تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک

دانشگاه زابل

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

جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

بررسی نقش اسید هیومیک بر کاهش اثرات تنش خشکی در انیسون (*Pimpinella anisum* L.) ۱۸۹
مهدی بابائیان، جلیل تقدیسی، محمد خیرخواه، مصطفی جعفریان

بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه پولک (*Stachys inflate* Benth.) تحت تاثیر ارتفاع و خاک در استان آذربایجان شرقی ۲۰۷
سعید یوسف‌زاده

ارزیابی تنوع در میزان و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس اکوتیپ‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) ۲۲۱
شهرام ریاحی‌نیا، مریم دانش گیلوایی

شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum –gereasum* L.) در شرایط مختلف رطوبتی خاک ۲۳۷
ابوالقاسم قراخانی بنی، عبدالله قاسمی پیربلوطی، حمیدرضا جوانمرد، علی سلیمانی، احمدرضا گل پرور

واکنش اگروفیزیولوژیکی پنبه به محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌های تنش در کشت رایج و تأخیری ۲۵۳
زینب برزویی، محمد آرمین، حمید مروی

اثر کودهای نیتروژنه و فسفره بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و خصوصیات ریشه گیاه دارویی برازمبل (*Perovskia abrotanoides* Karel.) ۲۶۹
ژاله حقیقت، محمد کافی، احمد نظامی، جعفر نباتی

بررسی برخی از شاخص‌های رشد دو رقم چغندرقند پاییزه (*Beta vulgaris* L.) تحت تأثیر آرایش کاشت، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی ۲۸۱
آمنه حق شناس، خسرو عزیزی، ثریا قاسمی، فرهاد نظریان فیروزآبادی

ارزیابی خصوصیات کیفی و عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) در پاسخ به پیش‌تیمار و محلول‌پاشی عصاره گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) ۳۰۵
پروانه استخدامی، مهدی برادران فیروزآبادی، حسن مکاریان، عباس نصیری دهسرخی، حسن قربانی قوژدی

ارزیابی اثر محلول‌پاشی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ارقام جو تحت شرایط تنش خشکی ۳۱۹
رامین روشنی، علی سلیمانی، مهرداد محلوجی، محمدرضا نادری

تاثیر مدیریت آبیاری، کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) ۳۳۹
مجید عاشوری، زینب خشوعی، حمیدرضا دورودیان، ابراهیم امیری، ناصر محمدیان روشن

اثر تنش خشکی بر پارامترهای ژنتیکی عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) ۳۵۹
محمد عابدینی اسفهلانی، رضا فتوت

بررسی تأثیر دگرآسیبی عصاره آبی پنیرک روی خصوصیات جوانه‌زنی گندم ۳۷۵
محسن موسوی‌نیک، مسلم حیدری، بهمن فاضلی نسب

نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک

جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

این نشریه بر اساس آیین نامه نشریات علمی مصوب ۹۸/۰۲/۰۹ در ارزیابی سال ۱۳۹۹ موفق به کسب رتبه ب شده است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه زابل

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

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

هیأت تحریریه:

دکتر سیدجلال طباطبائی، استاد گروه باغبانی، دانشگاه شاهد

دکتر ناصر مجنون‌حسینی، استاد گروه زراعت، دانشگاه تهران

دکتر محمدرضا شکیبا، استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز

دکتر سیدمحسن موسوی‌نیک، 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 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، دانشیار 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 یوزونجی‌یبل، ترکیه

ویراستاران: دکتر اسماعیل سیدآبادی، عباس نصیری ده سرخی

صفحه آرا: مریم الشریف

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

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

پست الکترونیک: csraa@uoz.ac.ir, csraa.uoz1@gmail.com **وبگاه**: www.cropscience.uoz.ac.ir

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 به‌صورت 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 شکل ها، 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، پاراگراف‌بندی 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 جنبه های نوآوری، ضرورت و اهداف انجام پژوهش به طور کامل شرح داده شود.

مواد و روش‌ها: بایستی به مشخصات منطقه آزمایش و کلیه مواد، روش‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در آزمایش به طور شفاف اشاره شود. در صورتی‌که 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 ارایه 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 نمی باشد. همچنین زیرنویس جداول و شکل ها 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 به‌صورت 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 صورتی‌که 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 In Persian آورده شود.(

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): 241-254. (In Persian).

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

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 به‌صورت 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 کاربرده 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.

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۰۶-۱۸۹

مقاله پژوهشی

بررسی نقش اسید هیومیک بر کاهش اثرات تنش خشکی در انیسون (*Pimpinella anisum* L.)

مهدی بابائیان[1*]، جلیل تقدیسی[2]، محمد خیرخواه[1]، مصطفی جعفریان[4]

۱- دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

۳- گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

* مسئول مکاتبه: Mahdibbn@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۰۸/۰۷ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.296682.1107**

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی واکنش انیسون به وقوع تنش خشکی در مراحل متفاوت رشد و نیز تأثیر اسید هیومیک در کاهش اثرات تنش خشکی و بهبود خصوصیات رشدی گیاه در شرایط آب و هوایی شهرستان قوچان انجام شد. به این منظور آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ انجام شد. تیمار آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۴ سطح، مصرف اسید هیومیک به عنوان عامل فرعی در ۳ سطح (H_1، H_2 و H_3) در نظر گرفته شد. مطابق نتایج به دست آمده، قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی و عدم مصرف اسید هیومیک در مقایسه با آبیاری کامل و مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک وزن هزار دانه انیسون را به میزان ۲۳/۴۵ درصد کاهش داد. همچنین قطع آبیاری در مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب موجب کاهش ۷/۸۰، ۲۹/۴۶ و ۲۴/۰۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. استفاده از اسید هیومیک در هر دو سطح ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۵/۰۱ و ۱۰/۶۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. با توجه به نتایج این پژوهش با وجود مشکل کم‌آبی در منطقه مورد مطالعه، یک راهکار برای رفع این مشکل قطع آبیاری در مرحله قبل از ساقه‌دهی است که می‌تواند به کاهش مصرف آب در تولید انیسون منجر شود. همچنین کاربرد اسید هیومیک به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار اثرات منفی تنش خشکی را در مراحل رشد رویشی و زایشی به‌طور قابل‌توجهی جبران خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کمبود آب، کود آلی، گیاه دارویی

مقدمه

انیسون (*Pimpinella anisum* L.) از گونه‌های دارویی معطر خانواده چتریان است که به واسطه داشتن اسانس در دانه مورد توجه صنایع داروسازی، بهداشتی و غذایی است. گیاهان داروئی از گذشته‌های دور به لحاظ جنبه‌های اقتصادی و داروئی حائز اهمیت بوده و جزء منابع مهم درآمدزایی کشور محسوب می‌شدند که علاوه بر ارزش اقتصادی آن‌ها، قابلیت تطابق با روش‌های کشت ارگانیک را دارند و همین مسئله باعث شده تمایل تولیدکنندگان به کشت و کار این گیاهان افزایش یابد (Salehi *et al*., 2011). یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های سال‌های اخیر به‌نژادی گیاهی و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی تحت تاثیر تنش‌های محیطی است (Koyro *et al*., 2012). تنش خشکی اساساً ناشی از عدم تعادل بین تبخیر و تعرق با مقدار رطوبت قابل دسترس خاک در محیط ریشه است (Karami *et al*., 2012) که بسته به مدت و شدت آن در گیاهان مختلف، تأثیرات متفاوتی بر جای می‌گذارد. کاهش دسترسی به آب از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند رشد، عملکرد کمی و کیفی را در گیاهان دارویی تحت تأثیر قرار دهد (Zhu *et al*., 2009). در این رابطه برخی از محققان گزارش نمودند اعمال تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه و افزایش درصد اسانس در گیاه انیسون گردیده است (Heidari *et al*., 2012).

از طرف دیگر اثرات مخرب زیست‌محیطی کشاورزی متداول تحت تأثیر مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی باعث شده است روزبه‌روز بر اهمیت توجه به کشاورزی پایدار افزوده شود. یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار، کاهش مصرف

کودهای شیمیایی است که از طریق جایگزینی کودهای آلی در اکوسیستم‌های زراعی میسر خواهد شد (Sharma, 2002). از طرفی اهمیت کاربرد کودهای آلی در کشت و کار گیاهان دارویی که با سلامت انسان در ارتباط هستند باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. یکی از کودهای آلی که در سال‌های اخیر توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد اسید هیومیک است. اسید هیومیک یک ماکرومولکول پیچیده آلی و یکی از کودهای پراهمیت در کشاورزی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و ... به دست می‌آید (Rahi *et al*., 2012). اسید هیومیک بـه انحـلال و آزادسـازی عناصـر تثبیـت شـده کمک می‌کند و عناصر اضافی موجود در محـیط را در خـود ذخیره می‌نماید و در زمان مناسب در اختیار ریشه گیاه می‌گذارد (Dalvand *et al*., 2018).

اسـید هیومیـک مـی‌توانـد بـا بهبـود جذب نیتروژن سبب افزایش میزان آنزیم‌هـا، انـواع پـروتئین‌هـا، به‌ویژه آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت کننده در چرخه فتوسـنتزی نظیر سیتوکروم‌ها، فردوکسین‌ها، پلاستوسیانین و آنزیم رابیسـکو شده و از این طریق رشد گیاه را افزایش دهد (Dordas and Sioulas, 2008). کاربرد اسید هیومیک از طریق افزایش سرعت فتوسنتز، توسعه ریشه گیاه و جذب عناصر مورد استفاده برای گیاه سبب افزایش عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) شد (Ghorbani *et al*., 2010). در تحقیقی نیز گزارش شده است که اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی سبب افزایش ارتفاع در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) گردیده است (Sabouri *et al*., 2018). محققان دیگری در این خصوص نشان دادند که در شرایط تنش خشکی کاربرد ۱/۵ لیتر اسید هیومیک در هر هکتار منجر به بهبود صفات زراعی و عملکرد در گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) شده است (Heydari and Minaei, 2014). بر اساس پژوهش محققی دیگر، اسید هیومیک از طریق تنظیم سطوح هورمون‌ها و بهبود رشد در گیاهان باعث افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی می‌گردد (Nardi *et al*., 2002).

با توجه به اهمیت بررسی تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه و توجه به راهکارهای اکولوژیک کاهش اثرات تنش خشکی از طریق کاربرد مواد آلی دوست‌دار محیط‌زیست، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نقش اسید هیومیک در کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود خصوصیات رشدی گیاه انیسون در شرایط آب و هوایی شهرستان قوچان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای تجاری واقع در استان خراسان رضوی، شهرستان قوچان با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۷ دقیقه و ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط دما و متوسط بارندگی طی دوره رشد انیسون (خرداد تا شهریور) در این آزمایش به ترتیب ۲۰/۹۷ درجه سانتی‌گراد و ۶/۲۵ میلی‌متر بود. بر مبنای طبقه‌بندی دومارتن اقلیم منطقه از نوع خشک سرد است.

