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام، ایلام، ایران

۳- گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام، ایلام، ایران

۴- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

\* مسئول مکاتبه: [maleki97@yahoo.com](mailto:maleki97@yahoo.com)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.446933.1407

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

### چکیده

مصرف زیاد علفکش برای کنترل علف‌های هرز باقلا موجب خسارت به محیط زیست می‌گردد که لزوم شناسایی دوز مناسب را نمایان می‌کند. مطالعه حاضر به بررسی اثر علفکش و نیتروژن بر عملکرد باقلا و علف‌های هرز در مناطق دره شهر و ملکشاهی طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ می‌پردازد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی کود نیتروژن در ۳ سطح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. عامل فرعی ۵ سطح علفکش ترفلان (عدم مصرف، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار) و ۵ سطح از علفکش هالوکسی فوپ (عدم مصرف، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ لیتر در هکتار) بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و مصرف ۰/۹ لیتر هالوکسی فوپ به مقدار ۲۵۰۶/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بین ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و مصرف ۰/۹ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و مصرف ۱/۵ یا ۲ لیتر در هکتار ترفلان اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه وجود نداشت. در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب به مقدار ۱/۲ و ۲ لیتر در هکتار موجب کاهش عملکرد شد. در خصوص هر دو علفکش ترفلان و هالوکسی فوپ نیز به ترتیب با مصرف ۱/۵ و ۰/۹ لیتر در هکتار هم عملکرد دانه‌ی مناسبی تولید شد و هم وزن و تراکم علف‌های هرز را کاهش یافت؛ چرا که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۲ و ۱/۲ لیتر ترفلان و هالوکسی فوپ وجود نداشت و این به حفظ پایداری محیط زیست کمک می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** اوره، تراکم علف‌های هرز، ترفلان، عملکرد دانه، هالوکسی فوپ

### مقدمه

کشاورزی مهم در ایران است و تولید آن در سال‌های اخیر افزایش یافته است. به طور معمول، باقلا در مناطقی با آب و هوای گرم و خشک کشت می‌شود و نیاز به آب کمی دارد. ایران با دارا بودن شرایط آب و هوایی مناسب برای کشت باقلا، یکی از کشورهای تولیدکننده این محصول مهم است (Roudgarnejad *et al.*, 2021). با توجه به افزایش توجه به کشاورزی و تولید محصولات غذایی در ایران، پیش‌بینی می‌شود که تولید باقلا در سال‌های بعد نیز افزایش خواهد یافت. با توجه به آمارهای ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، تولید باقلا در ایران در سال ۲۰۲۰ حدود ۲۵۰ هزار تن بوده است. همچنین، سطح زیر کشت باقلا در این سال حدود ۵۰ هزار هکتار بوده است. این آمارها نشان از اهمیت و جایگاه باقلا در صنعت کشاورزی ایران دارد و نشان‌دهنده توسعه و افزایش

باقلا یک گیاه گرمسیری است که از خانواده لگومینوزها (Fabaceae) می‌باشد. این گیاه یک‌ساله بوده و اغلب به عنوان یک محصول کشاورزی مهم و با ارزش شناخته می‌شود. باقلا به عنوان یک گیاه کشتی بسیار مهم در کشاورزی شناخته می‌شود و در بسیاری از کشورها به ویژه در مناطق گرمسیری و معتدل کشت می‌شود (Gu *et al.*, 2024). این گیاه به خاطر مزه لذیذ، ارزش غذایی بالا، قابلیت رشد در شرایط مختلف اقلیمی و خصوصیات زراعی مطلوب آن مورد توجه قرار گرفته است. باقلا دارای خواص غذایی بسیار متنوعی است و منبع خوبی از پروتئین، فیبر، ویتامین‌ها و مواد معدنی مانند آهن، منیزیم و فسفر می‌باشد (Sufar *et al.*, 2024; Heydari *et al.*, 2019; Maleki *et al.*, 2014). باقلا (*Vicia faba*) یکی از محصولات

است و در فرآیند تولید پروتئین، کلروفیل و اسیدهای آمینه موجود در گیاهان نقش بسیار مهمی دارد (Fathi, 2022). گیاهان برای رشد و توسعه به مقدار زیادی نیتروژن نیاز دارند و استفاده از کود نیتروژن به عنوان یک منبع اصلی این عنصر غذایی، می‌تواند بهبود چشمگیری در رشد و توسعه گیاهان، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات داشته باشد (Eyni *et al.*, 2023; Bahamin *et al.*, 2021; Heydari *et al.*, 2009). باقلا یکی از گیاهانی است که به مقدار زیادی نیتروژن نیاز دارد. استفاده از کود نیتروژن برای باقلا می‌تواند به تولید بیشتر محصولات منجر شود، زیرا نیتروژن باعث افزایش رشد سریع گیاه، تشکیل شاخه‌ها و برگ‌ها، افزایش تعداد و اندازه غلاف‌ها و حتی افزایش تعداد گل‌ها می‌شود. همچنین نیتروژن به مقدار مناسب باعث افزایش مقاومت گیاه به شرایط نامساعد مانند خشکسالی، بیماری‌ها و آفت‌ها می‌شود و به گیاه کمک می‌کند تا بهتر به این شرایط تطابق پیدا کند (Feilinezhad *et al.*, 2022; Demir *et al.*, 2021; Heydari *et al.*, 2011). از طرفی کود نیتروژن نیز علاوه بر اهمیت بالا در تغذیه گیاهی، در توسعه یا توقف رشد علف‌های هرز بسیار تأثیر گذار است و شناسایی بهترین مقدار مصرف آن بسیار مهم است. مکانیسمی که در اثر آن افزایش نیتروژن باعث اثرات منفی در علف‌های هرز می‌گردد هنوز به طور کامل شناخته نشده است، گرچه ظاهراً به این دلیل است که افزایش نیتروژن باعث افزایش سرعت رشد گیاه در اثر سرعت و اندازه بیشتر توسعه سطح برگ و افزایش سریع محتوای نیتروژن در برگ گیاهان محصول می‌گردد (Mirzaei Heydari *et al.*, 2023; Arvin *et al.*, 2017; Edalatjo *et al.*, 2019). کاربرد نیتروژن سرعت رشد رویشی را در اثر افزایش سریع LAI بالا می‌برد که در اثر آن رشد شاخ و برگ و اندازه کل منطقه فتوسنتزی افزایش می‌یابد، این امر به افزایش عملکرد نیز کمک می‌کند (Bassi *et al.*, 2018). مدیریت کود یکی از عملیاتی است که به طور برجسته در تداخل علف‌های هرز-محصول اثر دارد (Fathi and Zeidali, 2021). مقدار نیتروژن خاک می‌تواند بر رقابت گیاه زراعی-علف هرز تأثیر داشته باشد (Niazi and Mirzaei, 2018; Heydari, 2019; Zeidali *et al.*, 2018).

در مقادیر کم نیتروژن یک دوره آغازی طولانی‌تر عاری از علف هرز برای محصول در مقایسه با سطوح بالای نیتروژن نیاز است. در مقدار کم نیتروژن محصول در رقابت با علف‌های هرز به خاطر سیکل رشدش آسیب‌پذیر است، گرچه در سطوح بالای

تولید این محصول در کشور می‌باشد (Sheikh and Chekani, 2021; Roudgarnejad *et al.*, 2021).

در کشاورزی، کشت باقلا نیازمند شرایط آب و هوایی مناسب، خاک مناسب و مراقبت‌های لازم از زمان کاشت تا برداشت است. توجه به مواردی مانند نور، آبیاری، کوددهی، کنترل آفات و بیماری‌ها و مدیریت خاک می‌تواند به عملکرد و کیفیت محصول باقلا کمک کند. کشاورزان اغلب علف‌های هرز را به عنوان یکی از عمده‌ترین محدودیت‌های بیولوژیکی در رشد موفق حبوبات می‌دانند. در واقع در مقایسه با غلات، حبوبات عمدتاً یک عادت رشد نامحدود همراه با نرخ رشدی آهسته در مراحل اولیه چرخه زندگی خود را دارا هستند که این ویژگی غالباً به نفع ظهور و رشد علف‌های هرز است (Horácio *et al.*, 2024). تداخل علف‌های هرز در زراعت باقلا ضمن تأثیر منفی بر کارایی برداشت و کیفیت بذر می‌تواند عملکرد دانه را تا ۸۳ درصد کاهش دهد (Kousta *et al.*, 2024). امروزه کمبود مواد غذایی و فرآورده‌های کشاورزی به دلایل مختلف از جمله افزایش جمعیت، تخریب محیط زیست، پایین بودن راندمان تولید و عدم توزیع و مصرف عادلانه آن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، چهره خود را بر جمعیت رو به افزایش کره زمین نشان داده است و انسان هم پای افزایش جمعیت، تمام تلاش خود را برای افزایش آن بکار گرفته است (Hafeez *et al.*, 2023; Beigzadeh *et al.*, 2019; Rahmani *et al.*, 2014). با توجه به محدودیت افزایش سطح زیر کشت، بیشتر برنامه‌های توسعه کشاورزی، افزایش تولید در واحد سطح را در دستور کار خود قرار داده‌اند و در این میان مبارزه با هر عاملی که باعث خسارت و کاهش عملکرد می‌گردد (از جمله علف‌های هرز)، در اولویت قرار دارد (Mohamed *et al.*, 2024). امروزه کنترل جمعیت علف‌های هرز نه ریشه کن کردن آن‌ها مورد توجه است. کنترل شیمیایی علف‌های هرز به دلیل تأثیر سریع و مطلوب آن در سراسر جهان توسعه یافته و این روش یکی از مهمترین و متداولترین راهکارهای کنترل علف‌های هرز است. تعداد علف‌کش‌های پیش‌رویشی قابل استفاده در زراعت باقلا محدود است. تحقیقات بیشتری برای شناسایی علف‌کش‌های پیش‌رویشی که علف‌های هرز پهن‌برگ را در زراعت باقلا کنترل می‌کنند، مورد نیاز است (Yates *et al.*, 2024).

کود نیتروژن یکی از اصلی‌ترین عناصر غذایی برای گیاهان

مدیریت مناسب مصرف نیتروژن می‌تواند به بهبود تنوع گیاهان، کنترل تراکم علف‌های هرز و افزایش تولید محصولات کشاورزی کمک کند (Gairola et al., 2024).

مصرف زیاد علف‌کش‌ها می‌تولند به آلودگی خاک و منابع آبی منجر شود. بنابراین، استفاده بهینه از دوزهای علف‌کش پیش و پس‌رویشی می‌تواند کمک کند تا مصرف علف‌کش‌ها به حداقل رسیده و باقی‌مانده آنها در خاک کاهش یابد. انجام تحقیقات و مطالعات بر روی تأثیرات مصرف کود نیتروژن و علف‌کش‌ها بر محیط زیست و باقی‌مانده آنها در خاک می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا روش‌های بهینه‌تری برای مصرف این مواد ارائه کنند (Skubała et al., 2024). به طور کلی، استفاده بهینه از کود نیتروژن و دوزهای علف‌کش‌های پیش و پس‌رویشی می‌تواند بهبود عملکرد محصولات کشاورزی و حفظ محیط زیست را تضمین کند (De Cauwer et al., 2024). استفاده از دوز مناسب علف‌کش می‌تواند به کنترل علف‌های هرز و جلوگیری از رشد آنها کمک کند. دوز بالا از علف‌کش ممکن است باعث آسیب به گیاهان کشتی شود و دوز پایین ممکن است نتواند علف‌های هرز را کنترل کند. استفاده از دوز مناسب علف‌کش می‌تواند هزینه‌های کشت را کاهش دهد و به حفظ محیط زیست کمک کند، زیرا استفاده از دوز بیش از حد می‌تولند به آلودگی آب، خاک و هوا منجر شود (Du et al., 2024). با توجه به این ارتباطات، برنامه‌ریزی دقیق و هماهنگ بین مصرف کود نیتروژن دار و استفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی می‌تواند به بهبود عملکرد و تولید محصولات کشاورزی کمک کند و در عین حال به حفظ محیط زیست نیز کمک کند. از طرفی با توجه به اطلاعات آماری موجود، شهرستان دره شهر و همچنین ملکشاهی یکی از مناطق مهم کشاورزی استان ایلام محسوب می‌شوند و تولیدات زراعی و باغی متنوعی در این منطقه صورت می‌گیرد. این تحقیق از آن جهت دارای نوآوری است که تا کنون در شرایط مختلف از لحاظ بافت خاک، تحقیق مشابهی در خصوص بکارگیری علف‌کش پیش‌رویشی و پس‌رویشی در کنار مصرف نیتروژن بر گیاه زراعی باقلا انجام نشده است.

## مواد و روش‌ها

### محل اجرای طرح

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مناطق دره

نیتروژن گیاه به سرعت توسعه یافته و علف‌های هرز خفه شده و رشدشان کنترل شد که این امر باعث افزایش توان رقابتی نسبت به علف‌های هرز گردید، این رخداد به وضعیت نیتروژن خاک نسبت داده شده است که می‌تواند رقابت محصول-علف هرز را در طول یک دوره کوتاه تعیین کند (Alandia et al., 2016). نتایج مشابهی توسط دیگر محققان گزارش شده است (Sufar et al., 2024). پس کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن می‌تواند جهت بالا بردن سرعت رشد کائوبی محصول در ممانعت از رشد علف‌های هرز استفاده شود (Coblentz et al., 2017).

در سال‌های اخیر نگرانی‌های مربوط به محیط زیست و هزینه مصرف کود و علف‌کش نیز وجود دارد. از طرفی گزارش شده است که علف‌کش‌ها و بقایای آنها در خاک می‌توانند رشد رایزوبیوم، بقایای رایزوبیوم، توانایی رایزوبیوم در تشخیص گیاه میزبان، تشکیل گره و تغییر شکل شدن تارهای کشنده ریشه و فعالیت آنزیم نیتروژناز در یک رابطه همزیستی بین لگوم - رایزوبیوم تحت تأثیر قرار دهند (Jankauskienė et al., 2024). کاهش رشد گیاه و فراهمی مواد فتوسنتزی برای گره، کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش مکانهای آلوده سازی ریشه نیز در اثر کاربرد علف‌کش‌ها بر روی گره زایی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن در حبوبات گزارش شده است (Fan et al., 2014).

علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ و ترفلان از علف‌کش‌های شیمیایی هستند که به‌عنوان یکی از روش‌های مهم برای کنترل علف‌های هرز در مزارع باقلا استفاده می‌شوند. مصرف کود نیتروژن دار و استفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی مانند ترفلان و هالوکسی‌فوپ می‌تواند تأثیرات متنوعی بر مقدار عملکرد محصولات کشاورزی داشته باشد. مصرف بیش از حد نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش تراکم و میزان رشد علف‌های هرز شود (Atieno et al., 2024)، زیرا این گیاهان نسبت به نیتروژن حساس هستند و با افزایش مصرف آن، رشد آنها نیز تقویت می‌شود. مصرف نیتروژن به طور ناقص می‌تواند منجر به کاهش تنوع گیاهان و افزایش تراکم علف‌های هرز شود، زیرا گیاهان مقاوم‌تر به نیتروژن می‌توانند بهتر از علف‌های هرز رقابت کنند (Trove et al., 2024).

مصرف بهینه نیتروژن می‌تواند به حفظ تنوع گیاهان و کنترل تراکم علف‌های هرز کمک کند، زیرا گیاهان سالم و قوی بهتر از علف‌های هرز رقابت می‌کنند. با توجه به این ارتباطات،

شهرستان دره شهر دارای بافت شنی و خاک مزرعه شهرستان  
ملکشاهی دارای بافت رسی می‌باشد.

شهر (دارای آب و هوای گرم) و شهرستان ملکشاهی (درای آب  
و هوای معتدل) استان ایلام اجرا شد. ضمناً خاک مزرعه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Table 1- Physical and chemical properties of soil at the test site (2021-2021)

عمق	بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن در دسترس	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	ویژگی
Depth (cm)	Texture	pH	EC (ds m <sup>-1</sup> )	Organic carbon (percentage)	Available nitrogen (percentage)	Absorbable phosphorus (mg kg <sup>-1</sup> )	Potassium Absorbent (mg kg <sup>-1</sup> )	Property
0-30	شنی Sandy	7.1	0.93	0.84	0.041	21	238	دره شهر Dareshahr
0-30	رسی clay	7.1	0.98	0.86	0.043	20	225	ملکشاهی Malekshahi

ابعاد هر کرت فرعی ۳×۳ متر، شامل ۶ ردیف کاشت بود. فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر و برای کرت‌های اصلی یک متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت بذور، با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی خاک کودهای فسفاته و پتاس در سطح مزرعه؛ به ترتیب به مقدار ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم پخش گردید. کاشت در آبان ماه به صورت دستی اجرا شد. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای (نشستی) انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور، انجام گرفت.

### نمونه‌برداری

به منظور تعیین عملکرد بیولوژیکی نمونه‌برداری توسط کوادرات ۱×۱ مترمربع به صورت تصادفی از داخل کرت‌ها انجام شد. صفات زراعی مانند ارتفاع بوته با خط‌کش، تعداد غلاف در بوته، و دانه در غلاف نیز با شمارش تعیین شد.

غلظت نیتروژن در مراحل پیلانی رشد گیاه اندازه‌گیری و تعیین شد. میزان نیتروژن با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون با استفاده از دستگاه کج‌دال (Jackson, 1964) اندازه‌گیری شد. تنوع علف‌های هرز در مزرعه با استفاده از پرتاب دو کوادرات با ابعاد ۵۰ سانتی‌متر در ۵۰ سانتی‌متر و به صورت تصادفی انجام شد. سپس تنوع علف‌های هرز بر حسب تعداد در متر مربع اندازه‌گیری شد. همچنین تراکم علف‌های در مزرعه نیز بر حسب تعداد در متر مربع اندازه‌گیری مورد سنجش قرار گرفت. وزن تر علف‌های هرز با استفاده از ترازوی دیجیتالی محاسبه شد.

### طرح آماری

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل ۵ سطح از علف‌کش پیش رویشی ترفلان با EC48% (عدم مصرف، ۰/۵، ۱، ۱/۵ لیتر در هکتار) و ۵ سطح از علف‌کش پس رویشی هالوکسی فوپ آرمیتیل با EC 10.8% (عدم مصرف، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹، ۱/۲ لیتر در هکتار) بود. عامل دوم شامل کود نیتروژن در ۳ سطح ۰، ۵۰ کیلوگرم در هکتار (۵۰ درصد مقدار توصیه شده) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۵۰ درصد مقدار توصیه شده) بود. در تیمار مقدار توصیه شده مربوط به ترفلان EC48% این علف‌کش به مقدار توصیه شده ۱ لیتر در هکتار مصرف شد. همچنین در تیمار مقدار توصیه شده مربوط به هالوکسی فوپ آرمیتیل EC 10.8% این علف‌کش به مقدار توصیه شده ۰/۶ لیتر در هکتار مصرف شد.

آزمایش دارای ۳۰ تیمار و ۹۰ کرت بود. ترفلان علف‌کشی است انتخابی و سیستمی از گروه دی نیترو آنیلین که علیه بسیاری از علف‌های هرز کشیده‌برگ و پهن‌برگ یک‌ساله به صورت قبل از رویش در مزارع مختلف استفاده می‌شود. هالوکسی فوپ آرمیتیل علف‌کشی است سیستمی که پس از رویش علف‌های هرز یک‌ساله و چند ساله در زراعت‌های پهن‌برگی مانند چغندرقد، کلزا، پیاز، سویا و سیب زمینی به کار می‌رود.

### عملیات زراعی

زمین محل آزمایش در بهار شخم و سپس دیسک زده شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از انجام تجزیه آماری داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-والک و کولموگراف-اسمیرنوف با نرم‌افزار SAS بررسی شد. داده‌ها با نرم‌افزار SAS تجزیه مرکب گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گردید.

### نتایج و بحث

#### ارتفاع بوته

نتایج این بررسی نشان داد که اثر اصلی کود نیتروژن، اثر اصلی علف‌کش و اثر متقابل کود نیتروژن و علف‌کش بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۵۰

کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۹ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ به مقدار ۱۳۸ سانتی‌متر حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف نیتروژن و عدم مصرف علف‌کش به میزان ۷۲ درصد افزایش داشت. همچنین بین تیمار برتر با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۶ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب به مقدار ۱/۲ و ۲ لیتر در هکتار موجب کاهش این شاخص شد. همچنین افزایش مصرف از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش ارتفاع بوته شد که این کاهش در برخی تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب اثر عوامل آزمایشی بر صفات عملکردی

Table 2- Mean squares obtained from combined analysis of variance the effect of experimental factors on functional traits

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی DF	ارتفاع Height	تعداد دانه در تعداد غلاف		وزن صد دانه 100 seeds weight	نیتروژن دانه عملکرد دانه Seed yield Nitrogen	تنوع علفهای هرز Diversity of weeds	تراکم علف‌های هرز Weeds density	وزن علف‌های هرز Weeds weight	
			در بوته Number of pod in plant	غلاف Number of seeds in pod						
مکان Place (P)	1	745.0 <sup>ns</sup>	1.225 <sup>ns</sup>	0.098 <sup>ns</sup>	54.74 <sup>ns</sup>	22220 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.425 <sup>ns</sup>	5.62 <sup>ns</sup>	278.4 <sup>ns</sup>
تکرار (مکان) P(Rep) (R)	4	341.4	59.00	4.997	2176.7	852101	2.260	50.56	640.5	5361
نیتروژن Nitrogen (N)	2	16748.1 <sup>**</sup>	2.7561 <sup>**</sup>	0.217 <sup>**</sup>	1170.1 <sup>**</sup>	461985 <sup>**</sup>	0.001 <sup>**</sup>	88.6 <sup>**</sup>	570.5 <sup>**</sup>	10174 <sup>**</sup>
مکان × نیتروژن P×N	2	0.5 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.035 <sup>ns</sup>	13.8 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.017 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>
خطای اصلی Residual a	8	328.2	7.641	0.540	562	206687	0.039	26.5	259.5	5068
علف‌کش Herbicide (H)	9	900.5 <sup>**</sup>	25.67 <sup>**</sup>	2.047 <sup>**</sup>	897 <sup>**</sup>	349998 <sup>**</sup>	0.486 <sup>**</sup>	9.73 <sup>**</sup>	167.6 <sup>**</sup>	2652 <sup>**</sup>
مکان × علف‌کش P×H	9	0.032 <sup>ns</sup>	0.0008 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.027 <sup>ns</sup>	10.5 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>
نیتروژن × علف‌کش N×H	18	102.9 <sup>**</sup>	0.0002 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	91.3 <sup>**</sup>	30781 <sup>**</sup>	0.811 <sup>**</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	8.55 <sup>**</sup>	140.3 <sup>**</sup>
مکان × نیتروژن × علف‌کش Y×N×H	18	0.034 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.9 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>
خطای کل Residual	108	32.8	4.104	0.315	185.4	7794.4	0.124	2.822	35.5	2505.4
ضریب تغییرات CV(%)	-	5.8	13.4	13.1	13.5	17.6	23.5	14.1	18.3	22.1

\*, \*\* و <sup>ns</sup>: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم تفاوت معنادار

\* , \*\* and <sup>ns</sup>: Significance at the 5%, 1% probability level and no significant difference

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل علف کش و کود نیتروژن بر برخی صفات باقلا

Table 3- Comparison of the average interaction effect of herbicide and nitrogen fertilizer on some characteristics of beans

کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg.ha <sup>-1</sup> )	علف کش Herbicide (L.ha <sup>-1</sup> )	ارتفاع بوته Height (cm)	وزن صد دانه 100 seeds weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	
0	ترفلان TREFLAN	0	82.6 <sup>o</sup>	79.7 <sup>g</sup>	1680 <sup>i</sup>
		0.5	88.3 <sup>mno</sup>	83.5 <sup>fg</sup>	1691 <sup>i</sup>
		1	90.3 <sup>mn</sup>	87.3 <sup>efg</sup>	1784.7 <sup>hi</sup>
		1.5	93.41 <sup>m</sup>	95 <sup>c-g</sup>	1831.2 <sup>ghi</sup>
		2	89.3 <sup>mno</sup>	98.3 <sup>a-g</sup>	1986.2 <sup>d-i</sup>
		0	82 <sup>o</sup>	83.1 <sup>fg</sup>	1704 <sup>i</sup>
	هالوکسی فوپ Haloxypop	0.3	85.4 <sup>no</sup>	90.4 <sup>d-g</sup>	1819.6 <sup>hi</sup>
		0.6	90.4 <sup>mn</sup>	94.4 <sup>c-g</sup>	1893.2 <sup>f-i</sup>
		0.9	91 <sup>mn</sup>	100 <sup>a-f</sup>	1968.7 <sup>d-i</sup>
		1.2	88.5 <sup>mno</sup>	98.2 <sup>a-g</sup>	2010 <sup>d-i</sup>
		0	105 <sup>ijk</sup>	91.9 <sup>d-g</sup>	2051 <sup>c-i</sup>
		0.5	110 <sup>ghij</sup>	97.3 <sup>a-g</sup>	2095 <sup>b-h</sup>
50	ترفلان TREFLAN	1	118 <sup>c-f</sup>	103.3 <sup>a-e</sup>	2228.4 <sup>a-f</sup>
		1.5	123 <sup>bcd</sup>	114.4 <sup>ab</sup>	2291.3 <sup>a-e</sup>
		2	115 <sup>e-h</sup>	106.6 <sup>a-d</sup>	2464.7 <sup>ab</sup>
		0	110 <sup>ghij</sup>	96.4 <sup>b-g</sup>	2090.9 <sup>b-h</sup>
		0.3	124.3 <sup>bc</sup>	100.4 <sup>a-f</sup>	2162.4 <sup>a-h</sup>
		0.6	135.3 <sup>a</sup>	105.8 <sup>a-e</sup>	2342.7 <sup>a-d</sup>
	هالوکسی فوپ Haloxypop	0.9	138 <sup>a</sup>	116.3 <sup>a</sup>	2506.3 <sup>a</sup>
		1.2	125 <sup>bc</sup>	109.4 <sup>a-d</sup>	2261.5 <sup>a-f</sup>
		0	103.2 <sup>jk</sup>	90.9 <sup>d-g</sup>	1923.9 <sup>ef-i</sup>
		0.5	109 <sup>hij</sup>	95.2 <sup>b-g</sup>	1993.1 <sup>d-i</sup>
		1	111.8 <sup>f-i</sup>	99.8 <sup>a-f</sup>	2101 <sup>b-h</sup>
		1.5	116.7 <sup>d-g</sup>	106.7 <sup>a-d</sup>	2250.1 <sup>a-f</sup>
100	ترفلان TREFLAN	2	93.7 <sup>lm</sup>	102 <sup>a-f</sup>	2119.9 <sup>b-h</sup>
		0	111.6 <sup>f-i</sup>	94 <sup>c-g</sup>	2028.5 <sup>c-i</sup>
		0.3	116.7 <sup>d-g</sup>	101.2 <sup>a-f</sup>	2114.9 <sup>b-h</sup>
		0.6	122 <sup>bcde</sup>	106.4 <sup>a-e</sup>	2310 <sup>a-e</sup>
		0.9	127.1 <sup>b</sup>	111.3 <sup>abc</sup>	2401.8 <sup>abc</sup>
		1.2	99.1 <sup>kl</sup>	104 <sup>bcde</sup>	2211 <sup>a-g</sup>

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معناداری توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند

Columns with common letters do not have a statistically significant difference by LSD test at the level of 5%.

می‌توانند بهتر رشد کنند و ارتفاع بوته آنها افزایش یابد  
(Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024).

مصرف علف کش نیز ممکن است به افزایش ارتفاع بوته باقلا منجر شود زیرا علف کش‌ها می‌توانند عوامل مختلفی مانند تنظیم رشد گیاه، تغذیه گیاه و حفظ تعادل بین عناصر غذایی در خاک را تحت تأثیر قرار دهند. اگر علف کش به طور نادرست استفاده شود و باعث اختلال در فرآیندهای زیستی گیاه شود،

مصرف کود اوره موجب افزایش ارتفاع بوته می‌شود زیرا اوره یک منبع نیتروژن قابل حل برای گیاهان است. وقتی که گیاهان نیتروژن بیشتری دریافت می‌کنند، رشد و توسعه آنها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و این می‌تواند منجر به افزایش ارتفاع بوته شود. نیتروژن یکی از عناصر غذایی اصلی برای گیاهان است و در فرآیند رشد و توسعه آنها نقش مهمی دارد. بنابراین، با افزایش مصرف کود اوره که منبعی غنی از نیتروژن است، گیاهان

(جدول ۴).

مصرف همزمان کود نیتروژن و علفکش‌های هالوکسی فوپ یا ترفلان در مزارعی که علف‌های هرز زیادی دارند، ممکن است منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه شود. این موضوع ممکن است به دلیل تأثیرات تنظیمی و رشدی که این علفکش‌ها بر روی گیاه دارند، باعث افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه شود (Voeding *et al.*, 2018; Mirzaei *et al.*, 2018). علفکش‌های هالوکسی فوپ و ترفلان به عنوان علفکش‌های اصلاحی شناخته می‌شوند که به منظور کنترل علف‌های هرز استفاده می‌شوند. این علفکش‌ها ممکن است با تنظیم رشد گیاه، مهار رشد علف‌های هرز و تأثیر بر فعالیت‌های زیستی گیاه، بهبود عملکرد مزرعه را تسهیل کنند. همچنین، کود نیتروژن نیز به عنوان یک منبع تغذیه‌ای مهم برای گیاهان شناخته می‌شود که رشد و توسعه آنها را تقویت می‌کند. بنابراین، همزمانی مصرف کود نیتروژن و علفکش‌های هالوکسی فوپ یا ترفلان می‌تواند منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه شود. این امر ممکن است به دلیل تأثیرات متقابل این مواد بر روی رشد و توسعه گیاهان باشد (Sufar *et al.*, 2024).

ممکن است گیاه باقلا به دلایلی مانند تنظیم رشد نامناسب یا کاهش جذب عناصر غذایی، ارتفاع بوته خود را کاهش دهد. از طرفی مصرف مناسب علفکش موجب کاهش تراکم علف‌های هرز خواهد شد که به دنبال آن ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (Shah *et al.*, 2024).

### تعداد غلاف در بوته

یافته‌های این تحقیق نشان داد که اثر اصلی کود نیتروژن و اثر اصلی علفکش بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود و سایر تیمارها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعداد غلاف در بوته به مقدار ۱۷/۱۳ عدد حاصل شد که بیشتر از تیمار شاهد بود ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت. در خصوص علفکش ترفلان نیز با مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار از این ماده، تعداد غلاف در بوته به مقدار ۱۶۶/۴۳ عدد حاصل شد که در بین اثرات اصلی علفکش بالاترین مقدار بود اما اختلاف معنی‌داری با مصرف ۰/۹ گرم هالوکسی فوپ نداشت. با افزایش مصرف ترفلان یا هالوکسی فوپ به حداکثر، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی علفکش و کود نیتروژن بر برخی صفات باقلا

Table 4- Comparison of the average main effect of herbicide and nitrogen fertilizer on some characteristics of beans

		تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تنوع علفهای هرز Diversity of weeds (number per m <sup>2</sup> )
کود نیتروژن fertilizer (kg.ha <sup>-1</sup> )	0	14.49 <sup>c</sup>	3.95 <sup>b</sup>	5.32 <sup>c</sup>
	50	17.03 <sup>ab</sup>	4.49 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>b</sup>
	100	17.13 <sup>a</sup>	4.86 <sup>a</sup>	7.67 <sup>a</sup>
ترفلان TREFLAN (l.ha <sup>-1</sup> )	0	11.8 <sup>c</sup>	3.75 <sup>c</sup>	7.64 <sup>a</sup>
	0.5	12.49 <sup>bc</sup>	3.90 <sup>b</sup>	8.27 <sup>b</sup>
	1	13.95 <sup>b</sup>	3.97 <sup>b</sup>	7.98 <sup>c</sup>
	1.5	16.43 <sup>a</sup>	4.66 <sup>a</sup>	7.72 <sup>d</sup>
	2	15.12 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	8.2 <sup>d</sup>
هالوکسی فوپ Haloxifop (l.ha <sup>-1</sup> )	0	11.84 <sup>d</sup>	3.8 <sup>c</sup>	7.21 <sup>a</sup>
	0.3	12.01 <sup>cd</sup>	4.00 <sup>bc</sup>	8.95 <sup>b</sup>
	0.6	13.23 <sup>c</sup>	4.11 <sup>b</sup>	7.8 <sup>c</sup>
	0.9	15.96 <sup>a</sup>	4.31 <sup>a</sup>	7.72 <sup>d</sup>
	1.2	14.7 <sup>b</sup>	4.25 <sup>ab</sup>	7.31 <sup>d</sup>

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معناداری توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند

Columns with common letters do not have a statistically significant difference by LSD test at the level of 5%.

## تعداد دانه در غلاف

داده‌های حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود نیتروژن و اثر اصلی علف‌کش بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود و سایر تیمارها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعداد دانه در غلاف به مقدار ۴/۸۶ عدد حاصل شد که بیشتر از تیمار شاهد بود ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت. در خصوص علف‌کش ترفلان نیز با مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار از این ماده، تعداد غلاف در بوته به مقدار ۴/۶۶ عدد حاصل شد که در بین اثرات اصلی علف‌کش بالاترین مقدار بود اما اختلاف معنی‌داری با مصرف ۰/۹ گرم هالوکسی فوپ نداشت. با افزایش مصرف ترفلان یا هالوکسی فوپ به حداکثر، تعداد دانه در غلاف کاهش یافت (جدول ۴).

کاهش تعداد علف‌های هرز می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه در بوته گیاهان زراعی مانند باقلا شود به دلیل اینکه علف‌های هرز می‌توانند باعث رقابت با گیاهان زراعی برای منابع مانند نور، آب و مواد غذایی شوند. وقتی که تعداد علف‌های هرز در مزرعه کاهش یابد، گیاهان زراعی بیشتری از منابع موجود بهره‌مند می‌شوند و این می‌تواند بهبود رشد و توسعه آنها را تسهیل کند (Gairola et al., 2024). در تحقیق حاضر با مصرف مناسب علف‌کش تراکم علف‌های هرز کاهش یافت و در این تیمارها تعداد اندام‌های زایشی افزایش پیدا کرد. همچنین، کاهش تعداد علف‌های هرز می‌تواند بهبود تنظیم رقابت بین گیاهان زراعی منجر شود. وجود علف‌های هرز زیاد می‌تواند باعث تنظیم نامناسب رقابت بین گیاهان زراعی شود و به عنوان یک عامل محدود کننده برای رشد و توسعه آنها عمل کند. با کاهش تعداد علف‌های هرز، گیاهان زراعی می‌توانند بهتر و با کارایی بیشتری از منابع موجود استفاده کنند و این می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه در بوته گیاهان زراعی شود (Trolove et al., 2024).

مصرف کود نیتروژن می‌تواند بهبود رشد و توسعه گیاهان زراعی را تسهیل کند. نیتروژن یکی از عناصر غذایی اصلی برای گیاهان است و نقش مهمی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان دارد. زمانی که گیاهان دسترسی به نیتروژن کافی دارند، می‌توانند بهتر از منابع موجود استفاده کنند و رشد بهتری داشته باشند. با افزایش مصرف کود نیتروژن، گیاهان می‌توانند

بیشترین از این عنصر غذایی برای ساختن پروتئین‌ها و سایر مولکول‌های ضروری استفاده کنند. این موضوع می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه‌ها در غلاف گیاه شود (Skubala et al., 2024). زیرا پروتئین‌ها و سایر ترکیبات مهمی که برای تولید دانه‌ها لازم هستند، به میزان بیشتری تولید می‌شوند. همچنین، مصرف کود نیتروژن می‌تواند به افزایش تعداد اندام‌های زایشی گیاهان منجر شود. زیرا نیتروژن نقش مهمی در رشد و توسعه اندام‌های زایشی گیاهان دارد و با افزایش تأمین این عنصر، گیاهان می‌توانند اندام‌های زایشی بیشتری تولید کنند (Jhala et al., 2024).

## وزن صد دانه

نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که اثر اصلی کود نیتروژن، اثر اصلی علف‌کش و اثر متقابل کود نیتروژن و علف‌کش بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). یافته‌های مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن صد دانه در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۹ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ به مقدار ۱۱۶/۳ گرم حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف نیتروژن و عدم مصرف علف‌کش به میزان ۴۶ درصد افزایش داشت. بین ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۹ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار ترفلان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بین تیمار برتر با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۶ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب به مقدار ۱/۲ و ۲ لیتر در هکتار موجب کاهش این شاخص شد. افزایش مصرف از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش وزن صد دانه شد که این کاهش در برخی تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳).

استفاده از کود اوره می‌تواند به افزایش وزن صد دانه باقلا کمک کند. عنصر نیتروژن به طور مستقیم رابطه‌ای با افزایش وزن صد دانه باقلا دارد (Sharma et al., 2024). نیتروژن یکی از عناصر غذایی اصلی برای گیاهان است که در فرآیند تولید پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات زیستی موجود در گیاهان نقش مهمی دارد. بنابراین، با استفاده از کود اوره و

امر منجر به تولید بیشتر انرژی برای گیاه می‌شود که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. نیتروژن به عنوان جزء اصلی در ساخت آنزیم‌ها نقش دارد که در فرآیندهای متعدد بیوشیمیایی گیاهان مشارکت دارند (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024; Zabet *et al.*, 2015). با تأمین نیتروژن به گیاه، فعالیت آنزیم‌ها تنظیم شده و فرآیندهای زیستی بهبود می‌یابد که به عملکرد بهتر گیاه و افزایش عملکرد دانه کمک می‌کند (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024).

کاهش تراکم علف‌های هرز تحت مصرف علف‌کش می‌تواند به افزایش عملکرد دانه گیاه زراعی منجر شود به دلیل تأثیرات متعددی که دارد. زمانی که تراکم علف‌های هرز بسیار بالا باشد، آنها با گیاه زراعی برای منابع اساسی مانند نور، آب و مواد غذایی رقابت می‌کنند. با کاهش تراکم علف‌های هرز تحت مصرف علف‌کش، رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز کاهش می‌یابد و گیاه زراعی بهتر می‌تواند منابع خود را بهره‌برداری کند که منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. علف‌های هرز می‌توانند باعث خسارت‌های فیزیکی و بیولوژیکی به گیاه زراعی شوند، از جمله کاهش رشد، جذب مواد غذایی و تخریب ساقه و برگ‌ها (Mohamed *et al.*, 2024). با کاهش تراکم علف‌های هرز، این خسارت‌ها کاهش می‌یابد و گیاه زراعی قادر به رشد و توسعه بهتری می‌باشد که در نهایت به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود. با کاهش تراکم علف‌های هرز، تعادل بیولوژیک در مزرعه حفظ می‌شود. این به معنای این است که جانوران مفید و میکروارگانیسم‌های خاک که به کنترل طبیعی علف‌های هرز کمک می‌کنند، فرصت بهتری برای فعالیت دارند. این باعث افزایش بهره‌وری و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Jankauskienė *et al.*, 2024).