حداقل دما، حداکثر دما، دمای متوسط، بارندگی و ساعات آفتابی محل انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. طرح آزمایشی مورد استفاده به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اصلی آزمایش، تیمار آبیاری در ۴ سطح آبیاری کامل، قطع آبیاری در مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی و دانه‌بندی و عامل فرعی اسید هیومیک در ۳ سطح (صفر، ۲ و ۴ کیلوگرم هیومکس-WGS 95) بودند. آماده‌سازی زمین با انجام شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت صورت گرفت. کرت‌های آزمایشی شامل ۸ ردیف کاشت به طول ۲ متر، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هم‌چنین به منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، فاصله کرت‌های اصلی از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو بلوک، ۱ متر لحاظ گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۱- حداقل دما، حداکثر دما، دمای متوسط، بارندگی و ساعات آفتابی محل انجام آزمایش
Table 1- Min temperature, Max temperature, Ave. temperature, rainfall and sunny hours of the experimental site

	حداقل دما Min temperature (°C)	حداکثر دما Max temperature (°C)	متوسط دما Ave temperature (°C)	میزان بارندگی Rainfall (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	ساعات آفتابی Sunny hours (h)
فروردین March-April	5.05	16.69	10.87	135	80.66	185.90
اردیبهشت April-Mey	8.47	24.17	16.32	46	64.89	305
خرداد May-June	13.11	31.36	22.23	1.5	40.51	336
تیر June-July	14.98	31.74	23.36	13.20	43.23	239
مرداد July-Aguest	13.86	29.27	21.56	9.70	49.02	332
شهریور Aguset-September	7.53	25.98	16.75	0.61	43.59	314.9

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2- Physicochemical properties of soil experiment site

بافت خاک Soil texture	پتاسیم Potassium (mg/kg)	فسفر Phosphorus (mg/kg)	نیتروژن Nitrogen (mg/kg)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	اسیدیته Acidity (%)	شوری Salinity (dS/m)	عمق Depth (cm)
Silt	320	60	1.88	33	47	20	7.35	0.89	0-30

کشت بذور انیسون از توده محلی قوچان در ۱۵ خرداد ۱۳۹۹ در عمق ۳ سانتی‌متری به روش دستی انجام شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد به روش وجین دستی کنترل شد. برداشت نهایی ۱۱۰ روز پس از کاشت در تاریخ ۵ مهرماه پس از حذف ۵۰ سانتی‌متر از هر طرف به‌عنوان اثر حاشیه‌ها در هر واحد آزمایشی انجام گرفت. کود هیومکس در مراحل ابتدای رشد رویشی و قبل از ساقه رفتن همراه با آب آبیاری میزان ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار از منبع هیومکس-WGS 95 با ۶۰ درصد اسید هیومیک و ۵ درصد اسید فولویک و ۱۰ درصد پتاس استفاده شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری، آبیاری کامل از تاریخ ۱۵ خرداد به طور منظم با مدار ۱۰ روز تا زمان رسیدگی کامل گیاه در تاریخ ۳۰ شهریور انجام شد و تیمارهای قطع آبیاری بر اساس مراحل فنولوژیک انجام شد. به این منظور یک نوبت قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی در تاریخ ۱۰ مرداد (۵۵ روز پس از کاشت)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی در تاریخ ۳۱ مرداد (۷۶ روز پس از کاشت) و یک نوبت قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی در تاریخ ۲۱ شهریور (۹۷ روز پس از کاشت) اعمال گردید. صفات اندازه‌گیری شده شامل: عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک، تعداد دانه در چترک، سطح برگ، کلروفیل برگ، و درصد اسانس بود. سطح برگ با استفاده از دستگاه LAI متر اندازه‌گیری شد و میزان کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD) ثبت گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

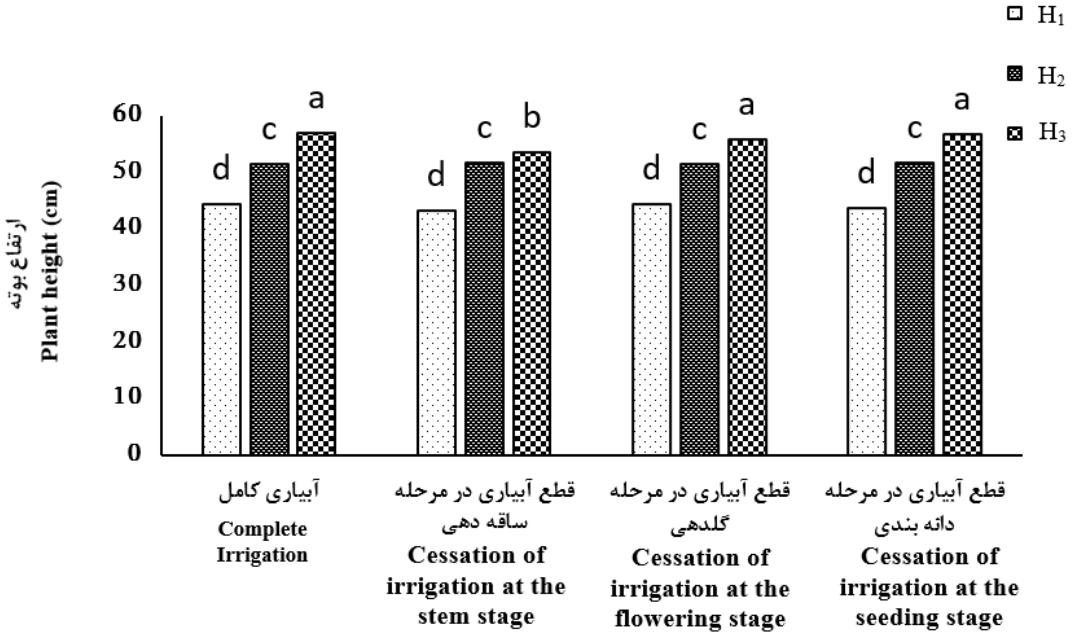
نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد ارتفاع بوته تحت تأثیر اسید هیومیک ($p\leq0.01$) و اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک ($p\leq0.05$) قرار گرفت اما اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). در تیمارهای آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی، بیشترین میزان ارتفاع بوته همراه با مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به ترتیب با میانگین ۵۵/۱۲ و ۵۶/۱۰ و ۵۵/۰۲ سانتی‌متر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند و کمترین ارتفاع بوته نیز در تیمارهای آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع

آبیاری در مرحله دانه‌بندی در شرایط عدم مصرف اسید هیومیک به ترتیب با میانگین ۴۴/۲۰، ۴۳/۳۵ و ۴۳/۴۵ و ۴۴/۰۵ سانتی‌متر حاصل شد که اختلاف معنی‌داری نیز بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۱).

در نتیجه تحقیق، محققانی در این زمینه آمده است، اسید هیومیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود فتوسنتز باعث رشد بهتر گیاه و افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Sabzevari *et al*., 2009). همچنین محققان دیگری نشان دادند اسید هیومیک از طریق تأثیر بر غشا و در نتیجه بهبود انتقال عناصر غذایی، افزایش سنتز پروتئین و فتوسنتز بر رشد گیاهان تأثیرگذار است (Dalvand *et al*., 2018). نتایج سایر محققان نشان داد، اسید هیومیک از طریق افزایش محتوی نیتروژن گیاه ارتفاع بوته را افزایش می‌دهد (Ayas and Gulser, 2005). از طرف دیگر کاربرد اسید هیومیک به دلیل این‌که غلظت هورمون‌هایی همچون اکسین، جیبرلین و سیتوکینین را افزایش می‌دهد نقش مؤثری در افزایش ارتفاع گیاهان دارد (Abdel-Mawgoud *et al*., 2007). نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد اسید هیومیک به کمک فتوسنتز و رشد گیاه و نیز تولید متابولیت‌های ثانویه باعث افزایش مقاومت گیاه می‌شود و با وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف، این مکانیسم-ها گیاه را در برابر خسارت وارده و افت عملکرد محافظت می-کنند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته انیسون

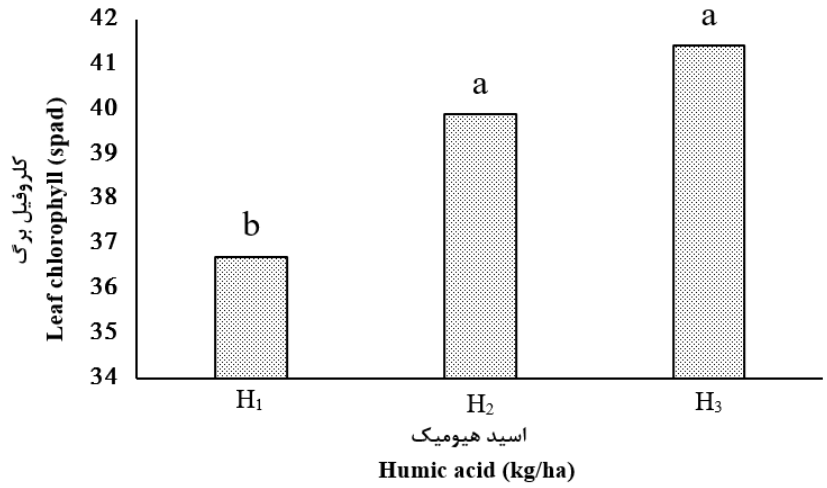
Figure 1- Mean comparison of anise plant height under interaction effect of irrigation levels and humic acid

کلروفیل برگ

میزان کلروفیل برگ انیسون به طور معنی‌داری تحت تأثیر اسید هیومیک ($p\leq0.01$) قرار گرفت اما قطع آبیاری هیچ تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد مصرف ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به ترتیب سبب افزایش ۳/۱۸ و ۴/۷۲ واحد SPAD در کلروفیل برگ نسبت به شاهد شد (شکل ۲).

پژوهشگران دیگری در این حوزه، گزارش نمودند که اسید هیومیک از طریق کلات‌کنندگی عناصر غذایی و قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر در اختیار گیاه سبب افزایش ساخت رنگیزه‌ها در گیاه می‌شود (Nardi., *et al* 2002). در همین رابطه محققی دیگر اعلام کرد که اسید هیومیک سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز می‌شود که جذب آهن و منگنز می‌تواند دلیل مناسبی بر افزایش غلظت کلروفیل برگ باشد (Pazoki, 2016).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح اسید هیومیک بر کلروفیل برگ انیسون (H_1، H_2 و H_3 به ترتیب تیمار شاهد، مصرف ۲ و ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار)

Figure 2- Mean comparison of anise leaf chlorophyll under humic acid effect (H_1, H_2, and H_3 are control sample, 2kg/ha, and 4kg/ha usage of humic acid respectively)

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد سطح برگ انیسون تحت تأثیر آبیاری، اسید هیومیک و همچنین اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک قرار گرفت ($p\leq0.01$). بررسی اثرات متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر سطح برگ انیسون نشان داد