مصرف متعادل کود نیتروژن و مصرف متعادل علف‌کش می‌تواند به طریق‌های مختلف به افزایش عملکرد گیاه زراعی کمک کند. این دو عامل می‌توانند با همکاری و تعادل مناسب، به بهبود رشد و عملکرد گیاهان کمک کنند. کود نیتروژن یکی از عناصر تغذیه اصلی برای گیاهان است و با افزایش مصرف متعادل آن، گیاهان به تأمین نیازهای تغذیه‌ای خود برای رشد و توسعه بهتر دست پیدا می‌کنند. مصرف متعادل علف‌کش می‌تواند به کنترل علف‌های هرز کمک کند و از رقابت گیاهان با علف‌های هرز جلوگیری کند (Gairola *et al.*, 2024). این امر

تأمین نیتروژن کافی برای گیاهان، می‌تواند وزن صد دانه باقلا را افزایش داد و عملکرد آنها را بهبود بخشید. وقتی که گیاهان دسترسی به نیتروژن کافی دارند، می‌توانند بهتر از منابع موجود استفاده کنند و فعالیت فیزیولوژیکی بهتری داشته باشند. این امر منجر به رشد بهتر گیاهان، افزایش تعداد دانه‌ها، و در نتیجه افزایش وزن صد دانه باقلا می‌شود (Ge *et al.*, 2024).

به طور خاص، کاهش تعداد علف‌های هرز می‌تواند به افزایش وزن صد دانه کمک کند زیرا گیاهان دسترسی به منابع نور، آب و عناصر غذایی بهتری خواهند داشت. این موضوع می‌تواند منجر به رشد بهتر گیاهان، افزایش تعداد دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن صد دانه شود. بنابراین، اهمیت مدیریت علف‌های هرز در مزارع و کشتزارها برای بهبود عملکرد گیاهان و افزایش عملکرد محصولات بسیار اساسی است (Yates *et al.*, 2024).

### عملکرد دانه

تجزیه واریانس صفت عملکرد دانه بیانگر آن بود که کود نیتروژن، اثر اصلی علف‌کش و اثر متقابل کود نیتروژن و علف‌کش بر این شاخص معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۹ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ به مقدار ۲۵۰۶/۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف نیتروژن و عدم مصرف علف‌کش به میزان ۶۸ درصد افزایش داشت. بین ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۹ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۱/۵ یا ۲ لیتر در هکتار ترفلان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بین تیمار برتر با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مصرف ۰/۶ لیتر در هکتار هالوکسی فوپ اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب به مقدار ۱/۲ و ۲ لیتر در هکتار موجب کاهش این شاخص شد. افزایش مصرف از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش عملکرد دانه شد که این کاهش در برخی تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳).

نیتروژن به عنوان یکی از اجزای اصلی کلروفیل در گیاهان نقش دارد و تقویت فعالیت فتوسنتزی را تسهیل می‌کند. این

عناصر مغذی اصلی برای رشد و توسعه گیاهان است و در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه نقش مهمی دارد. با افزایش مصرف کود نیتروژن، گیاهان به راحتی می‌توانند نیتروژن مورد نیاز خود را جذب کنند و از آن برای رشد و توسعه استفاده کنند (Zamani et al., 2023; Kardoni et al., 2019). نیتروژن به عنوان یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان برای تولید پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه، باعث افزایش رشد ریشه‌ها و افزایش سطح جذب نیتروژن از خاک می‌شود. با افزایش مصرف کود نیتروژن، ریشه‌ها بهبود می‌یابد و گیاهان قادر به جذب بیشتر نیتروژن از خاک می‌شوند. نیتروژن به عنوان یکی از عناصر محرک رشد گیاهان شناخته شده است. با افزایش مصرف کود نیتروژن، گیاهان تحریک شده و بهبود رشد، تولید بیشتر برگ و ساقه، و در نهایت افزایش عملکرد دانه دارند (Gharib et al., 2024).

مصرف علف‌کش‌های هالوکسی فوپ و ترفلان به دلیل تأثیرات زیست‌محیطی و فیزیولوژیکی این علف‌کش‌ها می‌تواند منجر به کاهش جذب نیتروژن توسط گیاهان زراعی شود. استفاده از علف‌کش‌های هالوکسی فوپ و ترفلان باعث کاهش فعالیت میکروب‌ها و ارگانوسم‌های خاکی مفید شود که نیتروژن را از فرم‌های غیرقابل جذب به فرم‌های قابل جذب برای گیاهان تبدیل می‌کنند (Skubała et al., 2024). این کاهش فعالیت زیستی خاک می‌تواند باعث کاهش جذب نیتروژن توسط گیاهان شود. علف‌کش‌های هالوکسی فوپ و ترفلان می‌توانند با مهار رشد گیاهان هرز، باعث افزایش فضای خالی بین گیاهان زراعی شوند (Voeding et al., 2024). این فضای خالی باعث افزایش دسترسی به نور، آب و مواد مغذی برای گیاهان زراعی می‌شود و باعث افزایش رشد آن‌ها و کاهش نیاز به جذب نیتروژن می‌گردد. علف‌کش‌های هالوکسی فوپ و ترفلان ممکن است تأثیرات سمی بر روی گیاهان زراعی داشته باشند که باعث کاهش فعالیت جذب نیتروژن توسط گیاهان می‌شود (Sufar et al., 2024). بنابراین، مصرف زیاد علف‌کش‌های هالوکسی فوپ و ترفلان ممکن است به دلیل کاهش فعالیت زیستی خاک، مهار رشد گیاهان هرز و تأثیرات سمی این علف‌کش‌ها باعث کاهش جذب نیتروژن توسط گیاهان زراعی شود (De Cauwer et al., 2024).

منجر به افزایش عملکرد گیاهان به دلیل کاهش رقابت بین گیاهان و علف‌های هرز می‌شود. بنابراین، ارتباط بین مصرف متعادل کود نیتروژن و مصرف متعادل علف‌کش با افزایش عملکرد گیاه زراعی از طریق تأمین تغذیه گیاه، کنترل علف‌های هرز و حفظ تعادل زیستی می‌تواند مؤثر باشد (Atieno et al., 2024).

مصرف بیش از حد کود نیتروژن می‌تواند به مشکلاتی منجر شود که به طور معکوس بر عملکرد گیاه زراعی اثر منفی داشته باشد. مصرف بیش از حد کود نیتروژن می‌تواند به رشد غیرمتعادل گیاهان منجر شود. این ممکن است باعث افزایش رشد بخش‌های سبز گیاه و کاهش تولید میوه یا دانه شود. گیاهان که به اثرات بیش از حد کود نیتروژن معرض هستند، ممکن است حساسیت بیشتری به بیماری‌ها و آفات داشته باشند که به طور مستقیم بر عملکرد آن‌ها تأثیر منفی می‌گذارد (Koocheki et al., 2015). بنابراین، مصرف بیش از حد کود نیتروژن می‌تواند به تخریب تعادل زیستی در مزرعه و به طور کلی به کاهش عملکرد گیاهان منجر شود. بهترین روش برای بهره‌وری بهتر از کود نیتروژن، استفاده متوازن و متناسب با نیازهای گیاهان و شرایط مزرعه است (Kiani et al., 2014).

## نیتروژن

یافته‌های به دست آمده نشان داد که اثر اصلی کود نیتروژن، اثر اصلی علف‌کش و اثر متقابل کود نیتروژن و علف‌کش بر نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین نیتروژن در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف ترفلان به مقدار ۱/۳۸ درصد حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف نیتروژن و مصرف کمترین حد علف‌کش ترفلان به میزان ۶۱ درصد افزایش داشت. در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب به مقدار ۱/۲ و ۲ لیتر در هکتار موجب کاهش این شاخص شد. افزایش مصرف نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش مقدار جذب نیتروژن شد که این افزایش در برخی تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۵).

مصرف کود نیتروژن می‌تواند به افزایش جذب نیتروژن در دانه منجر شود به دلیل اثرات متعددی که دارد. نیتروژن یکی از

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل علف‌کش و کود نیتروژن بر برخی صفات باقلا

Table 5- Comparison of the average interaction effect of herbicide and nitrogen fertilizer on some characteristics of beans

کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg.ha <sup>-1</sup> )	علف‌کش Herbicide (l.ha <sup>-1</sup> )	نیتروژن Nitrogen (%)	تراکم علف‌های هرز Weeds density (N.m <sup>-2</sup> )	وزن تر علف‌های هرز Weeds weight (g.m <sup>-2</sup> )			
0	ترفلان TREFLAN	0	1.2 <sup>abc</sup>	4 <sup>abc</sup>	212.8 <sup>bcd</sup>		
		0.5	1.21 <sup>abc</sup>	2.8 <sup>b-f</sup>	113.4 <sup>e-h</sup>		
		1	0.93 <sup>def</sup>	1.7 <sup>c-f</sup>	76.5 <sup>ghi</sup>		
		1.5	0.91 <sup>ef</sup>	0.28 <sup>f</sup>	46 <sup>hi</sup>		
		2	0.86 <sup>f</sup>	0.31 <sup>f</sup>	43.4 <sup>hi</sup>		
		0	1.26 <sup>abc</sup>	4 <sup>abc</sup>	219 <sup>bc</sup>		
	هالوکسی فوپ Haloxypop	0.3	1.22 <sup>a-d</sup>	2.8 <sup>b-f</sup>	130.8 <sup>efg</sup>		
		0.6	1.13 <sup>a-d</sup>	1.42 <sup>ef</sup>	61.2 <sup>hi</sup>		
		0.9	1.1 <sup>b cde</sup>	0.39 <sup>f</sup>	46.7 <sup>hi</sup>		
		1.2	1.08 <sup>c-f</sup>	0.5 <sup>f</sup>	41.6 <sup>i</sup>		
		50	ترفلان TREFLAN	0	1.33 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	238.8 <sup>ab</sup>
				0.5	1.23 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>a-e</sup>	151.2 <sup>def</sup>
1	1.2 <sup>a-d</sup>			2.1 <sup>c-f</sup>	88.2 <sup>f-i</sup>		
1.5	1.2 <sup>a-d</sup>			0.8 <sup>f</sup>	44.2 <sup>hi</sup>		
2	1.15 <sup>a-d</sup>			1 <sup>f</sup>	51.9 <sup>hi</sup>		
0	1.34 <sup>ab</sup>			4.9 <sup>ab</sup>	249.8 <sup>ab</sup>		
هالوکسی فوپ Haloxypop	0.3		1.32 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a-e</sup>	142.2 <sup>efg</sup>		
	0.6		1.15 <sup>a-d</sup>	2.2 <sup>c-f</sup>	93.2 <sup>f-i</sup>		
	0.9		1.14 <sup>a-d</sup>	1 <sup>f</sup>	49.2 <sup>hi</sup>		
	1.2		1.13 <sup>a-d</sup>	1.3 <sup>ef</sup>	60.1 <sup>hi</sup>		
	100		ترفلان TREFLAN	0	1.38 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	288.4 <sup>a</sup>
				0.5	1.36 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a-e</sup>	159.7 <sup>cde</sup>
1		1.27 <sup>a-d</sup>		2.3 <sup>c-f</sup>	87.1 <sup>f-i</sup>		
1.5		1.19 <sup>a-d</sup>		1.3 <sup>ef</sup>	66.3 <sup>hi</sup>		
2		1.17 <sup>a-d</sup>		1.5 <sup>def</sup>	54.1 <sup>hi</sup>		
0		1.37 <sup>a</sup>		5.4 <sup>a</sup>	283.7 <sup>a</sup>		
هالوکسی فوپ Haloxypop		0.3	1.34 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a-d</sup>	166.2 <sup>cde</sup>		
		0.6	1.29 <sup>abc</sup>	2.2 <sup>c-f</sup>	89.2 <sup>f-i</sup>		
		0.9	1.23 <sup>a-d</sup>	1.4 <sup>ef</sup>	49.7 <sup>hi</sup>		
		1.2	1.14 <sup>a-d</sup>	1.33 <sup>ef</sup>	57.4 <sup>hi</sup>		

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معناداری توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند

Columns with common letters do not have a statistically significant difference by LSD test at the level of 5%.

### تنوع علف‌های هرز

هکتار داشت. در خصوص علف‌کش ترفلان نیز با مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار از این ماده، تنوع علف‌های هرز به مقدار ۱۶۶/۴۳ عدد حاصل شد که در بین اثرات اصلی علف‌کش بالاترین مقدار بود اما اختلاف معنی داری با مصرف ۰/۹ گرم هالوکسی فوپ نداشت. با افزایش مصرف ترفلان یا هالوکسی فوپ به حداکثر، تنوع علف‌های هرز کاهش یافت (جدول ۴).  
افزایش مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش ترکیبات آلی

یافته‌های این بررسی نشان داد که اثر اصلی کود نیتروژن و اثر اصلی علف‌کش بر تنوع علف‌های هرز معنی دار بود و سایر تیمارها تأثیر معنی داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲). با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تنوع علف‌های هرز به مقدار ۷/۶۷ عدد حاصل شد که بیشتر از تیمار شاهد بود و اختلاف معنی داری با تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در

افزایش مصرف از ۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تراکم علف‌های هرز شد (جدول ۵).

افزایش تأمین نیتروژن برای خاک باعث رشد سریع و قوی علف‌های هرز می‌شود. این علف‌های هرز ممکن است از نیتروژن اضافی در خاک بهره‌برداری کنند و رشد خود را افزایش دهند. افزایش نیتروژن می‌تواند باعث کاهش رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز شود. این موضوع منجر به افزایش فرصت رشد و تکثیر برای علف‌های هرز می‌شود. افزایش ترکیبات نیتروژنی در خاک می‌تواند شرایط محیطی مطلوب‌تری برای رشد علف‌های هرز ایجاد کند. این موضوع می‌تواند منجر به افزایش تراکم و تعداد علف‌های هرز شود (Aslam et al., 2024). بنابراین، مصرف بیش از حد کود نیتروژن برای گیاه زراعی ممکن است باعث افزایش تراکم و تعداد علف‌های هرز در مزرعه شود. برای کنترل این موضوع، مدیریت مناسب کوددهی و استفاده بهینه از کودهای دیگر، همراه با استفاده از روش‌های مختلف مبارزه با علف‌های هرز، ضروری است (Ratanoo et al., 2024).

### وزن تر علف‌های هرز

یافته‌های تحقیق حاضر بیانگر آن بود که اثر اصلی کود نیتروژن، اثر اصلی علف‌کش و اثر متقابل کود نیتروژن و علف‌کش بر وزن علف‌های هرز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن تر علف‌های هرز در تیمار مصرف حداکثر کود نیتروژن و عدم مصرف هالوکسی فوپ به مقدار ۲۸۳/۷ گرم در متر مربع حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف نیتروژن و مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار ترفلان به میزان حدود ۴/۱ برابر افزایش داشت. همچنین در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب تا مقدار ۰/۹ و ۱/۵ لیتر در هکتار موجب کاهش این شاخص شد، اما در حالت حداکثر مصرف علف‌کش؛ مقدار وزن تر علف‌های هرز کاهش نشان داد. همچنین افزایش مصرف از ۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش وزن تر علف‌های هرز شد (جدول ۵).

اوره یک منبع غنی از نیتروژن برای گیاهان است. زمانی که اوره به خاک اضافه می‌شود، علف‌های هرز نیز از این نیتروژن برای رشد و تکثیر خود بهره می‌برند. این موضوع باعث افزایش

و غیرآلی نیتروژنی در خاک می‌شود. این ترکیبات نیتروژنی می‌توانند به عنوان منبع تغذیه برای علف‌های هرز عمل کنند. زیرا علف‌های هرز نیز نیاز به نیتروژن برای رشد و تکثیر دارند. با افزایش ترکیبات نیتروژنی در خاک، شرایط رشد برای علف‌های هرز بهبود می‌یابد و این می‌تواند باعث افزایش تنوع و تعداد آن‌ها شود. علاوه بر این، افزایش نیتروژن می‌تواند باعث افزایش رشد سریع و قوی علف‌های هرز شود که ممکن است باعث کاهش رقابت گیاه زراعی با این علف‌های هرز شود (Gu et al., 2024). بنابراین، افزایش مصرف کود نیتروژن باید با دقت و با توجه به نیاز واقعی گیاه زراعی انجام شود تا جلوی افزایش ناخواسته تنوع و تعداد علف‌های هرز گرفته شود. افزایش مصرف کود نیتروژن باعث ایجاد شرایط محیطی مطلوب‌تر برای رشد و تکثیر علف‌های هرز مختلف می‌شود. علف‌های هرز مختلف ممکن است به طور مستقیم یا غیرمستقیم از افزایش نیتروژن در خاک بهره‌مند شده و رشد خود را افزایش دهند (Ratanoo et al., 2024). افزایش نیتروژن می‌تواند باعث کاهش رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز شود که این موضوع می‌تواند منجر به افزایش تنوع علف‌های هرز شود. بنابراین، افزایش مصرف کود نیتروژن می‌تواند به افزایش تنوع علف‌های هرز در مزرعه منجر شود که ممکن است نیاز به استراتژی‌های مدیریتی متناسب برای کنترل این علف‌های هرز را افزایش دهد (Aslam et al., 2024).

### تراکم علف‌های هرز

نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که اثر اصلی کود نیتروژن، اثر اصلی علف‌کش و اثر متقابل کود نیتروژن و علف‌کش بر تراکم علف‌های هرز معنی‌دار بود (جدول ۲). یافته‌های مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تراکم علف‌های هرز در تیمار مصرف حداکثر کود نیتروژن و عدم مصرف هالوکسی فوپ به مقدار ۵/۴ بوته در متر مربع حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف نیتروژن و مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار ترفلان به میزان حدود ۴ برابر افزایش داشت. همچنین در تمامی سطوح مصرف کود نیتروژن، افزایش مصرف هالوکسی فوپ یا ترفلان به ترتیب تا مقدار ۰/۹ و ۱/۵ لیتر در هکتار موجب کاهش این شاخص شد، اما در حالت حداکثر مصرف علف‌کش؛ مقدار تراکم علف‌های هرز کاهش نشان داد. همچنین

بهبود عملکرد گیاه زراعی باقلا کمک کند. مصرف معقول علف‌کش منجر به کنترل بهتر علف‌های هرز و حفظ تعادل زیستی در مزرعه می‌شود. همچنین، مصرف متعادل کود اوره به گیاهان کمک می‌کند تا تغذیه مناسب را دریافت کنند و عملکرد بهتری داشته باشند. استفاده معقول علف‌کش می‌تواند منجر به کاهش وزن علف‌های هرز در مزرعه شود. این امر باعث رشد بهتر گیاهان باقلا می‌شود، زیرا علف‌های هرز رقابت کمتری برای منابع رشد دارند. باقلا یک گیاه خوراکی است که قدرت تثبیت نیتروژن از هوا دارد. با استفاده از مصرف متعادل کود اوره، گیاه باقلا می‌تواند از نیتروژن موجود در خاک بهتر استفاده کند و در نتیجه عملکرد بهتری داشته باشد. بنابراین، استفاده معقول علف‌کش و مصرف متعادل کود اوره، همراه با توجه به تثبیت نیتروژن توسط گیاه باقلا، می‌تواند به بهبود عملکرد گیاهان باقلا و کاهش وزن علف‌های هرز کمک کند.

به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن می‌توان عملکردی تقریباً برابر با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تولید کرد. بنابراین با کاهش مصرف نیتروژن اثرات زیست‌محیطی مخرب این نوع کود نیز کاهش می‌یابد و به حفظ پایداری محیط زیست کمک می‌کند. همچنین در خصوص هر دو علف‌کش ترفلان و هالوکسی فوپ نیز می‌توان به ترتیب با مصرف ۱/۵ و ۰/۹ لیتر در هکتار هم عملکرد مناسبی تولید کرد و هم وزن و تراکم علف‌های هرز را کاهش داد؛ چرا که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۲ و ۱/۲ لیتر در هکتار ترفلان و هالوکسی فوپ وجود نداشت. از طرفی این رخداد نیز باعث کاهش مخاطرات زیست‌محیطی مصرف علف‌کش‌ها می‌گردد.

سرعت رشد و وزن علف‌های هرز می‌شود. اوره می‌تواند به عنوان یک محرک رشد برای علف‌های هرز عمل کند. وجود نیتروژن اضافی در خاک می‌تواند فرایندهای رشدی در علف‌های هرز را تحریک کند و باعث افزایش وزن آن‌ها شود (Sharma et al., 2024). اوره ممکن است باعث افزایش تراکم علف‌های هرز شود. زیرا وجود نیتروژن اضافی می‌تواند به علف‌های هرز انگیزه بدهد تا به شدت رشد کنند و تعداد آن‌ها افزایش یابد (Ge et al., 2024).

استفاده بیش از حد از علف‌کش‌ها می‌تواند منجر به ایجاد مقاومت در علف‌های هرز شود. این مقاومت باعث می‌شود که علف‌های هرز توانایی تحمل و مقاومت به علف‌کش‌ها را پیدا کرده و به رشد و تکثیر بیشتری بپردازند. استفاده بیش از حد از علف‌کش‌ها می‌تواند منجر به خلل در تعادل زیستی در مزرعه شود (Kousta et al., 2024). این خلل می‌تواند باعث افزایش تراکم و وزن تر علف‌های هرز شود. در مقابل، استفاده متعادل از علف‌کش‌ها، همراه با مصرف مناسب نیتروژن و مدیریت صحیح مصرف این دو، می‌تواند به کاهش وزن تر و تراکم علف‌های هرز منجر شود (Sufar et al., 2024). استفاده متعادل از علف‌کش‌ها و نیتروژن می‌تواند به کنترل تعداد و رشد علف‌های هرز کمک کند و از افزایش وزن تر آن‌ها جلوگیری کند. مصرف متعادل علف‌کش‌ها و نیتروژن، همراه با مدیریت مناسب، می‌تواند تعادل زیستی در مزرعه حفظ شود و به کنترل وزن تر و تراکم علف‌های هرز کمک کند (Jhala et al., 2024).

### نتیجه‌گیری کلی

استفاده از مقادیر مناسب علف‌کش و کود اوره توانست به

### References

- Alandia, G., Jacobsen, S.E., Kyvsgaard, N.C., Condori, B. and Liu, F., 2016. Nitrogen sustains seed yield of quinoa under intermediate drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202(4), pp.281-291. doi: 10.1111/jac.12155.
- Arvin, P., 2019. Study of Different Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Physiological and Morphological Parameters and Essential Oils in Savory Plant (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32(2), pp.260-279. [In Persian] doi: 20.1001.1.23832592.1398.32.2.15.0.
- Aslam, Z., Ahmad, A., Mushtaq, Z., Liaquat, M., Hussain, T., Bellitürk, K. and Du, Z., 2024. Evaluating the

- integration of vermicompost with synthetic fertilizer and compost on mung bean (*Vigna radiata* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, pp.1-14. doi: **10.1080/03650340.2023.2301338**.
- Atieno, C., Auma, E. and Ngode, L., 2024. Effect of Mulching as a Weed Management Strategy in Field Production of French Beans (*Phaseolus vulgaris* L) in Western Kenya. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 24(2), pp.11-20.
- Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Beheshti, S.A., 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1), pp.123-129. [In Persian]. doi: **10.22077/escs.2018.1152.1235**.
- Bassi, D., Menossi, M. and Mattiello, L., 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. *Scientific Reports.*, 8(1), 2327. doi: **10.1038/s41598-018-20653-1**.
- Beigzadeh, S., Maleki, A., Heydari, M.M., Khourgami, A. and Rangin, A., 2019. Ecological and physiological performance of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by algae extract and salicylic acid spraying under water deficit stress. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1). doi: **10.15666/aeer/1701\_343355**.
- Coblentz, W.K., Akins, M.S., Cavadini, J.S. and Jokela, W.E., 2017. Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. *Journal of Dairy Science*, 100, pp.1739–1750. doi: **10.3168/jds.2016-12027**.
- De Cauwer, B., De Meuter, I., De Ryck, S., Dekeyser, D., Zwervaegher, I., Nuyttens, D. and Voeding, T., 2024. Efficiency of contact herbicides in controlling small weed seedlings using drift reducing nozzles. In *Aspects of Applied Biology: International Advances in Pesticide Application*, pp. 241-252. doi: **10.3390/agronomy13051342**.
- Demir, Z., Keçeci, M. and Tunç, A.E., 2021. Effects of nitrogen fertigation on yield, quality components, water use efficiency and nitrogen use efficiency of silage maize (*Zea Mays* L.) as the second crop. *Journal of Plant Nutrition*, 44(3), pp.373-394. doi: **10.1080/01904167.2020.1822396**.
- Du, Q., Ren, X., Ma, X., Wang, D., Song, X., Hu, H. and Ma, Y., 2024. Impact of a glyphosate-based herbicide on the longevity, fertility, and transgenerational effects on *Chrysopa pallens* (Rambur)(Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Science and Pollution Research*, pp.1-12. doi: **10.1007/s11356-024-32601-w**.
- Edalatjo, R., Heydari, M.M. and Maleki, A., 2017. The effect of phosphorus solubilising bacteria on spring and autumn chickpea yield and yield components under supplemental irrigation condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(5), pp.750-756.
- Eyni, H., Mirzaei Heydari, M. and Fathi, A., 2023. Investigation of the application of urea fertilizer, mycorrhiza, and foliar application of humic acid on quantitative and qualitative properties of canola. *Crop Science Research in Arid Regions*, 4(2), pp.405-420. [In Persian]. doi: **10.22034/CSRAR.2022.333487.1209**.
- Fan, Z., Lin, S., Zhang, X., Jiang, Z., Yang, K., Jian, D., Chen, Y., Li, J., Chen, Q. and Wang, J., 2014. Conventional flooding irrigation causes an overuse of nitrogen fertilizer and low nitrogen use efficiency in intensively used solar greenhouse vegetable production. *Agricultural Water Management*, 144, pp.11-19. doi:

**10.1016/j.agwat.2014.05.010.**

- Fathi, A., 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: a review. *Agrisost (camaguey)* 28, pp.1–8. **doi: 10.5281/zenodo.7143588.**
- Fathi, A. and Zeidali, E., 2021. Conservation tillage and nitrogen fertilizer: a review of corn growth and yield and weed management. *Central Asian Journal of Plant Science Innovation*, 1(3), pp.121-142. **doi: 10.22092/aj.2016.109214.**
- Feilinezhad, A., Mirzaeiheydari, M., Babaei, F., Maleki, A. and Rostaminy, M., 2022. The effect of tillage, organic matter and mycorrhizal fungi on efficiency and productivity use of nutrients in maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(20), pp.2719-2733. **doi: 10.1080/00103624.2022.2072869.**
- Gairola, A., Kumar, S., Kumar, P., Prajapati, S.K. and Kumar, V., 2024. Studies on the Effect of Chemical Weed Management on Growth Indices, Yield and Quality of Irrigated Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*, 36(2), pp.248-257. **doi: 10.9734/IJPSS/2024/v36i24387.**
- Ge, J., Du, Y., Wang, Q., Xu, X., Li, J., Tao, J. and Gao, J. 2024. Effects of nitrogen fertilizer on the physicochemical, structural, functional, thermal, and rheological properties of mung bean (*Vigna radiata*) protein. *International Journal of Biological Macromolecules*, 260, 129616. **doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.129616**
- Ghadirnezhad Shiade, S.R., Fathi, A., Kardoni, F., Pandey, R. and Pessaraki, M., 2024. Nitrogen contribution in plants: recent agronomic approaches to improve nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 47(2), pp.314-331. **doi: 10.1080/01904167.2022.2105720**
- Gharib, F.A.E.L., Osama, K., Sattar, A.M.A.E. and Ahmed, E.Z., 2024. Impact of *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina*, and *Arthrospira platensis* as bio-stimulants on common bean plant growth, yield and antioxidant capacity. *Scientific Reports*, 14(1), 1398. **doi: 10.1038/s41598-023-50040-4.**
- Gu, Y., Xu, Q., Zhou, W., Han, C. and Siddique, K.H., 2024. Enhancing Faba Bean Yields in Alpine Agricultural Regions: The Impact of Plastic Film Mulching and Phosphorus Fertilization on Soil Dynamics. *Agronomy*, 14(3), 447. **doi: 10.3390/agronomy14030447.**
- Hafeez, A., Ali, B., Javed, M.A., Saleem, A., Fatima, M. and Soudy, F.A., 2023. Plant breeding for harmony between sustainable agriculture, the environment, and global food security: an era of genomics-assisted breeding. *Planta*, 258(5), 97.
- Heydari, M.M., Maleki, A., Brook, R. and Jones, D.L., 2009. Efficiency of phosphorus solubilising bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of wheat cultivar (Chamran). *Aspects of Applied Biology*, 98, pp.189-193.
- Heydari, M.M., Brook, R.M. and Jones, D.L., 2019. The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 42(1), pp.1-15. **doi: 10.1080/01904167.2018.1509996.**
- Heydari, M.M., Brook, R.M., Withers, P. and Jones, D.L., 2011. Mycorrhizal infection of barley roots and its effect upon phosphorus uptake. *Aspects of Applied Biology*, 109, pp.137-142.

- Horácio, E.H., Gavilanes, F.E.Z., Feliciano, M.V., de Moraes, J.G., Zucareli, C., Andrade, D.S. and Prasad, R. 2024. Exploring the interaction effects between common bean cultivars and rhizobia inoculation on plant growth and yield. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100926. doi: **10.1016/j.jafr.2023.100926**.
- Jackson, M.C., 1964. Soil chemical analysis. Constable and Co. Ltd. London. pp,183-192.
- Jankauskienė, J., Mockevičiūtė, R., Jurkonienė, S., Gavelienė, V., Buzytė, K., Ustilaitė, D. and Todorova, D., 2024. Microbial biostimulant counteracts negative effects of herbicides on oilseed rape growth. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37, 101351. doi: **10.1016/j.scp.2023.101351**.
- Jhala, A.J., Singh, M., Shergill, L., Singh, R., Jugulam, M., Riechers, D.E. and Norsworthy, J.K., 2024. Very long chain fatty acid-inhibiting herbicides: Current uses, site of action, herbicide-resistant weeds, and future. *Weed Technology*, 38, pp.23-36. doi: **10.1017/wet.2023.90**.
- Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., Ghavim-Sadati, S.H. and Vahdani, S.E., 2019. Yield Comparisons of Mung-bean as Affected by Its Different Nutritions (Chemical, Biological and Integration) under Tillage Systems. *Journal of Crop Ecophysiology*, 13(49 (1)), pp.87-102. [In Persian].
- Kiani, S., Siadat, S., Telavat, M.M., Mashhadi, A. and Sare, M., 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(2), pp.77-90. [In Persian].
- Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Moradi, R. and Alizadeh, Y., 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), pp.1-13. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.V13I1.48310**.
- Kousta, A., Katsis, C., Tsekoura, A. and Chachalis, D., 2024. Effectiveness and Selectivity of Pre-and Post-Emergence Herbicides for Weed Control in Grain Legumes. *Plants*, 13(2), 211. doi: **10.3390/plants13020211**.
- Maleki, A., Pournajaf, M., Naseri, R., Rashnavadi, R. and Heydari, M., 2014. The effect of supplemental irrigation, nitrogen levels and inoculation with rhizobium bacteria on seed quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(6), pp.902-909.
- Mirzaei Heydari, M., Brook, R.M. and Jones, D.L., 2023. Barley Growth and Phosphorus Uptake in Response to Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphorus Solubilizing Bacteria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, pp.1-16. doi: **10.1080/00103624.2023.2282996**.
- Mirzaei, A., Naseri, R., Torab Miri, S.M., Soleymani Fard, A. and Fathi, A., 2018. Response of yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to the application of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen chemical fertilizer under rainfed conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(44 (4)), pp.775-790. [In Persian].
- Mohamed, A.A. and Bakheit, B.R., 2024. Effect the Intercropping of Some Legume Crops and Spraying Glyphosate Herbicide on Control *Orobanche crenata* Forsk and Faba Bean Productivity. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 55(1), pp.13-26. doi: **10.21608/ajas.2024.254407.1313**.
- Niazi, N. and Mirzaei Heydari, M., 2019. The effect of compost and vermicompost as biological fertilizers on qualitative and quantitative traits of cotton. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 6(2), pp.25-42. [In Persian].

- doi: 10.22092/ijcr.2019.115554.1093.**
- Rahmani, A., Maleki, A., Mirzaeiheydari, M. and Naseri, R., 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and planting pattern on yield and its components of rice (*Oryza sativa* L.) in Ilam province, Iran. *International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering*, 8(8), pp.844-850.
- Ratanoo, R., Walia, S.S., Saini, K.S. and Dheri, G.S., 2024. Residual effects of chemical fertilizers, organic manure and biofertilizers applied to preceding gobhi sarson crop on summer mung bean (*Vigna radiata* L.). *Legume Research*, 47(1), pp.64-68.
- Roudgarnejad, S., Samdeliri, M., Mirkalaei, A.M. and Moghaddam, M.N., 2021. The role of humic acid application on quantitative and qualitative traits of faba Bean (*Vicia faba* L.). *Gesunde Pflanzen*, 73(4), pp.603-611. **doi: 10.1007/s10343-021-00581-3.**
- Shah, M.H., Islam, M.M., Mandal, B., Mukherjee, D., Garai, S., Jewel, Z.A. and Rahman, M.S., 2024. Recurrent herbicide applications on wheat: impact on productivity, weed dynamics, and nutrient depletion. *Agricultural Plant Science*, 8(4), pp.22-34. **doi: 10.21203/rs.3.rs-3967770/v1.**
- Sharma, N., Kochar, M., Allardyce, B.J., Rajkhowa, R. and Agrawal, R., 2024. Unveiling the potential of cellulose nanofibre based nitrogen fertilizer and its transformative effect on *Vigna radiata* (Mung Bean): nanofibre for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1336884. **doi: 10.3389/fpls.2024.1336884.**
- Sheikh, F. and Chekani, UA.B., 2021. Comparison of fodder and seed yields of bean cultivars (suitable for animal feed and poultry feed). *Fodder and Animal Feed*, 2(1), pp.70-77.
- Skubała, K., Styburski, J. and Chowanec, K., 2024. Combined effect of fungicide, herbicide and plant elicitor used in apple orchards on non-target epiphytic moss *Hypnum cupressiforme*. *Environmental Pollution*, 342, 123133. **doi: 10.1016/j.envpol.2023.123133.**
- Sufar, E.K., Hasanaliyeva, G., Wang, J., Leifert, H., Shotton, P., Bilsborrow, P. and Leifert, C., 2024. Effect of Climate, Crop Protection, and Fertilization on Disease Severity, Growth, and Grain Yield Parameters of Faba Beans (*Vicia faba* L.) in Northern Britain: Results from the Long-Term NFSC Trials. *Agronomy*, 14(3), 422. **doi: 10.3390/agronomy14030422**
- Trolove, M.R., James, T.K., Haddon Wynne-Jones, B., Victor Henderson, H. and Jane Gerard, P., 2024. Winter cover crops to reduce herbicide inputs into spring-planted maize pastoral systems in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 67(1), pp.66-80. **doi: 10.1080/00288233.2023.2193413.**
- Yates, R.J., Steel, E.J., Edwards, T.J., Harrison, R.J., Hackney, B.F. and Howieson, J.G., 2024. Adverse consequences of herbicide residues on legumes in dryland agriculture. *Field Crops Research*, 308, 109271. **doi: 10.1016/j.fcr.2024.109271.**
- Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H. and Moosavi, S.G., 2015. Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 7(2), pp.187-194. [In Persian]. **doi: 10.22077/escs.2015.175.**
- Zamani, Z., Zeidali, E., Alizadeh, H.A. and Fathi, A., 2023. Effect of drought stress and nitrogen chemical fertilizer

on root properties and yield in three quinoa cultivars (*Chenopodium quinoa* Willd). *Crop Science Research in Arid Regions*, 5(2), pp.487-500. [In Persian]. doi: **10.22034/csrar.2023.353966.1261**.

Zeidali, E., Naseri, R., Mirzaei, A., Fathi, A. and Darabi, F., 2018. Study the effect of plant nourishment with chemical, PGPR and manure fertilizers on agro-physiologic characteristics and weed density of maize. *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(32), pp.198-214. [In Persian].

## Investigating the mutual effect of herbicide and nitrogen fertilizer on the functional characteristics of beans and weeds in regions of Dareshar and Malekshahi

Zahed Zeinivand<sup>1</sup>, Abbas Maleki<sup>2\*</sup>, Farzad Babaei<sup>2</sup>, Alireza Taheri<sup>3</sup>, Mohammad Mirzaei Heydari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph. D Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran

<sup>2</sup> Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

<sup>4</sup> Department of Production Engineering and Plant Genetics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author: [maleki97@yahoo.com](mailto:maleki97@yahoo.com)

Received: 4 March 2024

Accepted: 1 June 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.446933.1407

### Abstract

**Introduction:** Beans are known as an important plant in agriculture and are cultivated in many tropical and temperate regions. The presence of weeds reduces the performance of this valuable plant, which can be compensated by the use of herbicides, but excessive use of herbicides causes damage to the environment, which shows the need to identify the appropriate dose. Nitrogen fertilizer also increases the yield of beans and weeds.

**Materials and Methods:** Therefore, the present study examines the mutual effect of herbicide and nitrogen fertilizer on the performance characteristics of broad beans and weeds in heavy and sandy soils of two regions of Dareh Shahr and Malekshahi during the crop year of 2020-2021 in Ilam province (Iran). The experiment was performed as a split plot in the form of a basic design of randomized complete blocks with three replications. The first factor includes 5 levels of Treflan herbicide with EC 48% (no use, 0.5, 1, 1.5 and 1 liter per hectare) and 5 levels of haloxyfop armetyl herbicide with EC 10.8% (no use, 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 l.ha<sup>-1</sup>). The second factor included nitrogen fertilizer at 3 levels: 0, 50 kg.ha<sup>-1</sup> and 100 kg/ha.

**Results and Discussion:** The results of the average comparison showed that the highest seed yield was obtained in the treatment of 50 kg of nitrogen per hectare and the consumption of 0.9 liters per hectare of haloxyfop in the amount of 2506.3 kg per hectare, which is compared to the lowest amount in the treatment of no nitrogen consumption and no consumption. Herbicide increased by 68%. There was no significant difference between 50 kg of nitrogen per hectare and the use of 0.9 liters per hectare of haloxyfop with the treatment of 50 kg of nitrogen per hectare and the use of 1.5 or 2 liters per hectare of treflan. There was no significant difference between the superior treatment with the treatment of 50 kg of nitrogen per hectare and the consumption of 0.6 liters per hectare of haloxyfop. Also, at all levels of nitrogen fertilizer use, increasing the use of haloxyfop or treflan by 1.2 and 2 liters per hectare, respectively, caused a decrease in this index. Increasing consumption from 50 to 100 kg per hectare caused a decrease in grain yield, which was significant in some treatments. The highest wet weight of weeds was obtained in the treatment of maximum nitrogen fertilizer application and no use of haloxyfop in the amount of 283.7 grams per square meter, which is compared to the lowest value in the treatment of no nitrogen application and the use of 1.5 liters per hectare of Treflan. It increased about 1/4 times. Also, at all levels of nitrogen fertilizer use, increasing the use of haloxyfop or treflan up to 0.9 and 1.5 liters per hectare, respectively, caused a decrease in this index, but in the case of maximum herbicide use; Weed fresh weight decreased. Also, increasing the consumption from 0 to 100 kg per hectare increased the wet weight of weeds.