بیشترین میزان سطح برگ در بین تمام تیمارها تحت تأثیر تیمار آبیاری کامل+ مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک با میانگین ۹۸ سانتی‌مترمربع در بوته به دست آمد و کمترین میزان سطح برگ نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی +عدم مصرف اسید هیومیک با میانگین ۵۲ سانتی‌متر مربع در بوته به دست آمد (شکل ۳). بر اساس نتایج این پژوهش قطع آبیاری در مراحل ابتدایی رشد (ساقه‌دهی) تأثیر قابل‌توجهی بر میزان سطح برگ تولیدی در گیاه انیسون داشت به‌طوریکه تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی+عدم مصرف اسید هیومیک، سطح برگ انیسون را به میزان ۴۶/۹۳ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل+عدم مصرف اسید هیومیک، کاهش داد (شکل ۳). در این بین نقش اسید هیومیک در کاهش اثرات منفی تنش خشکی بسیار حائز اهمیت است به‌طوریکه در شکل ۳ ملاحظه می‌شود کاربرد اسید هیومیک سطح برگ را در تمام تیمارهای آبیاری در مقایسه با عدم مصرف اسید هیومیک افزایش داد به‌طوریکه تیمار آبیاری کامل + مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار سطح برگ را نسبت به تیمار آبیاری کامل + عدم مصرف اسید هیومیک به میزان ۱۶/۳۲ درصد افزایش داد. تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی + مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک سطح برگ را در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی + عدم مصرف اسید هیومیک به میزان ۳۷/۳۴ درصد افزایش داد همچنین تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی + مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک سطح برگ را در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی + عدم مصرف اسید هیومیک به میزان ۱۶/۶۸ درصد افزایش داد و در تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی + مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک سطح برگ در مقایسه با تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی + عدم مصرف اسید هیومیک به میزان ۱۶/۶۶ درصد افزایش داشت. محققانی گزارش نمودند که در شرایط تنش خشکی، گیاه برای مقابله با تنش تعداد برگ‌ها را کاهش می‌دهد که به دنبال آن سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد (Amiri Deh Ahmadi *et al.*, 2012). مشابه این نتایج در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نعناع (*Japonese mint*) نیز گزارش شده است (Mohammadi *et al.*, 2018 ; Misra and Srivastava, 2000).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد انیسون تحت سطوح مختلف آبیاری و اسید هیومیک

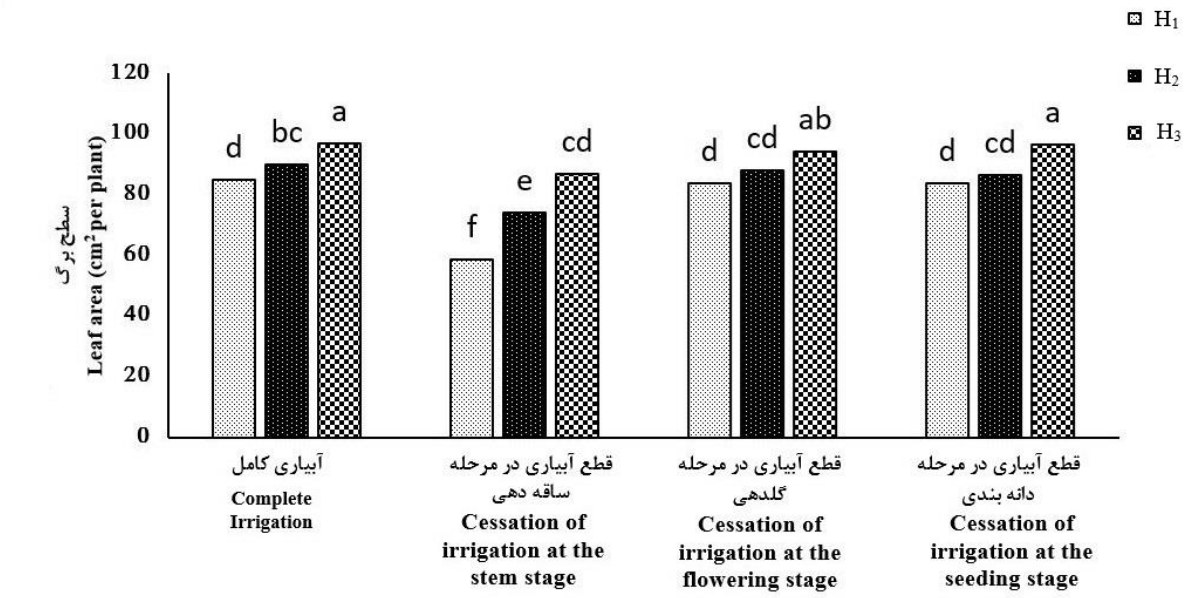
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of anise under the effect of irrigation levels and humic acid

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	سطح برگ Leaf area	تعداد چتر No. of umbels	تعداد چترک No. of umberets	تعداد دانه در چترک No. of seed per umberets	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	اسانس Essence
Replication	2	3.17	2.02	6.16	5.27	8.04	0.02	0.07	93.69	0.44
آبیاری (A) Irrigation (A)	3	1.59	1.10	602.11**	352.05**	16113.45**	5.23**	7.73**	6008.69**	0.14
خطای اول First error	6	0.97	1.89	4.81	2.59	5.32	0.20	0.04	13.47	0.30
اسید هیومیک (B) Humic acid (B)	2	433.74**	69.64**	748.94**	153.72**	1813.71**	29.47**	1.28**	776.86**	0.33
آبیاری×اسید هیومیک A× B	6	3.52*	1.49	57.60**	3.15	92.92**	0.38*	0.02**	22.86	0.13
خطای دوم Secound error	16	0.89	3.88	6.58	4.06	4.64	0.13	0.014	14.73	0.12
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.87	5.00	3.00	7.21	0.68	4.01	1.63	2.41	21.87

**: معنی‌دار در سطح ۱٪ ، *: معنی‌دار در سطح ۵٪

*: significant at 5%, **: significant at 1%

در ارتباط با دلایل افزایش سطح برگ تحت تأثیر مصرف اسید هیومیک، گزارش شده است که اسید هیومیک از طریق افزایش میزان نیتروژن موجود در برگ‌ها سبب ماندگاری طولانی‌تر آن‌ها در گیاه شده و افزایش سطح برگ گیاه را موجب می‌گردد (Hosseinian *et al*., 2019). محققان دیگری نیز اعلام کردند که اسید هیومیک از طریق جذب عناصر غذایی توسط گیاه باعث رشد مطلوب اندام‌های هوایی از جمله برگ‌ها می‌گردد (Erkossa *et al*., 2002). در پژوهشی دیگر دلیل افزایش سطح برگ ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد اسید هیومیک، افزایش تجمع ماده خشک عنوان شد (Ghorbani *et al*., 2010).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید هیومیک بر سطح برگ انیسون

Figure 3- Mean comparison of anise leaf area under interaction effect of irrigation levels and humic acid

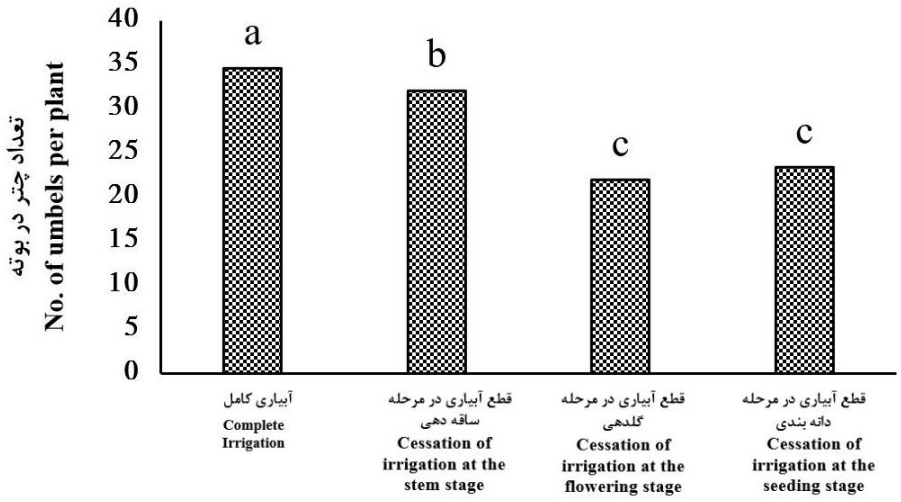
تعداد چتر در بوته

نتایج نشان داد که آبیاری و اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq0.01$) بر تعداد چتر در بوته انیسون داشتند اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد بیشترین تعداد چتر در بوته با میانگین ۳۴/۵۵ عدد در شرایط آبیاری کامل به دست آمد که به میزان ۳۶/۶۷ درصد بیشتر از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی با میانگین بود ۲۱/۸۸ عدد در بوته بود. همچنین قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی نیز با میانگین ۲۳/۳۸ عدد، تعداد چتر در بوته را به میزان ۳۴/۵۵ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش داد. در بین تیمارهای تنش خشکی، قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی (رشد رویشی) کمترین تأثیر منفی را بر تعداد چتر در بوته داشت و در مقایسه با آبیاری کامل فقط ۷/۴۶ درصد از تعداد چتر در بوته تحت تأثیر این تیمار کاسته شد (شکل ۴).

محققان دیگری نیز گزارش کردند وقتی گیاه با خشکی مواجه شود، از شاخ و برگ خود که منابع اصلی تبخیر و تعرق در گیاه هستند، می‌کاهد که همین مسئله باعث کاهش تعداد چتر در بوته انیسون گردیده است (Mohammadi Alborzi *et al*., 2012). پژوهشگران دیگری نیز علت کاهش تعداد چتر در بوته در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی را مربوط به ریزش گل و سقط دانه‌ها دانستند (Heidari *et al*., 2012).

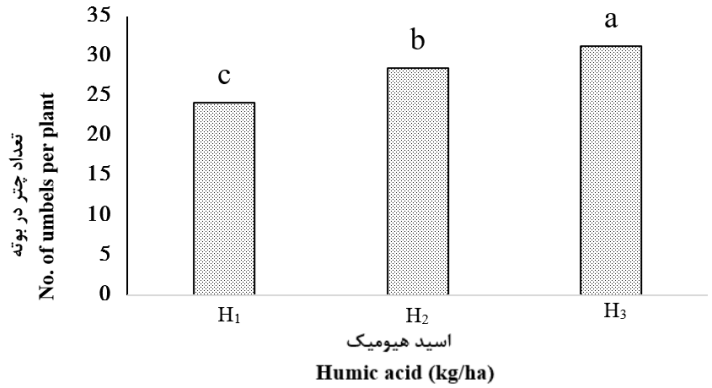
مقایسه میانگین سطوح مختلف اسید هیومیک نشان داد گیاهانی که اسید هیومیک را دریافت نکرده بودند (تیمار شاهد)، کمترین تعداد چتر را با میانگین ۲۴/۱۴ عدد داشتند. کاربرد ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به ترتیب سبب افزایش ۱۷/۸۵ و ۲۹/۴۵ درصد تعداد چتر در بوته نسبت به شاهد شد (شکل ۵). مشابه این نتایج بر روی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گزارش شده است

(Akbari and Gholami, 2015). آن‌ها دلیل افزایش تعداد چتر در بوته با کاربرد اسید هیومیک را به قدرت کلات‌کنندگی این ماده ربط دادند که از این طریق سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته می‌گردد. اثرات اسید هیومیک بر گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) تحت تأثیر نقش این ماده آلی بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش غلظت کلروفیل برگ، فتوسنتز و افزایش سهولت جذب عناصر غذایی گزارش شده است (Khalesro and Malekian, 2017). نتایج همبستگی نیز نشان داد بین تعداد چتر و ارتفاع بوته ($p\leq0.05$) همبستگی مثبت وجود داشت (جدول ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد چتر در بوته انیسون تحت تأثیر سطوح آبیاری

Figure 4- Mean comparison of number of umbels per plant of anise under irrigation levels



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد چتر در بوته انیسون تحت تأثیر اسید هیومیک (H_1، H_2 و H_3 به ترتیب تیمار شاهد، مصرف ۲ و ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار)

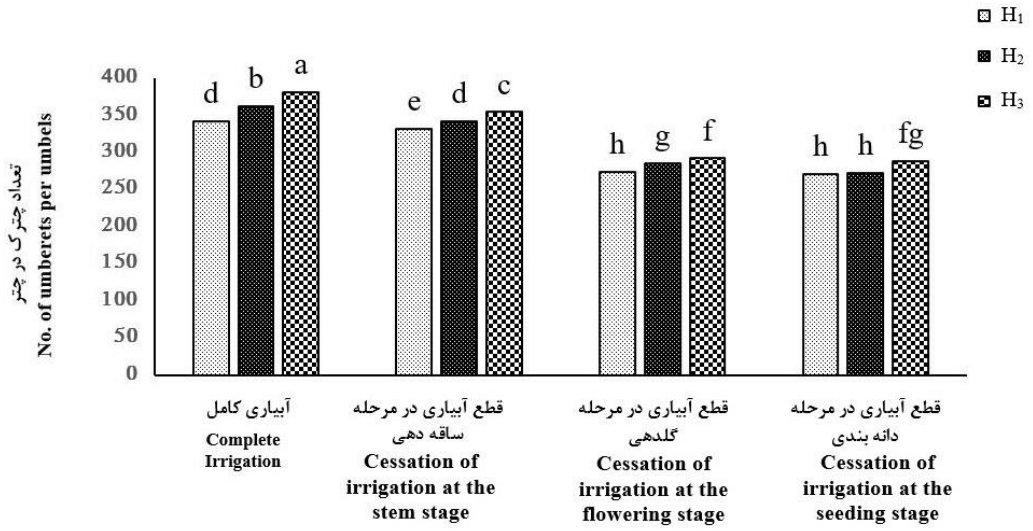
Figure 5- Mean comparison of anise number of umbels per plant under humic acid effect (H_1, H_2, and H_3 are control sample, 2kg/ha, and 4kg/ha usage of humic acid respectively)

تعداد چترک در چتر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد چترک در انیسون تحت تأثیر آبیاری، اسید هیومیک و اثر متقابل این دو عامل ($p\leq0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). بررسی اثرات متقابل نشان داد که استفاده از اسید هیومیک در تمام سطوح آبیاری تعداد چترک در چتر را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با عدم مصرف اسید هیومیک افزایش داد. گیاهانی که در شرایط آبیاری کامل، ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک دریافت کردند، بالاترین تعداد چترک در چتر را با میانگین ۳۸۰/۸۳ عدد داشتند و کمترین تعداد در این صفت مربوط به ترکیب تیماری عدم کاربرد اسید

هیومیک در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و نیز عدم کاربرد اسید هیومیک و قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی و همچنین کاربرد ۲ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی بود (شکل ۶). همچنین نتایج همبستگی بین صفات نشان داد تعداد چترک با تعداد چتر ($p\leq0.01$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴).

از طرفی مقایسه تعداد چترک ثبت شده در سطوح مختلف آبیاری نشان داد بیشترین تعداد چترک در شرایط بدون تنش به دست آمد به‌طوری‌که تمام سطوح استفاده از اسید هیومیک در شرایط بدون تنش تعداد بالاتر چترک را در مقایسه با سایر تیمارها موجب شدند. مقایسه سطوح مختلف تنش نیز نشان داد قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی کمترین تأثیر را بر این صفت داشت و قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی (گل‌دهی و دانه‌بندی) بیشترین تأثیر منفی را بر تعداد چترک در چتر انیسون داشت. این‌طور به نظر می‌رسد که هنگام تأمین آب و مواد غذایی برای گیاهان، رشد رویشی و زایشی مطلوبی رخ می‌دهد و از این طریق رشد اندام‌های زایشی از جمله تعداد چترک در چتر نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. محققان دیگر نیز بیان داشتند که تنش خشکی سبب کاهش تعداد چترک در گیاه انیسون می‌گردد (Heidari *et al*., 2012). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد در تمام سطوح آبیاری افزایش مصرف اسید هیومیک از صفر تا ۴ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش تعداد چتر در چترک شد البته میزان این افزایش در شرایط عدم تنش خشکی بیشتر شرایط اعمال تنش در مراحل مختلف رشد بود. ضمن این‌که گزارش شده است که استفاده از اسید هیومیک سبب افزایش تعداد چترک در گیاه دارویی زنیان گردیده است (Khalesro and Malekian, 2017). برای گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*) و نیز برای گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum*) نیز گزارش شده است که استفاده از اسید هیومیک توانست تعداد چترک در چتر را تا سطح معنی‌داری بهبود بخشد (Mohammadipour *et al*., 2012; Nikbakht *et al*., 2008).



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد چترک انیسون تحت اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید هیومیک

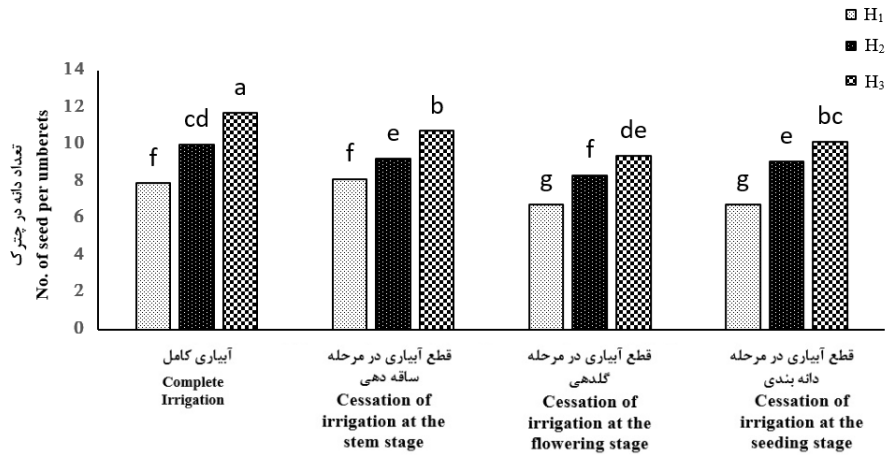
Figure 6- Mean comparison of anise number of umbelets under interaction effect of irrigation levels and humic acid

تعداد دانه در چترک

تعداد دانه در چترک در این پژوهش تحت تأثیر آبیاری ($p\leq0.01$)، اسید هیومیک ($p\leq0.01$) و اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک ($p\leq0.05$) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و آبیاری نشان داد در تمام تیمارهای قطع آبیاری و همچنین شاهد، مصرف ۲ و ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در مقایسه با عدم مصرف آن باعث افزایش تعداد دانه در چترک شد. در این بین بیشترین تعداد دانه در چترک با میانگین ۱۱/۹

عدد در شرایط آبیاری کامل همراه با مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد و تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی همراه با مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک با میانگین ۱۰/۷۰ عدد و تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی همراه با مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک با میانگین ۱۰/۲۰ عدد در رتبه دوم قرار داشتند که اختلاف معنی‌داری نیز بین آنها وجود نداشت. کمترین تعداد دانه در چترک نیز در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم مصرف اسید هیومیک و تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی و عدم مصرف اسید هیومیک به ترتیب با میانگین ۶/۲ و ۶/۴ به دست آمد که اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت (شکل ۷). نتایج همبستگی صفات نشان داد تعداد دانه در چترک با وزن هزار دانه، عملکرد، ارتفاع بوته، میزان کلروفیل، سطح برگ، تعداد چتر و تعداد چترک ($p\leq0.01$) ارتباط مستقیم و معنی‌دار داشت (جدول ۴).

محققانی نیز گزارش کردند که وقوع تنش آبی در مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی خطرناک است و موجب کاهش تعداد دانه می‌شود (Amiri Deh Ahmadi *et al.*, 2012). وقوع تنش خشکی در مرحله گل‌دهی موجب می‌شود تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند کاهش یابد و این تنش در مرحله دانه‌بندی موجب می‌شود که پر شدن دانه‌ها به‌طور کامل و درست انجام نشود. در تحقیق انجام شده دیگری نیز تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه چترک در گیاه انیسون، گزارش گردید (Heidari *et al.*, 2012). از طرفی این‌طور به نظر می‌رسد که اسید هیومیک غلظت هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد را در گیاه افزایش می‌دهد و همچنین تأمین عناصر غذایی و جذب آن‌ها را در گیاه ارتقا می‌دهد و در نتیجه گیاه را به سمت تولید بیشتر هدایت می‌کند. در پژوهشی گزارش شده است که اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری، جذب عناصر را ارتقا می‌دهند و در نهایت باروری و تولید در گیاهان را تا سطح معنی‌داری بالا می‌برند (Sabzevari *et al.*, 2009).



شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در چترک انیسون تحت اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید هیومیک

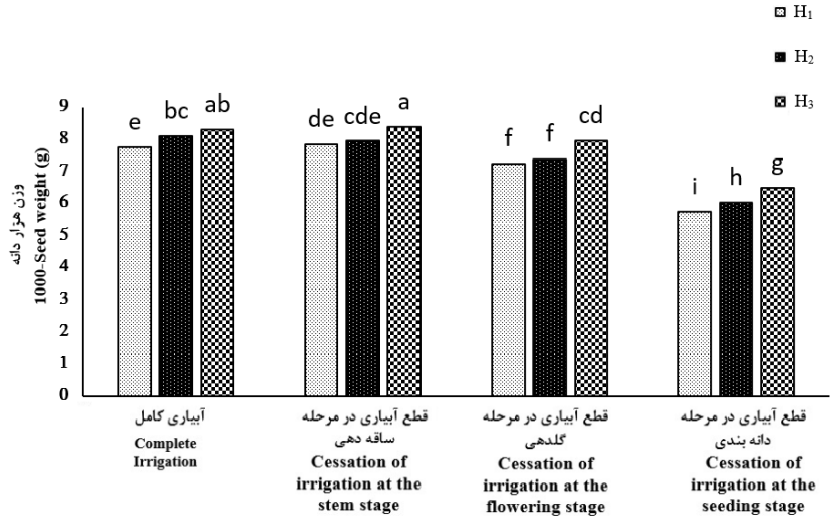
Figure 7- Mean comparison of number of seeds per umbelets of anise under interaction effect of irrigation levels and humic acid

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری ($p\leq0.01$)، اسید هیومیک ($p\leq0.01$) و همچنین اثر متقابل این دو عامل ($p\leq0.01$) بر وزن هزار دانه انیسون معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج به دست آمده نشان داد در تمام تیمارهای مربوط به تنش استفاده از اسید هیومیک به میزان ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش وزن هزار دانه شد و عدم مصرف اسید هیومیک نیز باعث تولید کمترین میزان وزن هزار دانه در هر یک از تیمارهای تنش گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین میزان وزن هزار دانه با میانگین ۸/۱ گرم در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک به دست آمد که با تیمار آبیاری کامل و مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک با میانگین ۸/۰۵ اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین وزن هزار دانه نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی و

عدم مصرف اسید هیومیک با میانگین ۶/۲ گرم به دست آمد که نسبت به تیمار عدم اعمال تنش و مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک، ۲۳/۴۵ درصد کاهش را شاهد بود (شکل ۸). وزن هزاردانه، وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه را نشان می‌دهد. با آغاز گل‌دهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌کنند. زمانی که در مرحله گل‌دهی تنش رخ می‌دهد به دلیل این‌که طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد گیاه با محدودیت منبع روبرو می‌گردد و مواد کمتری به دانه‌ها انتقال خواهد یافت؛ بنابراین هرگونه تنش در این مرحله بر روابط منبع و مخزن می‌تواند تأثیر منفی گذاشته و سبب کاهش وزن دانه‌ها گردد. قطع آبیاری در این مرحله سبب می‌شود رسیدن دانه‌ها تسریع یابد و طول دوره مدت انتقال مواد حاصل از فتوسنتز به دانه‌ها کوتاه شود. این عامل موجب لاغرتر شدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه در گیاهان می‌شود. مشابه نتایج تحقیق حاضر را محققانی در انیسون (Heidari *et al*., 2012) ، زیره سیاه (Laribi *et al*., 2009) و زیره سبز (Mohammadi *et al*., 2018) گزارش کردند.