**Conclusion:** In general, the results of this study showed that with the consumption of 50 kg of nitrogen, the yield can be produced almost equal to the consumption of 100 kg of nitrogen per hectare. Therefore, by reducing the consumption of nitrogen, the harmful environmental effects of this type of fertilizer are also reduced and help to maintain the sustainability of the environment. Also, with regard to the two herbicides, Treflan and Haloxyfop, it is possible to produce a good yield and reduce the weight and density of weeds by consuming 1.5 and 0.9 liters per hectare, respectively. Because there was no significant difference with the treatments of 2 and 1.2 liters per hectare of treflan and haloxyfop. On the other hand, this event also reduces the environmental risks of using herbicides.

**Keywords:** Grain yield, Haloxyfop, Treflan, Urea, Weed density

## مقایسه اثر کلات‌های رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد و اجزاء آن در ذرت

هایده ناصری زاده<sup>۱</sup>، محسن سعیدی<sup>۲\*</sup>، حمیدرضا چقازردی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته فوق لیسانس آگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

\* مسئول مکاتبه: [msaeidi@razi.ac.ir](mailto:msaeidi@razi.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.410596.1366

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۶

## چکیده

یکی از دلایل اصلی پایین بودن عملکرد گیاهان زراعی در اغلب زمین‌های زراعی ایران، کمبود عناصر ریزمغذی فلزی مانند آهن و روی می‌باشد. لذا این تحقیق به منظور بررسی اثر کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر خصوصیات زراعی ذرت پاپکورن رقم سینگل کراس ۶۰۰، به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۴۰۰ در دانشگاه رازی اجرا شد. در هر بلوک کودهای آهن و روی رایج و نانوذره با غلظت‌های صفر، ۴ و ۸ گرم در لیتر و اثر متقابل آن‌ها بررسی شدند. نتایج نشان دادند که غلظت‌ها و گروه‌های کودی به غیر از وزن هزاردانه، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد علوفه و دیگر صفات‌های مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد شدند. بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به دو گروه تیمار آهن رایج و آهن نانوذره روی نانوذره با ۸۱ درصد بود. تیمار آهن نانوذره ۸ روی نانوذره ۴ سبب بیش‌ترین افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۱۳۲ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد. تعداد دانه در بوته بیش‌تر از صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت. تشابه فراوان خصوصیات شیمیایی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک و افزایش ۱۳۲ درصدی عملکرد دانه در آزمایش حاضر، نشان‌دهنده کمبود معنی‌دار فرم قابل جذب عناصر آهن و روی و نقش بسیار مهم آن‌ها در شکل‌گیری عملکرد دانه ذرت در مناطق مشابه می‌باشد. در این شرایط کارایی فرم نانوذره عناصر ریزمغذی آهن و روی از فرم رایج آن‌ها نیز بیش‌تر بود.

**واژه‌های کلیدی:** ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، سینگل کراس، عملکرد علوفه، قطر ساقه، وزن هزاردانه

## مقدمه

گیرد. این گیاه بیش‌تر یک گیاه صنعتی است و کم‌تر مورد استفاده مستقیم خوراکی توسط انسان قرار می‌گیرد. ۱۲ تا ۱۳ درصد تولید ذرت دنیا توسط انسان به طور مستقیم مصرف می‌شود. این گیاه در ۱۶۵ کشور دنیا کشت می‌شود (FAO, 2021). کم‌تر از ۱۰ درصد دانه ذرت مصرفی در کشور از طریق تولید داخلی تأمین می‌شود. میزان واردات بذر ذرت در سال ۱۴۰۰ حدود ۹/۸ میلیون تن بوده است که از واردات گندم (۷/۱ میلیون تن) به طور معنی‌داری بیش‌تر بوده است. برای واردات ذرت در این سال حدود ۳/۳ میلیون دلار ارز مصرف شده است (Ministry of Agriculture - Jihad, 2022). در این ارتباط، یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت جلوگیری از خروج ارز از کشور و کاهش وابستگی، تلاش در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. یکی از فعالیت‌های به‌زراعی مورد توجه در اغلب خاک‌های کشاورزی کشور ما تنظیم دقیق عناصر ریزمغذی برای رشد گیاهان مختلف از جمله ذرت است. با توجه خصوصیات مشترک اکثر خاک‌های زراعی ایران از جمله پایین

در جهان امروز بسیاری از کشورها انرژی و پروتئین مورد نیاز خود را از غلاتی مانند ذرت (*Zea mays* L.) تأمین می‌کنند. به طور متوسط دانه ذرت ۵ درصد از کل کالری و پروتئین رژیم غذایی انسان‌ها را در سراسر جهان تشکیل می‌دهد (Erenstein et al., 2022). کشت این گیاه در زمین‌های کشاورزی تا ارتفاع ۳۰۰۰ متر از سطح دریا دیده می‌شود (Ranilla et al., 2021). خصوصیات متعدد این گیاه مانند: تولید بیش‌ترین عملکرد دانه بین سایر غلات (Chakraborty et al., 2016)، دو منظوره بودن کشت این گیاه (دانه، علوفه) (Kaur et al., 2022; Chaudhary et al., 2016) محصولات متنوع و پردرآمد (مانند: بلال سبز، بچه بلال، ذرت شیرین، پاپ‌کورن و استفاده از مواد خام گیاهی جهت صنعت) (Chakraborty et al., 2016) و همچنین تولید نشاسته ذرت، دکستروز و شربت ذرت (Gul et al., 2021) سبب شده است تا این گیاه برای کشت توسط کشاورزان بیش‌تر مورد توجه قرار

در جهت افزایش کمیت و کیفیت عملکرد دانه اقدام نمود. بنابراین تحقیق حاضر نیز در همین راستا و جهت بررسی اثر کودهای آهن و روی بر عملکرد دانه و صفات‌های مرتبط با آن در ذرت بذری و همچنین مقایسه نحوه تأثیر کودهای رایج و نانوذره آهن و روی انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، واقع در شهرستان کرمانشاه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شمالی طول جغرافیایی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و اقلیم سرد و معتدل با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ ارائه شده است.

عملیات تهیه بستر کشت به صورت شخم با گاوآهن برگردان‌دار در پاییز سال ۱۳۹۹ و زدن دیسک قبل از کشت آخر خرداد ماه ۱۴۰۰ جهت خرد کردن کلوخه‌ها انجام شد. این آزمایش در سه بلوک هر کدام با فاصله ۲ متر از یکدیگر اجرا شدند. هر بلوک دارای ۱۳ کرت بود و در هر کرت ۴ خط کشت شدند. طول خطوط کشت ۸ متر بود. کشت ذرت بذری پاپ‌کورن سینگل کراس ۶۰۰ بر اساس دستورالعمل شرکت توسعه کشت ذرت انجام شد. بر این اساس، فاصله خطوط کشت از هم ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های مادری روی خطوط کشت ۱۷ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های پدری روی خطوط کشت ۱۵ سانتی‌متر بود. به ازاء چهار خط پایه مادری، دو خط پایه پدری کشت شد. تاریخ کاشت یکم تیرماه ۱۴۰۰ بود.

در این شرایط لاین مادری، K1533 و لاین پدری ZK4722AA بود. از مشخصات این رقم به متوسط وزن هزاردانه ۱۸۰ گرم، متوسط تعداد روز تا ظهور گل تاجی ۶۰ روز، زمان رسیدگی فیزیولوژیک ۱۱۵ الی ۱۲۵ روز، متوسط رس و مناسب برای تولید پاپ‌کورن، تیپ دانه سخت و بلال مخروطی شکل، مقاومت نسبی به بیماری پوسیدگی فوزاریومی و مناسب کشت در اکثر استان‌های کشور اشاره نمود.

بودن رطوبت خاک، پایین بودن محتوی عناصر ریزمغذی از جمله آهن و روی در محلول خاک، بالابودن میزان pH محلول خاک، پایین بودن درصد مواد آلی اکثر خاک‌های زراعی ایران مخصوصاً در شرایط دیم، بالا بودن محتوی بی‌کربنات در آب آبیاری و عدم توازن با کودهای NPK، کمبود عناصر غذایی ریزمغذی از جمله آهن و روی در اکثر محصولات زراعی دیده می‌شود. با جبران کمبود این کودها از طریق محلول‌پاشی می‌توان در جهت افزایش عملکرد دانه گیاهان زراعی از جمله ذرت اقدام نمود (Malakoti and Tehrani, 2000; Dass *et al.*, 2010; Narimani *et al.*, 2010). امروزه استفاده زیاد از کودهای شیمیایی گرچه موجب افزایش عملکرد شده است، اما نباید از اثرات منفی و پیامدهای نامناسب آن که شامل فرسایش و آلودگی خاک و تجمع سموم و کاهش تنوع زیستی گیاهان غافل شد (Daneshmandi and seyyedi, 2019). استفاده از خصوصیات علم نانوتکنولوژی در صنعت و کشاورزی چشم‌انداز و فرصت جدیدی در جهت افزایش کارایی صنعت و افزایش تولیدات کشاورزی فراهم نموده است. طی چند سال گذشته استفاده از نانوذرات در بخش‌های مختلف کشاورزی موازی با صنعت افزایش یافته است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای نانو ذرات در کشاورزی به منظور تهیه کودها است. نانو ذرات اندازه بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند. به دلیل اندازه کوچک، احتمالاً جذب آن‌ها توسط ریشه گیاهان با سهولت بیشتر صورت می‌گیرد (Bhardwaj *et al.*, 2022). نانوذرات با اندازه کوچک خود در مقیاس نانومتر می‌توانند به راحتی از منافذ برگ‌ها عبور کنند و با نفوذ در بافت‌های گیاهی جذب مواد مغذی را افزایش دهند (Qureshi *et al.*, 2018).

در سال‌های اخیر استفاده از نانوتکنولوژی در کشاورزی و مخصوصاً در تولید انواع کودهای نانوذره موفقیت‌آمیز بوده است. با توجه به جدید بودن استفاده از کودهای نانوذره و ناشناخته بودن تمامی جنبه‌های کاربرد این کودها شامل: اثرات زیست‌محیطی و اثر بر خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان زراعی و وحشی، انجام مطالعات در این زمینه حائز اهمیت فراوان است (Panda *et al.*, 2020). بنابراین احتمالاً با استفاده از تکنولوژی تولید کودهای نانوذره و کاربرد این کودها در مزرعه، می‌توان به صورت کارآمدتری نسبت به کودهای رایج

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physio-chemical properties of the soil at the experiment site												
بافت خاک	نیترژن	رس	سیلت	شن	آهک	ماده آلی	منگنز	روی	آهن	مس	پتاسیم	فسفر
pH	N	Clay	Silt	Sand	Lime	O.M.	Mn	Zn	Fe	Cu	K	P
Soil Texture	(mg kg <sup>-1</sup> )											
رسی	(% )											
سیلتی	0.09	45.4	43.9	10.7	9	0.99	14	0.48	4.5	1.8	360	18
Clay												
Silty												

شدند. برای محاسبه عملکرد دلنه و علوفه خشک و اجزاء عملکرد، ابتدا بوته‌های برداشت شده از هر کرت در آون و تحت شرایط ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شده و سپس توزین نمونه‌ها انجام شد. پس از اندازه‌گیری عملکرد دانه و اجزاء آن، جهت محاسبه شاخص برداشت عدد حاصل از تقسیم نمودن عملکرد دلنه بر عملکرد زیست‌توده، در ۱۰۰ ضرب شد. جهت اندازه‌گیری اجزاء عملکرد دانه و صفت‌های زراعی مرتبط با آن از هشت بوته تصادفی در هر کرت استفاده شد. اندازه‌گیری طول و قطر ساقه به ترتیب با استفاده از متر دقیق و کولیس انجام شدند. جهت اندازه‌گیری وزن هزار دلنه پنج نمونه تصادفی ۵۰۰ عددی بذر توزین شدند و میانگین آن‌ها به عنوان وزن هزار دانه مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.4 انجام شد و جهت مقایسه آماری میانگین‌ها از روش LSD یا حداقل تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که گروه‌های مختلف و غلظت‌های مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر عملکرد دلنه، عملکرد علوفه خشک، شاخص برداشت، تعداد بلال در بوته و تعداد دانه در بوته داشتند، ولی بر وزن هزار دلنه اثر معنی‌دار نداشتند (جدول ۲ و ۳)، همچنین غلظت‌های مختلف کاربرد کودهای رایج و نانوذره نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های اثر گروه‌های مختلف کودهای رایج و نانوذره بر عملکرد دلنه (شکل ۱) نشان داد، گروه‌های تیمار کودهای رایج و نانوذره سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه

تیمارهای کودی در ۱۳ سطح شامل: آهن و روی رایج و نانوذره (صفر، ۴ و ۸ گرم در لیتر) و تیمارهای ترکیبی آهن نانوذره ۴ × روی نانوذره ۴، آهن نانوذره ۴ × روی نانوذره ۸، آهن نانوذره ۸ × روی نانوذره ۴ و آهن نانوذره ۸ × روی نانوذره ۸ تیمار کودی به صورت محلول‌پاشی و توسط سم‌پاش دستی دو لیتری در دو مرحله نمودی در ابتدای رشد رویشی (۲۹ تیرماه ۱۴۰۰) و ابتدای گل‌دهی (سی و یکم مردادماه ۱۴۰۰) اعمال شدند. به منظور جذب بهتر مواد غذایی، محلول‌پاشی در ساعات‌های خنک بعد از ظهر انجام شد. نانوکودهای کلاته آهن، روی و بور از شرکت صدور احرار شرق تهیه شدند. این کودها بر اساس فناوری کلات‌های پیشرفته که در اداره ثبت اختراعات آمریکا به ثبت نهایی رسیده است تولید شدند (Fakharzadeh *et al.*, 2020; Joshi *et al.*, 2018). در فناوری کلات‌های پیشرفته با استفاده از روش خودچینی (Self-Assemble)، کلات‌هایی تولید می‌گردند که از جذب و کارایی بسیار بالاتری در مقایسه با ساختارهای پیشین برخوردارند. ابعاد این نانوکودها بر اساس نتایج به دست آمده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی زیر ۱۰۰ نانومتر است (Fakharzadeh *et al.*, 2020). تیمارهای کودی رایج براساس نتایج آزمون خاک انجام شد (جدول ۱). آبیاری مزرعه براساس عرف منطقه و به صورت آبیاری بارانی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و چندین مرحله در طول دوره نمو گیاه انجام گرفت. در زمان رسیدگی تکنولوژیک (بیست و چهارم آبان ماه ۱۴۰۰) و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های ۲ متر مربع از هر کرت جهت اندازه‌گیری صفت‌های زراعی شامل عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک، شاخص برداشت، تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دلنه، طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، ارتفاع بوته و قطر ساقه از سطح مزرعه برداشت

عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴، گزارش شده است که محلول پاشی عناصر ریزمغذی به دلیل رفع کمبود و همچنین اثر تغذیه‌ای خود احتمالاً سبب افزایش تعادل در رشد و تنظیم فرآیندهای نموی گیاه شده و در نهایت سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود (Karimi et al., 2012). افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر ذرات نانو اکسید روی در شرایط pH قلیایی خاک همانند شرایط تحقیق حاضر (جدول ۱) نیز گزارش شده است (Raddy et al., 2018). در آزمایشی دیگر نیز افزایش ۱۰ درصدی عملکرد دانه ذرت در شرایط اعمال کود نانوذره آهن نسبت به تیمار کنترل گزارش شده است (Jayarambabu et al., 2018).

مقایسه فرم ساده گروه کودهای روی و آهن به دو شکل رایج و نانوذره از نظر تأثیر گذاری بر عملکرد دانه نشان داد (شکل ۱) که در مورد کود آهن تفاوت معنی‌داری بین فرم رایج و نانوذره آن نبود، ولی در مورد کود روی فرم رایج آن به طور معنی‌داری نسبت به فرم نانوذره برتری داشت. در همین ارتباط در مطالعه اثر غلظت‌های مختلف کود نانوذره آهن و روی بر گیاه زراعی ذرت گزارش شده است که کودهای نانوذره آهن ( $Fe_2O_3$ ) و روی ( $ZnO$ ) در افزایش رشد گیاه در مقایسه با فرم‌های رایج به طور معنی‌داری موثرتر بودند (Fathi and Zahedi, 2014). این نتیجه ممکن است به دلیل شکل، اندازه، توزیع و ویژگی‌های کودهای نانوذره در مقایسه با کودهای رایج باشد (Santás- Miguel et al., 2023).

نسبت به تیمار شاهد (۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار) شدند. کم‌ترین مقدار افزایش معنی‌دار عملکرد دانه مربوط به گروه کود روی نانوذره با ۵۱۰۰ کیلوگرم دانه در هکتار (افزایش ۴۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد) و بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به دو گروه کاربرد آهن رایج و گروه ترکیبی آهن نانوذره × روی نانوذره با ۶۴۹۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه (۸۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) بود (شکل ۱).

تمامی غلظت‌های کودهای رایج و نانوذره آهن و روی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار) شدند. در این شرایط بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمارهای آهن نانوذره × روی نانوذره، آهن نانوذره × روی نانوذره و آهن نانوذره × روی نانوذره با ۸۳۶۰ (۱۳۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد)، ۸۰۱۰ (۱۲۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) و ۷۶۵۰ (۱۱۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل ۲). فرم ترکیبی کودهای نانوذره با غلظت‌های متفاوت بهتر از سایر تیمارها توانستند سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به دیگر تیمارها مخصوصاً تیمار شاهد شوند. براساس نتایج حاصل از آزمایش خاک (جدول ۱) که در آن کمبود آهن و روی دیده می‌شود، افزایش عملکرد دانه در نتیجه اعمال تیمارهای محلول‌پاشی قابل انتظار بود. در همین ارتباط گزارش شده است که افزایش عملکرد زمانی که سایر عناصر کم مصرف به خصوص آهن نیز در کنار عنصر روی مصرف شود، بیش‌تر نمایان می‌شود (Taiz and Zeiger, 2015). همچنین در مطالعه اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروهی محلول‌پاشی اثر کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات مرتبط با آن در ذرت بذری

Table 2- Group analysis variance (mean square) of foliar application of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on yield and some related traits in seed corn

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی Degree of freedom	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد بلال در بوته No. cob plant <sup>-1</sup>	تعداد دانه در بوته No. grain plant <sup>-1</sup>	وزن هزار دانه 1000 seed weight
Block بلوک گروه محلول‌پاشی	2	264 <sup>ns</sup>	12696 <sup>ns</sup>	3.65 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	88222*	49.6 <sup>ns</sup>
Foliar application group خطا	5	42623**	65194**	211**	0.165**	255354**	116 <sup>ns</sup>
Error	10	2043	9360	18.2	0.0170	16441	106
Percentage of changes	درصد تغییرات	14.4	6.23	11.4	7.05	13.4	9.18

<sup>ns</sup> و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

<sup>ns</sup> and \*\* are respectively insignificant and significant at the probability level of one percent

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محلول پاشی غلظت‌های مختلف کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات مرتبط با آن در ذرت بذری

Table 3- Analysis of variance (mean square) of foliar application of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on yield and some related traits in seed corn

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی Degree of freedom	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد بلال در بوته No. cob plant <sup>-1</sup>	تعداد دانه در بوته No. grain plant <sup>-1</sup>	وزن هزار دانه 1000 seed weight
بلوک Block	2	2193 <sup>ns</sup>	24843 <sup>ns</sup>	0.545 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	200850 <sup>**</sup>	141 <sup>ns</sup>
غلظت محلول پاشی Foliar application concentration	12	56530 <sup>**</sup>	131546 <sup>**</sup>	397 <sup>**</sup>	0.137 <sup>*</sup>	215800 <sup>**</sup>	261 <sup>ns</sup>
خطا Error	24	4882	30622	44.3	0.060	36496	159
درصد تغییرات Percentage of changes		11.6	11.3	16.6	13.03	18.6	11.3

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are respectively insignificant and significant at the probability level of five and one percent

سرعت فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید کربوهیدرات‌های محلول است (Nabavi Moghadam *et al.*, 2013; Mohammadi Limaiei *et al.*, 2019).

مقایسه میانگین‌های گروهی نشان داد که گروه تیمارهای کودی نانوذره و رایج عناصر آهن و روی از طریق افزایش بیش‌تر عملکرد دانه نسبت به عملکرد علوفه خشک، سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت شدند. در این شرایط کاربرد گروه نانوذره آهن × نانوذره روی بالاترین شاخص برداشت (۴۷/۸ درصد) و تیمار شاهد پایین‌ترین شاخص برداشت را (۲۵/۵ درصد) داشتند. بنابراین تیمار مذکور حدوداً سبب افزایش ۸۷ درصدی شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد شد. البته این اثر مثبت با اثر گروه‌های آهن رایج و آهن نانوذره تفاوت معنی‌دار نداشت. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که، گروه‌های آهن به طور کلی اثر بیش‌تری بر افزایش شاخص برداشت نسبت به گروه‌های روی داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کودها بر صفت شاخص برداشت (جدول ۵)، نشان داد که تیمار ترکیبی آهن نانوذره ۸ × روی نانوذره ۴ سبب بیش‌ترین افزایش معنی‌دار صفت شاخص برداشت با ۷۱/۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۲۵/۵ درصد) شد. به طور کلی اثر کاربرد کودهای رایج و نانوذره بر شاخص برداشت مشابه بود، و اثر تیمارهای کودی آهن به طور

مقایسه میانگین گروهی کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد علوفه خشک نشان داد که گروه کودی روی رایج سبب افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه خشک (۱۸۲۱۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (۱۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با حدود ۲۹ درصد یا حدود ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شد. سایر گروه‌های کودی اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد علوفه خشک ذرت نداشتند (جدول ۴). بیش‌ترین اثر مثبت بر افزایش عملکرد علوفه خشک مربوط به تیمار ترکیبی آهن نانوذره ۴ × روی نانوذره ۸ با ۳۱ درصد افزایش (۱۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد بود. البته این افزایش با اثر مثبت تیمارهای روی رایج ۴، روی رایج ۸، آهن نانوذره ۴ و آهن رایج ۸ تفاوت معنی‌دار نداشت. کم‌ترین عملکرد علوفه خشک در این شرایط در تیمار آهن نانوذره ۸ × روی نانوذره ۴ (۱۱۷۸۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. لازم به ذکر است که این تیمار سبب تولید بیش‌ترین عملکرد دانه شد (جدول ۵). افزایش عملکرد علوفه تحت تأثیر تیمارهای کاربرد عناصر ریزمغذی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است. به طور مثال در مطالعه اثر عناصر غذایی کم مصرف بر ذرت سینگل کراس ۷۰۴ و ذرت شیرین گزارش شده است که اعمال عناصر غذایی کم مصرف اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک داشته است. به نظر می‌رسد که علت افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه خشک در این شرایط افزایش

افزایش عددی در این شرایط مربوط به گروه روی نانوذره با ۱۱۷۹ دانه در بوته (۲۰۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) بود (جدول ۴). با بررسی اثر غلظت‌های مختلف کودهای آهن و روی رایج و نانوذره بر صفت تعداد دانه در بوته (جدول ۵) مشخص شد سایر غلظت‌ها از ۱۱۶ درصد در تیمار روی ۴ تا ۲۵۶ درصد در تیمار آهن نانوذره ۴ × روی نانوذره ۸ سبب افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به تیمار شاهد با ۳۸۳ دانه در بوته شدند (جدول ۵). افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف آهن و روی نانوذره و رایج ممکن است به علت افزایش ذخیره کربوهیدرات دانه‌گرده، موجب افزایش طول عمر دانه‌گرده و در نهایت افزایش میزان گرده‌افشانی و یا اینکه احتمالاً عنصر روی با حضور در مناطق مریستمی و افزایش کارایی و تأثیر آن در تولید هورمون اکسین سبب تشکیل تعداد دانه بیش‌تر می‌شود (Fani Akhlagh and Daneshian, 2016). در همین ارتباط گزارش شده است که کاربرد کود روی احتمالاً با افزایش سرعت فتوسنتز و متابولیسم گیاهی باعث انتقال مستقیم مواد غذایی به مخزن‌ها (در این محث بلال‌ها) شده و در نهایت تعداد دانه و عملکرد را افزایش می‌دهد (Jabbari et al., 2020).

با توجه به اهمیت عملکرد دانه به عنوان مهم‌ترین صفت زراعی و اقتصادی گیاه، پیدا کردن صفت‌هایی که حداکثر همبستگی را با این صفت داشته باشند، می‌تواند اصلاح‌گران را برای تولید رقم‌های پرتولید کمک نماید. استفاده از ضرایب همبستگی صفت‌ها با همدیگر و همچنین با عملکرد دانه یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای پی‌بردن به ارتباط صفت‌های زراعی با همدیگر است (Reddy et al., 2022). در این ارتباط نتایج ضرایب همبستگی نشان داد (جدول ۹) که عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری با صفات شاخص برداشت ( $R^2=0.80^{**}$ )، تعداد بلال در بوته ( $R^2=0.40^{**}$ )، تعداد دانه در بوته ( $R^2=0.61^{**}$ )، و تعداد دانه در ردیف ( $R^2=0.54^{**}$ )، داشت. بر این اساس به نظر می‌رسد که صفت شاخص برداشت و پس از آن صفت تعداد دانه در بوته صفات قابل توصیه در این تحقیق جهت قرارگرفتن در برنامه‌های اصلاحی برای تولید رقم‌های پرتوانسبیل ذرت است. البته با توجه به نتایج متفاوت در همبستگی صفت‌ها با عملکرد دانه (Yahya et al., 2021) به نظر می‌رسد که همبستگی صفت‌ها با عملکرد دانه تحت تأثیر

چشمگیری بیش‌تر از تیمارهای کودی روی بود (جدول ۵). علی‌رغم وجود نتایج موافق (Ghofran Maghsud et al., 2014)، مخالف با نتایج این تحقیق گزارش شده است که تیمار محلول‌پاشی کودهای روی و بور اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت ذرت نداشته است (Wasaya et al., 2017).

مقایسه میانگین صفت تعداد بلال در بوته در جدول ۴ نشان داد، کم‌ترین تعداد بلال در بوته مربوط به تیمار شاهد با ۱/۴۲ بلال در بوته بود. اعمال تیمارهای کودی سبب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به تیمار شاهد شدند. گروه آهن نانوذره با متوسط ۱/۷۹ بلال در بوته (۲۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد)، کم‌ترین افزایش در تعداد بلال در بوته را ایجاد نمود. بین دیگر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری از نظر افزایش این صفت دیده نشد. البته از نظر عددی گروه روی رایج با ۴۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد، بیش‌ترین اثر مثبت بر تعداد بلال در بوته را داشت. به طور کلی اثر کاربرد گروه‌های جداگانه عناصر ریزمغذی بیش‌تر از کاربرد ترکیبی آن‌ها بود. همچنین تأثیر فرم کودی رایج نسبت به نانوذره در افزایش عددی تعداد بلال در بوته بیش‌تر بود. سایر غلظت‌های کودی آهن و روی سبب افزایش معنی‌دار تعداد بلال در بوته نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۵). در این شرایط بیش‌ترین افزایش معنی‌دار تعداد بلال در بوته نسبت به تیمار شاهد به ترتیب مربوط به تیمارهای روی ۴ (۵۹ درصد افزایش)، آهن ۴ (۴۷ درصد افزایش)، آهن نانوذره ۸ × روی نانوذره ۴ (۴۷ درصد افزایش)، آهن نانوذره ۴ × روی نانوذره ۸ (۴۱ درصد افزایش)، روی نانوذره ۴ (۴۱ درصد افزایش) و آهن ۸ (۳۵ درصد افزایش) بود، که با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۵). افزایش معنی‌دار تعداد بلال در بوته ذرت تحت تأثیر تیمار کودی آهن و روی نسبت به تیمار شاهد نیز گزارش شده است (Singh et al., 2019). اما مخالف با نتایج این تحقیق گزارش شده است که تیمار عنصر غذایی روی در غلظت‌های مختلف اثر معنی‌داری بر تعداد بلال در بوته ذرت نداشته است (Rashid et al., 2021).

گروه‌های کودی سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته نسبت به تیمار شاهد (۳۸۳ دانه در بوته) شدند. در این شرایط تفاوت سایر گروه‌های کودی در افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به تیمار شاهد با همدیگر معنی‌دار نبود. میزان افزایش تعداد دانه در بوته در این شرایط از ۱۵۰ درصد بیش‌تر بود. بیش‌ترین

نوع تیمارهای اعمال شده در تحقیقات مختلف نیز قرار می‌گیرد و این مساله در تحقیقات بعدی و نیز استفاده اصلاح گران از نتایج تحقیقات نیز بایستی مدنظر قرار گیرند.

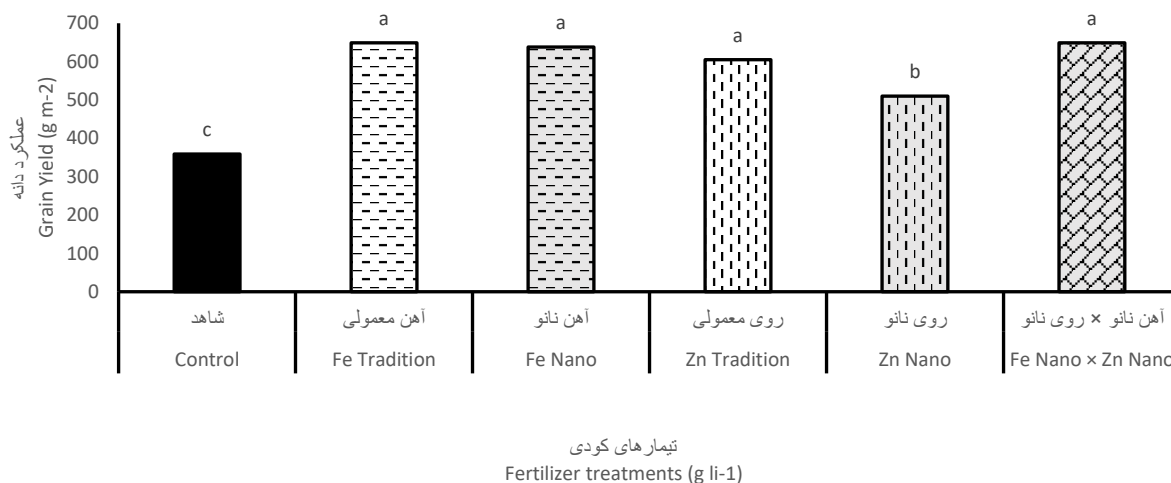
جدول ۴- مقایسه میانگین گروهی اثر محلول‌پاشی کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر برخی خصوصیات مرتبط با عملکرد در ذرت بذری

Table 4- Group means comparison of foliar application of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on some traits related to yield in seed corn

گروه محلول‌پاشی Foliar application group	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (g/m <sup>2</sup> )	تغییر نسبت به شاهد Change compared to control (%)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بلال در بوته No. cob plant <sup>-1</sup>	تعداد دانه در بوته No. grain plant <sup>-1</sup>	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)
شاهد Control	1410 <sup>c</sup>		25.5 <sup>c</sup>	1.42 <sup>c</sup>	383 <sup>b</sup>	115 <sup>a</sup>
آهن رایج Fe Common	1547 <sup>bc</sup>	+ 10	42.4 <sup>a</sup>	2.00 <sup>ab</sup>	1046 <sup>a</sup>	123 <sup>a</sup>
آهن نانو Fe Nano	1489 <sup>bc</sup>	+ 6	43.4 <sup>a</sup>	1.79 <sup>b</sup>	988 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>
روی رایج Zn Common	1821 <sup>a</sup>	+ 29	33.4 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	991 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>
روی نانو Zn Nano	1596 <sup>b</sup>	+ 13	32.5 <sup>bc</sup>	1.92 <sup>ab</sup>	1179 <sup>a</sup>	112 <sup>a</sup>
آهن نانو × روی نانو Fe Nano × Zn Nano	1451 <sup>bc</sup>	+ 3	47.8 <sup>a</sup>	1.87 <sup>ab</sup>	1148 <sup>a</sup>	109 <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference based on the LSD test at the five percent probability level.



شکل ۱- مقایسه میانگین گروهی اثر محلول‌پاشی کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد دانه در ذرت بذری. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Figure 1- Group means comparison of foliar application of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on grain yield in seed Corn. In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference based on the LSD test at the five percent probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی غلظت‌های مختلف کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر برخی خصوصیات مرتبط با عملکرد در ذرت بذری

Table 5- Means comparison of foliar application of different concentrations of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on some traits that related to yield in seed corn

تیمارهای محلول پاشی	عملکرد علوفه خشک	تغییر نسبت به شاهد	شاخص برداشت	تغییر نسبت به شاهد	تعداد بلال	تغییر نسبت به شاهد	تعداد دانه در بوته	تغییر نسبت به شاهد	وزن هزار دانه	
Spraying treatments (g l <sup>-1</sup> )	Fertilizer form (g/m <sup>2</sup> )	Change compared to control (%)	Harvest index (%)	Change compared to control (%)	No. cob plant <sup>-1</sup>	Change compared to control (%)	No. grain plant <sup>-1</sup>	Change compared to control (%)	1000 seed weight (g)	
شاهد Control	1410 <sup>cd</sup>		25.5 <sup>f</sup>		1.41 <sup>d</sup>		383 <sup>d</sup>		115 <sup>abc</sup>	
آهن ۴ Fe 4	رایج Common	1499 <sup>bc</sup>	+ 6	45.3 <sup>bc</sup>	+ 77	2.08 <sup>ab</sup>	+ 47	962 <sup>bc</sup>	+ 151	114 <sup>abc</sup>
آهن ۸ Fe 8	رایج Common	1594 <sup>abc</sup>	+ 13	39.4 <sup>b-d</sup>	+ 54	1.91 <sup>abc</sup>	+ 35	1130 <sup>abc</sup>	+ 195	133 <sup>a</sup>
آهن ۴ Fe 4	نانو Nano	1614 <sup>abc</sup>	+ 14	49.1 <sup>b</sup>	+ 92	1.83 <sup>bc</sup>	+ 29	1095 <sup>abc</sup>	+ 185	105 <sup>bc</sup>
آهن ۸ Fe 8	نانو Nano	1364 <sup>cd</sup>	- 3	37.6 <sup>cde</sup>	+ 47	1.75 <sup>bcd</sup>	+ 24	880 <sup>bc</sup>	+ 129	110 <sup>ab</sup>
روی ۴ Zn 4	رایج Common	1840 <sup>a</sup>	+ 30	32.2 <sup>def</sup>	+ 26	2.25 <sup>a</sup>	+ 59	828 <sup>c</sup>	+ 116	119 <sup>ab</sup>
روی ۸ Zn 8	رایج Common	1803 <sup>a</sup>	+ 28	34.5 <sup>c-f</sup>	+ 35	1.91 <sup>abc</sup>	+ 35	1154 <sup>ab</sup>	+ 201	97 <sup>c</sup>
روی ۴ Zn 4	نانو Nano	1710 <sup>ab</sup>	+ 21	30.0 <sup>ef</sup>	+ 17	2.00 <sup>abc</sup>	+ 41	1351 <sup>a</sup>	+ 252	107 <sup>bc</sup>
روی ۸ Zn 8	نانو Nano	1482 <sup>bc</sup>	+ 5	34.8 <sup>c-d</sup>	+ 36	1.83 <sup>bc</sup>	+ 29	1009 <sup>bc</sup>	+ 163	118 <sup>abc</sup>
آهن ۴ × روی ۴ Fe4 × Zn4		1339 <sup>cd</sup>	5-	36.2 <sup>c-f</sup>	+ 42	1.66 <sup>cd</sup>	+ 17	835 <sup>bc</sup>	+ 118	98 <sup>c</sup>
آهن ۴ × روی ۸ Fe4 × Zn8	نانو Nano	1850 <sup>a</sup>	+ 31	43.1 <sup>bcd</sup>	+ 69	2.00 <sup>abc</sup>	+ 41	1365 <sup>a</sup>	+ 256	112 <sup>abc</sup>
آهن ۸ × روی ۴ Fe8 × Zn4	نانو Nano	1178 <sup>d</sup>	- 16	71.9 <sup>a</sup>	+ 182	2.08 <sup>ab</sup>	+ 47	1333 <sup>a</sup>	+ 248	111 <sup>bc</sup>
آهن ۸ × روی ۸ Fe8 × Zn8		1438 <sup>bcd</sup>	+ 2	40.0 <sup>b-e</sup>	+ 56	1.75 <sup>bcd</sup>	+ 24	1058 <sup>abc</sup>	+ 176	111 <sup>bc</sup>

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference based on the LSD test at the five percent probability level.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر گروه‌های محلول پاشی کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر برخی خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه ذرت

Table 6- Analysis of variance (mean square) of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on some characteristics related to yield in seed corn

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول بلال	قطر بلال	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	ارتفاع بوته	قطر ساقه
Sources of variance	Degree of freedom	Cob length	Cob diameter	Number of rows in cob	Number of seeds in cob	Plant height	Stem diameter
Block بلوک	2	0.315 <sup>ns</sup>	0.960 <sup>ns</sup>	0.262 <sup>ns</sup>	0.672 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.534 <sup>ns</sup>
گروه محلول پاشی Foliar application groups	5	0.752 <sup>ns</sup>	0.878 <sup>ns</sup>	2.34 <sup>ns</sup>	76.5 <sup>**</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	0.740 <sup>ns</sup>
Error خطا	10	0.316	2.10	1.20	1.49	0.003	1.47
درصد تغییرات Percentage of changes		3.44	4.22	6.61	4.31	3.52	5.27

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

<sup>ns</sup> and <sup>\*\*</sup> are respectively insignificant and significant at the probability level of one percent

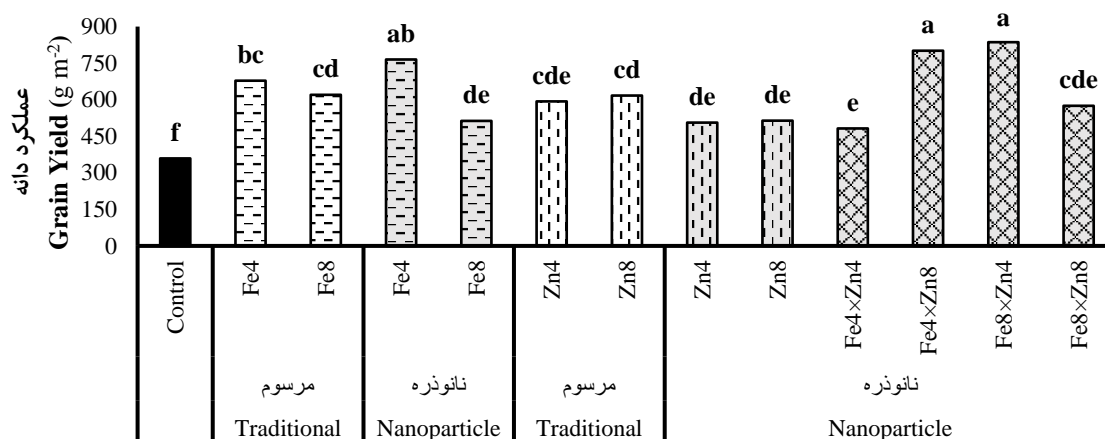
جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر برخی خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه در ذرت بذری

Table 7- Analysis of variance (mean square) of different concentrations of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on some traits that related to yield in seed Corn

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی Degree of freedom	طول بلال Cob length	قطر بلال Cob diameter	تعداد ردیف در بلال Number of rows in cob	تعداد دانه در ردیف Number of seeds in cob	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter
بلوک Block	2	0.800 <sup>ns</sup>	2.23 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.050 <sup>ns</sup>
تیمار محلول‌پاشی Foliar application treatments	12	0.526 <sup>ns</sup>	3.41 <sup>ns</sup>	2.17 <sup>ns</sup>	37.7 <sup>**</sup>	0.021 <sup>**</sup>	4.043 <sup>ns</sup>
خطا Error	24	0.547	2.18	1.51	3.33	0.005	2.223
درصد تغییرات Percentage of changes		4.56	4.35	7.27	6.21	4.36	6.49

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

<sup>ns</sup> and <sup>\*\*</sup> are respectively insignificant and significant at the probability level of one percent



تیمارهای کودی

Fertilizer treatments (g l<sup>-1</sup>)

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر عملکرد دانه ذرت بذری. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Figure 2- Means comparison of foliar application of different concentrations of common and nano-particle forms of iron and zinc fertilizers on grain yield of seed Corn. In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference based on the LSD test at the five percent probability level.

کم‌تر تحت‌تأثیر عوامل محیطی از جمله تیمارهای کودی همانند نتایج این تحقیق قرار می‌گیرد (Moradi and Soltani, 2018). همچنین گزارش شده است که تیمارهای کود آهن و روی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کنان، بالنگوی شهری و کاملینا نداشته و تیمارهای کودی بیش‌تر از طریق تغییر در تعداد دانه در بوته سبب افزایش عملکرد دانه شدند (Ajand et al., 2021). اما مخالف با نتایج این تحقیق در

با توجه به افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی، به نظر می‌رسد این افزایش از طریق تغییر در وزن هزار دانه اعمال نشده است، و احتمالاً تغییر در تعداد دانه در بوته عامل اصلی افزایش عملکرد در این شرایط تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف باشد. بین سایر اجزاء عملکرد، وزن هزار دانه از جمله اجزایی است که دارای وراثت پذیری بالایی از والدین است. بنابراین بیش‌تر تحت تأثیر کنترل ژنتیکی است و

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که گروه‌های مختلف کودی بر طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، ارتفاع بوته و قطر ساقه اثر معنی‌دار نداشتند، ولی بر تعداد دانه در ردیف اثر معنی‌دار داشتند. همچنین تیمار غلظت‌های مختلف کاربرد کودها از بین صفت‌های فوق، صرفاً بر تعداد دانه در ردیف و ارتفاع بوته اثر داشتند (جدول ۶ و ۷). نتیجه مشابهی در ذرت شیرین نیز گزارش شده است (Jolli *et al.*, 2020). اثر معنی‌دار گروه‌های کودی کم مصرف در افزایش تعداد دانه در ردیف به این دلیل است که چندین آنزیم گیاهی را فعال می‌کنند که در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، سنتز پروتئین و تشکیل دانه گرده نقش دارند (Jeet *et al.*, 2012).

گیاهان نخود، سویا و گندم افزایش وزن هزار دانه در اثر اعمال تیمارهای عناصر ریزمغذی و در نتیجه آن افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گزارش شده است (Vaziri Kateshori *et al.*, 2013; Afyooni *et al.*, 2015; Kobraee and Shamsi, 2015). البته این اختلاف ممکن است به دلیل تفاوت در نوع گیاه با ساز و کار فیزیولوژیک متفاوت و همچنین مرحله نمودی اعمال عناصر ریزمغذی باشد.

نتایج مطالعه ضرایب همبستگی نشان داد (جدول ۹) دو صفت وزن هزار دانه و عملکرد علوفه خشک کم‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه تحت تیمارهای این آزمایش داشته و به نظر می‌رسد کم‌ترین اهمیت را برای قرار گرفتن در برنامه اصلاحی برای این شرایط دارند.

جدول ۸ - مقایسه میانگین گروهی اثر کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر تعداد دانه در ردیف (الف) و اثر محلول پاشی غلظت‌های مختلف کودهای رایج و نانوذره آهن و روی بر تعداد دانه در ردیف و ارتفاع بوته ذرت بذری (ب)

Table 8 - Mean comparison of the effect of fertilizer groups on the number of grains in cob (A) and mean comparison of the impact of various concentrations of iron and zinc nanoparticles and common form on the number of grains in cob and the plant height seed corn (B).

الف A		ب B	
گروه محلول پاشی Foliar application group	تعداد دانه در ردیف Number of grains in cob	تیمارهای محلول - پاشی Foliar treatments (g l <sup>-1</sup> )	فرم کود Fertilizer form
شاهد Control	18.1 <sup>b</sup>	شاهد Control	تعداد دانه در ردیف Number of grains in cub
آهن معمولی Fe Common	30.4 <sup>a</sup>	آهن ۴ Fe 4	ارتفاع بوته Plant height (m)
آهن نانو Fe Nano	30.1 <sup>a</sup>	آهن ۸ Fe 8	
روی معمولی Zn Common	30.5 <sup>a</sup>	آهن ۴ Fe 4	
روی نانو Zn Nano	30.5 <sup>a</sup>	آهن ۸ Fe 8	
آهن نانو × روی نانو Fe Nano × Zn Nano	29.8 <sup>a</sup>	روی ۴ Zn 4	
		روی ۸ Zn 8	
		آهن ۴ × روی ۴ Fe 4 × Zn 4	
		آهن ۴ × روی ۸ Fe 4 × Zn 8	
		آهن ۸ × روی ۴ Fe 8 × Zn 4	
		آهن ۸ × روی ۸ Fe 8 × Zn 8	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference based on the LSD test at the five percent probability level

جدول ۹- نتایج ضرایب همبستگی عملکرد دانه با برخی صفات زراعی در ذرت تحت تاثیر محلول‌پاشی فرم‌های رایج و نانوذره آهن و روی

Table 9- Correlation coefficients of grain yield with some agronomic traits in corn under the effect of foliar application common and nanoparticle forms of iron and zinc

صفات‌ها Traits	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1											
عملکرد علوفه خشک (۲) Dry Forage yield	-0.13 <sup>ns</sup>	1										
شاخص برداشت (۳) Harvest Index	0.80 <sup>**</sup>	-0.66 <sup>**</sup>	1									
تعداد بلال در بوته (۴) No. cob plant <sup>-1</sup>	0.40 <sup>**</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	1								
تعداد دانه در بوته (۵) No. Grain plant <sup>-1</sup>	0.61 <sup>**</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	0.53 <sup>**</sup>	0.48 <sup>**</sup>	1							
وزن هزار دانه (۶) 1000 grain weight	-0.03 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	1						
طول بلال (۷) Cob length	0.10 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>**</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	1					
قطر بلال (۸) Cob diameter	0.12 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	1				
تعداد ردیف در بلال (۹) No. of row cob <sup>-1</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>**</sup>	0.41 <sup>**</sup>	0.33 <sup>**</sup>	-0.45 <sup>**</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>**</sup>	1			
تعداد دانه در ردیف (۱۰) No. of grain row <sup>-1</sup>	0.54 <sup>**</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>*</sup>	0.51 <sup>**</sup>	0.61 <sup>**</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>**</sup>	1		
طول بوته (۱۱) Plant height	0.30 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	1	
قطر ساقه (۱۲) Stem diameter	-0.11 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>	1

ns, \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \* and \*\* are respectively insignificant and significant at the probability level of five and one percent

صورت محلول‌پاشی علاوه بر برطرف نمودن کمبود مواد غذایی موجب کاهش اثرات آنتاگونیستی نیز می‌شود (Vaziri Kateshori et al., 2013). براساس نتایج یک پژوهش اعمال تیمارهای محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی آهن و روی، سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته گندم شد. همچنین غلظت این عناصر در درون بذر افزایش یافت (Pahlavanrad et al., 2008).

با بررسی اثر غلظت‌های مختلف کاربرد کودهای معمول و نانوذره بر ارتفاع بوته مشخص شد که کود نانوذره روی ۴ موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد (۷ درصد افزایش). همچنین بعد از این تیمار تیمارهای کاربرد ترکیبی آهن ۴ × روی ۸ و آهن ۸ × روی ۴ با ۶ درصد افزایش ارتفاع نسبت به تیمار شاهد در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۸). از آنجا که عنصر روی بر بیوسنتز اسید آمینه تریپتوفان (پیش

مقایسه میانگین صفت تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر گروه‌های مختلف کاربرد کودهای رایج و نانوذره آهن و روی نشان داد که کاربرد گروه‌های کود رایج و نانوذره به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد دانه در ردیف نسبت به تیمار شاهد (۱۸/۱ دانه در ردیف) شدند. در این شرایط گروه‌های مختلف کودی بین ۶۴ تا ۶۸ درصد سبب افزایش تعداد دانه در ردیف نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۸ الف). مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کودهای معمول و نانوذره نشان داد (جدول ۹)، کم‌ترین تعداد دانه در ردیف مربوط به تیمار شاهد بود. غلظت‌های مختلف تیمارهای کودی نیز بین ۶۲ تا ۷۶ درصد این صفت را افزایش دادند. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین این تیمارهای نبود، اما از نظر عددی تیمار روی معمول ۸ در هزار با ۷۶ درصد، بیش‌ترین افزایش در تعداد دانه در ردیف را باعث شدند (جدول ۸ ب). کاربرد کودهای روی و آهن به

معنی دار عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار شاهد (۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار) شدند. بیشترین افزایش عملکرد دانه در گروه کودی آهن رایج و گروه ترکیبی آهن نانوذره × روی نانوذره با ۸۱ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد دیده شد. همچنین بیشترین افزایش عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای کودی ترکیبی آهن نانوذره ۴ × روی نانوذره ۸ و آهن نانوذره ۸ × روی نانوذره ۴ به ترتیب با ۱۲۳ و ۱۳۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد به دست آمد. برخلاف عنصر روی، بین کودهای رایج و نانوذره آهن از نظر تأثیر بر عملکرد دانه تفاوت معنی داری مشاهده نشد. صفت تعداد دانه در بوته نسبت به وزن هزار دانه بیش تر تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت. با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می رسد که در شرایط کمبود عناصر ریزمغذی، صفت تعداد دانه در بوته عامل اصلی محدود کننده عملکرد دانه است. بنابراین احتمالاً در برنامه های اصلاحی می تواند مدنظر اصلاح گران قرار گیرد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت مالی دانشگاه رازی در اجرای این تحقیق قدردانی می شود.

ماده سنتز اکسین) اثر می گذارد، بنابراین کمبود عنصر روی از طریق کاهش سنتز هورمون اکسین می تواند ارتفاع بوته را به طور معنی دار کاهش دهد (Castillo-González *et al.*, 2018). در این ارتباط افزایش ارتفاع بوته تحت تأثیر تیمارهای عناصر غذایی کم مصرف مانند آهن و روی در لاین های مادری و پدری هیبریدهای جدید ذرت گزارش شده است (Chinipardaz *et al.*, 2022).

برخلاف نتایج این تحقیق، در برخی تحقیقات گزارش شده است که کودهای ریزمغذی از جمله آهن و روی با تأثیر بر کارایی فتوسنتزها و در نتیجه بهبود حرکت الکترون ها در زنجیره انتقال بر فتوسنتز گیاه تأثیر گذاشته و در نتیجه از طریق ساخته شدن بیش تر فتواسیمیلات سبب افزایش قطر ساقه گیاهان زراعی می شود (Malakoti and Tehrani, 2000) و یا تغذیه گیاه با عناصر ریزمغذی ارتفاع بوته، عملکرد تک بوته و قطر ساقه نخود را به شکل معنی داری تحت تأثیر قرار می دهد (Sarbandi *et al.*, 2012).

### نتیجه گیری کلی

گروه های کودی رایج و نانوذره آهن و روی سبب افزایش

### References

- Afyooni, D., Allahdadi, E., Akbari, G. and Najafian, G., 2015. Evaluation of tolerance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to terminal drought stress based on some agronomic traits. *Journal of Arid Biome*, 5(1), pp.1-17. [In Persian].
- Ajand, M., Saeidi, M., Beheshti, Al Agha, A. and Kahrizi, D., 2021. Effect of iron and zinc foliar application on some physiological characteristics of Dragons head (*lallelantia iberica* Fischer & C.A. Meyer), Camelina (*Camelina sativa* L.) and Linseed (*Linum usitatissimum* L.) under late season water deficit. Ph.D. Thesis, Razi University. 387pp. [In Persian].
- Bhardwaj, A.K., Arya, G., Kumar, R., Lamy, H., Hadi, P.A., Poonam, J., Prem, L.K. and Gyanendra, P.S., 2022. Switching to nano nutrients for sustaining agroecosystems and environment: the challenges and benefits in moving up from ionic to particle feeding. *Journal of Nanobiotechnology*, 20, pp.19. doi: 10.1186/s12951-021-01177-9
- Castillo-González, J., Ojeda-Barríos, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, A.C., Robles-Hernández, L. and Rogelio López-Ochoa, G., 2018. Zink metalloenzymes in plants. *Interciencia*, 43(4), pp.242-248.
- Chaudhary, D.P., Kumar, A., Kumar, R., Singode, A., Mukri, G., Sah, R.P., Tiwana, U.S. and Kumar, B., 2016. Evaluation of normal and specialty corn for fodder yield and quality traits. *Range Management and*

- Agroforestry*, 37, pp.79–83.
- Chinipardaz, F., Babaienejad, T., Gholami, A. and Barzegari, M., 2022. Grain yield and micronutrient concentrations of maize parental lines of new hybrid genotypes affected by the foliar application of micronutrients. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(2), pp.411-424. doi: **10.1007/s12298-022-01160-0**
- Daneshmandi, M.S. and Seyyedi, S.M., 2019. Nutrient availability and saffron corms growth affected by composted pistachio residues and commercial poultry manure in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(12), pp.1465-1475. doi: **10.1080/00103624.2019.1626871**
- Dass, A., Rajanna, G.A., Babu, S., Lal, S.K., Choudhary, A.K., Singh, R., Rathore, S.S., Kaur, R., Dhar, S., Singh, T., Raj, R., Shekhawat, K., Singh, C. and Kumar, B., 2004. Foliar application of macro- and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of Soybean in a semiarid climate. *Sustainability*, 14, pp.5825. doi: **10.3390/su14105825**
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Motaleb, K. and Parasana, B.M., 2022. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Science*, 14, pp.1295–1319. doi: **10.1007/s12571-022-01288-7**
- F.A.O., Ifad., UNICEF., W.F.P. and W.H.O., 2021. The state of food security and nutrition in the world 2021: transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. FAO, Rome.
- Fakharzadeh, S., Hafizi, M., Baghaei, M.A., Etesamim M., Khayamzadeh, M., Kalanaky, S., Akbari, M.E. and Nazaran, M.H., 2020. Using nano chelating technology for biofortification and yield increase in Rice. *Scientific Reports*, 10(1), pp.4351. doi: **10.1038/s41598-020-60189-x**
- Fani Akhlagh, E. and Daneshian, J., 2016. The effects of Zinc and Manganese on yield and yield components winter canola varieties in Gilan. *New Finding in Agriculture*, 10(3), pp.179-191. [In Persian].
- Fathi, A. and Zahedi, M., 2014. The Effects of zinc and iron oxide nano-particles on the growth and ion content of two corn cultivars in different soil salinity. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), pp.110-117. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.v12i1.36647**
- Ghofran Maghsud, S., Mobasser, H.R. and Fanaei, H.R., 2014. Effect of foliar application and time foliar application microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3(4), pp.396-399.
- Gul, H., Rahman, S., Shahzad, A., Gul, S., Qian, M., Xiao, Q. and Liu, Z., 2021. Maize (*Zea mays* L.) productivity in response to nitrogen management in Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 12, pp.1173-1179. doi: **10.4236/ajps.2021.128081**
- Jabbari, H., Khadem, S., Mozafari, H. and Safavi Fard, N., 2020. The effect of foliar application of zinc element and transplanting time on agronomic and physiological characteristics of two rapeseed cultivars. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12(42), pp.41-52. [In Persian].
- Jayarambabu, N., Rao, K., Park, S.H. and Rajendar, V., 2018. Biogenic synthesized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles effect on growth parameter of maize (*Zea mays* L.). *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 13, pp.903-

913.

- Jeet, S., Singh, J.P., Kumar, R., Prasad, R.K., Kumar, P., Kumari, A. and Prakash, P., 2012. Effect of nitrogen and sulphur levels on yield, economics and quality of QPM hybrids under dryland condition of Eastern Uttar Pradesh, India. *Journal of Agricultural Science*, 4(9), pp.31. doi: 10.5539/jas.v4n9p31
- Jolli, R.B., Nayak, V.H., Boranayaka, M.B. and Latha, H.C., 2020. Effect of foliar application of zinc, boron and iron on seed yield and quality of sweet corn cv. Madhuri. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), pp.914-919.
- Joshi, P., Yasin, M. and Sundaram, P., 2018. Genetic variability, heritability and genetic advance study for seed yield and yield component traits in a chickpea recombinant inbred line (RIL) population. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 6, pp.136-141. doi: 10.18782/2320-7051.6231
- Karimi, Z., Nasrolazadeh Asl, A., Jalili, F. and Valiloo, R., 2012. The effect of Barvar-2 phosphate biofertilizer and foliar applications of micro nutrient on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.). *Journal of Research in Crop Science*, 15(4), pp.33-44. [In Persian].
- Kaur, K., 2022. Corn: a crop with multiple health benefits. *The Pharma Innovation Journal*, 11(6), pp.1579-1582.
- Khalid, U., Sher, F., Noreen, S., Lima, E.C., Rasheed, T., Sehar, S. and Amami, R., 2022. Comparative effects of conventional and nano-enabled fertilizers on morphological and physiological attributes of *Caesalpinia bonducella* plants. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(1), pp.61-72. doi: 10.1016/j.jssas.2021.06.011
- Kobraee, S. and Shamsi, K., 2015. Relationship between oil, protein and dry matter in soybean seed with some of micronutrient's fertilization. *Research Journal of Soil Biology*, 7(2), pp.56-63. doi: 10.3923/rjsb.2015.56.63
- Malakoti, M.J. and Tehrani, M.M., 2000. Effects of micronutrients on the yield and quality of agricultural products. 2<sup>nd</sup> Ed. Tehran University Press. [In Persian].
- Ministry of Agriculture - Jihad. 2022. Information and communication technology center. Available at Web site <https://ajkhz.ir/main/index.php/download/akj1-keshvar-1399-1400.pdf>
- Mohammadi Limaiei, A. and Majidian, M., 2019. Effects of foliar application of zinc, boron and copper micronutrients on growth indices and yield of sweet corn. *Journal of Plant Process and Function*, 8(33), pp.431-448. [In Persian].
- Moradi, M. and Soltani Howyzeh, M., 2018. Evaluation of genetic diversity and heritability of the grain yield and yield components in spring Rapeseed cultivars. *Journal of Crop Breeding*, 10(26), pp.207-214. [In Persian]. doi: 10.29252/jcb.10.26.207
- Nabavi Moghadam, R., Saberi, M.H. and Sayyari, M.H., 2013. Effect of soil application of iron and manganese sulfate on quantitative and qualitative characteristics of forage maize hybrid single cross 704. *Journal of Crops Improvement*, 15(2), pp.75-86. [In Persian]. doi: 10.22059/jci.2013.36100
- Narimani, H., Rahimi, M.M., Ahmadikhah, A. and Vaezi, B., 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. *Archives of Applied Science Research*, 2(6), pp.168-176.

- Pahlavanrad, M.R., Keykha, G.A. and Naroueirad, M.R., 2008. Effect of application of Zn, Fe and Mn on yield, yield component, nutrient concentration and uptake in wheat grain. *Pajouhesh & Sazandegi*, 21(2), pp.142–150. [In Persian].
- Panda, J., Nandi, A., Mishra, S.P., Pal, A.K., Pattnaik, A.K. and Jena, N.K., 2020. Effects of nano fertilizer on yield, yield attributes and economics in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(05), pp.2583-2591. doi: **10.20546/ijcmas.2020.905.295**
- Qureshi, A., Singh, D.K. and Dwivedi, S., 2018. Nano-fertilizers: a novel way for enhancing nutrient use efficiency and crop productivity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, pp.3325-3335. doi: **10.20546/ijcmas.2018.702.398**
- Raddy, R., Salimath, M., Geetha, K. and Shankar, A., 2018. ZnO nanoparticle improves maize growth, yield and seed zinc under high soil pH condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 1593-1601. doi: **10.20546/ijcmas.2018.712.187**
- Ranilla, L.G., Rios-Gonzales, B.A., Ramírez-Pinto, M.F., Fuentealba, C., Pedreschi, R. and Shetty, K., 2021. Primary and phenolic metabolites analyses, in vitro health-relevant bioactivity and physical characteristics of purple corn (*Zea mays* L.) grown at two Andean geographical locations. *Metabolites*, 11(11), pp.722. doi: **10.3390/metabo11110722**
- Rashid, M.H., Uddin, F.J., Mostofa, M.G., Sarkar, S.K., Sarkar, A. and Ahmed, I.M., 2021. Growth and yield response of hybrid maize to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and zinc fertilizer management. *Fundamental and Applied Agriculture*, 6(3), pp.291-302. doi: **10.5455/faa.126949**
- Reddy, S.G.M., Lal, G.M., Krishna, T.V., Reddy, Y.V.S. and Sandeep, N., 2022. Correlation and path coefficient analysis for grain yield components in maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(23), pp.24-36. doi: **10.9734/ijpss/2022/v34i2331558**
- Santás-Miguel, V., Arias-Estévez, M., Rodríguez-Seijo, A. and Arenas-Lago, D., 2023. Use of metal nanoparticles in agriculture. A review on the effects on plant germination. *Environmental Pollution*, 1(334), pp.122222. doi: **10.1016/j.envpol.2023.122222**
- Sarbandi, H., Madani, H. and Changizi, M., 2012. Evaluation of the effect of leaf feeding of micronutrient elements in the growth stages and some morphological characteristics and yield of rainfed chickpea. The first national conference on sustainable development of agriculture and healthy environment, [In Persian].
- Singh, S., Thalkar, M.G., Brar, T.S., Singh, R. and Singh, K., 2019. Effect of fly ash and micronutrients (Zn and Fe) on yield of maize crop. *Plant Archives*, 19(2), pp.2664-2666.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2015. *Plant Physiology and Development*. 6th Edition, Sinauer Associates, Sunderland, CT. doi: **10.4236/ojn.2014.43019**
- Vaziri Kateshori, S., Daneshvar, M., Sohrabi, A. and Nazarian Firoz Abadi, F., 2013. Effects of foliar application of P, Zn and Fe on grain yield and yield components of Chickpea. *Journal of Crop Improvement*, 15(2), pp.17-30. [In Persian]. doi: **10.22059/jci.2013.36096**
- Wasaya, A., Shahzad Shabir, M., Hussain, M., Ansar, M., Aziz, A., Hassan, W. and Ahmad, I., 2017. Foliar

application of zinc and boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1), pp.33-45. **doi: 10.4067/s0718-95162017005000003**

## Comparison of the effect of common and nanoparticle chelates of iron and zinc on yield and its components in corn

Hayedeh Naserizadeh<sup>1</sup>, Mohsen Saeidi<sup>2\*</sup>, Hamid Reza Chaghazardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.Sc Graduate in Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

<sup>2</sup> Plant Production and Genetic Engineering Department, Razi University, Kermanshah, Iran

\*Corresponding Author: [m\\_saeidi@razi.ac.ir](mailto:m_saeidi@razi.ac.ir)

Received: 7 August 2023 Accepted: 14 October 2023

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.410596.1366

### Abstract

**Introduction:** Despite the high importance of corn seeds in various uses like green cobs, baby cobs, sweet corn, and popcorn, the production of oil, starch, dextrose, and syrup, less than ten percent of corn grains consumed in the country is supplied through domestic production. Deficiencies in the absorbable form of iron (Fe) and zinc (Zn) exist in most agricultural lands worldwide. This deficiency severely reduces the quantity and quality of crop yields such as maize. Lack of micronutrients in most agricultural soils of arid and semi-arid regions, such as most farming regions of Iran, is due to low absorbable form of micronutrients, imbalance with NPK fertilizers, high pH and low percentage of organic matters in soil and high bicarbonate content in irrigation water. By eliminating the lack of micronutrients through foliar spraying, it is possible to increase the grain yield of agricultural plants. Therefore, this study aimed to investigate the effect of traditional and nanoparticle forms of iron and zinc on some single cross-600 popcorn agronomic traits.

**Materials and Methods:** This research was conducted as a completely randomized block design with three replications in the research farm of Razi University, located in Kermanshah city at 1319 meters above sea level in the crop year 2019-2020. This research investigated popcorn (single cross 600) with maternal line K1533 and paternal line ZK4722AA. In each block, there are 13 foliar treatments, including traditional and nanoparticle forms of iron and zinc (zero, 4, and 8 g lit<sup>-1</sup>) and combined nanoparticle treatments of iron4 × zinc4, iron4 × zinc8, iron8 × zinc4, and iron8 × zinc8. The foliar spraying treatments were applied twice at the beginning of vegetative growth and the beginning of flowering. The data were subjected to analysis of variance by SAS, and means Fisher's Protected method (LSD 5%) was used for mean separation.

**Results and Discussion:** The results showed that all fertilizer concentrations and fertilizer groups (traditional iron, nanoparticle iron, traditional zinc, nanoparticle zinc, and combined forms) caused a significant increase in grain yield, dry forage yield, harvest index, the number of cobs per plant, the number of seeds in cobs and the number of rows in cob compared to the control treatment. However, they had no significant effect on the weight of 1000 seeds. The highest increase in grain yield compared to the control treatment (3590 kg ha<sup>-1</sup>) was related to the two treatment groups of traditional iron and nanoparticle iron × nanoparticle zinc with 81%. The treatment of iron nanoparticle8 × zinc nanoparticle4 caused the most significant increase in grain yield (132%) compared to the control treatment. The number of seeds per plant was affected by fertilizer treatments more than the trait of the 1000 seed weight. The 1000 seed weight is probably controlled under the influence of genetic factors. It seems that the foliar application of micronutrients by eliminating their deficiency and their nutritional effect probably increases the balance in the growth and regulation of plant development processes and ultimately causes a significant increase in grain yield. Different concentrations of iron and zinc nanoparticle fertilizers were significantly more effective in increasing grain yield than different concentrations of iron and zinc common fertilizers. This result may be due to the characteristics of shape, size, distribution, and nanoparticle fertilizers compared to common fertilizers.

**Conclusion:** The significant increase in grain yield under the influence of foliar spraying treatments indicated a significant lack of absorbable forms of iron and zinc elements and their critical role in the formation of corn grain yield in similar areas (arid and semiarid regions). Nanoparticle forms of iron and zinc fertilizers increase grain yield more effectively than traditional forms.

**Keywords:** Dry forage yield, Plant height, Single-cross, Stem diameter, The 1000 seed weight, The number of seeds in row

## تعیین عوامل محدودکننده عملکرد سویا به روش تجزیه مقایسه کارکرد تحت شرایط تنش خشکی در انتهای فصل رشد

علی باغبان امین<sup>۱</sup>، معصومه نعیمی<sup>۲\*</sup>، علی نخزری مقدم<sup>۲</sup>، علی راحمی کاریزکی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

\* مسئول مکاتبه: [naemi\\_701@yahoo.com](mailto:naemi_701@yahoo.com)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.405050.1355

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

### چکیده

یکی از عمده‌ترین مشکلات تولید سویا اختلاف قابل توجه بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول می‌باشد که خلأ عملکرد نامیده می‌شود، از آنجایی که شناسایی عوامل محدودکننده و خلأ عملکرد دارای اهمیت ویژه‌ای است، لذا این پژوهش به منظور بررسی عوامل محدودکننده عملکرد سویا با استفاده از تجزیه مقایسه کارکرد (CPA) در بابلسر طی در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات به صورت میدانی و مصاحبه مستقیم با کشاورزان انجام شد. بدین منظور، حداقل ۱۲۰ مزرعه سویا واقع در محدوده‌ی جغرافیایی مورد مطالعه در هر سال زراعی مورد پایش قرار گرفتند. نتایج حاصل از مدل عملکرد نشان داد که بین عملکرد قابل حصول (۴۰۵۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد واقعی (۲۳۲۳ کیلوگرم در هکتار) اختلافی به میزان ۱۷۳۶ کیلوگرم در هکتار وجود داشت. از بین متغیرهای مورد بررسی، تجربه کشاورزان، تراکم بوته، دفعات کوددهی نیتروژن، کود اولیه، دفعات مصرف آفت‌کش و نوع علف‌کش به ترتیب با سهمی معادل ۱۵/۶، ۲۴/۶، ۸/۳، ۳/۳، ۱۶/۷ و ۳۱/۵ درصدی، سبب ایجاد خلأ عملکرد سویا در منطقه مورد بررسی شده بودند. این نشان می‌دهد که با مدیریت زراعی صحیح و درست و اصلاح عوامل تأثیرگذار می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد و به نتیجه مطلوب دست یافت.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، خلأ عملکرد، عملکرد قابل حصول، عملکرد واقعی

### مقدمه

امنیت غذایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی بشر است. بنابراین، برای پاسخگویی به فشار فزاینده تقاضای جهانی غذا، بهبود عملکرد محصول امری ضروری است. سویا (*Glycine max* L.) گیاهی یک‌ساله، روزکوتاه و از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا به‌شمار می‌رود که علاوه بر دارا بودن روغن و پروتئین، نقش مؤثری در سلامت جامعه ایفا می‌کند (Naoki et al., 2018). سویا به‌دلیل استفاده‌های مختلف دارویی و صنعتی سطح زیر کشت بالایی را دارد (Matourian et al., 2022). یکی از موضوعات مهم در کشورهای در حال توسعه، کاهش خلأ عملکرد است (Carracelas et al., 2023). برآورد دقیق آن تأثیر زیادی بر افزایش عملکرد دارد (Laleh et al., 2023). شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی می‌تواند خلأ عملکرد را کاهش و یا به‌طور کامل حذف کند (Nobatiani et al., 2022). روش‌ها تجزیه و تحلیل خط مرزی (BLA<sup>1</sup>) است (Hajjarpoor et al., 2017). روش دیگر که برای بررسی خلأ عملکرد استفاده می‌شود، تحلیل مقایسه کارکرد (CPA<sup>2</sup>) است. در این روش، با استفاده از رگرسیون گام به گام (Amini et al., 2022) محدودیت‌های عملکرد تعیین و در نهایت مدل تولید انتخاب می‌شود. با استفاده از مدل و مقادیر متغیرهای مدل، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد (Soltani et al., 2020). شناسایی عوامل محدودکننده می‌تواند باعث کاهش خلأ عملکرد شود (Salam et al., 2023). روش CPA گزینه مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدودکننده عملکرد را شناسایی کرد و سپس نسبت به حذف این عوامل کاهش‌دهنده عملکرد اقدام نمود (Nezamzadeh et al., 2019). این روش در مقایسه با

امنیت غذایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی بشر است. بنابراین، برای پاسخگویی به فشار فزاینده تقاضای جهانی غذا، بهبود عملکرد محصول امری ضروری است. سویا (*Glycine max* L.) گیاهی یک‌ساله، روزکوتاه و از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا به‌شمار می‌رود که علاوه بر دارا بودن روغن و پروتئین، نقش مؤثری در سلامت جامعه ایفا می‌کند (Naoki et al., 2018). سویا به‌دلیل استفاده‌های مختلف دارویی و صنعتی سطح زیر کشت بالایی را دارد (Matourian et al., 2022). یکی از موضوعات مهم در کشورهای در حال توسعه، کاهش خلأ عملکرد است (Carracelas et al., 2023). برآورد دقیق آن تأثیر زیادی بر افزایش عملکرد دارد (Laleh et al., 2023). شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی می‌تواند خلأ عملکرد را کاهش و یا به‌طور کامل حذف کند (Nobatiani et al., 2022). روش‌ها تجزیه و تحلیل خط مرزی (BLA<sup>1</sup>) است (Hajjarpoor et al., 2017). روش دیگر که برای بررسی خلأ عملکرد استفاده می‌شود، تحلیل مقایسه کارکرد (CPA<sup>2</sup>) است. در این روش، با استفاده از رگرسیون گام به گام (Amini et al., 2022) محدودیت‌های عملکرد تعیین و در نهایت مدل تولید انتخاب می‌شود. با استفاده از مدل و مقادیر متغیرهای مدل، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد (Soltani et al., 2020). شناسایی عوامل محدودکننده می‌تواند باعث کاهش خلأ عملکرد شود (Salam et al., 2023). روش CPA گزینه مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدودکننده عملکرد را شناسایی کرد و سپس نسبت به حذف این عوامل کاهش‌دهنده عملکرد اقدام نمود (Nezamzadeh et al., 2019). این روش در مقایسه با

<sup>2</sup> - Comparative Performance Analysis

<sup>1</sup> -Boundary Line Analysis

علف‌های هرز در مزارع سویا می‌تواند سبب از دست رفتن عملکرد به میزان ۳۹۳ و ۵۲۳ کیلوگرم در هکتار گردد که تلفات اقتصادی قابل توجهی را ایجاد می‌کند (Hollander *et al.*, 2012). مطالعه خلأ عملکرد در مناطق برنج‌کاری منطقه نکا استان مازندران با استفاده از روش CPA نشان داد که خلأ عملکرد تخمین زده شده برابر ۴۱۲۲ کیلوگرم در هکتار بود که پیش کاشت کلزا، تناوب زراعی، بذر گواهی شده، تاریخ بذرپاشی، مصرف کود سرک، مصرف پتاسیم، مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها هر یک به میزان دو درصد بود (Gorzizad *et al.*, 2019).

نتایج تجزیه و تحلیل خط مرزی با برازش یک خط بر لبه بالایی داده‌ها نشان داد که پاسخ عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته به متغیرهای مستقل میزان بذر، زمان نشاکاری، تراکم بوته و مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری، در طول دوره رشد رویشی و بعد از گلدهی، از تابع دوتکه‌ای مثبت تبعیت کرده، ولی متغیرهای سن گیاهچه و تعداد گیاهچه در کپه تابع دو تکه‌ای منفی داشتند. متغیرهای خوابیدگی بوته (ورس) و آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از تابع خطی تبعیت کردند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خط مرزی نشان داد که میانگین عملکرد (بر اساس حد بهینه) ۵۷۵۵ کیلوگرم در هکتار، با خلأ عملکرد ۱۲۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد نسبی و خلأ نسبی نیز به ترتیب ۷۹/۸ و ۲۰/۹ درصد برآورد شد.

شهرستان بابلسر دارای بیش از ۵۰۰ هکتار اراضی زیر کشت سویای بهاره و تابستانه می‌باشد و با توجه به کاهش آب‌های زیرزمینی شهرستان و نیز کاهش سطح کشت گیاهان زراعی با نیاز آبی بالا (مانند شالی)، شرایط برای تبدیل شدن سویا به‌عنوان محصول غالب تابستانه در اراضی آبی این شهرستان فراهم شده است. با این وجود، بررسی عملکردهای سالانه از مزارع سویای شهرستان نشان می‌دهد که بین متوسط عملکرد به‌دست‌آمده از مزارع کشاورزان با حداکثر عملکرد به‌دست‌آمده در همان سال تفاوت فاحشی وجود دارد بنابراین، این تحقیق جهت شناسایی عوامل ایجادکننده خلأ و همچنین تعیین سهم هر یک از این عوامل در ایجاد خلأ عملکرد انجام خواهد شد که استفاده از نتایج حاصله می‌تواند در افزایش عملکرد سویای شهرستان نسبت به وضعیت تولید کنونی مفید واقع شود.

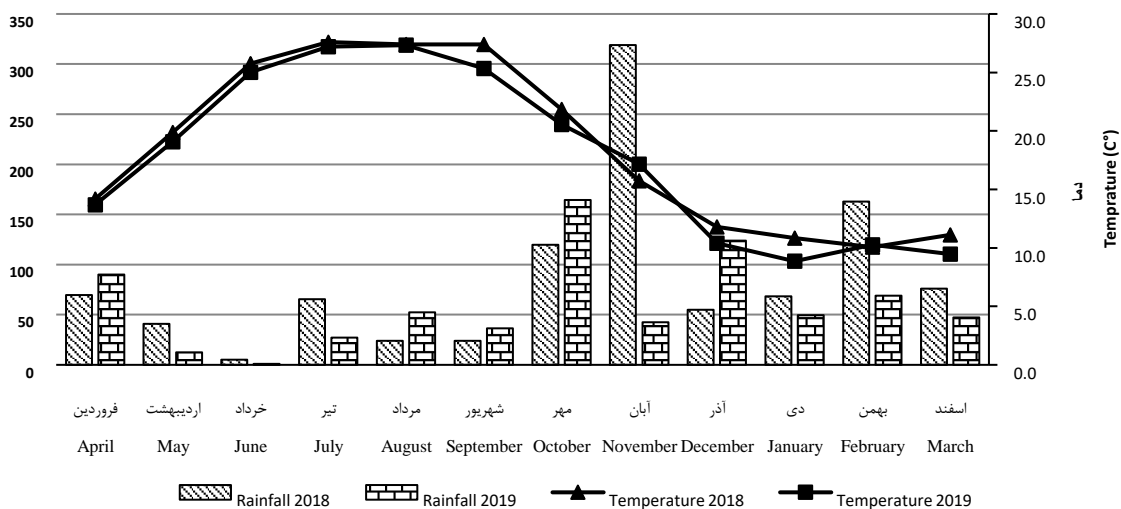
روش تابع خط مرزی، کارآیی بهتری را از نظر پیش‌بینی خلأ عملکرد گیاه زراعی نشان داده است (Yousefian *et al.*, 2019). با این روش، میزان تولید در شرایط عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی مورد مقایسه قرار می‌گیرد (Sadeh Zadeh *et al.*, 2023). با استفاده از مدل تولید و مقادیر متغیرهای مدل حاصل از این روش، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد (Alasti *et al.*, 2020).