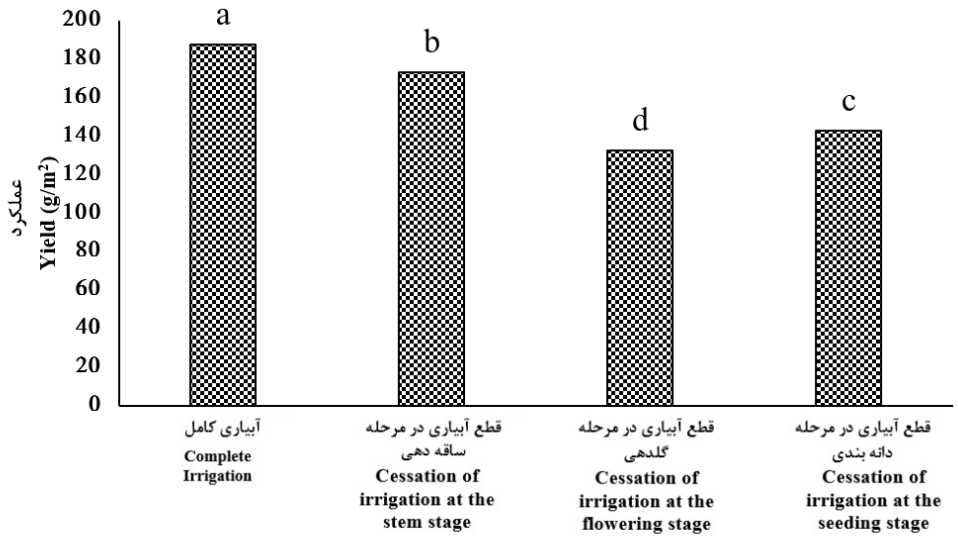


شکل ۸- مقایسه میانگین وزن هزاردانه انیسون تحت اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید هیومیک

Figure 8- Mean comparison of anise 1000-seed weight under interaction effect of irrigation levels and humic acid

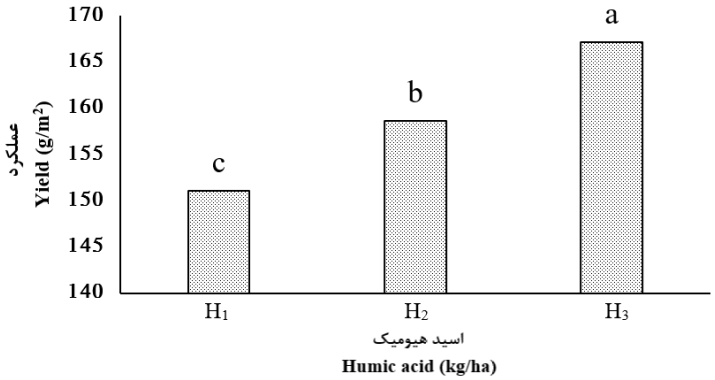
عملکرد دانه

عملکرد دانه انیسون تحت تأثیر آبیاری ($p\leq0.01$) و اسید هیومیک ($p\leq0.01$) قرار گرفت ولی اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر آبیاری بر عملکرد دانه (شکل ۹) نشان داد بیشترین عملکرد در آبیاری کامل به دست آمد که معادل ۱۸۷/۷۷ گرم در مترمربع بود. قطع آبیاری در هر سه مرحله سبب کاهش عملکرد شد. قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی سبب کاهش عملکرد تا ۱۷۳/۱۱ گرم در مترمربع شد. زمانی‌که گیاهان، تحت تأثیر قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی قرار گرفتند، کمترین میزان عملکرد را دارا بودند که نسبت به گیاهان شاهد ۲۹/۴۶ درصد کاهش یافت. زمانی‌که در مرحله دانه‌بندی، قطع آبیاری اعمال گردید نیز عملکرد تا سطح ۱۴۲/۵۵ گرم در مترمربع کاهش یافت (شکل ۹). محققان این حوزه همچنین گزارش کردند که تنش خشکی از گرده‌افشانی تا بلوغ فیزیولوژیک موجب می‌شود دوره پر شدن دانه‌ها و همچنین سرعت پر شدن دانه‌ها کاهش یابد و به همین علت وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Royo *et al*., 2000). در تحقیقی علت کاهش عملکرد گیاهان در تنش خشکی با کاهش ارتفاع گیاه و کاهش سطح برگ مرتبط دانسته شده است (Sreevalli *et al*., 2000). محققانی نیز علت کاهش عملکرد دانه گیاهان در شرایط تنش خشکی را اختلال در عملکرد روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ و ریزش گل دانستند (Doupis *et al*., 2013). مشابه تحقیق حاضر، پژوهشگرانی گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد در انیسون می‌گردد (Heidari *et al*., 2012).



شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه انیسون تحت تأثیر سطوح آبیاری
Figure 9- Mean comparison of anise seed yield under effect of irrigation levels

مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک بر عملکرد دانه انیسون (شکل ۱۰) نشان داد کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۵۱/۰۸ گرم در مترمربع در شرایط عدم مصرف اسید هیومیک (شاهد) به دست آمد، همچنین مصرف ۲ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک عملکرد دانه را به ۱۵۸/۶۶ گرم در مترمربع رساند. بیشترین مقدار عملکرد نیز تحت تأثیر مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک با میانگین ۱۶۷/۱۶ گرم در مترمربع به دست آمد. علت این‌که با کاربرد اسید هیومیک، عملکرد افزایش می‌یابد این است که این ماده سبب افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه افزایش فعالیت فتوسنتزی در گیاهان می‌گردد و در نهایت سبب می‌شود عملکرد افزایش یابد (Delfine *et al*., 2005). در این خصوص پژوهش‌گرانی نیز گزارش کردند که اسید هیومیک اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر مثبت بر متابولیسم سلولی و میزان کلروفیل برگ در گیاهان دارد و از این طریق موجب افزایش عملکرد در گیاهان می‌گردد (Nardi *et al*., 2002). در پژوهش دیگری نشان داده شده است که اسید هیومیک عملکرد دانه ذرت را به دلیل افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ و در نتیجه طولانی‌تر شدن زمان تجمع ماده خشک ارتقا داده است، همچنین اثر متقابل تیمار تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد معنی‌داری نبود (Ghorbani *et al*., 2010).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه انیسون تحت تأثیر اسید هیومیک (H_1، H_2 و H_3 به ترتیب تیمار شاهد، مصرف ۲ و ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار)
Figure 10- Mean comparison of anise seed yield under effect of humic acid (H_1, H_2, and H_3 are control sample, 2kg/ha, and 4kg/ha usage of humic acid respectively)

جدول ۴- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در انیسون

Table 4- Correlations between traits studied in Anise

	ارتفاع بوته Plant height	میزان کلروفیل Amount of chlorophyll	سطح برگ Leaf area	تعداد چتر No. of umbels	تعداد چترک No. of umberets	تعداد دانه در چترک No. of seed per umberets	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	اسانس essence	عملکرد دانه Seed yield
ارتفاع بوته Plant height	1								
میزان کلروفیل Amount of chlorophyll	0.76**	1							
سطح برگ Leaf area	0.60**	0.52**	1						
تعداد چتر No. of umbels	0.38*	0.25	0.08	1					
تعداد چترک No. of umberets	0.18	0.08	-0.05	0.93**	1				
تعداد دانه در چترک No. of seed per umberets	0.80**	0.62**	0.44**	0.75**	0.62**	1			
وزن هزار دانه 1000-Seed weight	0.25	0.15	-0.06	0.67**	0.79**	0.49**	1		
اسانس Essential	-0.28	-0.35*	-0.37*	-0.15	-0.006	-0.18	0.09	1	
عملکرد yield	0.23	0.10	0.01	0.92**	0.95**	0.65**	0.63**	0.09	1

**: معنی‌دار در سطح ۱٪ ، *: معنی‌دار در سطح ۵٪

*: significant at 5%, **: significant at 1%

بررسی جدول همبستگی بین صفات (که بر مبنای تیمارهای تنش خشکی تنظیم شد)، نشان داد عملکرد دانه انیسون همبستگی بسیار معنی‌داری ($p\leq 0.01$) با صفات تعداد چتر در بوته، تعداد چترک، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه داشت که در این بین بالاترین میزان همبستگی عملکرد دانه با صفت تعداد چترک در بوته به میزان ۹۵٪ بود. این مسئله نشان می‌دهد افزایش اجزای عملکرد انیسون به طور مستقیم باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد. بررسی وزن هزار دانه نیز نشان داد این صفت با تعداد چتر در بوته، تعداد چترک و تعداد دانه در چترک همبستگی بسیار معنی‌داری داشت. سطح برگ انیسون نیز همبستگی بسیار معنی‌داری ($p\leq 0.01$) با دو صفت ارتفاع بوته و میزان کلروفیل داشت که نشان می‌دهد با افزایش ارتفاع گیاه میزان سطح برگ و همچنین محتوی کلروفیل برگ افزایش می‌یابد. به طور کلی نتایج همبستگی صفات نشان داد عملکرد و اجزای عملکرد انیسون همبستگی مثبت بالایی با هم دارند و افزایش در یکی از آن‌ها تأثیر مثبت مستقیم بر سایر اجزای عملکرد خواهد گذاشت (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد قطع آبیاری در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و دانه‌بندی عملکرد و اجزای عملکرد انیسون را کاهش داد. در این بین قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی بیشتر روی صفات زایشی از جمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تأثیر گذاشت. از طرفی مصرف اسید هیومیک به میزان ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار در تمام صفات مورد مطالعه تأثیرگذار بود و عملکرد دانه را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد. مطابق نتایج این پژوهش بالاترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد انیسون در شرایط عدم قطع آبیاری به همراه مصرف ۴ کیلوگرم اسید هیومیک به دست آمد و قطع آبیاری در هر یک از مراحل نمو (ساقه‌دهی، گلدهی و دانه‌بندی) باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد انیسون گردید. با توجه به اهداف این پژوهش که کاهش مصرف آب از طریق قطع آبیاری در مراحل فنولوژیکی گیاه و نیز کاهش اثرات منفی تنش خشکی به کمک مصرف اسید هیومیک بود، نتایج به دست آمده نشان داد که قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی نسبت به قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی اثرات منفی کمتری داشت و در صورت بروز مشکل کم‌آبی، قطع آبیاری در مرحله قبل از ساقه‌دهی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار جهت کاهش مصرف آب در تولید انیسون مورد توجه قرار گیرد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از اسید هیومیک در هنگام وقوع تنش خشکی باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی گردید، لذا در صورت تغذیه گیاه انیسون با اسید هیومیک به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار اثرات منفی تنش در مراحل رشد رویشی و زایشی به‌طور قابل‌توجهی جبران خواهد شد.

References

Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I. and Singer, S.M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (2): 169–174.

Ahmed, Y.M., Shalaby, E.A. and Shanan, N.T. 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10 (11): 1988–1996.

Akbari, I. and Gholami, A. 2015. Evaluation of mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid on essence yield and root colonization of fennel. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13 (4): 840–853. (In Persian).

Amiri Deh Ahmadi, S.R., Rezvani Moghaddam, P. and Ehyaee, H.R. 2012. The effects of drought stress on morphological traits and yield of three medicinal plants (coriandrum sativum, foeniculum vulgare and anethum graveolens) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10 (1): 116–124. (In Persian).

Arsalan, N., Gürbüz, B., Sarihan, E.O., Bayrak, A. and GÜMÜŞÇÜ, A. 2004. Variation in essential oil content and composition in turkish anise (*pimpinella anisum* l.) populations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 28 (3): 173–177.

Ayas, H. and Gulser, F. 2005. The effects of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach (Spinacia Oleracea Var. Spinoza). *Journal of Biological Sciences*, 5 (6): 801–804.

Azarinasrabad, A., Mousavinik, S.M., Galavi, M., Beheshti, S.A.R. and Siroosmehr, A. 2021. Effect of drought stress at different growth stages on dry matter remobilization in grain sorghum genotypes. *Crop Science Research in Arid Regions*, 2 (2): 167–177. (In Persian).

Celik, H., Katkat, A.V., Aşık, B.B. and Turan, M.A. 2010. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (1): 29–38.

Dalvand, M., Solgi, M. and Khaleghi, A. 2018. Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (Taget erecta). *Journal of Soil and Plant Interactions*, 9 (2): 67–80. (In Persian).

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25 (2): 183–191.

Dordas, C.A. and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27 (1): 75–85.

Doupis, G., Bertaki, M., Psarras, G., Kasapakis, I. and Chartzoulakis, K. 2013. Water relations, physiological behavior and antioxidant defence mechanism of olive plants subjected to different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 153 (1): 150–156.

Erkossa, T., Stahr, K. and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. *Agricultural Research Centre, Ethiopia*, 82 (1): 247–256.

Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M. and Bannayan, A.M. 2010. Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Agroecology*, 2 (1): 123–131. (In Persian).

Heidari, M. and Minaei, A. 2014. Effects of drought stress and humic acid application on quantative yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago Officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research*, 21 (1): 167–182. (In Persian).

Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A. and Saba, J. 2012. Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28 (1): 121–130. (In Persian).

Hosseinian, S.H., Ebrahimipak, N., Yusefi, A. and Egdarnzhad, A. 2019. Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of Satureja hortensis. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26 (1): 219–232. (In Persian).

Kalantari, E., Armin, M. and Marvi, H. 2021. Effects of irrigation cut-off in different phenological stages on yield and yield components of sesame varieties. *Crop Science Research in Arid Regions*, 1 (5): 151–162. (In Persian).

Karami, A., Sepehri, A., Hamzei, J. and Salimi, G. 2012. Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of Borage (*Borago officinalis* L.) *under water deficit stress*. *Journal of Production Technology*, 11 (1): 37–50. (In Persian).

Khalesro, S. and Malekian, M. 2017. Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component in organic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32 (6): 968–980. (In Persian).

Koyro, H.W., Ahmad, P. and Geissler, N. 2012. Abiotic stress responses in plants: an overview. *Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change*, 1 (1). 1–28.

Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30 (3). 372–379.

Lubbe, A. and Verpoorte, R. 2011. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops and Products*, 34 (1): 785–801.

Misra, A. and Srivastava, N.K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 7 (1): 51–58.

Mohammadi, A., Amini Dehaghi, M. and Fotokian, M.H. 2018. Effects of humic acid foliar application on the quantitative and qualitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under different irrigation regimes. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 34 (1): 101–104. (In Persian).

Mohammadi Alborzi, M., Safikhani, F., Masoud Sinaki, J. and Abbaszadeh, B. 2012. The effect of drought on morphological characteristics of anisum (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 4 (10): 14–25. (In Persian).

Mohammadipour, E., Golchin, A., Mohammadi, J., Negahdar, N. and Zarchini, M. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research*, 3 (11): 5095–5098.

Mohsen, N.O. and Jalilian, J. 2013. *(Short technical report);* The effect of plant nutrition on some morphological traits and protin content of safflower under different irrigation regimes. *Journal of Crop Production*, 6 (3): 165–176. (In Persian).

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (11): 1527–1536.

Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A. and Etemadi, N. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31 (12): 2155–2167.

Pazoki, A. 2016. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and humic acid on yield and yield components of basil (*Ocimum basilicum* L.*) under drought stress in Qom region*. *Journal of Agroecology*, 6 (1): 60–80.

Rahi, A., Davoodi, F.M., Azizi, F. and Habibi, D. 2012. The study examIned the effects of different amounts of humic acid and response curves In the Dactylis glomerata. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8 (3): 15–28. (In Persian).

Royo, C., García del Moral, L.F., Aparicio, N., Villegas, D., Casadesús, J. and Araus, J.L. 2000. Tools for improving the efficiency of durum wheat selection under Mediterranean conditions. *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges*, 1 (1): 63–70.

Sabouri, F., Sirousmehr, A. and Gorgini Shabankareh, H. 2018. Effect of irrigation regimes and application of humic acid on some morphological and physiological characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*, 9 (4): 13–24. (In Persian).

Sabzevari, S., Khazaie, H.R. and Kafi, M. 2009. Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Water Soil*, 23 (2): 87–94.

Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F. and Asgharzadeh, A. 2011. Effect of zeolite application, microbial inoculation and vermicompost on the concentration of N, P, K essential oil and essential oil yields in organic culture of Matricaria recutita L., *Scientific Journal of Iranian Herbs and Flowers*. 27 (2): 201–188. (In Persian).

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture India. *Agrobios*, 1 (12): 319–324.

Shojaii, A. and Abdollahi Fard, M. 2012. Review of pharmacological properties and chemical constituents of Pimpinella anisum. *International Scholarly Research Notices*, 1 (1): 1–8.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R.S. and Kulkarni, R.N. 2000. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. *Preliminary Observations on the Effect of Irrigation Frequency and Genotypes on Yield and Alkaloid Concentration in Periwinkle*, 22 (4a): 356–358.

Taherkhanchi, A., Akbari, G.A., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Ghorbani Javid, M. 2013. Evaluation of effects of bio-fertilizers on some physiological and biochemical traits in soybean under water deficit condition. *Journal of Crops Improvement*, 15 (3): 141–153. (In Persian).

Zhu, Z., Liang, Z., Han, R. and Wang, X. 2009. Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb Bupleurum chinense DC.: growth and saikosaponin production. *Industrial Crops and Products*, 29 (2–3): 629–633.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 189-206

Investigating the role of humic acid in reducing the effects of drought stress of anise (*Pimpinella anisum* L.)

Mahdi babaeian[*1], Jalil Taghdisi[2], Mohammad Kheirkhah[1], Mostafa Jafarian[3]

[1]Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Bojnord, Iran

[2]MSc Graduate of Agrotechnology, Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Bojnord, Iran

[3]Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

[*]Corresponding Author: Mahdibbn@gmail.com

Received: 14 August 2021 Accepted: 29 October 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.296682.1107**

Abstract

The aim of this study was to investigate the response of anise to the occurrence of drought stress in different stages of growth of this plant and also the effect of humic acid in reducing the negative effects of drought stress and improving plant growth characteristics in climatic conditions of Quchan city. For this purpose, an experiment was conducted in the form of split plots based on randomized complete block design with three replications in the 2019-2020 cropping year. The irrigation treatment in four levels was as the main factor of the experiment and consumption of Humic acid was considered as sub-factor in three levels. According to the obtained results, stopping irrigation at the seeding stage and nonuse of humic acid in comparison with full irrigation and consumption of 4 kg of humic acid reduced the 1000-seed weight of anise by 23.45%. Also, cessation of irrigation at the stages of stemming, flowering and seeding reduced the grain yields by 7.80, 29.46 and 24.08%, respectively, compared to the control. The use of humic acid at both levels of 2 and 4 kg/ha increased grain yields by 5.01 and 10.64%, respectively, compared to the control. According to the results obtained in this study, despite the problem of water shortage in the study area, one solution to solve this problem is to stop irrigation in the pre-shoot stage, which can reduce water consumption in the production of anise. Also, the application of humic acid at the rate of 4 kg/ha will significantly compensate for the negative effects of drought stress during vegetative and reproductive growth stages.

Keywords: Medicinal plant, Organic fertilizer, Water deficit, Yield

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۲۰-۲۰۷

مقاله پژوهشی

بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه پولک (*Stachys inflate* Benth) تحت تاثیر ارتفاع و خاک در استان آذربایجان شرقی

سعید یوسف‌زاده[1*]

۱- گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

* مسئول مکاتبه: S_yousefzadeh@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.302366.1125**

چکیده

به منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و کیفی پنج جمعیت پولک، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۴۰۰ با سه تکرار انجام شد. در هر رویشگاه نمونه‌های گیاهی در یک کوادرات ۱×۱ متر مربع از سطح خاک کف‌بر شد. هر جمعیت پولک متعلق به یک رویشگاه و این رویشگاها شامل یام، بناب، ارلان، زنوزق و گلجار بودند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های مورد بررسی بین جمعیت‌ها تنوع بالایی داشتند. ارتفاع در مقایسه با خصوصیات خاک بیشترین تأثیر را در درصد اسانس، میزان کلروفیل و آنتوسانین داشت. درصد اسانس در جمعیت ارلان (۰/۱۸۶ درصد) در مقایسه با جمعیت زنوزق (۰/۱۱۶ درصد) ۳۷ درصد بیشتر بود. بیشترین تجمع کلروفیل و آنتوسیانین در جمعیت یام در بیشترین ارتفاع از سطح دریا مشاهده گردید. میزان کلروفیل کل در جمعیت یام در مقایسه با جمعیت ارلان ۴۴ درصد بیشتر بود. به طور کلی جمعیت ارلان و یام به ترتیب به دلیل داشتن بیشترین میزان اسانس و آنتوسیانین به عنوان جمعیت‌های برتر معرفی می‌گردد که می‌توان با استفاده از این جمعیت‌ها ارقامی با خصوصیات زراعی مطلوب تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، درصد اسانس، رنگدانه‌های فتوسنتزی، عوامل اکولوژیکی، گیاهان دارویی

مقدمه

امروزه گیاهان دارویی اسانس‌دار، به دلیل نقش آنها در درمان بیماری‌ها به‌طور ویژه‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. اسانس‌های تولید شده توسط گیاهان دارویی و معطر به عنوان طعم‌دهنده‌ها در صنایع نوشیدنی و غذایی، داروسازی، عطر سازی و لوازم آرایشی و بهداشتی و مورد استفاده قرار می‌گیرند (Conforti *et al.*, 2009). رشد و عملکرد گیاهان دارویی در اکوسیستم‌ها، تحت تاثیر عوامل درونی (ژنتیکی) و عوامل بیرونی (محیطی) قرار می‌گیرد (Carrubba and Catalano, 2009). تأثیر عوامل محیطی بر تولید مواد مؤثره دارویی، مسئله بسیار پیچیده‌ای است و این عوامل از جمله نور، آب و هوا، خشکی محیط، ارتفاع از سطح دریا و عوامل خاکی می‌تواند بر کیفیت ماده مؤثره مانند آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها، اجزای اسانس و بیوماس تولیدی گیاه تأثیر گذار باشد (Omidbaigi, 2013; Mehalaine and Chenchouni, 2021).