نتایج پژوهشی با استفاده از روش CPA جهت بررسی عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد سویا و برآورد خلأ عملکرد آن در ۱۳ شهرستان تحت کشت سویا در استان مازندران نشان داد که سه عامل مقدار گوگرد مصرفی، محصول قبلی و سیستم آبیاری بارانی متحرک به ترتیب با مقادیر ۱۹۳/۲، ۲۲۳/۴ و ۵۴۲/۳ کیلوگرم در هکتار، بیشترین سهم را به ترتیب با ۲۴/۵۲، ۱۹/۴۱ و ۱۵/۳۳ درصد در خلأ عملکرد به وجود آمده داشتند. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که در استان مازندران برای رسیدن به حداکثر عملکرد ممکن در تولید سویا در مقایسه با متوسط عملکرد فعلی کشاورزان، عوامل محدودکننده مهمی وجود دارد که این عوامل روی هم رفته دلیل ۵۱ درصد خلأ عملکرد بوده‌اند (Mohammadi *et al.*, 2021). کلیه عملیات مدیریتی از مرحله تهیه بستر تا برداشت محصول در ۲۲۸ مزرعه مربوط به ارقام بومی برنج در سه منطقه شرق، مرکز و غرب استان مازندران به‌صورت پیمایشی و مطالعات میدانی در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از روش CPA نشان داد که متغیرهای بذر گواهی شده، سن گیاهچه، مصرف پتاسیم، مصرف نیتروژن (بعد از گل‌دهی)، زمان برداشت و وجود آفات، عوامل اصلی محدودکننده عملکرد برنج در منطقه بودند. عملکرد واقعی و پتانسیل عملکرد محاسبه شده با مدل CPA به ترتیب ۴۴۵۶ و ۶۶۴۲ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد ۲۱۸۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند (Rezvantlab *et al.*, 2019). عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد کلزا را در شرق استان گلستان با استفاده از روش CPA مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند که بیش‌ترین درصد خلأ عملکرد (۲۵/۵ درصد) مربوط به مصرف غیرصحیح کود نیتروژن بود، به‌طوری‌که با بهبود این عامل، عملکرد کلزا به میزان ۸۶۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (Abravan *et al.*, 2016). نتایج مطالعه‌ای در اتریش نشان داد که تراکم زیاد

## مواد و روش‌ها

۷۹۱ میلی‌متر و رطوبت نسبی ۷۹ درصد می‌باشد. آنچه که از نظر بارندگی در این منطقه حائز اهمیت است توزیع نامناسب بارندگی‌ها در ماه‌های مختلف سال است (شکل ۱)، به‌طوری که کم‌ترین مقدار بارندگی در خرداد ماه سال ۱۳۹۹ (۱/۱ میلی‌متر) و بیشترین بارندگی در آبان ماه ۱۳۹۸ (۳۱۸/۹ میلی‌متر) رخ داده است. دما در تیرماه ۱۳۹۸ حداکثر (۲۷/۶) درجه سانتی‌گراد) و در دی‌ماه ۱۳۹۹ حداقل (۸/۹) درجه سانتی‌گراد) بود.

این مطالعه در منطقه مرکزی استان مازندران (شهرستان بابلسر) انجام شد. بابلسر با مساحت ۱۳۵۰ هکتار کرانه جنوبی دریای خزر و در ۵۲ درجه و ۳۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد. هر ساله بیش از ۵۰۰ هکتار از اراضی این شهرستان به کشت سویا اختصاص می‌یابد. شهر بابلسر در مدار معتدل گرم قرار گرفته و میانگین دمای سالیانه آن ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد، بارش سالیانه



شکل ۱- میانگین دمای ماهانه ۱۳۹۸ (مثلث) و دمای ماهانه ۱۳۹۹ (مربع)، بارندگی ۱۳۹۸ (ستون تیره) و بارندگی ۱۳۹۹ (ستون روشن) در منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Average monthly temperature of 2018 (triangle) and monthly temperature of 2019 (square), rainfall of 2018 (dark column) and rainfall of 2019 (light column) in the study area

تنوع لازم در نوع روش‌های کاشت، داشت، برداشت و فناوری‌های استفاده‌شده و سایر موارد ایجاد شد. با توجه به این‌که مزارع انتخاب‌شده از لحاظ مدیریتی و همچنین عملکرد دارای تنوع بودند، جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت دوساله و در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۹۹-۱۳۹۸ صورت گرفت. اطلاعات موردنیاز مربوط به مزرعه (موقعیت، جهت شیب، مشکل زه‌کش و آب‌گرفتگی مزرعه)، مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه زمین (نوع ادوات، نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک و غیره)، رقم مورد استفاده (نحوه ضدعفونی بذور، میزان و وسیله‌ی کاشت)، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود و زمان مصرف کود پایه و سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، تعداد، میزان و زمان آبیاری (دستگاه‌های آبیاری سنتی، تحت فشار) و مسائل مربوط به برداشت (نوع

جهت جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد سویا نیاز به انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان بود. برای این منظور، حداقل ۶۰ مزرعه سویا واقع در محدوده‌ی جغرافیایی مورد مطالعه در هر سال زراعی مورد پایش قرار گرفت.

انجام عملیات پایش در طی فصل رشد محصول به‌صورت هفتگی و با دقت صورت گرفته و مشاهدات حاصل از پایش مزارع ثبت شد. مزارع انتخابی جهت پایش به‌گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی از لحاظ مکانی (جهت ایجاد تنوع در خصوصیات مزرعه مانند کیفیت خاک و وسعت مزارع) و زمانی (جهت ایجاد تنوع در عملیات تهیه بستر و تاریخ‌های کاشت) و همچنین از لحاظ سطح معلومات و شرایط درآمدی کشاورز و در نهایت از نظر نحوه انجام عملیات باشند و تحت این شرایط،

خطا (RMSE)، بود که از طریق رابطه ذیل حاصل گردید.

$$RMSE = \left( \sum_{I=1}^n (P_i - O_i)^2 / n \right)^{0.5}$$

که در این رابطه  $P_i$  معرف مقادیر پیش‌بینی شده،  $O_i$  معرف مقادیر اندازه‌گیری شده (مشاهده شده)،  $n$  تعداد نمونه‌های به کار رفته می‌باشد.

## نتایج و بحث

### مدل عملکرد

از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل (معادله نهایی رگرسیون) با شش متغیر مستقل انتخاب شد که در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب‌شده در مدل آورده شده است. مدل عملکرد به صورت معادله ۱ بود:

(معادله ۱)

$$Y = 303/40484 + 11.356X_1 + 15.62X_2 + 223.50X_3 + 289.89X_4 + 240.66X_5 + 296.31X_6$$

که در آن  $Y$ : عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار)،  $X_1$ : تجربه کشاورز در کشت سویا (سال)،  $X_2$ : تراکم،  $X_3$ : دفعات کوددهی،  $X_4$ : کود استارتر،  $X_5$ : تعداد دفعات آفت‌کش مصرفی،  $X_6$ : انواع علف‌کش هستند.

در این پژوهش، متغیرهای تجربه کشاورزان، تراکم بوته، دفعات کوددهی، کود اولیه، دفعات مصرف آفت‌کش و نوع علف‌کش به ترتیب ۱۵/۶، ۲۴/۶، ۸/۳، ۳/۳، ۱۶/۷ و ۳۱/۵ درصد سبب ایجاد خلأ عملکرد سویا در منطقه مورد بررسی شده بودند که در ادامه، بر اساس میزان تأثیر آن‌ها بر خلأ عملکرد پرداخته خواهد شد. در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین هر یک از این ویژگی‌ها آورده شده است.

شکل ۲ رابطه بین عملکردهای واقعی مزارع و عملکرد تخمین زده‌شده توسط مدل تولید با ضریب تبیین ۰/۶۳ را نشان می‌دهد و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل ۳۰۰/۴۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و نشان می‌دهد که دقت مدل مناسب است و می‌تواند برای تعیین میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد به کار گرفته شود.

ادوات، زمان برداشت و میزان عملکرد، اطلاعات مربوط به خاک و گیاه زارعی در طول فصل رشد و مشکلات تولید از قبیل مشکل ورس، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در هر مزرعه از طریق مشاهده، پرسش از کشاورزان و با اندازه‌گیری تکمیل شد. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های خاک شامل EC، pH، درصد کربن آلی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد رس، درصد سیلت، درصد ماسه و کلاس بافت خاک با استفاده از آزمون خاک و نقشه‌های رقمی موجود در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان حاصل شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده با استفاده از توزیع‌های فراوانی نسبی و جمعیتی انجام شد و بیشترین نسبت‌ها از روش‌های مختلف که کشاورزان از آن‌ها استفاده کرده‌اند، دامنه متغیرهای مختلف مدیریتی و نهاده‌ها و خصوصیات خاک و ارقام مورد استفاده در مناطق و فراوانی‌های مربوط به آن‌ها مشخص شد.

برای بررسی رابطه بین هر متغیر کمی با عملکرد از تجزیه رگرسیون و برای متغیرهای کیفی از تجزیه واریانس و در مرحله بعد، تجزیه داده‌ها با استفاده از روش‌های مناسب آماری و در صورت نیاز داده‌کاوی<sup>۱</sup> استفاده شد و رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی) و عملکرد با استفاده از روش رگرسیون گام به گام مورد بررسی قرار گرفت. انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از رویه‌های توصیه‌شده در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد و متغیرهای منتخب به صورت مقادیر متوسط و بهترین حالت که ممکن است در مدل رگرسیونی عملکرد قرار گیرد، وارد مدل تولید شش متغیره شدند. برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده و عملکرد از طریق روش رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت.

با قرار دادن میانگین مشاهده‌شده متغیرهای بررسی‌شده در مدل، عملکرد متوسط محاسبه گردید. سپس با قرار دادن بهترین مقدار مشاهده‌شده متغیرها در مدل، حداکثر عملکرد قابل دستیابی نیز محاسبه شد و اختلاف بین این دو عملکرد به‌عنوان خلأ عملکرد در نظر گرفته شد.

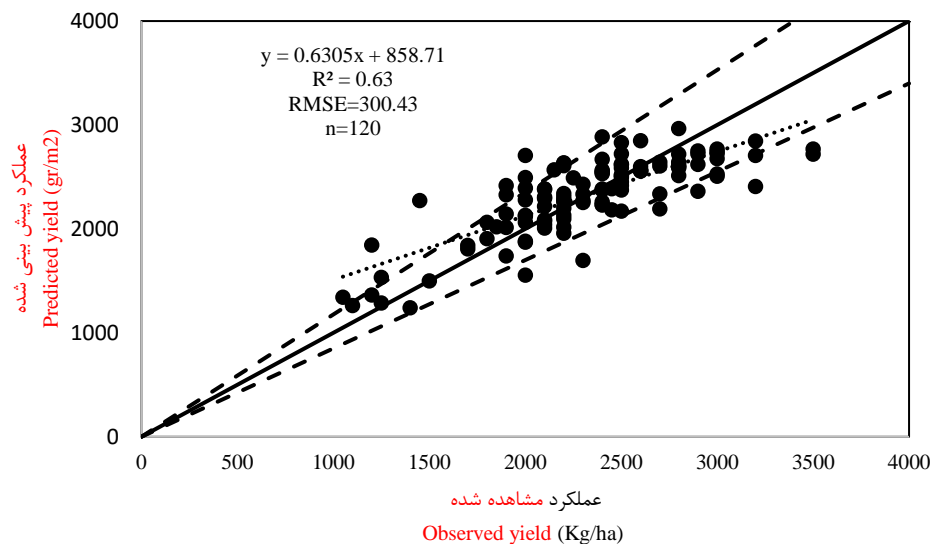
شاخص‌های ارزیابی مورد استفاده در این بررسی شامل برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ و ریشه میانگین مربعات

<sup>۱</sup>- Data mining

جدول ۱- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل CPA

Table 1- Minimum, maximum and average values of selected variables in the CPA model

متغیرها Variables	میانگین Mean	حداکثر Max	حداقل Min
تجربه Experience	42	3	18.25
تراکم بوته Plant density	75	37	47.7
دفعات کوددهی Fertilization frequency	2	0	1.36
کود اولیه Primary fertilizer	1	0	0.8
دفعات آفت کش مصرفی Frequency of pesticide use	2	0	0.8
نوع علف کش Type of herbicide	3	0	1.16



شکل ۲- رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده. خطوط منقطع نشان دهنده اختلاف ۲۰ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده هستند. خط وسط (ممتد)، خط ۱:۱ می باشد.

Figure 2- The relationship between the observed and predicted yield. Dashed lines represent the top and bottom 20 percent difference between observed and predicted yield. The middle line (continuous), the line is 1:1

هستند که به دلیل رقابت برای منابع ضروری مثل نور، آب و مواد مغذی با گیاه اصلی، به عملکرد آن آسیب می زنند (Vollmann *et al.*, 2010). نتایج مطالعه نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی، استفاده از انواع علف کش ها در کشت سویا با ۳۱/۵ درصد (۵۴۵/۲۱ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد و ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول داشت (جدول ۲ و شکل ۳). نتایج مطالعه ای در اتریش نشان داد که تراکم زیاد علف های هرز در مزارع سویا می تواند سبب از دست رفتن عملکرد به میزان ۳۹۳ و ۵۲۳ کیلوگرم در هکتار و

کللاً عملکرد سویا و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد نسبت به آن در جدول ۲ نشان داده شده است. بر طبق مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۲۳۲۸/۱۴ و ۴۰۵۹/۴۷ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شده است (جدول ۲) که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده قابل مقایسه می باشد (جدول ۱).

### استفاده از انواع علف کش ها

علف های هرز جزو مهم ترین عوامل زنده کاهنده رشد

افزایش شدت رقابت بین بوته‌ها در اثر افزایش تراکم بوته بود (Sorkhi, 2017). تنش خشکی شدید، گل‌دهی، روز تا رسیدگی و طول دوره رشد، ویژگی‌های مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول غلاف، ویژگی‌های فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، کلونیزاسیون ریشه و میزان برداشت روغن و پروتئین و در نهایت عملکرد دانه سویا را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Nakhzari *et al.*, 2019).

### دفعات مصرف آفت‌کش

استفاده از آفت‌کش‌ها جهت کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی امری ضروری است. بعد از عامل تراکم در کشت سویا، تعداد دفعات مصرف آفت‌کش ۱۶/۷ درصد معادل ۲۸۸/۸ کیلوگرم در هکتار خلأ عملکرد ایجاد کرد. استفاده از این مواد تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش خسارت آفات و اتلاف محصولات دارند. بنابراین، باید به دنبال تشویق جهت کنترل تلفیقی و شیمیایی آفات و همچنین استفاده از اقدامات حفاظتی اثربخش در شرایط استفاده از سموم در اولویت برنامه‌های آموزشی و ترویجی باشیم.

همچنین کاهش کارایی برداشت، افزایش رطوبت و دانه آسیب دیده و کاهش کیفیت دانه گردد که تلفات اقتصادی قابل توجهی را ایجاد می‌کند (Hollander *et al.*, 2012). بنابراین، کشاورزان و تولیدکنندگان باید موضوع کنترل علف‌های هرز را به‌عنوان عاملی مهم و مؤثر جهت حفظ کیفیت دانه و موفقیت در افزایش عملکرد و افزایش کشت موفق این محصول در نظر بگیرند.

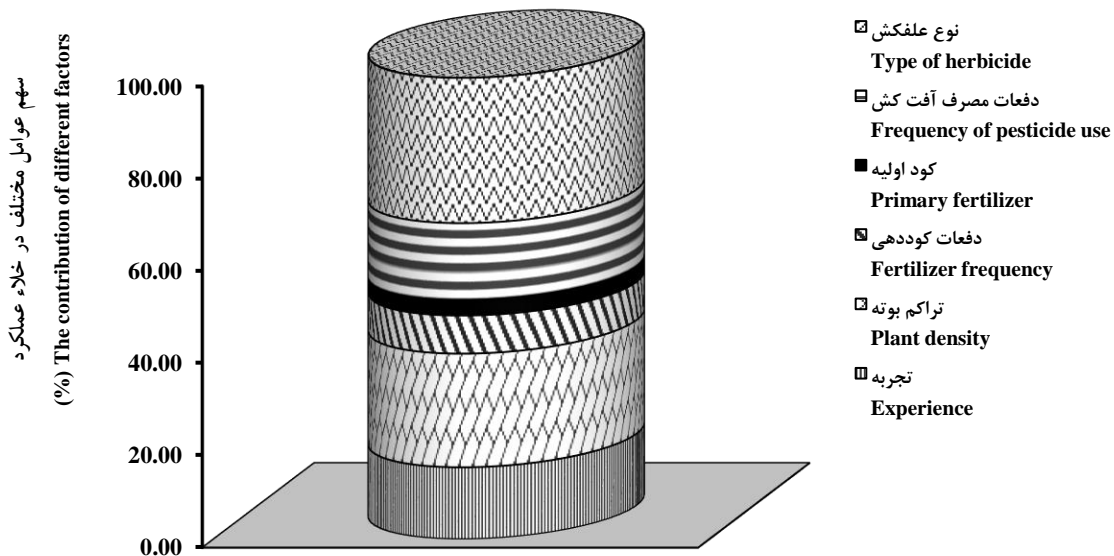
### تراکم بوته

نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که دومین عاملی که بالاترین سهم را در محدودیت عملکرد سویا داشت، تراکم بوته در هکتار بود که سبب ۲۴/۶ درصد معادل ۲۶۴/۵۸ کیلوگرم در هکتار خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲ و شکل ۳). انتخاب تراکم مطلوب بوته با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی منطقه باعث استقرار بهتر گیاه و در نتیجه عملکرد بیشتر نسبت به تراکم‌های دیگر می‌شود. سرخی گزارش کرد که افزایش تراکم بوته سبب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ شد که علت آن، کاهش نور دریافتی و کاهش در جذب رطوبت و مواد معدنی به‌علت

جدول ۲- سهم هر یک عوامل مورد بررسی در ایجاد خلأ عملکرد سویا

Table 2- The contribution of each investigated factor in the creation of soybean yield gap

متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقادیر متغیر Variable amounts		عملکرد محاسبه‌شده با مدل Estimate yield with model		خلأ عملکرد Yield gap	
		میانگین Mean	بهینه Best	میانگین Mean	بهینه Best	تغییرات Variation	درصد Percentage
عرض از مبدأ Interception	303.40	1	1	303.40	303.40	0	-
تجربه Experience	11.35	18.25	42	207.25	476.96	269.71	15.6
تراکم بوته Plant density	15.62	47.7	75	745.35	1174.94	426.58	24.6
دفعات کوددهی Fertilization frequency	223.50	1.36	2	303.96	447.43	143.4	8.3
کود اولیه Primary fertilizer	289.89	0.8	1	231.91	289.89	57.97	3.3
دفعات آفت‌کش مصرفی Frequency of pesticide use	2406.6	0.8	2	192.53	481.32	288.79	16.7
نوع علف‌کش Type of herbicide	296.31	1.16	3	343.72	888.93	545.21	31.5
میانگین عملکرد Yield mean	-	2323	4890	2328.14	4059.47	1731.33	100



شکل ۳- سهم عوامل مختلف در خلأ عملکرد سویا در منطقه مورد مطالعه

Figure 3- The contribution of different factors in the gap of soybean yield in the studied area

افزایش باروری و عدم کمبود مواد مغذی خاک می‌شود و کارایی مواد مغذی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، بهینه‌سازی زمان برای استفاده از کود توسط الگوی جذب مواد مغذی توسط گیاه تعیین می‌شود. برای هر محصول، هر ماده مغذی الگوی جذب متفاوتی دارد و کشاورزان باید نیاز کودی گیاه را در زمان و شرایط مناسب برآورده نمایند. برخی محققان ادعان داشتند کود شیمیایی با ضریب رگرسیون  $0/49$  بیشترین تأثیر را بر کاهش خلأ عملکرد گندم خواهد داشت (Koocheki *et al.*, 2017). همچنین در پژوهشی دیگر، بالاترین عملکرد دانه  $6272$  کیلوگرم در هکتار) از مزرعه فیروزآباد فهرج با مصرف  $300$  کیلوگرم کود (در مراحل قبل از کاشت، پنجه‌زنی، ساقه رفتن و گلدهی) حاصل گردید (Bagheripour *et al.*, 2020).

### کود اولیه

در این مطالعه عامل کود اولیه  $3/3$  درصد معادل  $57/97$  کیلوگرم خلأ عملکرد ایجاد کرد. کودهای اولیه با تأمین مواد مغذی ضروری در مکان‌های قابل دسترس نزدیک ریشه، توسعه گیاهچه‌های نوظهور را افزایش می‌دهند. استقرار سریع محصول در صورت استفاده از این کودها مطلوب است، زیرا رشد و عملکرد گیاه می‌تواند در مراحل اولیه رشد تحت تأثیر قرار گیرد. همچنین، گیاهان جوان سریع‌الرشد عموماً در برابر حملات

### تجربه کشاورز

وقتی دانش روز در کنار تجربه کشاورزی قرار بگیرد حرفه کشاورزی هم یک حرفه اقتصادی می‌شود. در این مطالعه، عامل تجربه کشاورزان  $15/6$  درصد معادل  $269/7$  کیلوگرم در هکتار خلأ عملکرد ایجاد کرد. به طور کلی، کشاورزی هم علم می‌خواهد و هم تجربه کافی، اما تجربه‌ی کشاورزان کافی نیست. آن‌ها، بسیاری از مطالب علمی را نمی‌دانند. مطالبی که می‌تولند به آن‌ها کمک کند تا محصولات بیش‌تر و باکیفیت‌تر از زمین‌های خود برداشت کنند (Nikahi *et al.*, 2013). سابقه کشاورز در کشت گندم  $354$  کیلوگرم در هکتار ( $10$  درصد) در خلأ عملکرد گندم نقش داشت آنان بیان داشتند که کشاورزان قدیمی‌تر از روش‌های سنتی‌تر استفاده می‌کنند و به کاربرد یافته‌های جدید تحقیقاتی کمتر توجه نشان می‌دهند.

### دفعات کوددهی

زمان‌بندی کوددهی در کشاورزی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد محصول دارد. کوددهی باید به گونه‌ای باشد که عناصر مورد نیاز گیاه به شکل مناسب و در زمان مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد. طبق بررسی انجام شده در این پژوهش، عامل دفعات کوددهی  $8/3$  درصد معادل  $143$  کیلوگرم خلأ عملکرد ایجاد کرد. استفاده صحیح از کودها در زمان نیاز گیاه موجب

بین عملکرد قابل حصول (۴۰۵۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد واقعی (۲۳۲۳ کیلوگرم در هکتار) اختلافی به میزان ۱۷۳۱ کیلوگرم در هکتار وجود داشت. از بین متغیرهای مورد بررسی، متغیرهای تجربه کشاورزان، تراکم بوته، دفعات کوددهی، کود اولیه، دفعات مصرف آفت کش و نوع علف کش به ترتیب ۱۵/۶، ۲۴/۶، ۸/۳، ۳/۳، ۱۶/۷ و ۳۱/۵ درصد سبب ایجاد خلأ عملکرد سویا در منطقه مورد بررسی شد. از بین عوامل مورد بررسی، استفاده از نوع علف کش‌ها در کشت سویا با ۳۱/۵ درصد (۵۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار)، بیش‌ترین سهم را در محدودیت عملکرد و ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول داشت. بنابراین، به نظر می‌رسد که با اصلاح این عوامل محدودکننده، عملکرد سویا با استفاده از راه‌کارهایی نظیر استفاده از کودهای اولیه جهت استقرار و کمک به گیاه، کنترل آفات و علف‌های هرز و افزایش دانش و اطلاعات کشاورزان از طریق برنامه‌های تریجی و آموزش می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد.

حشرات و بیماری‌ها مقاوم‌تر هستند و می‌توانند به‌طور مؤثرتری با علف‌های هرز رقابت کنند. مواد مغذی موجود در نزدیکی گیاهان جوان به رشد سریع اولیه و تشکیل برگ‌های بزرگ کمک می‌کند که برای فتوسنتز، مراحل بعدی رشد و بلوغ زودرس محصول ضروری است. هر کود باکیفیت و کامل که حداقل حاوی نیتروژن و فسفر باشد به‌عنوان کود اولیه به‌خوبی عمل می‌کند. حتی اگر خاک حاصلخیزی بالایی داشته باشد، سیستم ریشه جوان ممکن است نتواند مواد مغذی لازم را به‌دلیل نداشتن اندازه و تراکم بوته زیاد در خاک به دست آورد و استفاده از کود اولیه ضروری به‌نظر می‌رسد. جهت تعیین خلأ عملکرد گندم، عدم محلول‌پاشی عناصر غذایی، عدم مصرف بهینه کود نیتروژن و عدم مصرف بهینه کود پتاسیم را از دلایل مؤثر بر عملکرد گندم اعلام کردند (Hajarpour *et al.*, 2016).

### نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه نتایج حاصل از مدل عملکرد نشان داد که

### References

- Amini Mandi, V., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. and Naeemi, M., 2022. Investigation of the effective factors on yield gap of rice in Mazandaran province. *Journal of Crops Improvement*, 24(1), pp.205-217. [In Persian]. doi: 10.22059/jci.2022.320259.2527
- Abravan, P., Soltani A., Majidian M. and Mohsenabadi, Gh., 2016. Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan Province using CPA method. *Agroecology Journal*, 7(2), pp.46-60. [In Persian].
- Alasti, O., Zeinali, E., Soltani, A. and Torabi, B., 2020. Estimation of yield gap and the potential of rainfed barley production increase in Iran. *Journals of Crop Production*, 13(3), pp.41-60. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2021.16896.2250
- Bagheripour, M.A., Heydari Sharif Abad, H., Mehraban, A. and Ganjali, H.R., 2021. Investigation of the limiting factors of wheat seed yield in the eastern region of Kerman. *Journal of Crop Ecophysiology*, 15(59), pp.435-450. [In Persian]. doi: 10.30495/jcep.2021.687075
- Carracelas, G., Guilpart, N., Cassman, K.G. and Grassini, P., 2023. Distinguishing between yield plateaus and yield ceilings: A case study of rice in Uruguay. *Field Crops Research*, 292, 108808. doi: 10.1016/j.fcr.2023.108808
- Dastan, S., Nezamzadeh, S.E., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in canola production by CPA method in Neka region. *Applied Field Crops Research*, 32(2), pp.76-107. [In Persian]. doi: 10.22092/aj.2019.120656.1251

- Gorjizad, A., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of potential yield and yield gap associated with crop management in improved rice cultivars in Neka region. *Agroecology Journal*, 11(1), pp.277-294. [In Persian]. doi: **10.22067/jag.v11i1.67430**
- Hajjarpoor, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., Aynehband, A. and Nazeri, M., 2017. Determination of the optimum management ranges in order to increasing wheat yield in Golestan Province. *Journal of Crops Improvement*, 19(3), pp.577-590. [In Persian]. doi: **10.22059/jci.2017.6046**
- Hollander, N.G.D., 2012. Growth characteristics of several clover species and their suitability for weed suppression in a mixed cropping design. Ph. D. Thesis, Wageningen University. Wageningen, Netherlands, 132 p. doi:**10.18174/200784**
- Koocheki, A., Nasiri, M. Mansoori, H. and Moradi. R., 2017. Effect of climate and management factors on potential and gap of wheat yield in Iran with using WOFOST model. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(2), pp.244-256. [In Persian]. doi: **10.22067/gsc.v15i2.54278**
- Kumari, A., Price, A.J., Korres, N.E., Gamble, A. and Li, S., 2023. Influence of a cereal rye cover crop on the critical period for weed control in soybean. *Weed Technology*, 37(1), pp.25-33.
- Laleh, K.M., Ghorbani Javid, M., Alahdadi, I., Soltani, E., Soufizadeh, S. and González-Andújar, J.L., 2023. Wheat yield gap assessment in using the comparative performance analysis (CPA). *Agronomy*, 13(3), 705. doi: **10.3390/agronomy13030705**
- Matourian, H., Jaghan, A.K., Telavat, M.M., Siadat, S.A. and Torabi, B., 2022. Analyzing rapeseed (*Brassica napus* L.) yield gap using Comparative Performance Analysis (CPA) in Khorramshahr. *Journal of Agroecology*, 2(52), pp.275-289. [In Persian]. doi: **10.22067/agry.2021.67226.0**
- Mohammadi Kashka, F., Tahmasebi Sarvestani, Z.A., Pirdashti, H., Motevali, A. and Nadi, M., 2022. Evaluation of management factors affecting soybean (*Glycine max* L. Merrill) yield gap in Mazandaran Province using Comparative Performance Analysis (CPA). *Crop Production*, 15(1), pp.73-100. [In Persian]. doi:**10.22069/ejcp.2022.19128.2427**
- Nakhzari Moghaddam, A., Samsami, N., Rahemi Karizaki, A. and Gholinezhad, E., 2020. Effect of irrigation on physiological traits and seed yield of soybean under inoculation with mycorrhiza fungi and rhizobium bacteria. *Environmental Stress in Agricultural Sciences*, 13(2), pp.413-423. [In Persian]. doi: **10.22077/escs.2019.2131.1531**
- Naoki, M., Tetsuya, Y., Yoshitake, T., Koichiro, T. and Makita, N., 2018. Effect of plant density on growth and yield of new soybean genotypes grown under early planting condition in South Western of Japan. *Plant Production Science*, 21(1), pp.16-25. doi: **10.1080/1343943x.2018.1432981**
- Nekahi, M.Z., Soltani, A., Siahmergoi, A. and Bagherani, N., 2014. Yield gap of crop and weed management in wheat: case study, Golestan province-Bandar Gaz. *Journal of Crop Production*, 7(2), pp.135-156. [In Persian]. doi: **20.1001.1.2008739.1393.7.2.8.3**
- Nobatiani, M. Sh., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A. and Mansourirad, A., 2019. Documenting the production process and determining the limiting factors of wheat yield by CPA method in Kalaleh city. *Crop Production*

- Journal*, 22(3), pp.261-272. [In Persian]. doi: **10.22069/ejcp.2021.16991.2257**
- Rezvantlab, N., Dastan, S. and Soltani, A., 2019. Identification of yield constraints and yield gap monitoring of local rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Mazandaran Province. *Iranian Journal of Crop Science*, 21(2), pp.155-172. [In Persian]. doi: **10.29252/abj.21.2.155**
- Salam, M.A. and Sarker, M.N.I., 2023. Impact of hybrid variety adoption on the performance of rice farms in Bangladesh: A propensity score matching approach. *World Development Sustainability*, 2(3), 100042. doi: **10.1016/j.wds.2023.100042**
- Sekhvatifar, SH., Rahemi Karizaki, A., Molashahi, M. and Nakhzari Moghadam, A., 2019. Identifying the limiting factors of rapeseed yield using performance comparison analysis method. *Journal of Agronomy*, 22(1), pp.13-25. [In Persian]. doi: **10.22059/jci.2019.280944.2212**
- Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E. and Van Ittersum, M.K., 2020. Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems*, 183, 102859. doi: **10.1016/j.agsy.2020.102859**
- Sorkhi, F., 2017. Effect of planting pattern and plant density on growth, dry matter remobilization and grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Crop Physiology Journal*, 9(34), pp.61-78. [In Persian]. doi: **20.1001.1.2008403.1396.9.34.4.1**
- Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H., 2021 Identification of production constraining factors of local rice cultivars production in Sari region. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(2), pp.67-82. [In Persian]. doi: **10.22059/ijfcs.2020.277054.654585**
- Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H., 2020. Yield gap assessment in rice-grown fields using CPA and BLA approaches in northern Iran. *International Journal of Plant Production*, 15, pp.203-217. doi: **10.1007/s42106-020-00128-y**
- Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H., 2019. Documenting production process and the ranking factors causing yield gap in rice fields in Sari, Iran. *Iran Agricultural Research*, 38(1), pp.101-109. doi: **10.22099/iar.2019.5316**

## Determining factors limiting soybean yield by CPA method under drought stress conditions at the end of the growing season

Ali Bagheban Amin<sup>1</sup>, Masoumeh Naeemi<sup>2\*</sup>, Ali Nakhzari Moghaddam<sup>2</sup>, Ali Rahemi Karizaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ph.D Student of Crop Ecology, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

<sup>2</sup> Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

\*Corresponding Author: [naeemi\\_701@yahoo.com](mailto:naeemi_701@yahoo.com)

Received: 3 July 2023

Accepted: 29 December 2023

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.405050.1355

### Abstract

**Introduction:** Soybean (*Glycine max*) is one of the important food crops, which is rich in protein and vegetable oil. Soybean is the only legume with ample amount of essential omega-3 fatty acid and alpha-linolenic acid. One of the primary challenges in soybean production in the central region of Mazandaran province, Iran, is the substantial difference between actual and attainable yields, referred to as the yield gap. In recent years, this gap has been noteworthy. Closing the disparity between actual and potential yield, achievable through proper management, necessitates a detailed investigation and analysis of its underlying causes. Thus, identifying soybean yield-limiting factors is crucial. This study was conducted in Babolsar, located in the central region of Mazandaran province, Iran, to simultaneously recognize the best management practices, assess the percentage of affected fields, and estimate soybean yield potential and gaps using the Comparative Performance Analysis (CPA) method.

**Materials and Methods:** This study aimed to evaluate the factors limiting wheat yield in Babolsar County using the CPA method during the 2019-2020 period. Information collection, including planting dates, cultivation and harvesting activities, and soil physicochemical properties, was carried out through fieldwork and personal interviews with farmers. A total of 120 soybean fields within the geographical scope of the study area were monitored each crop year. Information related to soil characteristics, including EC, pH, percentage of organic carbon, absorbable phosphorus, absorbable potassium, percentage of clay, percentage of silt, percentage of sand, and soil texture class was obtained using soil tests and digital maps available in the agriculture organization of Babolsar. In the Comparative Performance Analysis method, stepwise regression was employed to examine the relationship between variables and yield. The yield gap rate, its causal factors, and the contribution of each factor to the yield gap creation were estimated.

**Results and Discussion:** Among the investigated variables, a model with seven independent variables (farmer experience, plant density, frequency of nitrogen fertilization use, starter fertilizer, frequency of pesticides, and herbicides) was selected as the final regression equation. The results of the yield model indicated a difference of 1736 kg/ha between attainable (4059 kg/ha) and actual yield (2323 kg/ha). Notably, farmer experience, plant density, frequency of nitrogen fertilization use, starter fertilizer, frequency of pesticides, and herbicides use had the most significant influence on soybean yield gap in the study area, contributing 15.6% (261.71 kg/ha), 24.6% (426.58 kg/ha), 8.3% (143.4 kg/ha), 3.3% (57.97 kg/ha), 16.7% (288.79 kg/ha), and 31.5% (545.79 kg/ha) respectively. Every plant needs the right time for fertilization for more yield. If the best fertilization time is not chosen for the plant, later or earlier fertilization will cause harmful effects in the plant. Weed control emerged as a crucial factor for increasing crop yield, emphasizing the importance of selecting optimal plant density based on regional climatic and soil conditions. Pesticide use played a vital role in pest control, contributing to a considerable reduction in pest damage and increased yield. Although farmers' experience had a significant role in the yield gap (15.6%), it was underscored that experience alone, without scientific knowledge, might be insufficient. The study emphasized the need for farmers to

adopt scientific principles to enhance productivity. Additionally, the proper use of fertilizers at the plant's critical stages was highlighted to increase soil nutrient levels and improve nutrient efficiency.

**Conclusion:** This study employed the Comparative Performance Analysis to determine optimal requirements for various management factors in soybean cultivation, aiming to achieve the highest yield. Through proper agricultural management and modification of influencing factors, the study suggests that it is possible to reduce the disparity between attainable and actual yields, ultimately achieving desired results.

**Keywords:** Attainable yield, Actual yield, Crop management, Plant density, Yield gap

## تأثیر زمان اولین آبیاری و کاربرد کودهای کلات و نانوی آهن و روی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران در کرمانشاه

عبدالرضا زند<sup>۱</sup>، محمد گلوی<sup>۲\*</sup>، گودرز احمدوند<sup>۳</sup>، محمود رمرودی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ابوعلی سینا همدان، همدان، ایران

\* مسئول مکاتبه: [mgalavi@uoz.ac.ir](mailto:mgalavi@uoz.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.338476.1227

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۳۱

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر زمان آبیاری اول و کودهای کلات و نانو آهن و روی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران، این آزمایش در شهرستان کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ انجام گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تاریخ آبیاری اول به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ آبان‌ماه و کودهای کلات معمولی و نانو کلات به‌عنوان عامل فرعی در هفت سطح (کاربرد ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار کود کلات معمولی آهن و روی و ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار کود نانو کلات آهن و روی و تیمار شاهد (بدون مصرف کود) بودند. نتایج نشان داد که تأثیر تاریخ آبیاری اول و کود بر تعداد برگ در بوته، وزن خشک گل، وزن خشک کلاله، کروسین، پیکروکروسین، کلروفیل‌های a و b معنی‌دار شد. بیشترین وزن خشک گل با اعمال اولین آبیاری در ۱۰ آبان‌ماه حاصل شد که تقریباً ۱۴/۲۹ درصد بیشتر از تاریخ اولین آبیاری در ۳۰ آبان‌ماه بود. تحت تأثیر کود بیشترین آن از کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی به‌دست آمد. میزان پرولین با کاربرد کود، روند کاهشی داشت و کم‌ترین آن از کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی حاصل گردید. تحت تأثیر برهمکنش تاریخ آبیاری اول و کود تفاوت‌های معنی‌داری در ویژگی‌های مورد بررسی مشاهده شد. براساس نتایج وزن خشک کلاله و سافرانال در تاریخ‌های آبیاری زودتر افزایشی بود و بیشترین وزن خشک کلاله از کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی از اعمال اولین آبیاری در ۱۰ آبان‌ماه به‌دست آمد که در مقایسه با تاریخ اولین آبیاری در ۳۰ آبان و عدم کاربرد کود ۴۷/۵۶ درصد افزایش داشت. براساس نتایج برای حصول حداکثر عملکرد کلاله تاریخ اولین آبیاری ۱۰ آبان و کاربرد ۱۲ کیلوگرم کلات معمولی یا ۸ کیلوگرم در هکتار نانو کلات مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، پیکروکروسین، کروسین، وزن کلاله

### مقدمه

رضوی با ۹۰۹۲۰ هکتار و تولید ۳۰۰/۹۴ کیلوگرم بوده است. اسپانیا با حدود ۱۲-۱۰ درصد دومین تولید کننده زعفران است و پس از آن هند با ۳/۳ درصد، یونان با ۲/۰ درصد و مراکش با ۰/۳ درصد قرار دارند (Jalali-Heravi et al., 2010). در زراعت زعفران، عوامل مختلفی بر کمیّت و کیفیت آن دخیل هستند. شرایط اقلیمی و درجه حرارت عواملی هستند که در تعیین زمان اولین آبیاری تأثیر دارند (Molina et al., 2004; Behdani et al., 2004). اعمال اولین آبیاری در زمان مناسب در هر منطقه باعث می‌شود تا از نظر ظهور زودتر گل نسبت به برگ مدیریت مطلوبی صورت گیرد و ضمن افزایش کمیّت و کیفیت محصول هزینه‌های برداشت نیز کاهش یابند. زمان آبیاری اول در بیدار شدن بنه‌ها بسیار مهم می‌باشد

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی ارزشمند با خصوصیات دارویی، مصارف غذایی و رنگرزی می‌باشد که با فرهنگ، اقتصاد و معیشت برخی از مناطق ایران عجین شده است. ایران بزرگترین تولید کننده زعفران دنیا می‌باشد و از لحاظ کیفی، زعفران ایران ارزش بسیار بالایی دارد. کل تولید زعفران جهان در سال ۲۰۱۷ حدود ۴۲۳ تن گزارش گردید که ۳۷۶ تن آن سهم ایران، و از کل سطح زیر کشت جهانی (۱۲۲۱۹۵ هکتار) حدود ۱۰۸۰۸۴ هکتار آن متعلق به ایران بود (Ganbari-Shirsavar, 2019). در سال ۱۳۹۹ سطح زیر کشت زعفران کشور ۱۲۱۲۵۰ هکتار بود که بیش از ۴۳۱ تن برداشت شد و بیشترین سطح زیر کشت زعفران در خراسان

(2014). محققین یاد شده کارآیی کود نانو را بسیار موثرتر از کود میکرو گزارش کردند. تأثیر کاربرد عناصر آهن و روی در تولید ماده خشک کلاله بیشتر از پتاسیم گزارش شده است (Akbarian *et al.*, 2012). آنها همبستگی نسبتاً بالایی بین عملکرد و شاخص سطح برگ ( $R^2=0/69$ ) و بین طول کلاله و وزن خشک کلاله ( $R^2=0/84$ ) گزارش کردند و معتقدند عواملی که باعث افزایش طول کلاله و شاخص سطح برگ می‌شوند، می‌تواند ماده خشک کلاله را نیز افزایش دهند. استفاده از آهن، روی و پتاسیم باعث افزایش طول برگ، تعداد برگ و شاخص سطح برگ می‌گردد و در نهایت سبب افزایش فتوسنتز و افزایش عملکرد زعفران می‌شوند. عملکرد، ویژگی بسیار پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل متعدد و برهمکنش آنها قرار می‌گیرد (Fageria and Baligar, 2005). در منطقه قائنات خراسان جنوبی با کاربرد صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانوکلات آهن بر تولید زعفران، بیشترین وزن تر و خشک کلاله و تعداد گل از کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Zabet, 2017). در بررسی تأثیر نانو کودهای مختلف عناصر ریزمغذی مثل آهن، روی، بر، منگنز و پتاسیم گزارش شده است که نانو کودهای مختلف از نظر کلروفیل‌های a و کل اختلاف معنی‌داری با شاهد وجود نداشتند. با این وجود بیشترین میزان کلروفیل a از کاربرد نانو کود آهن و کمترین آن از کاربرد نانو کود منگنز حاصل گردید. میزان کلروفیل b تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت، گرچه تأثیر نانو کودهای مختلف بر میزان پروتئین و فنل برگ معنی‌دار گردید (Rostami *et al.*, 2018).

با توجه به اهمیت تأثیر بسزایی زمان اعمال اولین آبیاری و کود در بیدار شدن بنه‌های زعفران، این تحقیق با هدف مطالعه واکنش ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف اولین آبیاری و کاربرد کودهای آهن و روی در فرم‌های کلات و نانو کلات انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ و در سال دوم (کاشت سال اول مرداد ماه ۱۳۹۵) زعفران در دهستان درود فرامان شهرستان کرمانشاه در ارتفاع ۱۳۶۸ متر از سطح دریا با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۱

(Gresta *et al.*, 2008). براساس نتایج تحقیقی تقریباً ۱۶ روز قبل از اینکه میانگین درجه حرارت روزانه به محدوده ۱۴ درجه سانتی‌گراد برسد باید اولین آبیاری زعفران انجام شود (Alizadeh *et al.*, 2009). تاریخ گلدهی و زمان انجام اولین آبیاری زعفران بسته به اقلیم و دمای منطقه بسیار متفاوت می‌باشد. در شهرستان‌هایی با ارتفاع بالاتر از سطح دریا و میانگین دمای پائین‌تر معمولاً زمان آبیاری و تاریخ گلدهی زود هنگام و در اوایل پائیز می‌باشد. با کم شدن ارتفاع و بالا رفتن دما، زمان انجام اولین آبیاری و تاریخ گلدهی به اواسط تا اواخر پائیز منتقل می‌شوند (Alizadeh *et al.*, 2009). طبق نتایج پژوهشی تحت تأثیر تاریخ اولین آبیاری و کودهای آلی در شهرستان خواف، بیشترین عملکرد گل زعفران (۹۲/۶ کیلوگرم در هکتار) با اولین آبیاری در ۳۰ مهرماه گزارش شده است که حدود ۳۸ درصد بیشتر از اعمال اولین آبیاری در ۱۵ مهرماه بود. همچنین تعداد گل نسبت به آبیاری ۱۵ مهرماه، ۳۳ درصد افزایش داشت. آنها اظهار داشتند که شروع آبیاری در ۳۰ مهر، بیشترین همزمانی را با تحریک گل‌انگیزی در زعفران دارد (Osmani Roudi *et al.*, 2015).

فراهمی عناصر غذایی نیز از عوامل بسیار تأثیرگذار در زراعت زعفران می‌باشد (Gresta *et al.*, 2008). در این بین عناصر میکرو مثل آهن و روی می‌توانند در افزایش کمی و کیفی نقش بسیار مهمی داشته باشند. عنصر آهن برای تولید کلروفیل ضروری است. همچنین روی برای تولید کلروفیل، هیدراتهای کربن و تریپتوفان مورد نیاز است (Akbarian *et al.*, 2012). طبق توصیه محققان فرم ریز مغذی‌های کلات کارآیی بالاتری نسبت به ترکیبات معمولی دارند، بنابراین کمبود آهن را می‌توان با استفاده مستقیم از آهن کلات شده در ناحیه ریشه یا محلول‌پاشی جبران کرد (Ahmadi and Jabbari, 2009). براساس نتایج تحقیقی با کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات آهن، افزایش وزن خشک کلاله زعفران (۵۹ درصد)، وزن گل تر (۶۹ درصد)، تعداد گل (۵۱ درصد)، تعداد برگ (۶۲ درصد)، طول برگ (۱۴ درصد)، قطر بنه اصلی (۳۳ درصد) و وزن کل بنه (۴۲ درصد) در مقایسه با شاهد گزارش گردیده است. در ضمن میزان جذب آهن توسط اندام‌های هوایی در تیمارهای کود نانو در مقایسه با کود میکرو به میزان قابل توجهی (۱۱ درصد) افزایش یافت (Baghai and Maleki-Farahani, 2015).

دقیقه شمالی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تاریخ آبیاری اول به عنوان عامل اصلی در سه سطح ۱۰ (I1)، ۲۰ (I2) و ۳۰ (I3) آبان ماه و کودهای کلات معمولی و نانو کلات به عنوان عامل فرعی در هفت (سطح F0 (بدون کود)، F1، F2 و F3: به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار از کود کلات آهن و روی؛ F4، F5 و F6: به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار از کود نانو کلات

آهن و روی) بودند.

تهیه زمین از تابستان ۱۳۹۵ شروع شد. کود دامی پوسیده بر اساس ۲۰ تن در هکتار پخش و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. در مهر ماه از خاک نمونه مرکب (۱۰ نقطه به صورت زیگزاگی) تا عمق ۳۰ سانتی متری تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

Table 1- Soil physical and chemical properties

هدایت الکتریکی EC (dS.m-1)	pH	کربن آلی Organic C (%)	روی Zn (ppm)	آهن Fe (ppm)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	بافت خاک Soil texture
0.84	7.4	1.16	1.28	1.96	187	18.6	0.05	Clay loam

بر اساس توصیه کودی قبل از کاشت به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل با کودپاش توزیع و توسط دیسک با خاک مخلوط شدند (Amjadian, 2014). سپس تسطیح زمین صورت گرفت. کود اوره نیز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت تقسیطی پس از گلدهی و همچنین اسفند ماه مصرف گردید. هر کرت شامل ۸ ردیف کاشت با فواصل ۶۰ سانتی متر و به طول ۶ متر بود. بنه‌ها در روی ردیف در فواصل ۱۰ سانتی متر از هم در عمق ۱۵ سانتی متری کشت شدند. جوانه‌های رأسی بنه‌ها در داخل جوی‌ها بسمت بالا قرار گرفتند تا در زمان رشد براحتی از خاک بیرون بیایند. اعمال تیمار تاریخ اولین آبیاری در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ آبان با اندازه‌گیری آب مصرفی توسط کنتور انجام شد تا همه تیمارها مقادیر آب یکسانی دریافت کنند. پس از گاو رو شدن خاک سله‌شکنی انجام گردید. تیمارهای کودی کلات و نانو تهیه از نمایندگی شرکت دانش بنیان صدور احراز شرق، بر اساس مساحت کرت‌ها با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید و با ماسه شسته شده مخلوط و به طور نواری در امتداد ردیف‌های کشت و در عمق ۱۰ سانتی متری به طور یکنواخت قبل از اولین آبیاری توزیع گردید.

در طی دوره گلدهی به عنوان عملکرد آن کرت در نظر گرفته شد. در زمان پایان دوره رویشی و قبل از زرد شدن برگ‌ها، تعداد برگ هر بنه شمارش گردید. اندازه‌گیری کلروفیل a و b با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی Analytika Jena 1500S, Germany-2010 انجام گردید. سپس با استفاده از معادله‌های ا و b، میزان کلروفیل‌های a و b محاسبه شدند (Arnon, 1967).

(۱)

Chlorophyll

$$a=(19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645})V/100W$$

(۲)

Chlorophyll

$$b=(19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663})V/100W$$

که در آن  $V =$  حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتیفریوژ)،  $A =$  جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر،  $W =$  وزن تر نمونه بر حسب گرم هستند.

برای تعیین سافرانال، کروسین و پیکروکروسین از روش استاندارد ملی ایران کد ۲۵۹-۲ از طریق طیف‌سنجی انجام گرفت (INSO, 2013). طیف‌سنجی برای اندازه‌گیری سافرانال، کروسین و پیکروکروسین به ترتیب در طول موج ۳۳۰، ۴۴۰ و ۲۵۷ نانومتر انجام شد. برای اندازه‌گیری پرولین آزاد برگ در مرحله رشد رویشی از روش بیتس و همکاران (Bates et al., 1973) استفاده شد. برای اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول برگ

ویژگی‌های مورد بررسی: شامل تعداد برگ در بوته، تعداد گل در متر مربع، وزن خشک گل و کلاله، سافرانال، کروسین، پیکروکروسین، پرولین، پروتئین و کلروفیل‌های a، b بودند. گل‌های ظاهر شده در هر کرت آزمایشی به صورت روزانه جمع‌آوری، شمارش و توزین شد و مجموع وزن تر گل و کلاله

در مقایسه با کودهای نانو به میزان کمتری در آزادسازی عناصر نقش دارند. برهمکنش زمان آبیاری اول  $\times$  کود بر تعداد برگ در بوته غیر معنی‌دار بود، اما برشده‌ی برهمکنش بر اساس زمان آبیاری بیانیگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای کودی در هر سطح از زمان آبیاری اول می‌باشد (جدول ۶). در تمامی تیمارهای آبیاری اول سطوح کودی F4، F5 و F6 (تمام سطوح تیمارهای کودی نانو) بالاترین تعداد برگ را در بوته داشتند و در برخی موارد از جمله ۳۰ آبان، تیمار کودی F3 (آهن کلات و روی کلات هر کدام به میزان ۱۲ کیلوگرم در هکتار) نیز با این گروه تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۶). در تمامی زمان‌های آبیاری اول کمترین تعداد برگ در بوته در تیمار شاهد و F1 (آهن کلات و روی کلات هر کدام به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. عدم معنی‌داری برهمکنش زمان آبیاری اول  $\times$  کود بر تعداد برگ در بوته بخاطر این روند یکسان می‌باشد، ولی به هر حال تیمار کودی به خصوص نانو باعث افزایش تعداد برگ در بوته گردید. در نتایج تحقیق دیگری نیز تولید برگ‌های طویل‌تر و بنه‌های قوی‌تر تحت تأثیر اولین آبیاری در ۱۵ مهر نسبت به ۳۰ مهر و ۱۵ آبان در منطقه خواف گزارش شده است (Osmani Roudi *et al.*, 2015). با کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات آهن، افزایش ۶۲ درصدی تعداد برگ زعفران نسبت به شاهد گزارش گردیده است (Baghai and Maleki, Farahani, 2014). نامبردگان تأثیر نانو کلات آهن را در مقایسه با کلات معمولی و در مقادیر یکسان بر افزایش تعداد برگ بیشتر اعلام کردند (Baghai and Maleki-Farahani, 2014). نتایج تحقیقی حاکی از افزایش تعداد برگ، غلظت کلروفیل و در نتیجه رشد بیشتر و تولید بنه‌های قوی‌تر که منجر به افزایش عملکرد زعفران می‌شوند، تحت تأثیر کاربرد کود آهن و به خصوص نانو کلات آهن را گزارش نموده است (Maleki Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015). فراهمی عناصر غذایی ماکرو و میکرو از طریق تأثیر بر فرآیندهای رشدی در گیاه زراعی، می‌تواند موجب افزایش عملکرد و رشد گیاه گردد و این فرآیند توانایی آن را برای جذب تشعشع خورشیدی با توسعه سطح برگ افزایش می‌دهد (Behdani *et al.*, 2005).

ابتدا نیتروژن کل اندازه‌گیری گردید. در این روش ابتدا نمونه را با اسید سولفوریک و کاتالیزور هضم نموده و سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر و معرف نسلر رنگ سنجی انجام شد. در این عمل کلیه پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و ترکیبات نیتروژن‌دار به سولفات آمونیوم تبدیل می‌شوند و از میزان آمونیوم موجود نیتروژن کل محاسبه و سپس با ضریب ثابت ۵/۶ میزان پروتئین محاسبه گردید (Harris, 2003).

### تجزیه و تحلیل آماری

آزمون نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون t انجام شد. سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام گردید. مقایسات میانگین تیمارها بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد و برشده‌ی برهمکنش تیمارها با استفاده از رویه slice در SAS انجام گردید (Soltani, 2010).

### نتایج و بحث

**تعداد برگ در بوته:** تأثیر زمان اولین آبیاری در سطح ۵ درصد و کود در سطح یک درصد بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار شدند (جدول ۲)، به طوری که بیشترین تعداد برگ در بوته از آبیاری در ۱۰ آبان (۱۳/۹۵) برگ در بوته) به دست آمد که نسبت به آبیاری در تاریخ‌های ۲۰ و ۳۰ آبان به ترتیب ۱۳/۹۸ و ۶/۱۶ درصد بیشتر بود (جدول ۳). در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین تعداد برگ با کاربرد نانو آهن و نانو روی هر کدام به میزان ۱۲ کیلوگرم در هکتار به تعداد ۱۴/۸۹ برگ در بوته حاصل شد که از نظر آماری با تیمارهای F5 (کلات نانو آهن و روی هر کدام به میزان ۸ کیلوگرم در هکتار) و F4 (کلات نانو آهن و روی هر کدام به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). کمترین تعداد برگ در بوته در تیمارهای شاهد و F1 (آهن کلات و روی کلات هر کدام به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب با ۱۰/۷۸ و ۱۰/۶۷ برگ در بوته به دست آمد که در یک گروه آماری قرار گرفتند. می‌توان چنین توجیه نمود که استفاده از نانو کودها به دلیل رهایش تدریجی عناصر غذایی در خاک و در اختیار قرار دادن آنها برای گیاه بهتر و نتیجه بخش‌تر است و از طرف دیگر، کودهای میکرو

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران تحت تأثیر زمان اولین آبیاری و کاربرد کودهای کلات و نانو آهن و روی

Table 2- Analysis of variance for some morphophysiological traits of saffron under the influence of first irrigation time and application of chelate and Nano iron and zinc fertilizers

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ در بوته	تعداد گل در متر مربع	وزن خشک گل	وزن خشک کلاله	سافرانا	پیکروکروسین	پیکروکروسین	پروترین	بروتئین برگ	کلروفیل a	کلروفیل b
SOV	df	Number of leaf per plant	Number of flower per m <sup>-2</sup>	Flower dry weight	Stigma dry weight	Safranal	Crocin	Picrocrocin	Proline	Leaf protein	Chlorophyll a	Chlorophyll b
تکرار	2	3.82	14.33	0.003	1001.94	35.40	3.11	0.68	7.43	0.045	4.40	10.95
Replication												
زمان آبیاری												
اول	2	20.11*	62.90 <sup>ns</sup>	0.02*	1637.60*	4.11 <sup>ns</sup>	77.78*	72.97**	31.00 <sup>ns</sup>	0.033 <sup>ns</sup>	27.50**	44.09*
First irrigation time(I)												
خطای a	4	3.85	18.59	0.004	160.19	2.34	14.42	3.61	12.14	0.027	1.29	4.42
Ea												
کود	6	27.76**	142.44**	0.05**	1958.83**	38.66**	35.27**	32.28**	53.76**	0.044**	47.85**	57.37**
Fertilizer(F)												
I×F	12	1.35 <sup>ns</sup>	2.57 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	126.15*	3.73**	2.31 <sup>ns</sup>	5.52**	2.85 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	2.39 <sup>ns</sup>	3.07 <sup>ns</sup>
خطای b	36	0.86	3.66	0.003	59.70	0.81	1.26	0.86	4.59	0.004	1.57	3.16
Eb												
ضرب تغییرات	-	7.12	8.96	11.97	3.87	2.52	0.67	1.28	0.22	5.18	0.24	1.21
CV(%)												

\* و \*\*: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: عدم معنی‌داری

\* and \*\* are significant at the 5 and 1% probability levels, respective and ns, not significant

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران تحت تأثیر زمان اولین آبیاری

Table 3- Mean Comparison for some morphophysiological traits of saffron under the influence of first irrigation time

زمان آبیاری	تعداد برگ در بوته	تعداد گل در متر مربع	وزن خشک گل	کروسین	پروترین	بروتئین برگ	کلروفیل a	کلروفیل b
اول	Number of leaf per plant	Number of flower per m <sup>-2</sup>	Flower dry weight (g.m <sup>-2</sup> )	Crocin (E% <sup>1440nm</sup> )	Proline (mg.kg <sup>-1</sup> )	Leaf protein (g.100g <sup>-1</sup> )	Chlorophyll a (µg.g <sup>-1</sup> )	Chlorophyll b (µg.g <sup>-1</sup> )
First irrigation time								
I1	13.95 <sup>a</sup>	23.24 <sup>a</sup>	0.48 <sup>a</sup>	169.95 <sup>a</sup>	961.24 <sup>a</sup>	1.26 <sup>a</sup>	518.37 <sup>a</sup>	148.28 <sup>a</sup>
I2	12.00 <sup>b</sup>	20.90 <sup>a</sup>	0.46 <sup>ab</sup>	168.52 <sup>ab</sup>	962.38 <sup>a</sup>	1.25 <sup>a</sup>	517.73 <sup>a</sup>	147.84 <sup>a</sup>
I3	13.09 <sup>ab</sup>	19.86 <sup>a</sup>	0.42 <sup>b</sup>	166.14 <sup>b</sup>	963.67 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>	516.15 <sup>b</sup>	145.58 <sup>b</sup>

در هر ستون، تیمارهایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.

\*Means in each column having at least a common letter are not significantly different by the Duncan test at 5 % probability level.

I1, I2 و I3: به ترتیب تاریخ اولین آبیاری.

I1, I2 and I3 of first irrigation time, respectively.

در هکتار آهن + روی فرم (کلات) با ۲۳/۵۶ گل در متر مربع قرار داشت (جدول ۴). می‌توان چنین استنباط نمود که استفاده از نانو کودها به دلیل رهایش تدریجی عناصر غذایی در خاک و در اختیار قرار دادن آنها برای گیاه در مقایسه با کلات معمولی بهتر و موثرتر بوده است. برشدهی برهمکنش تیمارها نشان می‌دهد که در هر سه تاریخ آبیاری اول تیمارهای کودی F5 و F6

**تعداد گل در متر مربع:** تعداد گل در متر مربع تحت تأثیر زمان اولین آبیاری قرار نگرفت، گرچه به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد نسبت به اعمال تیمار کود واکنش نشان داد (جدول ۲). بیشترین تعداد گل در واحد سطح از کاربرد فرم نانویی در تیمارهای F5 و F6 به ترتیب ۲۶/۴۴ و ۲۵/۲۲ گل در متر مربع به‌دست آمد و پس از آن تیمار F3 (۱۲+۱۲) کیلوگرم

نانو کلات آهن در مقابل کلات معمولی گزارش شده است که نوع و مقدار کود آهن، تعداد گل را تحت تأثیر قرار می‌دهد و پاسخ زعفران به تیمار کودی آهن برای تعداد گل مثبت است، به طوری که با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن، تعداد گل ۱۰۴ درصد از تیمار شاهد بیشتر بود. همچنین تعداد گل با کاربرد ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی با ۵ کیلوگرم نانو کلات در یک گروه آماری بود (Maleki Farahani *et al.*, 2015). بر اساس نظر این محققین توانایی رساندن و فراهمی عنصر توسط نانو کلات بیشتر از کلات معمولی است. در تحقیقی با اعمال تیمار بذرمالی، آبیاری و محلول پاشی با کود نانوبیولوژیک تعداد گل ۱۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش گزارش شده است (Feizi *et al.*, 202).

برتری محسوسه نسبت به بقیه تیمارها داشتند و پس از آن تیمار F3 با اختلاف اندک نسبت به آنها قرار گرفت (جدول ۶). براساس نتایج پژوهشی نیز تأثیر زمان‌های مختلف آبیاری اول زعفران از ابتدای شهریور تا ابتدای آبان در مشهد تفاوت معنی‌داری در عملکرد گل مشاهده نشد که با نتایج آزمایش حاضر تطابق دارد (Mohammad Abadi *et al.*, 2011). نتایج تحقیق دیگری حاکی از اختلاف بسیار معنی‌داری بین سطوح مختلف کودی نانو کلات آهن بر تعداد کل گل در متر مربع و وزن تر گل‌ها می‌باشد و بالاترین مقادیر را برای ویژگی‌های فوق با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن گزارش کردند (Khaksarnezhad and Zabet, 2017). آنها همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد کل گل‌ها با ویژگی‌های وزن تر و خشک کلاله و وزن تر گل‌ها مشاهده کردند. در بررسی مقادیر مختلف

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران تحت تأثیر کاربرد کودهای کلات و نانو آهن و روی

Table 4- Mean Comparison for some morphophysiological traits of saffron under the influence of application of chelate and Nano iron and zinc fertilizers

کود Fertilizer (kg.ha <sup>-1</sup> )	تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m <sup>2</sup>	وزن خشک گل Flower dry weight (g.m <sup>2</sup> )	کروسین Crocine (E% <sup>1440nm</sup> )	پروترین Proline (mg.kg <sup>-1</sup> )	پروتئین برگ Leaf protein (g.100g <sup>-1</sup> )	کلروفیل a Chlorophyll a (µg.g <sup>-1</sup> )	کلروفیل b Chlorophyll b (µg.g <sup>-1</sup> )
F0	10.78 <sup>d</sup>	15.89 <sup>d</sup>	0.34 <sup>d</sup>	165.22 <sup>c</sup>	964.22 <sup>a</sup>	1.10 <sup>c</sup>	513.16 <sup>d</sup>	143.31 <sup>d</sup>
F1	10.67 <sup>d</sup>	17.11 <sup>d</sup>	0.40 <sup>c</sup>	166.44 <sup>d</sup>	965.89 <sup>a</sup>	1.19 <sup>b</sup>	516.00 <sup>c</sup>	144.49 <sup>d</sup>
F2	12.33 <sup>c</sup>	20.33 <sup>c</sup>	0.43 <sup>b</sup>	167.67 <sup>c</sup>	962.00 <sup>b</sup>	1.20 <sup>b</sup>	517.37 <sup>b</sup>	147.31 <sup>c</sup>
F3	13.89 <sup>b</sup>	23.56 <sup>b</sup>	0.46 <sup>b</sup>	168.89 <sup>b</sup>	964.11 <sup>a</sup>	1.27 <sup>a</sup>	518.84 <sup>a</sup>	148.43 <sup>bc</sup>
F4	14.11 <sup>ab</sup>	20.78 <sup>c</sup>	0.46 <sup>b</sup>	168.56 <sup>bc</sup>	961.78 <sup>b</sup>	1.27 <sup>a</sup>	517.37 <sup>b</sup>	147.40 <sup>c</sup>
F5	14.44 <sup>ab</sup>	26.44 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	171.22 <sup>a</sup>	959.33 <sup>c</sup>	1.27 <sup>a</sup>	519.23 <sup>a</sup>	149.40 <sup>ab</sup>
F6	14.89 <sup>a</sup>	25.22 <sup>ab</sup>	0.54 <sup>a</sup>	169.44 <sup>b</sup>	959.67 <sup>c</sup>	1.31 <sup>a</sup>	519.94 <sup>a</sup>	150.24 <sup>a</sup>

در هر ستون، تیمارهایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن سطح احتمال ۵ درصد اختلاف آماری معنی دار ندارند.

Means in each column having at least a common letter are not significantly different by the Duncan test at 5 % probability level.

F0، شاهد (بدون کود)، F1، F2، F3: به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار از کود کلات آهن و روی؛ F4، F5، F6: به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار از کود نانو کلات آهن و روی.

F0، control، F1، F2 and F3: 4، 8 and 12 kg.ha<sup>-1</sup> of iron and zinc chelate fertilizer، F4، F5 and F6: 4، 8 and 12 kg.ha<sup>-1</sup> of Nano-chelate iron and zinc fertilizer، respectively.

متر مربع بدست آمد (جدول ۴). بیشترین وزن خشک گل (۰/۴۸ گرم در متر مربع) با اعمال اولین آبیاری در ۱۰ آبان ماه حاصل شد که تقریباً ۱۴/۲۹ درصد بیشتر از تاریخ اولین آبیاری در ۳۰ آبان ماه بود. تحت تأثیر کود بیشترین آن از کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی به دست آمد. برشدهی برهمکنش تاریخ آبیاری اول × کود نشان داد که در تاریخ ۱۰ آبان تیمارهای کودی F5 و F6 بیشترین وزن خشک را داشتند

**وزن خشک گل:** وزن خشک گل تحت تأثیر زمان اولین آبیاری و کاربرد کود به ترتیب در سطوح پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک گل در تاریخ آبیاری ۱۰ آبان به میزان ۰/۴۸ گرم در متر مربع به دست آمد و سپس تاریخ‌های ۲۰ و ۳۰ آبان به ترتیب با ۰/۴۶ و ۰/۴۲ قرار گرفتند (جدول ۳). در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین وزن خشک گل در تیمارهای F5 و F6 هر دو به مقدار ۰/۵۴ گرم در

می‌افتد و به اواسط و حتی اواخر پائیز منتقل می‌گردد (Alizadeh *et al.*, 2009). در نتایج تحقیقی، واکنش معنی‌دار وزن گل زعفران تحت تأثیر نوع کود آهن (کلات معمولی یا نانوکلات) و مقدار آن گزارش شده است (Maleki Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015). آنها با افزودن کود آهن، روند افزایشی وزن گل را برای هر دو فرم و به‌ویژه برای کود نانو مشاهده کردند که با نتایج آزمایش دیگری تطابق داشت (Baghai and Maleki Farahani, 2014).

و با تاخیر در آبیاری اول تیمارهای F2، F3، F4 نیز با آنها اختلاف معنی‌دار نداشتند ضمن اینکه وزن خشک گل تولید شده در تاریخ‌های دیرتر کمتر بود (جدول ۶). نتایج مطالعه‌ای برای تعیین مناسب‌ترین زمان آبیاری اول در خراسان شمالی، رضوی و جنوبی نشان داده است که مکان‌هایی با ارتفاع بالاتر از سطح دریا و میانگین دمای کمتر، تاریخ گلدهی و است و بالعکس با کم شدن ارتفاع منطقه و بالا رفتن دمای هوای منطقه، زمان آبیاری اول و بالطبع تاریخ گلدهی آن به تاخیر

جدول ۵- میانگین مربعات بردهی برهمکنش زمان آبیاری × کاربرد کود کلات و نانو در برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک زعفران

Table 5- Mean square of interaction of irrigation time × application of chelate and Nano fertilizer in some morphophysiological traits of saffron

زمان آبیاری اول	تعداد برگ در بوته درجه آزادی	تعداد گل در متر مربع	وزن خشک گل	وزن خشک کلاله	وزن سافرانال	پیکروکروسین کروسین	پروترین پروترین	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	بروتئین برگ Leaf protein	پروتئین	
											بروتئین برگ Leaf protein	بروتئین برگ Leaf protein
First irrigation timing	Df	Number of leaf per plant	Number of flower per m <sup>2</sup>	Flower dry weight	Stigma dry weight	Safranal	Crocin	Picrocrocin	Proline	Leaf protein	Chlorophyll a	Chlorophyll b
I1	6	10.49**	51.86**	0.025**	836.67**	30.02**	15.82**	20.41**	17.63**	0.012*	13.84**	19.98**
I2	6	14.78**	51.86**	0.014**	432.20**	11.49**	16.43**	13.76**	20.82**	0.014**	18.94**	28.66**
I3	6	5.19**	43.87**	0.016**	942.24**	4.59**	7.65**	3.16**	21.00**	0.026**	19.85**	14.86**

\* و \*\*: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

\* and \*\* are significant at the 5 and 1% probability levels, respective

I1, I2 and I3: به ترتیب تاریخ اولین آبیاری.

I1, I2 and I3 of first irrigation time, respectively.

۴۷/۵۶ درصد افزایش داشت (جدول ۶). نتایج تحقیقی نیز افزایش غیرمعنی‌دار عملکرد کلاله خشک زعفران را با اعمال اولین آبیاری در آبان نسبت به شهریور و مهر گزارش کرده است (Mohammad Abadi *et al.*, 2011). در تحقیقات متعدد گزارش گردیده است که عملکرد کلاله زعفران در واکنش به فرم نانویی نسبت به کلات معمولی افزایش بیشتری نشان داده است (Khaksarnezhad and Zabet, 2017; Maleki Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015). همچنین حداکثر عملکرد با کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات آهن به‌دست آمد ضمن اینکه عملکرد حاصل از ۵ کیلوگرم نانو کلات آهن با عملکرد ناشی از مصرف ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی آهن در یک گروه آماری قرار دارند (Maleki Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول پاشی نانو اکسید روی و روی معمولی اثرات مثبتی بر تعداد گل و عملکرد کلاله زعفران دارند (Rostami *et al.*, 2019).

**وزن خشک کلاله:** نتایج نشان داد که برهمکنش تاریخ آبیاری اول و کود بر وزن خشک کلاله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بررسی برهمکنش بر اساس بردهی نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۰ آبان، سطح کودی F5 با ۲۳۶/۹۶ میلی‌گرم در متر مربع بیشترین وزن خشک کلاله را بخود اختصاص داد و بقیه تیمارهای کودی در این تاریخ به طور معنی‌داری دارای وزن خشک کلاله کمتری بودند، اما با تأخیر زمان اولین آبیاری به ۲۰ و ۳۰ آبان ماه، تفاوت تأثیر تیمارهای کودی F2، F3، F4، F5 و F6 بر وزن خشک کلاله از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. براساس مقایسه میانگین‌ها وزن خشک کلاله در تاریخ‌های آبیاری زودتر افزایشی بود و بیشترین وزن خشک کلاله (۲۳۶/۹۶ میلی‌گرم در متر مربع) از کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی از اعمال اولین آبیاری در ۱۰ آبان ماه به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار اولین آبیاری در ۳۰ آبان و عدم کاربرد کود (۱۶۰/۵۹ میلی‌گرم در متر مربع)،

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش زمان آبیاری اول × کاربرد کود کلات و نانو آهن و روی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی زعفران

Table 6- Mean comparison interaction of irrigation time × chelate and Nano iron and zinc fertilizer application in some morphophysiological traits of saffron

زمان آبیاری اول	کود	تعداد برگ در بوته	تعداد گل در متر مربع	وزن خشک		سافراناال	کروسین	پیکروکروسین	پروترین	پروتئین		
				گل	کلاه					برگ	کلروفیل a	کلروفیل b
First irrigation timing	Fertilizer	Number of leaf per plant	Number of flower per m <sup>-2</sup>	Flower dry weight (g.m <sup>-2</sup> )	Stigma dry weight (mg.m <sup>-2</sup> )	Safranal (E% <sup>1</sup> <sub>330nm</sub> )	Crocin (E% <sup>1</sup> <sub>440nm</sub> )	Picrocrocin (E% <sup>1</sup> <sub>257nm</sub> )	Proline (mg.kg <sup>-1</sup> )	Leaf protein (g.100g <sup>-1</sup> )	Chlorophyll a (μg.g <sup>-1</sup> )	Chlorophyll b (μg.g <sup>-1</sup> )
I1	F0	11.00 <sup>d</sup>	16.67 <sup>d</sup>	0.34 <sup>c</sup>	185.82 <sup>c</sup>	31.94 <sup>c</sup>	166.67 <sup>c</sup>	69.33 <sup>e</sup>	963.67 <sup>ab</sup>	1.13 <sup>b</sup>	514.30 <sup>d</sup>	144.43 <sup>c</sup>
	F1	12.00 <sup>cd</sup>	19.00 <sup>d</sup>	0.42 <sup>b</sup>	190.85 <sup>c</sup>	32.51 <sup>c</sup>	168.00 <sup>e</sup>	71.67 <sup>d</sup>	964.67 <sup>a</sup>	1.24 <sup>a</sup>	517.00 <sup>c</sup>	145.33 <sup>c</sup>
	F2	13.33 <sup>c</sup>	22.67 <sup>c</sup>	0.47 <sup>b</sup>	205.87 <sup>b</sup>	34.94 <sup>b</sup>	170.00 <sup>b</sup>	73.00 <sup>cd</sup>	959.33 <sup>cd</sup>	1.25 <sup>a</sup>	518.77 <sup>abc</sup>	148.57 <sup>ab</sup>
	F3	15.00 <sup>b</sup>	26.00 <sup>ab</sup>	0.48 <sup>b</sup>	213.02 <sup>b</sup>	38.63 <sup>a</sup>	170.33 <sup>b</sup>	74.00 <sup>c</sup>	962.67 <sup>abc</sup>	1.31 <sup>a</sup>	519.30 <sup>ab</sup>	149.10 <sup>ab</sup>
	F4	15.00 <sup>b</sup>	23.67 <sup>bc</sup>	0.47 <sup>b</sup>	208.08 <sup>b</sup>	36.04 <sup>a</sup>	170.00 <sup>b</sup>	73.00 <sup>cd</sup>	960.67 <sup>bcd</sup>	1.29 <sup>a</sup>	518.47 <sup>bc</sup>	148.33 <sup>b</sup>
	F5	15.67 <sup>a</sup>	28.00 <sup>a</sup>	0.59 <sup>a</sup>	236.96 <sup>a</sup>	39.58 <sup>a</sup>	174.00 <sup>a</sup>	77.33 <sup>a</sup>	959.00 <sup>d</sup>	1.31 <sup>a</sup>	520.17 <sup>ab</sup>	151.00 <sup>ab</sup>
I2	F6	15.67 <sup>a</sup>	26.67 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	212.44 <sup>b</sup>	39.26 <sup>a</sup>	170.67 <sup>a</sup>	75.67 <sup>b</sup>	958.67 <sup>d</sup>	1.30 <sup>a</sup>	520.60 <sup>a</sup>	151.17 <sup>a</sup>
	F0	10.00 <sup>cd</sup>	16.33 <sup>d</sup>	0.40 <sup>c</sup>	177.80 <sup>c</sup>	32.81 <sup>c</sup>	165.67 <sup>c</sup>	69.33 <sup>e</sup>	964.33 <sup>a</sup>	1.12 <sup>c</sup>	512.40 <sup>c</sup>	143.63 <sup>d</sup>
	F1	8.67 <sup>d</sup>	16.33 <sup>d</sup>	0.38 <sup>c</sup>	192.88 <sup>b</sup>	33.07 <sup>c</sup>	165.67 <sup>c</sup>	71.33 <sup>d</sup>	964.67 <sup>a</sup>	1.21 <sup>bc</sup>	517.70 <sup>b</sup>	144.10 <sup>cd</sup>
	F2	10.67 <sup>c</sup>	20.00 <sup>c</sup>	0.39 <sup>c</sup>	201.47 <sup>ab</sup>	33.93 <sup>c</sup>	167.33 <sup>c</sup>	74.00 <sup>b</sup>	963.67 <sup>a</sup>	1.22 <sup>abc</sup>	518.30 <sup>ab</sup>	146.63 <sup>bc</sup>
	F3	12.67 <sup>b</sup>	23.00 <sup>b</sup>	0.44 <sup>bc</sup>	208.40 <sup>a</sup>	37.20 <sup>ab</sup>	170.33 <sup>ab</sup>	73.00 <sup>bc</sup>	964.67 <sup>a</sup>	1.30 <sup>ab</sup>	518.67 <sup>ab</sup>	149.20 <sup>ab</sup>
	F4	14.00 <sup>ab</sup>	19.00 <sup>cd</sup>	0.50 <sup>ab</sup>	210.79 <sup>a</sup>	35.87 <sup>b</sup>	169.33 <sup>b</sup>	72.33 <sup>cd</sup>	961.67 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>a</sup>	517.57 <sup>b</sup>	149.23 <sup>ab</sup>
I3	F5	13.67 <sup>ab</sup>	27.33 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	210.50 <sup>a</sup>	37.43 <sup>a</sup>	171.67 <sup>a</sup>	76.00 <sup>a</sup>	958.67 <sup>b</sup>	1.30 <sup>ab</sup>	519.40 <sup>ab</sup>	151.07 <sup>a</sup>
	F6	14.33 <sup>a</sup>	24.33 <sup>a</sup>	0.52 <sup>ab</sup>	205.39 <sup>a</sup>	36.52 <sup>ab</sup>	169.67 <sup>b</sup>	74.00 <sup>b</sup>	959.00 <sup>b</sup>	1.28 <sup>ab</sup>	520.07 <sup>a</sup>	151.00 <sup>a</sup>
	F0	11.33 <sup>c</sup>	14.67 <sup>f</sup>	0.27 <sup>c</sup>	160.59 <sup>b</sup>	34.01 <sup>c</sup>	163.33 <sup>c</sup>	68.33 <sup>c</sup>	964.67 <sup>bc</sup>	1.06 <sup>c</sup>	512.77 <sup>d</sup>	141.87 <sup>d</sup>
	F1	11.33 <sup>c</sup>	16.00 <sup>ef</sup>	0.39 <sup>b</sup>	168.61 <sup>b</sup>	35.04 <sup>bc</sup>	165.67 <sup>b</sup>	69.33 <sup>bc</sup>	968.33 <sup>a</sup>	1.13 <sup>bc</sup>	513.30 <sup>cd</sup>	144.02 <sup>cd</sup>
	F2	13.00 <sup>b</sup>	18.33 <sup>de</sup>	0.44 <sup>ab</sup>	196.07 <sup>a</sup>	35.72 <sup>b</sup>	165.67 <sup>b</sup>	69.67 <sup>bc</sup>	963.00 <sup>bcd</sup>	1.12 <sup>bc</sup>	515.03 <sup>bc</sup>	146.73 <sup>abc</sup>
	F3	14.00 <sup>ab</sup>	21.67 <sup>bc</sup>	0.47 <sup>ab</sup>	202.38 <sup>a</sup>	36.19 <sup>ab</sup>	166.00 <sup>b</sup>	70.33 <sup>ab</sup>	965.00 <sup>ab</sup>	1.21 <sup>b</sup>	518.57 <sup>a</sup>	147.00 <sup>ab</sup>
I3	F4	13.33 <sup>ab</sup>	19.67 <sup>cd</sup>	0.42 <sup>ab</sup>	202.32 <sup>a</sup>	35.26 <sup>bc</sup>	166.33 <sup>ab</sup>	70.00 <sup>b</sup>	963.00 <sup>bcd</sup>	1.20 <sup>b</sup>	516.07 <sup>b</sup>	144.63 <sup>bcd</sup>
	F5	14.00 <sup>ab</sup>	24.00 <sup>ab</sup>	0.48 <sup>a</sup>	202.02 <sup>a</sup>	37.48 <sup>a</sup>	168.00 <sup>a</sup>	71.67 <sup>a</sup>	960.33 <sup>d</sup>	1.21 <sup>b</sup>	518.13 <sup>a</sup>	146.20 <sup>abc</sup>
	F6	14.67 <sup>a</sup>	24.67 <sup>a</sup>	0.48 <sup>a</sup>	198.70 <sup>a</sup>	37.26 <sup>a</sup>	168.00 <sup>a</sup>	70.33 <sup>ab</sup>	961.33 <sup>cd</sup>	1.35 <sup>a</sup>	519.17 <sup>a</sup>	148.57 <sup>a</sup>

در هر ستون، تیمارهایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن سطح احتمال ۵ درصد اختلاف آماری معنی دار ندارند.