در این راستا محققین اشاره کردند در بین ژنوتیپ‌های مختلف از سه گونه نعنا از نظر درصد و عملکرد اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت و ژنوتیپ‌های اصفهان و همدان به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد اسانس را تولید کردند (Rai-Dehagi *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر محققین گزارش کردند بین شش جمعیت جمع‌آوری شده بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) از استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و رقم اصلاح شده SZK-1 گیاه بادرشبو از لحاظ صفات کمی و کیفی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (Yousefzadeh and Sefidkon, 2016). مطالعات نشان دادند که ارتباط و همبستگی بالایی بین رویشگاه و ترکیبات شیمیایی گیاهان دارویی وجود دارد و اقلیم، خاک، شرایط محیطی بر خصوصیات مورفولوژیکی، محتوای اسانس، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی مؤثر است (Tohidi *et al.*, 2020; Zouaoui *et al.*, 2020).

نتایج تحقیقات در گیاه پولک نشان داد درصد اسانس از ۰/۱۱ تا ۰/۲ درصد در رویشگاه‌های مختلف استان همدان متفاوت بود (Salehi and Kalvandi, 2020). در پژوهشی دیگر تغییرات میزان اسانس در بین دو جمعیت بدست آمده از مناطق دماوند-فیروزکوه و زنجان-تبریز بین ۰/۱۱ تا ۰/۱۴ درصد گزارش شد (Nabizadeh *et al.*, 2010). محققین دیگر در

استان مازندران تغییرات میزان اسانس را در گیاه پولک بین ۱/۳ تا ۲/۹ گزارش کردند (Alibakhshi *et al.*, 2014). رنگدانه‌های فتوسنتزی نیز در پاسخ به شرایط محیطی تغییر می‌کنند (Tohidi *et al.*, 2020). در این رابطه مقایسهٔ محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ‌های گیاه فراسیون (*Marrubium vulgare*) نشان داد که گیاهان جمع‌آوری شده از بیشترین ارتفاع از سطح دریا در مقایسه با کمترین ارتفاع مقادیر کلروفیل b و کاروتنوئید بیشتری داشتند (Habibi, 2020). در پژوهشی دیگر در گیاه گزنه (*Urtica dioica* L.) با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان کلروفیل افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل (۵۰/۳ درصد) در ارتفاع ۲۲۵۰ متری بدست آمد در حالی‌که مقدار این صفت در ارتفاع ۷۵۰ متری ۲۷/۳ درصد بود (Najjarfiroozjaee *et al.*, 2014).

نتایج پژوهشی در شش جمعیت از گیاه بادرشبو نشان داد که با افزایش از سطح دریا بیشترین میزان کلروفیل در جمعیت سلماس واقع در استان آذربایجان غربی بدست آمد. همچنین این محققین میزان نیتروژن و ماده آلی خاک را نیز از عوامل تأثیر گذار در افزایش میزان کلروفیل عنوان کردند (Yousefzadeh and Sefidkon, 2016). آنتوسیانین‌ها، مسئول ایجاد رنگ‌های قرمز، بنفش و آبی در بسیاری از گل‌ها، میوه‌ها و سبزیجات هستند. تحقیقات نشان داده است که غلظت رنگیزه‌های آنتوسیانین به عوامل متعددی از جمله شدت نور، ارتفاع و دما بستگی دارد (Nikkhah *et al.*, 2012). افزایش شدت نور و تابش اشعه ماوراء بنفش بواسطه افزایش ارتفاع از سطح دریا از مهمترین عواملی هستند که می‌توانند بیوسنتز آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدهای برگ گیاه را تحریک کنند (Li *et al.*, 2020). در این رابطه مطالعات نشان داد که در گیاه آقطی (*Sambucus ebulus* L.) با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان آنتوسیانین به طور معنی‌داری افزایش یافت (Jamshidi *et al.*, 2010). جنس *Stachys* متعلق به خانواده نعناعیان با ۲۷۰ گونه به صورت گسترده‌ای در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری در سراسر جهان پراکنده شده و اثرات درمانی متعددی دارد. ۳۴ گونه از این جنس در ایران یافت می‌شود که ۱۳ گونه آن انحصاری ایران است و به طور پراکنده در نقاط مختلف کشور می‌روید (Mozaffarian, 1996; Jamzad, 2012; Ghahreman, 1995).

در طب سنتی *Stachys inflate* Benth به پولک یا گل ارغوانی مشهور بوده و در استان آذربایجان شرقی از سرشاخه‌های این گیاه به عنوان داروی ضد عفونت‌های ریوی، آسم و بیماری‌های التهابی استفاده می‌شود (Mozaffarian, 1996). همچنین اسانس این گیاه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد سرفه، ضد اضطراب و ضد سرطان می‌باشد (Goren *et al.*, 2011). با توجه به اهمیت و جایگاه این گیاه ارزشمند در طب سنتی در استان آذربایجان شرقی و همچنین عدم وجود تحقیقی جامع در ارتباط با تأثیر عوامل محیطی همچون ارتفاع و شرایط خاک بر ویژگی‌های کمی و کیفی این گیاه ضرورت این امر احساس می‌گردد. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی خصوصیات کمی و کیفی گیاه پولک تحت تأثیر ارتفاع و شرایط خاک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی پنج جمعیت پولک در پنج رویشگاه، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۴۰۰ در سه تکرار با فواصل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر انجام گردید. در هر رویشگاه نمونه‌های گیاهی در یک کوادرات ۱×۱ متر مربع از سطح خاک کف بر شد. در هر منطقه ۳ نمونه‌برداری انجام شد. هر جمعیت پولک متعلق به یک رویشگاه و این رویشگاها شامل یام، بناب، ارلان، زنوزق و گلجار واقع در استان آذربایجان شرقی بودند. در هر رویشگاه در مرحله گل‌دهی نمونه‌برداری در تاریخ ۱۰ خرداد انجام شد. جمعیت‌های جمع‌آوری شده در موسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی توسط گیاه شناس بخش جناب آقای مهندس ناصر کاسبی با کدهای هرباریومی ۸۸۹۵، ۸۸۹۶، ۸۸۹۷، ۸۸۹۸ و ۸۸۹۹ به ترتیب برای جمعیت‌های یام، بناب، ارلان، زنوزق و گلجار شناسایی گردید. در این مطالعه صفاتی نظیر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد گل در بوته، طول گل‌آذین، طول و عرض برگ، طول و عرض گلچه، عملکرد ماده خشک، درصد اسانس، عملکرد اسانس، میزان کلروفیل (a، b و کل)، میزان کارتنوئید و آنتوسیانین برگ و گل مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت بررسی رابطه خصوصیات خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جمعیت‌های پولک

Table 1- Geographical coordinates, altitude and some soil physico- chemical properties in *Stachys inflate* Benth populations

جمعیت Population	طول جغرافیایی Latitude	عرض جغرافیای Longitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
یام Yam	38°21'34"	45°48'51"	1901	0.76	7.71	0.04	0.28	3.5	120	52	34	14
بناب Bonab	38°26'51"	45°57'31"	1577	0.9	7.57	0.57	0.05	5.8	163	74	16	10
ارلان Aralan	38°23'13"	45°33'22"	1289	0.61	7.52	0.4	0.05	2.4	260	25	31	44
زنوزق Zonozag	38°35'51"	45°51'12"	1801	0.5	7.61	0.91	0.11	4.4	241	42	36	22
گلجار Galajar	38°21'42"	45°42'51"	1770	0.75	7.41	0.11	1.02	4.5	411	20	44	36

مختصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مناطق مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه پس از اینکه گیاهان از سطح خاک کف‌بر شدند در داخل پلاستیک‌هایی قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین عملکرد ماده‌ی تر، نمونه‌ها در سایه و هوای آزاد خشک شده و وزن خشک گیاه نیز مورد محاسبه قرار گرفت. به منظور تعیین مقدار اسانس از سرشاخه‌های جوان، از هر رویشگاه آزمایشی سه نمونه ۵۰ گرمی تهیه و با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت اسانس‌گیری به عمل آمد (Bahadori *et al.*, 2017). عملکرد اسانس نیز بر اساس حاصل‌ضرب درصد اسانس در میزان ماده خشک تقسیم بر ۱۰۰ محاسبه گردید (Basiri and Nadjafi, 2019).

۱) $\frac{\text{عملکرد ماده خشک (گرم بر متر مربع)}}{۱۰۰}$ = عملکرد ماده خشک (گرم بر متر مربع) × درصد اسانس

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل‌های a، b، کل و کارتنوئید ۰/۲ گرم نمونه‌ی برگی در استون ۸۰٪ عصاره‌گیری شد. سپس عصاره‌ی حاصل از کاغذ صافی عبور داده و تا رسیدن به حجم ۲۵ میلی‌لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه گشت. جذب نوری کلروفیل a، b و کارتنوئید به ترتیب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر انجام گرفت (Arnon, 1949). برای اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها با استفاده از روش کرازیک و همکاران (Krizek *et al.*, 1993)، مقدار ۰/۲ گرم از برگ را برداشته و در سه میلی‌لیتر متانول اسیدی که شامل متانول و کلریدریک اسید به نسبت ۹۹ به یک است به طور کامل ساییده شد، سپس عصاره‌ی حاصل سانتریفیوژ شده و محلول روئی به مدت یک شب در تاریکی قرار گرفت. میزان جذب در ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه‌ی غلظت، از ضریب خاموشی (ε=۳۳۰۰۰ mol-2 cm-1) استفاده گردید. برای تعیین سهم نسبی هر یک از صفات مورد مطالعه، در جمعیت‌های مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار STATGRAPHICS تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه آماری SAS نسخه ۹,۴ استفاده گردید. قبل از تجزیه و تحلیل دادها، تست نرمال بودن آن‌ها انجام شد و پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال، نسبت به تجزیه و تحلیل آن‌ها اقدام گردید برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد، استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر جمعیت بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد گل در بوته، عرض برگ، طول و عرض گلچه و عملکرد ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در حالی‌که تأثیر جمعیت بر طول گل‌آذین و طول برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین (۴۰/۳۳ سانتی‌متر) و کمترین (۳۰/۳۳ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به ترتیب از گیاهان جمع‌آوری شده از جمعیت یام و ارلان بدست آمد. ارتفاع گیاهان در جمعیت یام در مقایسه با جمعیت ارلان در حدود ۲۵ درصد بیشتر بود (جدول ۴). تحقیقات پیشین در گیاه پولک و چای کوهی (*Stachys lavandulifolia Vahl.*) نشان داد که در رویشگاهای مختلف ارتفاع گیاهان به طور معنی‌داری با هم تفاوت داشتند. این محققین شرایط محیطی و سازگاری این ارقام به شرایط منطقه را دلیل اختلافات مورفولوژیکی ذکر کردند (Salehi and Kalvandi, 2020; Keshavarzi *et al.*, 2016). میزان کربن آلی و نیتروژن کل در منطقه گلجار در مقایسه با منطقه یام بیشتر بود و احتمالاً این باعث افزایش ارتفاع گیاهان در منطقه گلجار شده است. نیتروژن یکی از عوامل مهم مؤثر در رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاهان می‌باشد. در مورد تأثیر مثبت نیتروژن و کربن آلی بر افزایش ارتفاع بادرشبو نتایج مشابهی گزارش شده است (Yousefzadeh and Sefidkon, 2016).