\*Means in each column having at least a common letter are not significantly different by the Duncan test at 5 % probability level.

F0 شاهد (بدون کود)، F1، F2 و F3: به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار از کود کلات آهن و روی؛ F4، F5 و F6: به ترتیب ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار از کود نانو کلات آهن و روی.

F0, control, F1, F2 and F3: 4, 8 and 12 kg.ha<sup>-1</sup> of iron and zinc chelate fertilizer, F4, F5 and F6: 4, 8 and 12 kg.ha<sup>-1</sup> of nano-chelate iron and zinc fertilizer, respectively.

I1, I2 و I3: به ترتیب تاریخ اولین آبیاری.

I1, I2 and I3 of first irrigation time, respectively.

تحقیق دیگری نیز ثابت شده است (Maleki-Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015).

**کروسین:** اثر زمان اولین آبیاری بر میزان کروسین در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود در سطح یک درصد بر آن معنی دار بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌ها با تأخیر در زمان اولین آبیاری از ۱۰ به ۳۰ آبان میزان کروسین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). به‌طوری‌که میزان آن در آبیاری ۳۰ آبان ۲/۲۴ درصد کمتر از آبیاری ۱۰ آبان بود. در بین تیمارهای کودی، بیشترین میزان کروسین اندازه‌گیری شده از سطح کودی F5 به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار عدم

**سافراناال:** برهمکنش تاریخ آبیاری اول و کود در سطح یک درصد بر سافراناال معنی‌دار بود (جدول ۲). مقدار سافراناال به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش زمان اولین آبیاری و سطوح کود ریز مغذی قرار گرفت (جدول ۶). عنصر آهن برای ساخت کلروپلاست و کاروتنوئیدها ضروری است و تولید سافراناال در زعفران از طریق جداسازی زاگزانتین در چرخه کاروتنوئیدها آغاز می‌شود. از این رو کاربرد کودهای کلات آهن از طریق افزایش مقدار کاروتنوئیدها بر میزان سافراناال تأثیرگذار باشد (Akbarian et al., 2012). تأثیر مثبت کودهای کلات و نانو کلات آهن بر میزان سافراناال در

از فرآورده‌های تنفسی می‌باشد و استیل کوانتریم A و عنصر آهن از عواملی هستند که در این چرخه نقش حیاتی دارند و کمبود آن می‌تواند کیفیت زعفران استحصالی را کاهش دهد (Robio Moraga et al., 2009).

**پروپولین:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زمان اولین آبیاری بر میزان پروپولین معنی‌دار نبود، ولی این ویژگی در سطح یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود قرار گرفت (جدول ۲). میزان پروپولین با کاربرد کود روند کاهشی داشت و کم‌ترین آن از کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی حاصل گردید و در بین تیمارهای کودی بیشترین میزان پروپولین از تیمار عدم مصرف کود به‌دست آمد و تمام سطوح کودی نانو نسبت به سطوح کودی کلات، میزان پروپولین کمتری داشتند (جدول ۴). برشده‌ی برهمکنش تیمارها بر این ویژگی نشان داد که در تاریخ ۱۰ آبان، تیمارهای F1، شاهد و F3 بیشترین میزان پروپولین را داشتند. در تاریخ ۲۰ آبان بیشترین میزان تیمارهای شاهد، F1، F2 و F3 بود و تیمار F4 با آنها اختلاف معنی‌داری نداشت و نهایتاً در ۳۰ آبان بیشترین مقدار در تیمار F1 بود که تقریباً با تیمار F3 اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقادیر نیز در هر سه تاریخ در تیمارهای F5 و F6 به‌دست آمد (جدول ۶). در بررسی کلات معمولی و نانو کلات آهن در یونجه (*Medicago sativa L.*) گزارش شده است که بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان‌ها و پروپولین در تیمار شاهد حاصل شد (Askary et al., 2018).

**پروتئین برگ:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زمان اولین آبیاری بر میزان پروتئین برگ معنی‌دار نبود، ولی به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر کود قرار گرفت (جدول ۲). میزان پروتئین برگ با تأخیر زیاد در اولین آبیاری (۳۰ آبان) کاهش غیر معنی‌دار را نشان داد (جدول ۳). در تیمارهای کود کلات و نانو بالاترین سطح کودی کلات (F3) و تمام سطوح کودی نانو (F4 تا F6) از میزان پروتئین برگ خشک بالاتری برخوردار بودند (جدول ۴). برشده‌ی برهمکنش تیمارهای آزمایشی حاکی از آن است که سطوح کودی نانو F4 تا F6 و سطح کودی کلات F3 برای افزایش میزان پروتئین برگ مطمئن‌ترین سطوح هستند. بنظر می‌رسد که در تیمار F6 تاریخ آبیاری ۳۰ آبان در برآورد میزان پروتئین برگ خطائی رخ داده باشد و میزان آن را بیشتر محاسبه کرده‌اند، ولی با توجه به بقیه نتایج نباید این

مصرف کود ۳/۶۳ درصد بیشتر بود و با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در بین سطوح کودی کلات با افزایش هر سطح کودی از ۴ به ۸ و ۱۲ کیلوگرم (تیمارهای F1 تا F3)، میزان کروسین به‌صورت صعودی و به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در بین کودهای نانو این افزایش از ۴ به ۸ کیلوگرم (F4 به F5) به‌صورت افزایشی بود، ولی با افزایش بیشتر به ۱۲ کیلوگرم، میزان کروسین مقداری کاهش نشان داد (جدول ۴). برشده‌ی برهمکنش نیز نشان داد که تیمار F5 (۸+۸ کیلوگرم در هکتار از کودهای نانویی آهن و روی) در تاریخ اولین آبیاری (۱۰ آبان) از بقیه تیمارها میزان کروسین بیشتری تولید کرد، ولی با تأخیر در آبیاری این افزایش بتدریج کمتر گردید (جدول ۶). بر اساس نتایج آزمایشی مصرف کود نانو کلات آهن میزان کروسین را به‌طور معنی‌داری نسبت به کود کلات معمولی افزایش داد (Maleki Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015) که با نتایج آزمایش ما تطابق دارد. نتایج تحقیقی نشان داد که افزایش مصرف روی نانو و معمولی تا ۳ گرم در لیتر تأثیر قابل توجهی بر کروسین نداشتند، اما محتوای کروسین به‌طور قابل توجهی در غلظت‌های بالاتر (۶ و ۹ گرم در لیتر) کاهش یافت (Rostami et al., 2019).

**پیکروکروسین:** برهمکنش زمان اولین آبیاری و کود در سطح یک درصد به‌طور معنی‌داری بر میزان پیکروکروسین معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که در هر یک از زمان‌های اولین آبیاری بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). در اولین آبیاری در ۱۰ و ۲۰ آبان، بیشترین مقدار پیکروکروسین در تیمار F5 به‌دست آمد که با بقیه تیمارها اختلاف آن معنی‌دار بود، اما اولین آبیاری در ۳۰ آبان، بین تیمار F5 با تیمارهای F6 و F3 اختلاف معنی‌دار دیده نشد هرچند که در این تاریخ تمامی سطوح کودی کاهش محسوسی نسبت به تاریخ‌های ما قبل خود داشتند. نتایج تحقیقی نیز نشان داد که میزان پیکروکروسین تحت تأثیر نوع و مقدار کود کلات قرار گرفت، به‌طوری‌که کود نانو کلات دارای غلظت بیشتری از پیکروکروسین نسبت به کلات معمولی بود و بالاترین ضریب خاموشی پیکروکروسین در غلظت ۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (Maleki Farahani and Aghighi-Shahverdi, 2015). رنگیزه‌های کروسین و پیکروکروسین از ترکیباتی هستند که در مسیر سنتز اسیدموالونیک سنتز می‌شوند که خود

افزایش کلروفیل a در بین نانو کودهای عناصر مختلف داشت و تأثیر عنصر روی نیز در افزایش کلروفیل a و کلروفیل کل قابل توجه بود (Rostami et al., 2018). به‌طور کلی عنصر آهن نقش اساسی در متابولیسم کلروفیل دارد و به عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فعالیت سلولی از قبیل فتوسنتز، تنفس و تمایز سلولی شرکت دارد و کمبود آن می‌تواند کارایی اندامک‌های فتوسنتزی را به میزان زیادی کاهش دهد (Bybord and Mamedov, 2010). میزان کلروفیل و تجمع متابولیت‌ها در لندام‌های هوایی در تحت تأثیر عنصر روی افزایش می‌یابد و همچنین تغییر در میزان کلروفیل می‌تواند ناشی از عنصر روی بر فرآیندهایی باشد که منجر به سنتز کلروفیل می‌شوند (Arif et al., 2012).

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که انجام اولین آبیاری در اوایل آبان، عملکرد کلاله را افزایش داد. مصرف کود کلات معمولی آهن و روی برای حصول عملکرد حداکثری بین ۸ تا ۱۲ کیلوگرم و مصرف نانو کلات آهن و روی به میزان حداکثر ۸ کیلوگرم در هکتار می‌تواند نتایج خوبی داشته باشد. براساس نتایج وزن خشک کلاله با اولین آبیاری در تاریخ ۱ آبان با ۸ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی (۲۳۶/۹۶ میلی‌گرم در متر مربع) در مقایسه با اولین آبیاری در ۳۰ آبان و عدم کاربرد کود (۱۶۰/۵۹ میلی‌گرم در متر مربع)، ۴۷/۵۶ درصد افزایش داشت. نتایج کلی نشان داد که برای حصول حداکثر عملکرد اقتصادی (کلاله) تاریخ آبیاری ۱۰ آبان و کاربرد ۱۲ کیلوگرم در هکتار کلات معمولی آهن و روی یا ۸ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن و روی مناسب می‌باشد.

عدد کمتر از بقیه تیمارها در گروه تاریخ آبیاری ۳۰ آبان باشد (جدول ۶). نتایج تأثیر نانو کودهای مختلف در زعفران نشان داد که بیشترین میزان پروتئین برگ در نانو کود پتاسیم، بر و روی و کمترین میزان آنزاد کاربرد نانو کود آهن به‌دست آمد (Rostami et al., 2018).

**کلروفیل a و b:** مقادیر کلروفیل a و b تحت تأثیر زمان اولین آبیاری به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد و تحت تأثیر کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). تأخیر در اولین آبیاری تا ۳۰ آبان باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل a و b گردید (جدول ۳) و بالاترین میزان کلروفیل a در تیمار F6 به‌دست آمد گرچه با تیمارهای F5 و F3 در یک گروه قرار گرفتند. بیشترین مقدار کلروفیل b نیز در تیمارهای F5 و F6 به‌دست آمد (جدول ۴). برشدهی برهمکنش برای کلروفیل a نشان داد که در دو تاریخ ۱۰ و ۲۰ آبان تیمارهای F2، F3، F5، F6 دارای میزان کلروفیل a بالاتری بودند (جدول ۶)، اما تأخیر بیشتر در آبیاری اول تا ۳۰ آبان باعث شد تا دامنه مقدار کود نانو و کلات مؤثر به مقادیر بالاتر (تیمارهای F5 و F6 نانو و تیمار F3 کلات) محدود گردد. برشدهی برهمکنش برای کلروفیل b (جدول ۶) نشان داد که کلروفیل b به اندازه کلروفیل a به مقدار کودهای نانو و کلات حساس نبود و دامنه وسیع‌تری از کودهای کلات و نانو باعث افزایش کلروفیل b گردید و تأخیر در آبیاری اول باعث کاهش محسوس در کلروفیل b گردید. براساس نتایج آزمایشی روی زعفران حداکثر کلروفیل a از تیمار اکسید روی معمولی با غلظت ۹ گرم در لیتر و سپس اکسید روی نانو با غلظت ۳ گرم در لیتر به‌دست آمد (Rostami et al., 2019). در آزمایش دیگری گزارش شده است که نانو کود آهن بیشترین تأثیر را در

#### References

- Ahmadi, A. and Jabbari, F., 2009. Introduction to plant physiology. Vol. 1, Tehran University Press, Tehran, Iran, pp.158-163. [In Persian]
- Akbarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, G. and Darvish Kojouri, F., 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativus*). *Annals of Biological Research*, 3(12), pp.5651-5658.
- Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohamadian, A., 2009. Study for zoning the most appropriate time of irrigation of saffron (*Crocus Sativus* L.) in Khorasan Razavi, North and Southern provinces. *Journal of Water*

- and Soil*, 23(1), pp.109-118. doi: 10.22067/jsw.v0i0.1539
- Amjadian, O.A., 2014. Planting saffron in Kermanshah climate condition. The first conference on new findings in the environment and agricultural ecosystems. <https://AgroCongress.ir>.
- Arif, M., Asifshehzad, M., Bashir, F., Tasneem, M., Yasin, G., and Iqbal, M., 2012. Boron, zinc and microtone effects on growth, chlorophyll contents and yield attributes in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 11(48), pp.10851-10858. doi: 10.5897/ajb12.393
- Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, pp.112-121.
- Askary, M., Amini, F., Talebi, S.M., and Shafiei Gavari, M., 2018. Effects of Fe-chelate and iron oxide nanoparticles on some of the physiological characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(2), pp.449-458. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2017.522.1104
- Baghai, N.A. and Maleki-Farahani, S., 2014. Comparison of iron chelate fertilizer with fundamentals of micro and nano on quantitative yield and allocation of Photosynthesis material of farming saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Research*, 1(2), pp.156-169. [In Persian]. doi:10.22077/jsr.2013.442
- Behdani, M.A., Nassiri, M., and Koocheki, A., 2004. Modeling saffron flowering time across a temperature gradient. *Acta Horticulture*, 650, pp.215–218. doi: 10.17660/actahortic.2004.650.24
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani, P., 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(1), pp.1-14. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v3i1.1287
- Bybordy, A., and Mamedov, G., 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), pp.94-103. doi: 10.15835/nsb213531
- Fageria, N.K. and Baligar, V.C., 2005. Growth components and zinc recovery efficiency of upland rice genotypes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40, pp.1211–1215. doi: 10.1590/s0100-204x2005001200008
- Feizi, H., Hosseini, A., Sahabi, H. and Nazarian, R., 2020. Response of flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus* L.) to nano biologic fertilizer application in comparison to current cow manure and chemical fertilizer. *Saffron Agronomy & Technology*, 8(1), pp.75-88. doi: 10.22048/jsat.2019.177567.1339
- Ganbari-Shirsavar, A. 2019. Research interview: Investigation of production and export of Iranian saffron (Actions of the Ministry of Jihad Agriculture). Research Assistant. Political Research Office. Islamic Republic of Iran Broadcasting. Avail: <http://www.iribnews.ir> [In Persian].
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L. and Ruberto, G., 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, pp.95–112. doi: 10.1051/agro:2007030
- Grotz, N. and Guerinot, M.L., 2006. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. *Biochemistry and Biophysica Acta*, 763(7), pp.595-608. doi: 10.1016/j.bbamcr.2006.05.014
- Harris. D.C., 2003. Quantitie Chemical Analysis (Nin<sup>th</sup> Edition W.H). Freeman publisher, p. 938.
- INSO. 259-2. Saffron- test methods. 2013. Islamic Republic of Iran. Iranian National Standardization Organization.

- Jalali-Heravi, M., Parastar, H. and Ebrahimi-Najafabadi, H., 2010. Self-modeling curve resolution techniques applied to comparative analysis of volatile components of Iranian saffron from different regions. *Analytica Chimica Acta*, 662, pp.143–154. doi: **10.1016/j.aca.2010.01.013**
- Khaksarnezhad, E. and Zabet, M., 2017. The effect of Nano iron chelated on the yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.) in South Khorasan. *Journal of Saffron Research*, 5(1), pp.45-52. [In Persian]. doi: **10.22077/jsr.2017.600**
- Maleki Farahani, S. and Aghighi-Shahverdi, M., 2015. Evaluation the effect of nono-iron fertilizer in compare to iron chelate fertilizer on qualitative and quantitative yield of saffron. *Journal of Crops Improvement*, 17(1), pp.155-168. [In Persian]. doi: **10.22059/jci.2015.54795**
- Maleki Farahani, S., Khalesi, A. and Sharghi, Y., 2015. Effect of Nano iron chelate fertilizer on iron absorption and saffron (*Crocus sativus* L.) quantitative and qualitative characteristics. *Asian Journal of Biological Sciences*, 8(2), pp.72-82. doi: **10.3923/ajbs.2015.72.82**
- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P. and Fallahi, J., 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, 3(1), pp.84-93. [In Persian]. doi: **10.22067/jag.v3i1.9973**
- Molina, R.V., García-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C. and Valero, M., 2004. Flower formation in the saffron *Crocus sativus* L.), the role of temperature. *Acta Horticulture*, 650, pp.39–47. doi: **10.17660/actahortic.2004.650.2**
- Osmani Roudi, H.R., Masoumi, A., Hamidi, H. and Razavi, S.A.R., 2015. Effects of first irrigation date and organic fertilizer treatments on saffron (*Crocus sativus* L.) yield under Khaf climatic conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, 3(1), pp.25-33. doi: **10.22048/jsat.2015.9609**
- Rostami, M., Maleki, M. and Effati, A.R., 2018. The effect of foliar application of chemical nano-fertilizers on physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 5(4), pp.345-359. doi: **10.22048/jsat.2017.54127.1160**
- Rostami, M., Mirzaei Talarposhti, R., Mohammadi, H. and Scott Demyan, M., 2019. Morpho-physiological response of saffron (*Crocus sativus* L.) to particle size and rates of zinc fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(4), pp.1-8. doi: **10.1080/00103624.2019.1614602**
- Rubio Moraga, A., Luis Rambla, J., Ahrazem, O., Granell, A. and Gómez-Gómez, L., 2009. Metabolite and target transcript analyses during *Crocus sativus* stigma development. *Phytochemistry*, 70, pp.1009-1016. doi: **10.1016/j.phytochem.2009.04.022**
- Soltani, A., 2010. Re-consideration of application of statistical methods in agricultural researches. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 76p. [In Persian].

## Effect of first irrigation time and chelate and iron Nano fertilizer application on saffron morphophysiology traits in Kermanshah

Abdoulreza Zand<sup>1</sup>, Mohammdd Galavi<sup>2\*</sup>, Goodarz Ahmadvand<sup>3</sup>, Mahmood Ramroudi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>2</sup> Department Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>3</sup> Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

\*Corresponding Author: [mgalavi@uoz.ac.ir](mailto:mgalavi@uoz.ac.ir)

Received: 20 April 2022

Accepted: 19 June 2022

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.338476.1227

### Abstract

**Introduction:** Numerous factors influence the quantity and quality of saffron. Climate and temperature are important factors in determining the time of the initial irrigation. Applying the initial irrigation at the appropriate time in each area enables the management of flowers in terms of earlier emergence than leaves, while also increasing the quantity and quality of the product and lowering harvest costs. The timing of the initial irrigation was critical for the corms to awaken. Nutrient availability, particularly microelements such as iron and zinc, is another critical factor in saffron cultivation. Iron is required for chlorophyll synthesis, while zinc is required for chlorophyll, carbohydrates, and tryptophan synthesis. Chelate micronutrients, according to researchers, are more effective than conventional compounds. The purpose of this study was to determine the response of saffron's morphophysiological characteristics to the first date of irrigation and the application of iron and zinc fertilizers in chelate and Nano-chelate forms.

**Materials and Methods:** This experiment was conducted in Faraman Dorod village of Kermanshah province in 2016-2017 to determine the effect of first irrigation time and chelate and Nano-chelate forms of iron and zinc fertilizers on the morpho-physiological characteristics of saffron. Split plots were used in a randomized complete block design with three replications. The first irrigation time was on November 31 Oct, 10 and 20 Nov as main plots, and chelate and Nano-chelate fertilizers were included as subplots in levels (F1, F2, and F3 at 4, 8, and 12 kg.ha<sup>-1</sup> from iron and zinc chelate fertilizers, respectively, as well as F4, F5, and F6 at rates of 4, 8, and 12 kg.ha<sup>-1</sup> from iron and zinc Nano-chelate fertilizers, respectively, and control (F0, without fertilizer)). SAS software, version 9.1, was used to conduct analysis of variance on the data. The Duncan test indicates that the means in each column that has at least one letter are not significantly different at the 5% probability level.

**Results and Discussion:** The results revealed that the first irrigation date and fertilizer had a significant impact on the number of leaves per plant, flower dry weight, stigma dry weight, crocin, picrocrocin, and chlorophylls a and b. The application of the first irrigation on 10 October resulted in the highest dry weight of flowers (0.48 g.m<sup>-2</sup>) by approximately 14.29 percent compared to the application of the first irrigation on 30 October. Under the influence of fertilizer, the application of 12 kg.ha<sup>-1</sup> of iron and zinc Nano-chelates produced the highest flower dry weight. The application of fertilizer decreased the amount of proline, with 12 kg/ha of nano-iron and nano-zinc chelates producing the lowest levels. Under the influence of the interaction between the date of the first irrigation and the type of fertilizer, significant differences were observed between the examined treatments. According to the results, the dry weight of stigma and safranal increased with earlier irrigation dates, and the highest dry weight of stigma (236.96 mg.m<sup>-2</sup>) was obtained by applying 8 kg.ha<sup>-1</sup> of nano-iron chelate and zinc with the first irrigation on 10 November. The highest dry weight of stigma increased by 47.56 percent when compared to the initial irrigation treatment on 30 November and no fertilizer application (160.59 mg.m<sup>-2</sup>).

**Conclusion:** The results showed that to obtain maximum stigma yield, 1st of November for first irrigation and the application of 12 kg.ha<sup>-1</sup> of chelate or 8 kg.ha<sup>-1</sup> of Nano-chelate is suitable.

**Keywords:** Crocin, Picrocrocin, Proline, Stigma weight



## بررسی پاسخ عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه گوار در کشت مخلوط با چای ترش تحت سطوح مختلف نیتروژن

محمد ناصر مودودی<sup>۱\*</sup>، ابراهیم جهانگیر دهبزویی<sup>۲</sup>، وحید شمس آبادی<sup>۳</sup>، زهرا شیرمحمدی علی اکبرخانی<sup>۳</sup>، حسین نستری نصرآبادی<sup>۱</sup>، بهزاد فهمیده<sup>۱</sup>

۱- گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران

۲- گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران

\* مسئول مکاتبه: [mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir](mailto:mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.429834.1385

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

### چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط گوار و چای ترش، در سطوح مختلف نیتروژن در شهرستان تایباد، اجرا گردید. آزمایش بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل هشت نسبت کشت مخلوط (یک ردیف کشت گوار+یک ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار+یک ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار+یک ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار+دو ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار+سه ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار+سه ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار+دو ردیف کشت چای ترش و کشت خالص گوار (شاهد)) بود. عامل دوم شامل کود نیتروژن بود که در سه سطح بدون مصرف کود و ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گوار به نیتروژن، اعمال گردید. نتایج حاصل، حکایت از برتری معنی‌دار تیمار کشت خالص گوار در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن در صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف داشت. اما در صفات طول غلاف و وزن صد دانه، برتری معنی‌دار، به نفع تیمار سه ردیف کشت گوار+یک ردیف کشت چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن تغییر کرد. در دو صفت وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه، دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار+کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن، برتری معنی‌دار را به خود اختصاص دادند. در مجموع به نظر می‌رسد که ترکیب کشت مخلوط سه ردیف گوار+ یک ردیف چای ترش، در کنار مصرف کامل نیتروژن قابل توصیه باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آرایش کشت مخلوط، نیاز کودی، وزن صد دانه

### مقدمه

را داشته و می‌تواند نیتروژن آزاد جو را به شکل قابل جذب برای خود در آورد. حدود ۸۰ درصد سطح زیر کشت گوار در دنیا به کشور هندوستان اختصاص داشته و پس از آن، پاکستان در رده دوم تولید جهانی این گیاه قرار دارد (Hema and Shalendra, 2014). امروزه استفاده از گوار در راستای تغلیف دام، یکی از اهداف مهم کشت و کار این گیاه به شمار می‌رود (Shahbazi et al., 2021). گوار منبع مهمی از صمغ گالاکتومانان است که از آندوسپرم دانه گیاه استخراج شده و با حل شدن در آب به حالت ژله‌ای در می‌آید. این خصوصیت سبب شده است تا گوار در صنایع مختلف استفاده‌های متنوعی داشته باشد (Pathak and roy, 2015). علاوه بر این، ترکیب جنین و پوسته بذر گوار، کنجاله این محصول را تشکیل می‌دهند که غنی از پروتئین می‌باشد. همچنین فرآورده‌هایی از صمغ گوار در کاهش

گوار با نام علمی (*Cyamopsis tetragonoloba*) گیاهی یکساله و متحمل به شوری و خشکی است که از خانواده بقولات بوده و می‌توان از آن به عنوان یک محصول جایگزین در دشت‌های کم آب استفاده کرد (Singla et al., 2016). گوار در اراضی دارای بافت سبک، خاک‌های شنی-شنی لومی و همچنین در مناطقی که دارای بارندگی سالانه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر هستند، به خوبی رشد می‌کند. همچنین در شرایط دماهای بالا (حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و در خاک‌های ضعیف، رشد قابل قبولی داشته و از این نظر، مناسب برای کشت و کار در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک، همچون ایران است (Shahghasi et al., 2023). ریشه‌های آن قابلیت همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن

بالا به خشکی و خاک‌های فقیر، توان رقابتی بالا و مرفولوژی مطلوب، به نظر می‌رسد که قرار دادن آن در کشت مخلوط، می‌تواند باعث افزایش بازدهی عملکرد نهایی کشت مخلوط شود (Shahbazi et al., 2021).

در همین ارتباط، محققین در پژوهشی، طی ارزیابی عملکرد و جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط گوار با آفتابگردان، پاسخ گوار را در سه الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد گوار+۲۵ درصد آفتابگردان، ۵۰ درصد گوار+۵۰ درصد آفتابگردان و ۲۵ درصد گوار+۷۵ درصد آفتابگردان، به همراه کشت خالص آن، در کنار سه سطح کود نیتروژن صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که بیشترین عملکرد دانه گوار در شرایط ۷۵ درصد گوار+۲۵ درصد آفتابگردان و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که تمامی نسبت‌های کشت مخلوط، باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز گردید (Momen-Keykha et al., 2018). در تحقیقی دیگر، کشت مخلوط گوار با گیاه کینوا، در سه نسبت کشت مخلوط ۱:۱، ۱:۲ و ۲:۱، به همراه کشت خالص آن، در کنار سه سطح تراکم بوته مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، محققین گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه گوار در شرایط کشت خالص آن و بیشترین عملکرد دانه کینوا در شرایط کشت مخلوط دو ردیف کینوا با یک ردیف گوار بدست آمد (Araghian et al., 2022).

مطالعات نشان داده‌اند که موفقیت کشت مخلوط، در گرو توجه به چند نکته مهم در انتخاب گیاهان است. به طوری که گیاهان انتخاب شده برای کشت مخلوط، می‌بایست از یک خانواده نبوده، از نظر آناتومی برگ‌ها با هم تفاوت داشته، عمق توسعه ریشه آن‌ها با هم متفاوت بوده، آفات و بیماری‌های مشترکی نداشته و اثر آللوپاتیک بر روی هم نداشته باشند (Eskandari et al., 2020).

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) گیاهی است از خانواده مالواسه (Malvaceae) که از قدیم‌الایام به عنوان دارو مورد استفاده بوده و هم‌اکنون نیز به عنوان گیاه دارویی مورد توجه است (Yazdan panah, 2016). برگ‌های آن متناوب، با حاشیه دندانه‌ای و رگبرگ‌های پنجه‌ای و بدون کرک هستند. ریشه آن کاملاً به عمق خاک نفوذ می‌کند. گل‌های آن بزرگ و دارای دمگل کوتاه بوده که میوه‌ای از نوع کپسول را تولید می‌کنند و

وزن، کاهش قند خون، برطرف کردن چاقی و کم‌اشتهایی بدست می‌آید که کاربردهای دارویی این گیاه ارزشمند را نشان می‌دهند (Hossieni Nezhad, 2021; Singh, 2014).

کشت مخلوط به کشت توأم دو یا چند گونه گیاهی در زمان و مکان مشخص اتلاق شده و اقدامی در راستای رسیدن به ثبات و پایداری در سیستم‌های کشاورزی محسوب می‌شود (Fotohi-*et al.*, 2012). سیستم کشت مخلوط هنگامی سودمند است که منابع محیطی مورد نیاز دو گونه بطور مناسبی از یکدیگر جدا باشند، بطوری که این گونه‌ها در کنار یکدیگر قادر باشند از عوامل محیطی استفاده بهینه نمایند. غالباً در کشت مخلوط، عملکرد یک یا هر دو گیاه زراعی در مقایسه با کشت خالص آن‌ها کمتر است، اما بازدهی ترکیب عملکرد آن‌ها بیشتر می‌باشد (Koocheki et al., 2009). کشت مخلوط یکی از مصداق‌های تداخل بین گونه‌ای است که می‌تواند مزایای بسیاری را برای کشاورزان در پی داشته باشد. افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش تنوع زیستی و ثبات بیولوژیکی، بهره‌برداری بهتر از عوامل رشد و همچنین تسهیل در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز و کاهش ریسک تولیدات کشاورزی از جمله فواید کشت مخلوط هستند (Zare Feizabadi and Emamverdian, 2012).

کشت مخلوط آب قابل دسترس را از طریق ایجاد پوشش گیاهی بیشتر در سطح خاک و حفاظت ذرات خاک از برخورد ضربات مستقیم قطرات باران به آن‌ها افزایش داده و بنابراین بخش بیشتری از آب در خاک نفوذ می‌کند و بدین ترتیب برای انجام عمل تعرق، بهتر در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. در کشت مخلوط، گیاهان، آبی را که در سیستم تک‌کشتی چندان قابل استفاده نیست و ممکن است از دسترس گیاه خارج شود را جذب می‌کنند و به نحو بهتری از آب موجود بهره می‌برند (Gao et al., 2009). بطور کلی بهره‌گیری از سیستم کشت مخلوط گیاهان، اقدامی مؤثر برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش جذب عناصر غذایی و ارتقای کارایی مصرف آب بوده و از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای کمک به حفظ پایداری و تعادل سیستم زنده خاک محسوب می‌شود (Ehsani Pour et al., 2019).

با توجه به خصوصیات گیاه گوار مانند داشتن توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و سیستم ریشه‌ای نسبتاً عمیق، سازگاری

سطح برگ و سرعت رشد اندام هوایی ( Khoshouei *et al.*, 2022 b) بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه شرکت مدیر کشت توس در شهرستان تایباد، واقع در دشت پل‌بند اجرا گردید. آزمایش بصورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و در سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل هشت نسبت کشت مخلوط (یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش، یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش، دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش، سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش) بود. عامل دوم شامل کود نیتروژن بود که بر اساس توصیه آزمایشگاه خاک، در سه سطح بدون دادن کود نیتروژن (صفر کیلوگرم در هکتار)، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گوار به نیتروژن، بصورت یک دوم در زمان کاشت و یک دوم در زمان غلاف‌دهی گوار اعمال گردید. پیش از انجام آزمایش، نمونه برداری از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک صورت گرفت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

به وسیله کاسبرگ‌های گوشتی ماندنی احاطه شده‌اند؛ از گل و میوه گوشتی چای ترش در صنعت داروسازی برای تسکین علائم برونشیت و سرفه استفاده می‌شود. همچنین برای درمان فشار خون بالا، اسهال و بیماری دهان از کاسبرگ‌های آن استفاده می‌گردد (Yazdan panah, 2016).

با توجه به آنچه گفته شد، به نظر می‌رسد که گیاه چای ترش می‌تواند به عنوان یک گیاه مناسب جهت کشت در کنار گوار در شرایط کشت مخلوط انتخاب گردد. در همین راستا، حیدری و همکاران (Heydari *et al.*, 2019) طی ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک کشت مخلوط چای ترش با لوبیا چشم بلبلی بر پایه سری جایگزینی، سه الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی، ۵۰ درصد چای ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی و ۲۵ درصد چای ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم بلبلی را در کنار کشت خالص آن‌ها، مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در نهایت کشت ۲۵ درصد چای ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم بلبلی را به منظور دستیابی به درآمد اقتصادی بیشتر و بهره‌وری بهتر از زمین، توصیه کردند. هدف از انجام تحقیق حاضر، مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط گوار در کنار گیاه چای ترش، با کشت خالص آن در سطوح مختلف کود نیتروژن (با توجه به اهمیت این عنصر در شکل‌گیری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و افزایش

جدول ۱- خصوصیات خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experiment site

اسیدیته	وزن مخصوص ظاهری	هدایت الکتریکی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن کل	کربن آلی
pH	BD (g/cm <sup>3</sup> )	EC (dS/m)	K (ppm)	P (ppm)	Total N (%)	OC (%)
7.38	1.05	1.45	210	8.00	0.046	0.300

سه مرتبه در طول فصل رشد در تاریخ‌های ۲۵ خرداد، ۱۰ و ۲۲ تیرماه (تا قبل از گلدهی گیاهان زراعی) انجام گردید. برداشت هر دو محصول نیز در هفته آخر مهرماه انجام شد. در انتهای فصل رشد، صفات مربوط به اجزاء عملکرد شامل وزن خشک اندام هوایی، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و طول غلاف با انتخاب تصادفی پنج بوته در هر کرت اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه نیز از نیمه پایینی هر کرت، با حذف اثر حاشیه‌ای و برحسب گرم در مترمربع

کاشت هر دو گیاه در هفته اول خردادماه انجام شد. رقم استفاده شده برای چای ترش، رقم هیبیسکاس سابداریفا و رقم گوار استفاده شده در تحقیق حاضر، رقم وارداتی پاکستانی BR2017 بود که در شرایط فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر (بصورت ثابت برای هر دو گیاه) کشت شدند. فاصله روی ردیف نیز در دو گیاه گوار و چای ترش، به ترتیب ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر بود. در طول فصل رشد، آبیاری بصورت هر ده روز یک بار (مطابق با عرف منطقه) و حذف علف‌های هرز، بصورت وجینی و

اندازه‌گیری شد.

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab 17 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### وزن خشک اندام هوایی

اثر متقابل آرایش کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بطوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد و این دو تیمار، به ترتیب با وزن خشک اندام هوایی ۶۰/۵ و ۵۹/۷ گرم در بوته بیشترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کردند (جدول ۳). پس از این دو تیمار، تیمار کشت خالص گوار در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کودی، با وزن خشک اندام هوایی از ۵۷/۷ گرم در بوته در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر تیمارها وزن خشک لندام هوایی، کمتر از ۵۶ گرم در بوته بود (جدول ۳). در تمامی سطوح تیمار آرایش کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن خشک اندام هوایی بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، در بین سطوح مختلف آرایش کشت مخلوط، تنها تیماری که از نظر وزن خشک اندام هوایی با تیمار کشت خالص گوار در یک گروه آماری قرار گرفت، تیمار سه ردیف گوار + یک ردیف چای ترش در شرایط مشابه تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی بود. به نظر می‌رسد که استفاده بهتر از منابع و سرعت رشد بیشتر در این آرایش کشت مخلوط، سبب بروز این برتری شده است. همچنین احتمالاً سایه‌اندازی بیشتر بوته‌های چای ترش بر روی بوته‌های گوار در سایر آرایش‌های کشت مخلوط، سبب کاهش استفاده بهینه گوار از نور و تولید فتواسیمیلات‌ها شده و کاهش وزن خشک اندام هوایی را برای گوار به همراه داشته است. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های محققین دیگر مطابقت دارد. پژوهشگران در تحقیقی، طی بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گوار و نعنا فلفلی، گزارش کردند که بیشترین وزن خشک گوار، در دو تیمار کشت

خالص گوار و الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعنا فلفلی بدست آمد (Shahghasi et al., 2023). علاوه بر این، بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، با افزایش کاربرد کود نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن خشک اندام هوایی بطور معنی‌داری افزایش یافت. هرچند گیاه گوار، دارای توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن است، اما به نظر می‌رسد که این توانایی، نمی‌تواند به اندازه کافی در تامین نیتروژن مورد نیاز اندام‌های هوایی گوار و رشد آن‌ها تأثیرگذار باشد. با توجه به اینکه نیتروژن ترکیب اصلی پروتئین‌ها را تشکیل داده و آنزیم‌ها نیز پروتئینی هستند، بنابراین وجود نیتروژن برای سنتز تمام آنزیم‌ها ضروری است و کمبود آن در هر واکنش آنزیمی تأثیرگذار است (Taiz and Zeiger, 2010). نیتروژن همچنین در سنتز مولکول کلروفیل، مورد نیاز بوده و بدون وجود نیتروژن حلقه‌های پورفیرینی سر مولکول کلروفیل تشکیل نخواهند شد (Taiz and Zeiger, 2010). لذا تأثیر آن در افزایش وزن خشک اندام هوایی گوار منطقی به نظر می‌رسد. محققین دیگر نیز طی ارزیابی کشت مخلوط گوار با آفتابگردان، عنوان کردند که در تمامی سطوح الگوهای کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک اندام هوایی گوار بطور معنی‌داری افزایش یافت (Momen-Keykha et al., 2018).

### تعداد غلاف در بوته

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آرایش کشت مخلوط و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین صورت که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کشت خالص گوار در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد و در این تیمار، تعداد غلاف در بوته به بیش از ۳۴/۴ غلاف در بوته رسید (جدول ۴). پس از این تیمار، تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، با تعداد ۳۳/۵ غلاف در بوته در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر تیمارها تعداد غلاف در بوته، کمتر از ۳۳ عدد در بوته بود (جدول ۴). در تمامی سطوح تیمار آرایش کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، تعداد غلاف در بوته بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). همچنین بر اساس نتایج تحقیق حاضر، در سطوح تیماری که

نیتروژن می‌تواند در افزایش اجزای عملکرد، از جمله تعداد غلاف در بوته گیاه گوار موثر باشد. در همین راستا، پژوهشگران طی بررسی پاسخ اجزای عملکرد گوار به سطوح کودهای نیتروژن (در سه سطح ۲۰، ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (در دو سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در سه فاصله ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، بیشترین تعداد غلاف در بوته را در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر مشاهده کردند (Ghorabaei Toghrekan *et al.*, 2022). در تحقیقی دیگر، محققین افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گیاه بادام‌زمینی را در بررسی کاربرد کود نیتروژنه برای این گیاه گزارش کردند (Mostafavi Rad *et al.*, 2016). به نظر می‌رسد که تولید غلاف در بوته به مقدار زیادی به فراهمی عناصر غذایی (خصوصاً نیتروژن) که برای رشد سریع گیاه ضروری هستند، وابسته است و احتمالاً افزایش تعداد غلاف در بوته تحت تیمار کود شیمیایی نیتروژن، می‌تواند در نتیجه بهبود رشد ریشه، جذب عناصر غذایی و به تبع آن افزایش فتوسنتز در گیاه باشد (Khoshouei *et al.*, 2022 a). به نظر می‌رسد که بین میزان فراهمی عنصر غذایی نیتروژن و توان تولید غلاف در بوته گوار ارتباط مستقیمی وجود دارد و افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه از طریق کاربرد کود شیمیایی حاوی نیتروژن، سبب افزایش تعداد غلاف در بوته گوار می‌گردد.

تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش نسبت به گوار برتری داشت، تعداد غلاف در بوته گوار بطور قابل توجهی کاهش پیدا کرد. با توجه به اینکه گوار یکی از گیاهان خانواده بقولات بوده و گیاهان زراعی عضو این خانواده دارای تیپ رشدی نامحدود هستند (Majnoon Hosseini, 2015) و با عنایت به اینکه هر برگ، نزدیک‌ترین واحد زایشی به خود را تغذیه می‌کند (Sarmad, 2013)، لذا نفوذ نور در گیاهان رشد نامحدود برای فتوسنتز برگ‌های پایینی و به دنبال آن، تغذیه واحدهای زایشی پایین کانونی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اما احتمالاً سایه‌اندازی بیشتر بوته‌های چای ترش بر روی بوته‌های گوار در آرایش‌هایی از کشت مخلوط که در آن‌ها تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش بر ردیف‌های کاشت گوار برتری داشته، سبب کاهش استفاده بهینه گوار از نور و کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه گوار شده است. علاوه بر این، با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، با افزایش مقدار کود نیتروژن در سطوح مختلف آرایش‌های کشت مخلوط، تعداد غلاف در بوته بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. مطالعات نشان داده‌اند که نیتروژن جزء لاینفک مولکول‌های کلروفیل بوده و فراهمی آن به میزان کافی، می‌تواند در افزایش سنتز کلروفیل موثر باشد (Sarmad, 2013) و از آنجایی که گیاهان زراعی برای جذب نور و تولید ماده خشک، بایستی ذخیره کافی از نیتروژن را در برگ‌های خود داشته باشند (Salvagiotti *et al.*, 2008)، لذا به نظر می‌رسد که کاربرد به موقع و مکفی

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گوار تحت شرایط کشت مخلوط و کود نیتروژن

Table 2- ANOVA for yield and yield components of guar under conditions intercropping and nitrogen fertilizer

منابع تغییر S.o.V	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	تعداد غلاف در بوته No. of pods per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	وزن صد دانه 100 Seeds weight	طول غلاف pod length	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	342	102	0.983	1.57	0.660	7721
آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement (I)	7	397 **	126 **	3.83 **	4.12 **	3.97 **	6868 **
خطای الف Error (a)	14	0.549	0.566	0.0007	0.0009	0.008	74.7
کود نیتروژن N fertilizer (N)	2	575 **	176 **	5.13 **	5.73 **	6.01 **	10479 **
آرایش کشت مخلوط × کود نیتروژن I × N	14	23.7 **	8.47 **	0.259 **	0.194 **	0.307 **	531 **
خطای ب Error (b)	32	0.530	0.143	0.001	0.003	0.104	39.5
ضریب تغییرات (CV %)	-	1.51	1.37	0.50	1.11	5.61	2.10

\*\* : معنی‌دار در سطح یک درصد

\*\* : significant in 1% level

جدول ۳- مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی گوار

Table 3- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on shoot dry weight of guar (g/plant)

آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
	کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	52.0 g	57.7 b
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	38.6 k	49.6 h	53.4 ef
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	38.8 k	48.5 h	52.6 g
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	51.7 g	55.5 c	59.7 a
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	37.1 lm	38.2 kl	40.5 j
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	36.7 m	38.6 k	46.7 i
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	38.7 k	51.7 g	54.2 de
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	51.4 g	54.5 c-e	55.0 cd

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means with the same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

جدول ۴- مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته گوار

Table 4- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on no. of pods per plant of guar

آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
	کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	30.1 f	32.8 c
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	21.7 l-n	27.9 i	30.0 fg
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	22.2 l	27.7 i	30.2 ef
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	29.3 h	31.8 d	33.5 b
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	21.5 mn	21.8 lm	23.0 k
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	21.1 n	22.1 lm	26.6 j
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	22.0 lm	30.0 fg	30.8 ef
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	29.4 gh	30.2 ef	31.8 d

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means with the same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

## تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آرایش کشت مخلوط و کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بطوری که بیشترین تعداد دانه در غلاف به میزان ۸/۴۰ دانه در غلاف در تیمار کشت خالص گوار در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد (جدول ۵). پس از این تیمار، سه تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز کودی و کشت خالص گوار در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کودی با مقدار تقریبی ۸/۱۰ دانه در غلاف در رتبه بعدی قرار گرفتند. در سایر تیمارها تعداد دانه در غلاف، کمتر از ۷/۵ عدد در بوته بود. کمترین تعداد دانه در غلاف نیز در دو تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت دو ردیف چای ترش و کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن وجود داشت. بطوری که در این دو تیمار، تعداد دانه در غلاف حتی به شش دانه در غلاف هم نرسید (جدول ۵). برتری دو تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز کودی از نظر تعداد دانه در غلاف، می‌تواند ناشی از کاهش رقابت بین گونه‌ای (بین گوار و چای ترش) بر سر نور و نفوذ بهتر نور به داخل کانوپی گوار و فراهمی بیشتر نور برای برگ‌های پایینی کانوپی‌های گوار و تغذیه بهتر واحدهای زایشی در بوته‌های گوار این دو آرایش کشت مخلوط باشد که نهایتاً منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف در این دو ترکیب تیماری شده است. علاوه بر این، در اکثر سطوح آرایش کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، تعداد دانه در غلاف هم افزایش پیدا کرد (جدول ۵)؛ اما شیب این افزایش نسبت به خصوصیت تعداد غلاف در بوته کمتر بود. بطوری که در تیمارهایی مثل کشت دو ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، بین دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در غلاف وجود نداشت. همچنین در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، بین دو تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت دو ردیف چای ترش و کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهند که صفت تعداد دانه در غلاف

نسبت به خصوصیت تعداد غلاف در بوته کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. محققین دیگر نیز در مطالعه اثر آبیاری، کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام‌زمینی گزارش کردند که صفت تعداد دانه در غلاف، بیشتر تحت کنترل ژنتیک گیاه بادام‌زمینی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Khoshouei et al., 2022). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران در گزارشات خود بیان نمودند که برخی از خصوصیات گیاهی، در زمره صفات کیفی قرار گرفته و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند (Arshadi et al., 2008).

## وزن صد دانه

اثر متقابل تیمارهای آرایش کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن صد دانه گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین صورت که بیشترین وزن صد دانه در تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد و در این تیمار، وزن صد دانه به بیش از ۶/۳ گرم رسید (جدول ۶). پس از این تیمار، تیمار کشت خالص گوار در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، با وزن صد دانه ۶/۱۶ گرم در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر تیمارها وزن صد دانه، کمتر از شش گرم بود (جدول ۶). در تمامی سطوح آرایش کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، وزن صد دانه بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). همچنین مشابه تیمار تعداد غلاف در بوته، در سطوح تیماری که تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش نسبت به گوار برتری داشت، وزن صد دانه گوار بطور قابل توجهی کاهش پیدا کرد. کمترین وزن صد دانه نیز در تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید، بطوری که در این تیمار، وزن صد دانه حتی به ۳/۸ گرم هم نرسید (جدول ۶). از آنجایی که واحدهای زایشی در پیکره کانوپی گیاه، توسط نزدیک‌ترین برگ‌ها تغذیه می‌شوند (Sarmad Nia and Koocheki, 2013)، لذا در گیاهان رشد نامحدودی همچون گوار، نفوذ نور برای فتوسنتز برگ‌های پایینی و به دنبال آن، تغذیه واحدهای زایشی پایینی کانوپی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و عدم فراهمی کافی نور برای برگ‌های میانی و پایینی

از ایجاد یک رقابت اندک و البته سازنده به نفع گوار، در راستای افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گوار باشد. پژوهشگران در مطالعات خود طی بررسی اثر کشت مخلوط گوار با آفتابگردان، پاسخ گوار را در سه الگوی کشت مخلوط ۷۵ درصد گوار+۲۵ درصد آفتابگردان، ۵۰ درصد گوار+۵۰ درصد آفتابگردان و ۲۵ درصد گوار+۷۵ درصد آفتابگردان، به همراه کشت خالص آن، مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که وزن هزار دانه گوار در نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن، بیشتر بود ( Momen-Keykha *et al.*, 2018).

کانوپی، می‌تواند بواسطه کاهش پتانسیل فتوسنتزی کانوپی، گیاه را با محدودیت منبع (Source) مواجه کرده و این امر تغذیه نامطلوب دانه‌ها و کوچک ماندن بذرها را به همراه داشته باشد. در تحقیق حاضر، احتمالاً سایه‌اندازی بیشتر بوته‌های چای ترش بر روی بوته‌های گوار در آرایش‌هایی از کشت مخلوط که در آن‌ها تعداد ردیف‌های کاشت چای ترش بر ردیف‌های کاشت گوار برتری داشته، سبب کاهش استفاده مطلوب گوار از نور و کاهش وزن دانه گوار شده است. از طرف دیگر، برتری تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش نسبت به تیمار کشت خالص گوار از نظر وزن صد دانه، می‌تواند ناشی

جدول ۵- مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف گوار

Table 5- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on no. of seeds per pods of guar

آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	7.36 c	8.10 b	8.40 a
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	6.06 e	7.10 d	7.36 c
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	6.06 e	7.06 d	7.06 d
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	7.06 d	8.06 b	8.06 b
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	5.93 g	6.00 f	6.06 e
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	5.96 fg	6.06 e	7.10 e
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	6.06 e	7.06 d	7.36 c
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	7.06 d	7.10 d	7.40 c

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means with the same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

گوار به سطوح کودهای نیتروژن (در سه سطح ۲۰، ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (در دو سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در سه فاصله ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، بیشترین وزن هزار دانه را به میزان ۸۳/۵ گرم در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر مشاهده کردند ( Ghorabaei Toghrekan *et al.*, 2022). در دو پژوهش دیگر نیز، محققین در تحقیقات

بطور کلی، وزن دانه از مهمترین اجزای عملکرد بوده و وجود دانه‌هایی که به خوبی پر شده باشند، نقش بسزایی در افزایش عملکرد دانه خواهند داشت (Arshadi, 2016). به نظر می‌رسد که فراهمی بیشتر نیتروژن، تخصیص بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی به سمت دانه‌های در حال رشد در غلاف‌ها را به دنبال داشته و این موضوع سبب افزایش وزن صد دانه گوار شده است. در پژوهشی، محققین طی بررسی پاسخ اجزای عملکرد

کاملاً متاثر از کود نیتروژن بود. به گونه‌ای که در تحقیق آن‌ها، با افزایش مصرف کود نیتروژن از صفر به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه گندم نیز از ۳۷ به بیش از ۴۸ گرم افزایش یافت (Sepideh Dam and Ramroudi, 2015).

خود، افزایش وزن صد دانه بادام‌زمینی و وزن هزار دانه گندم را طی افزایش مقادیر کود نیتروژن گزارش کردند (Abdzaad Gohari *et al.*, 2011; Sepideh Dam and Ramroudi, 2015). خصوصاً در تحقیق انجام شده بر روی گندم، وزن دانه

جدول ۶- مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر وزن صد دانه گوار

Table 6- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on 100 seeds weight of guar (g)

آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
	کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	4.46 d	5.97 c
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	3.97 m	5.06 h	5.46 d
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	4.06 l	4.90 i	5.16 g
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	5.16 g	5.97 c	6.33 a
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	3.86 n	3.97 m	4.26 k
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	3.76 o	3.97 m	4.76 j
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	3.97 m	5.16 g	5.36 e
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	4.96 i	5.26 f	5.40 de

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means with the same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

## طول غلاف

یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش و کشت یک ردیف گوار + کشت دو ردیف چای ترش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید، بطوری که در این دو تیمار، طول غلاف کمتر از ۴/۷۴ سانتی‌متر بود (جدول ۷). علاوه بر این، در تحقیق حاضر، در اکثر سطوح تیمار آرایش کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، طول غلاف هم افزایش پیدا کرد (جدول ۷)، اما شیب این افزایش نسبت به خصوصیات تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه کمتر بود. بطوری که در تیمارهایی مثل کشت دو ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش و کشت خالص گوار، بین دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، اختلاف معنی‌داری از نظر طول غلاف وجود نداشت. همچنین در تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت دو ردیف چای ترش اختلاف معنی‌داری بین سطوح کود

بررسی نتایج تجزیه واریانس حکایت از اثر معنی‌داری متقابل آرایش کشت مخلوط و کود نیتروژن بر طول غلاف گوار در سطح یک درصد داشت (جدول ۲). بدین ترتیب که بیشترین طول غلاف در تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی مشاهده شد و در این تیمار، طول غلاف به بیش از ۷/۴ سانتی‌متر رسید (جدول ۷). در سایر تیمارها طول غلاف، کمتر از هفت سانتی‌متر بود. پس از این تیمار، دو تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کودی و کشت خالص گوار در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، به ترتیب با طول غلاف ۶/۹۰ و ۶/۸۳ سانتی‌متر در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۷). کمترین طول غلاف نیز در دو تیمار کشت

با افزایش تعداد دانه در غلاف همراه بود و به نظر می‌رسد که انجام کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی می‌تواند به افزایش طول غلاف و نهایتاً افزایش عملکرد منجر شود. در پژوهشی محققین در گزارشات خود، افزایش معنی‌دار طول غلاف گوار را در بین سطوح تیماری کودهای نیتروژن (در سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (در دو سطح صفر و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در سه فاصله ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر مشاهده کردند (Ghorabaei Toghrekan *et al.*, 2022).

نیتروژن وجود نداشت و هر سه سطح تیمار نیتروژن در این سطح از تیمار کشت مخلوط، در یک گروه آماری قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهند که طول غلاف نسبت به خصوصیات تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. بطور کلی، غلاف، اندامی است که تعداد دانه را در خود جای می‌دهد؛ لذا افزایش آن، می‌تواند به افزایش تعداد دانه و در نهایت افزایش عملکرد محصول منجر شود (Ghorabaei Toghrekan *et al.*, 2022). هرچند افزایش طول غلاف، ممکن است به خاطر رشد رویشی بیش از حد آن، ناشی از جذب زیاد مواد غذایی و فراورده‌های فتوسنتزی باشد (Sajid *et al.*, 2009)، اما در تحقیق حاضر، افزایش طول غلاف

جدول ۷- مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر طول غلاف گوار

Table 7- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on pod length of guar (cm)

آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
	کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	6.16 d	6.70 c
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	4.80 j	5.60 h	6.00 de
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	5.10 i	5.90 ef	5.93 ef
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	5.80 fg	6.90 b	7.40 a
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	4.73 jk	4.80 j	4.90 j
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	4.60 k	4.80 j	5.70 gh
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	4.80 j	6.00 de	6.70 c
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	5.70 gh	5.90 ef	6.16 d

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means with the same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

## عملکرد دانه

کودی مشاهده شد و در این دو تیمار، عملکرد دانه گوار به بیش از ۳۵۵ گرم در مترمربع رسید (جدول ۸). پس از این دو تیمار، تیمارهای کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کودی، به ترتیب با عملکرد دانه از ۳۴۲ و ۳۳۳ گرم در مترمربع در رتبه بعدی قرار گرفتند. با این وجود، عملکرد دانه در این دو تیمار، با

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آرایش کشت مخلوط و کود نیتروژن بر عملکرد دانه گوار در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بطوری که بیشترین عملکرد دانه در دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز

تمامی سطوح تیمار آرایش کشت مخلوط، با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز کودی، عملکرد دانه بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۸).

دو تیمار کشت خالص گوار و کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی، به ترتیب ۴/۲۰ و ۶/۲۰ درصد کمتر بود. در سایر تیمارها عملکرد دانه، کمتر از ۳۲۶ گرم در مترمربع بود (جدول ۸). تقریباً در

جدول ۸- مقایسات میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و کود نیتروژن بر عملکرد دانه گوار

Table 8- Mean comparisons of interaction of intercropping and nitrogen fertilizer on seed yield of guar (g/m<sup>2</sup>)

آرایش کشت مخلوط Intercropping arrangement	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer		
	عدم مصرف نیتروژن Non-nitrogen fertilizer	۵۰ درصد نیاز کودی 50% of fertilizer requirement	۱۰۰ درصد نیاز کودی 100% of fertilizer requirement
	کشت خالص گوار Sole cultivation of guar	315 d-f	342 b
یک ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش One row of guar + one row of roselle	248 k	296 g	320 de
دو ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Two row of guar + one row of roselle	264 h-j	295 g	316 d-f
سه ردیف کشت گوار + یک ردیف کشت چای ترش Three row of guar + one row of roselle	311 ef	333 bc	355 a
یک ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش One row of guar + two row of roselle	261 h-j	264 h-j	265 h
یک ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش One row of guar + three row of roselle	255 i-k	265 hi	286 g
دو ردیف کشت گوار + سه ردیف کشت چای ترش Two row of guar + three row of roselle	254 jk	312 ef	325 cd
سه ردیف کشت گوار + دو ردیف کشت چای ترش Three row of guar + two row of roselle	309 f	314 d-f	323 cd

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means with the same letter, have not significantly different at 5% based on LSD test.

مقایسه با سایر تیمارها، برتری آن‌ها نسبت به سایر تیمارها از نظر عملکرد دانه، منطقی به نظر می‌رسد. محققین دیگر، نیز در بررسی اثر کشت مخلوط گوار با آفتابگردان، گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه گوار در شرایط ۷۵ درصد گوار+۲۵ درصد آفتابگردان و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد (Momen-Keykha et al., 2018). علاوه بر این، چنین به نظر می‌رسد که نیتروژن، تأثیر قابل توجهی در افزایش عملکرد دانه گوار داشته و با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۰۰ درصد تامین نیاز کودی، بخش بیشتری از ماده خشک تولید شده، به دانه‌ها اختصاص یافته و این موضوع سبب برتری معنی‌دار عملکرد دانه در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط شده است. بررسی‌های یک پژوهش بر روی گیاه لوبیا سبز نشان داد که مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره

کمترین عملکرد دانه نیز در سه تیمار کشت یک ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش، کشت یک ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش و کشت دو ردیف گوار + کشت سه ردیف چای ترش، هر سه در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید، بطوری که در این سه تیمار، عملکرد دانه کمتر از ۲۵۶ گرم در مترمربع بود و در این سه تیمار، عملکرد دانه در مقایسه با شاهد به ترتیب با کاهش ۳۰/۵، ۲۸/۶ و ۲۸/۸ درصدی مواجه شد (جدول ۸). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، در بین سطوح مختلف آرایش کشت مخلوط، تنها تیماری که از نظر عملکرد دانه با تیمار کشت خالص گوار در یک گروه آماری قرار گرفت، کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط مشابه تامین ۱۰۰ درصد نیاز کودی بود. با توجه به برتری این دو تیمار در صفات اجزای عملکرد و وزن خشک اندام هوایی در

کودی بود. این موضوع احتمالاً ناشی از رشد نامحدود بودن گیاه گوار و نیاز آن به نفوذ بیشتر نور برای فتوسنتز برگ‌های لایه‌های مختلف کانوپی و به دنبال آن، تغذیه واحدهای زایشی موجود در قسمت‌های مختلف کانوپی بوده و عدم سایه‌اندازی بوته‌های چای ترش را بر روی بوته‌های گوار می‌طلبد. لذا به نظر می‌رسد که این ترکیب کشت مخلوط، برای زارعین علاقمند به این نوع سیستم کاشت، قابل توصیه باشد. چرا که انجام کشت مخلوط برای گونه‌هایی با فنولوژی متفاوت، می‌تواند ضمن ایجاد تنوع زیستی و تضمین تولید، بهره‌وری از اراضی زراعی نیز افزایش دهد. همچنین بنا بر یافته‌های تحقیق حاضر، کاهش کود مصرفی نیتروژن به کمتر از حد نیاز گیاه گوار، در کاهش عملکرد و اجزاء عملکرد آن تأثیرگذار بود. از این رو، مصرف کامل کود نیتروژن بر اساس توصیه آزمایشگاه خاک، قابل توصیه است.

شاخص سطح برگ، ماده خشک کل گیاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و میزان پروتئین را در این گیاه افزایش داد (Lak et al., 2015). همچنین نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های محققین دیگر که نشان دادند که تامین ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز ذرت موجب افزایش معنی‌دار اجزاء عملکرد و عملکرد آن گردید، همسو بود (Mirza Shahi et al., 2017).

### نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این پژوهش، تنها تیماری که از نظر خصوصیات وزن خشک اندام هوایی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه با تیمار کشت خالص گوار در یک گروه آماری قرار گرفت و یا اختلاف آماری اندکی با آن داشت، تیمار کشت سه ردیف گوار + کشت یک ردیف چای ترش در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز

### References

- Abdzad Gohari, A., Amiri, E. and Majd Salimi, K., 2011. Yield evaluation and water use efficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under different levels of irrigation and nitrogen fertilizer. *Journal of Water Soil*, 25(5), pp.994-1004. [In Persian].
- Araghian, S., Sadrabadi Haghghi, R., Ghasemi, M. and Sohani Darban, A.R., 2022. Yield response and intercropping index of quinoa and guar medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad condition. *Crop Production Journal*, 14(4), pp.85-104. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2022.19011.2417
- Arshadi, M.J., 2016. Investigation of the effect of seeds inoculation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza in response to drought stress. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].
- Arshadi, M.J., Khazaei, H.R. and Kafi, M., 2008. Investigating the effect of nitrogen fertilizer on the yield and yield components of *Agria* variety potato using chlorophyll meter. *Journal of Agricultural Research*, 8(1), pp.33-45. [In Persian].
- Ehsani Pour, A., Abbasdokht, H., Gholi Pour, M. and Mashhadi, A.R., 2019. Evaluation of water productivity and some quantitative and qualitative traits of sugarcane in intercropping with legumes. *Journal of Crops Improvement*, 21(3), pp.223-246. [In Persian].
- Eskandari, H., Kazemi, K. and Alizadeh, A., 2020. Intercropping. Publication of Pazhuhandegane Rahe Danesh. [In Persian].
- Fotohi-chianeh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zand, E., Razavi, F. and Fotohi-chianeh, E., 2012. Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass. *Journal of Agroecology*, 4(2), pp.131-143. [In Persian].

- Gao, Y., Duan, A., Sun, J., Li, F., Liu, Z., Liu, H. and Liu, Z., 2009. Crop coefficient and water - use efficiency of winter wheat / spring maize strip intercropping. *Field Crops Research*, 111, pp.65-73. **doi: 10.1016/j.fcr.2008.10.007**
- Ghorabaei Toghrekan, Z., Aein, A., Afshar Manesh, Gh., Alavi siney, M. and Shirzadi, M.H., 2022. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on growth and yield of guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under varied planting row spacing in Jiroft's Climate. *Applied Research in Field Crops*, 34(4), pp.119-143. [In Persian]. **doi: 10.22092/aj.2022.355437.1556**
- Hema, Y. and Shalendra, A., 2014. An Analysis of Performance of Guar Crop in India., Guar Cultivation Practices p:17-31 Prepared by CCS National Institute of Agricultural Marketing and Jaipur for United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi.
- Heydari, H., Dahmardeh, M. and Khammari, E., 2019. Evaluation of production in intercropping of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) with cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in replacement series. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, 50(3), pp.157-167. [In Persian]. **doi: 10.22059/ijfcs.2018.230539.654299**
- Hossieni Nezhad, N., 2021. Effect of different levels of drought, ascorbic acid and calcium on some morpho-physiological and biochemical traits of *Cyamopsis tetragonoloba*. Faculty of Biology, University of Sistan and Baluchestan. [In Persian].
- Khoshouei, Z., Ashouri, M., Doroudian, H.R., Amiri, E. and Mohammadian Rowshan, N., 2022 a. Effect of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on yield of peanut (*Arachis Hypogae* L.) under different management of irrigation. *Crop Production Journal*, 14(4), pp.63-84. [In Persian]. **doi: 10.22069/ejcp.2022.18960.2415**
- Khoshouei, Z., Ashouri, M., Doroudian, H.R., Amiri, E. and Mohammadian Rowshan, N., 2022 b. Effect of irrigation management, municipal waste compost and nitrogen fertilizer on seed yield and some morpho-physiological traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 3(2), pp.339-357. [In Persian]. **doi: 10.22034/csrar.2021.296728.1109**
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H. and Amirmoradi, S., 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. *Journal of Agroecology*, 1, pp.13-23. [In Persian]. **doi: 10.22067/jag.v1i1.2650**
- Lak, Sh., Kermanshahi, M. and Nouriani, H., 2015. Changes in leaf area index, yield and yield components of green bean (*Phaseolus vulgaris*) with the application of zinc sulfate and nitrogen. *Journal of Crop Ecophysiology*, 4, pp.599-610. [In Persian].
- Majnoon Hosseini, N. 2015. Cultivation and Production of Legumes. Jahad University Publication of Tehran. [In Persian].
- Mirza Shahi K., Nejad, A.P. and Omidvari, S., 2017. Effect of crop rotation and management of nitrogen and crop residue consumption on maize yield of Single Cross 704 cultivar and some soil chemical properties. *Soil Research*, 30(2), pp.115-124. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijsr.2016.106714**
- Momen Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M. and Forouzandeh, M., 2018. Assessing yield and physiological

- aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Journal of Agroecology*, 9(4), pp.1050-1069. [In Persian]. **doi: 10.22067/jag.v9i4.51084**
- Mostafavi Rad, M., Nobahar, A., Gholami, M., Ajili Lahiji, A., Bonyadi, I., Adibi, Sh., Rahimian, M.R. and Akbarzadeh, E., 2016. Quantitative and qualitative response of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to starter nitrogen application. *Journal of Oil Plants Production*, 2(2), pp.59-75. [In Persian].
- Pathak, R. and Roy, M.M., 2015. Climatic responses, environmental indices and interrelationships between qualitative and quantitative traits in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) under arid conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85(1), pp.147-154.
- Sajid, M., Ahmed, I. and Rab, A., 2009. Effect of nitrogen levels on the yield component of guar gum (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Journal of American Eurasian of Sustain Agriculture*, 3(1), pp.29-32.
- Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A. and Dobermann, A., 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*, 108(1), pp.1-13.
- Sarmad Nia, Gh.H. and Koocheki, A.R., 2013. *Crop Physiology*. Tehran University Publication. [In Persian].
- Sepideh Dam, S. and Ramroudi, M., 2015. The effect of tillage and nitrogen fertilization systems on yield, yield components and grain protein of wheat. *Journal Plant Ecophysiology Applied Research*, 2(2), pp.33-47. [In Persian].
- Shahbazi, M., Khodaei- Joghan, A., Moradi-Telavat, M.R. and Moshatati, A., 2021. Effect of simultaneous and overlapped intercropping ratios on essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita* L.) and forage quality of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 23(2), pp.127-141. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.15625540.1400.23.2.3.9**
- Shahghasi, M., Seghatoleslami, M.J., Moosavi, Gh.R. and Nakhaei, F., 2023. To study the effect of irrigation, plant density and salicylic acid on yield and yield components of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 4(2), pp.487-502. [In Persian]. **doi: 10.22034/csrar.2023.326353.1184**
- Singh, S.K., 2014. An analysis of guar crop in India. 2014. Report prepared by NIAM, Jaipur for United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi.
- Singla, S., Grover, K., Angadi, S., Begna, S., Schutte, B. and Leeuwen, D., 2016. Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. *American Journal of Plant Sciences*, 7, pp.1246-1258. **doi: 10.4236/ajps.2016.78120**
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2010. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Inc. Publishers.
- Yazdan Panah, M., 2016. The effect of different levels of irrigation, sowing date and fertilizer management on yield and yield components of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Minab conditions. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].
- Zare Feizabadi, A. and Emamverdian, A.G., 2012. Effect of mixed cropping on yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology*, 4(2), pp.144-150. [In Persian].

## Investigating of yield and yield components response of guar to intercropping with roselle under different levels of nitrogen

Mohammad Nasser Modoodi<sup>1\*</sup>, Ebrahim Jahangir Dehborzoui<sup>2</sup>, Vahid Shamsabadi<sup>3</sup>, Zahra Shirmohammadi Aliakbarkhani<sup>3</sup>, Hossein Nastari Nasrabadi<sup>1</sup>, Behzad Fahmideh<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Horticulture Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

<sup>2</sup> Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup> Department of Water Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

\*Corresponding Author: [mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir](mailto:mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir)

Received: 11 December 2023 Accepted: 11 July 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.429834.1385

### Abstract

**Introduction:** Guar is an annual plant that tolerates salinity and drought from the legume family, which can be used as an alternative product in low water plains. Considering the characteristics of the guar, such as having the ability to biologically nitrogen fixation and a relatively deep root system, high adaptability to drought and poor soils, high competitive power and favorable morphology, it seems that placing it in intercropping cultivation, it can increase the efficiency of final yield of intercropping crops. Utilizing the intercropping system for plants, is an effective measure to improve soil fertility, increase the absorption of nutrients and improve the efficiency of water consumption, and it is considered one of the most important scientific methods to help maintain the stability and balance of the living system of the soil. Therefore, this research was carried out with the aim of comparing different patterns of intercropping cultivation of guar next to the roselle with its pure cultivation at different levels of nitrogen fertilizer in field of Toos Planting Manager Company in Taybad city, located in Polband plain.

**Materials and Methods:** The experiment was performed as a split plot in the form of a randomized complete block design with two factors and in three replications. The first factor included eight ratios of mixed crops, which were implemented as follows: sole cultivation of guar, one row of guar + one row of roselle, two row of guar + one row of roselle, three row of guar + one row of roselle, one row of guar + two row of roselle, one row of guar + three row of roselle, two row of guar + three row of roselle and Three row of guar + two row of roselle. The second factor included nitrogen fertilizer, based on recommendation of the soil laboratory, at three levels: without giving nitrogen fertilizer (zero kg per hectare) and 50 and 100 percent of guar's requirement for nitrogen, one half at the time of planting and the other at the time of pod formation.

**Results and Discussion:** The results indicated a significant superiority of sole cultivation of guar treatment in 100 percent of guar's requirement for nitrogen fertilizer in terms of the number of pods per plant and the number of seeds per pod. Nevertheless, in attributes of pod length and weight of 100 seeds, significant superiority changed in favor of treatment of three row of guar + one row of roselle under conditions of 100 percent of guar's requirement for nitrogen fertilizer. In attributes of shoot dry weight and seed yield, the two treatments of sole cultivation of guar and three row of guar + one row of roselle in condition of providing 100 percent of nitrogen fertilizer requirement have a significant advantage and were placed in a statistical group.

**Conclusion:** Based on the results of this research, in terms of shoot dry weight, yield components and seed yield, the only treatment that was in the same statistical group with sole cultivation of guar or had a small statistical difference with it, is the treatment of three row of guar + one row of roselle in the condition of supplying 100 percent of nitrogen fertilizer requirement. Therefore, it seems that this intercropping combination is recommendable for farmers who like this type of planting system. Because doing intercropping for species with different phenology can increase the productivity of agricultural lands while creating biodiversity and guaranteeing production. Also, according to the findings of present research, the reduction of nitrogen fertilizer consumption to less than requirement

of guar was effective in reducing the yield and its yield components. Therefore, it is recommended to use full nitrogen fertilizer based on recommendations of the soil laboratory.

**Keywords:** Fertilizer requirement, Intercropping arrangement, 100 seeds weight



# Crop Science Research in Arid Regions

Vol. 6, No. 4, Winter 2024

**Publisher:** University of Zabol

**Editor-in-Chief:** Dr. Mohammad Reza Asgharipour, Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

**Managing Editor:** Dr. Esmaeel Seyedabadi, Associate Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

## Editorial Board:

**Dr. Seyyed Jalal Tabatabaei**, Professor, Department of Horticultural, University of Shahed

**Dr. Naser Majnoon Hoseini**, Professor, Department of Agricultural Science, University of Tehran

**Dr. Mohammad Reza Shakiba**, Professor, Department of Plant Ecophysiology, University of Tabriz

**Dr. Seyyed Mohsen Mousavi Nik**, Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

**Dr. Mohammad Sedghi**, Professor, Department of Agronomy, University of Ardabil

**Dr. Khosro Azizi**, Professor, Department of Agronomy, Lorestan University

**Dr. Abdol Ali Ghafari**, Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI)

**Dr. Mohammad Reza Asgharipour**, Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

**Dr. Behnam Kamkar**, Professor, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

**Dr. Reza Sadrabadi Haghighi**, Professor, Department of Agronomy Islamic Azad University of Mashhad

**Dr. Mahmoud Ramroodi**, Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

**Dr. Mehdi Dahmardeh**, Associate Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

## International Advisory Board:

**Dr. Aria Dolatabadian**, Assistant Professor, University of Western Australia, Australia

**Dr. Howard Charles Lee**, University of Hadlow College, England

**Dr. Amit Kesarwani**, Assistant Professor, University of Pantnagar, India

**Dr. Shahzad maqsood Ahmed Basra**, Professor, University of Agricultural, Faisalabad, Pakistan

**Dr. Murat Tunçtürk**, Professor, University of Van Yüzüncü Yıl, Turkey

**Assistant Editors:** Dr. Esmaeel Seyedabadi, Dr. Abbas Nasiri Dehsorkhi

**Typesetting:** Fatemeh Fathi

**Address:** Journals office, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Bonjar Road, Zabol, Iran, 9861335856.

**Tel:** +98(54)31232102, **Fax:** +98(54)31232100

**Email:** csraa@uoz.ac.ir, csraa.uoz1@gmail.com

**URL:** www.cropsscience.uoz.ac.ir

**Effect of first irrigation time and chelate and iron Nano fertilizer application on saffron morphophysiology traits in Kermanshah** 375

Abdoulreza Zand; Mohamad Galavi; Goodarz Ahmadvand; Mahmood Ramroudi

**Investigating of yield and yield components response of guar to intercropping with roselle under different levels of nitrogen** 389

Mohammad Nasser Modoodi; Ebrahim Jahangir Dehborzoui; Vahid Shamsabadi; Zahra Shirmohammadi  
Aliakbarkhani; Hossein Nastari Nasrabai; Behzad Fahmideh



- Effects of salicylic acid on quantitative yield and some biochemical traits of three barley varieties under different irrigation regimes** 203  
Mojtaba Shoa'a; Farhad Mohajeri; Mohammad Rahim Owji; Alireza Bagheri
- Effect of drought stress on properties related to bakery quality of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.)** 223  
Rahil Golfam; Khadijeh Kiarostami; Tahmineh Lohrasebi; Shabnam Hasrak; Khadijeh Razavi
- The effect of salinity stress and manganese and iron elements on morphological traits and yield of caraway medicinal plant (*Carum carvi*) in Zahedan conditions** 241  
Mohammad Reza Naghavi; Zahra Abbasnejhad; Abolfazl Tavassoli; Mehdi Dadmehr
- Evaluation and Selection of superior cumin ecotypes through quantitative and qualitative traits via multivariate methods under Jiroft climatic conditions** 257  
Seid Mohammad Alavi-Siney; Hamid reza Fanaei
- Adapting autumn rainfed wheat to climate change in semi-arid and cold regions using optimal planting date and supplementary irrigation** 277  
Hamed Eyni-Nargeseh; Sajjad Rahimi-Moghaddam; Khosro Azizi.; Amin Gharanjik; , Seyedreza Amiri
- Correlation and path analysis in yield and its components in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L.) under water stress conditions** 295  
Ali Azarinasrabad; Seyed Mohsen Mousavi Nik; Mohammad Galavi; Alireza Sirousmehr; Seyed Alireza Beheshti
- Yield comparison and agronomic properties of Dragon's head (*Lalelemantia iberica* L.) and Lady's mantle (*Lalelemantia royleana* L.) under dry land farming in autumn and spring sowing** 311  
Nasrollah Abbasi Dehkord; Saeideh Maleki Farahani; Maryam Mirdoraghi
- Investigating the mutual effect of herbicide and nitrogen fertilizer on the functional characteristics of beans and weeds in regions of Dareshar and Malekshahi** 325  
Zahed Zeinivand; Abbas Maleki; Farzad Babaei; Alireza Taheri; Mohammad Mirzaei Heydari
- Comparison of the effect of common and nanoparticle chelates of iron and zinc on yield and its components in corn** 345  
Hayedeh Naserizadeh; Mohsen Saedi; Hamidreza Chaghazardi
- Determining factors limiting soybean yield by CPA method under drought stress conditions at the end of the growing season** 363  
Ali Bagheban Amin; Masoumeh Naeemi; Ali Nakhzari Moghaddam; Ali Rahemi Karizaki

The list is continued on the back cover.....