بیشرین قطر ساقه (۲/۱۶ میلی‌متر) در منطقه زنوزق مشاهده گردید این در حالی بود که گیاهان جمع‌آوری شده از جمعیت ارلان (۰/۹ میلی‌متر) کمترین قطر ساقه را تولید کردند. مشابه با ارتفاع گیاه بیشرین تعداد گل در بوته در منطقه یام بدست آمد ولی تفاوت معنی‌داری با جمعیت‌های زنوزق و گلجار نداشت (جدول ۳). در جمعیت ارلان کمترین تعداد گل در گیاهان مشاهده شد. در ارتفاع‌های بالاتر از سطح دریا تعداد گل در گیاهان افزایش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی پولک در جمعیت‌های مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance of morphological traits of *Stachys inflate* Benth in studied populations.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد گل در بوته Number of flower per plant	طول گل آذین Inflorescence length	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	طول گلچه Floret length	عرض گلچه Floret width	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
جمعیت Population	4	51.10**	0.84**	2.43**	11.50*	0.29*	0.20**	0.16**	0.006**	7316.50**
خطا Error	10	2.93	0.01	0.40	2.33	0.06	0.01	0.01	0.0007	914.53
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.07	6.80	13.95	14.78	11.53	19.17	9.69	5.86	7.88

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

*, **: significance at the P-value of 0.05 and 0.01, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کیفی پولک در جمعیت‌های مورد مطالعه

Table 3- Analysis of variance of qualitative traits of *Stachys inflate* Benth in studied populations.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		درصد اسانس Percentage of essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield	کلروفیلa Chlorophyll *a*	کلروفیلb Chlorophyll *b*	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid	آنتوسانین گل Flower anthocyanins	آنتوسانین برگ Leaf anthocyanins
جمعیت Population	4	0.001*	0.47*	0.18**	0.04**	0.40**	0.005*	0.04**	3.63**
خطا Error	10	0.0003	0.12	0.0006	0.0002	0.001	0.001	0.0008	00.7
ضریب تغییرات C.V (%)	-	13.14	15.61	2.57	3.30	2.37	10.83	8.03	2.40

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

*, **: significance at the P-value of 0.05 and 0.01, respectively.

در جمعیت گلجار (۱۳/۳۳ سانتی‌متر) طول گل‌آذین در گیاهان به طور معنی‌داری در مقایسه با جمعیت‌های زنوزق، ارلان و یام بیشتر بود (جدول ۴). بین جمعیت بناب و گلجار از نظر طول گل‌آذین اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین طول گل‌آذین در جمعیت ارلان (۸/۳۳ سانتی‌متر) بدست آمد (جدول ۴). طول برگ در جمعیت گلجار در مقایسه با جمعیت ارلان ۲۸ درصد بیشتر بود (جدول ۴). این در حالی بود که عرض برگ در جمعیت زنوزق در مقایسه با جمعیت ارلان ۶۰ درصد بیشتر بود (جدول ۴). جمعیت‌های یام و بناب به طور معنی‌داری طول گلچه بیشتری در مقایسه با سایر جمعیت‌ها تولید کردند (جدول ۴). جمعیت ارلان و گلجار به طور مشابه کمترین طول گلچه را به خود اختصاص دادند. گیاهان جمع‌آوری شده از منطقه ارلان کمترین عرض گلچه را داشتند و بقیه جمعیت‌ها به طور معنی‌داری عرض گلچه بیشتری در مقایسه با ارلان تولید کردند (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین صفات مورفولوژیکی پولک در جمعیت‌های مورد مطالعه

Table 4- Mean comparison of morphological traits of *Stachys inflate* Benth in studied populations

جمعیت Population	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعدادگل در بوته Number of flower per plant	طول گل‌آذین Inflorescence length (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)	طول گلچه Floret length (cm)	عرض گلچه Floret width (cm)	وزن خشک کل Total dry matter (gr m-1)
یام Yam	40.33^{a}	1.40^{c}	5.66^{a}	9.00^{b}	1.81^{b}	0.50^{b}	1.40^{a}	0.49^{a}	380.67^{b}
بناب Bonab	30.67^{c}	1.85^{b}	4.00^{bc}	11.00^{ab}	2.28^{a}	0.90^{a}	1.49^{a}	0.50^{a}	416.67^{ab}
ارلان Aralan	30.33^{c}	0.90^{d}	3.33^{c}	8.33^{b}	1.80^{b}	0.40^{b}	1.00^{b}	0.40^{b}	371.66^{b}
زنوزق Zonozag	35.33^{b}	2.16^{a}	5.00^{ab}	10.00^{b}	2.30^{a}	1.00^{a}	1.07^{b}	0.50^{a}	438.33^{a}
گلجار Galajar	32.66^{bc}	1.06^{d}	4.66^{ab}	13.33^{a}	2.50^{a}	0.56^{b}	1.00^{b}	0.50^{a}	309.33^{c}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level by LSD test.

جمعیت زنوزق (۴۳۸/۳۳ گرم در متر مربع) در مقایسه با جمعیت گلجار (۳۰۹/۳۳ گرم در متر مربع) تقریبا ۳۰ درصد وزن خشک کل بیشتری داشت. نتایج مطالعات بر روی هفت جمعیت گیاه پولک در استان همدان نشان داد که صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، طول و عرض براکته و گلچه، طول گل‌آذین، وزن تر و خشک شاخه گلدار، وزن تر و خشک برگ و گل بین جمعیت‌های مختلف در رویشگاه‌ها متفاوت بود (Salehi and Kalvandi, 2020).

در مطالعه‌ای دیگر در شش جمعیت از گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia* Vahl) نیز اختلاف معنی‌داری بین صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک بوته مشاهده گردید (Keshavarzi *et al.*, 2016). به نظر می‌رسد خاستگاه ژنتیکی و عوامل اکولوژیکی باعث ایجاد این تفاوت‌ها در صفات مورد بررسی شده است. گیاهان تحت تأثیر شرایط مختلف آب و هوایی و خاکی محل رویش یکسری تغییرات مورفولوژیک برای سازگاری با آن شرایط در خود ایجاد می‌کنند که از جمله این تغییرات می‌توان به تغییر طول و عرض اندام‌های مختلف گیاه، میزان کرک، شکل و رنگ اندام‌های مختلف گیاه، ضخامت ساقه‌ها و برگ‌ها اشاره کرد که ارزیابی این تغییرات و ارتباط آنها با میزان ماده مؤثره گیاه می‌تواند در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر کمک شایانی نماید (Khorshidi *et al.*, 2020). در پژوهشی بر روی هشت جمعیت از گیاه آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak) تفاوت معنی‌داری بین صفات مورفولوژیک مشاهده کردند و این تنوع بسیار بالا بین جمعیت‌ها را ناشی از شرایط رویشگاه یا ژنتیک جمعیت‌ها عنوان کردند (Khorshidi *et al.*, 2020). به نظر می‌رسد وزن خشک کل بالا در جمعیت زنوزق به دلیل بیشتر بودن قطر ساقه، عرض برگ و تعداد گل در بوته بوده است. میزان نیتروژن خاک و کربن آلی خاک نیز در منطقه زنوزق بالا بوده که بر افزایش وزن خشک کل تأثیر داشته است.

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین صفات کیفی پولک در جمعیت‌های مورد مطالعه

Table 5- Mean comparison of qualitative traits of *Stachys inflate* Benth in studied populations

جمعیت Population	درصد اسانس Percentage of essential oil (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield (g m^{-2})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	کارتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} FW)	آنتوسیانین گل Flower anthocyanins (mmol g^{-1} FW)	آنتوسیانین برگ Leaf anthocyanins (mmol g^{-1} FW)
یام Yam	0.141^{bc}	2.14^{abc}	1.26^{a}	0.57^{a}	1.84^{a}	0.34^{ab}	0.56^{a}	5.28^{a}
بناب Bonab	0.153^{ab}	2.56^{ab}	0.73^{d}	0.34^{c}	1.08^{d}	0.35^{abc}	0.23^{c}	3.17^{c}
ارلان Aralan	0.186^{a}	2.77^{a}	0.700^{d}	0.33^{c}	1.03^{d}	0.27^{c}	0.32^{b}	2.25^{d}
زنوزق Zonozag	0.116^{c}	2.04^{bc}	1.00^{c}	0.44^{b}	1.45^{c}	0.40^{a}	0.34^{b}	3.50^{b}
گلجار Galajar	0.143^{bc}	1.78^{c}	1.15^{b}	0.57^{a}	1.72^{b}	0.32^{c}	0.32^{b}	3.63^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level by LSD test.

درصد و عملکرد اسانس

نتایج جدول ۳ نشان داد که درصد اسانس، عملکرد اسانس و میزان کارتنوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. درصد اسانس در گیاهان برداشت شده از منطقه ارلان (۰/۱۸۶ درصد) به طور معنی‌داری از سایر جمعیت‌ها (به جز بناب) بیشتر بود. درصد اسانس جمعیت ارلان در مقایسه با جمعیت زنوزق (۰/۱۱۶ درصد) ۳۷ درصد بیشتر شد (جدول ۵). مشابه با درصد اسانس بیشرین عملکرد اسانس (۲/۷۷ گرم در متر مربع) در جمعیت ارلان مشاهده گردید. درصد اسانس بین ۰/۱۱۶ و ۰/۱۸۶ درصد بدست آمد. سایر محققین نیز درصد اسانس را بین ۰/۱۱ و ۰/۲ درصد در رویشگاه‌های استان همدان تعیین کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (Salehi and Kalvandi, 2020).

جمعیت گلجار (۱/۷۸ گرم در متر مربع) کمترین عملکرد اسانس را تولید کرد. بین جمعیت‌های یام، بناب و ارلان از لحاظ عملکرد اسانس تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۵). با توجه به نتایج جدول ۱ می‌توان دریافت ارتفاع از سطح دریا تأثیر مهمی بر درصد اسانس داشت. جمعیت ارلان که در کمترین ارتفاع از سطح دریا قرار داشت بیشرین درصد اسانس را تولید کرد. در حالی‌که بیشترین ارتفاع از سطح دریا میزان اسانس را به طور معنی‌داری کاهش داد. در این راستا تحقیقات نشان دادند که در گیاه پولک جمع‌آوری شده از هفت رویشگاه در استان همدان بیشترین درصد اسانس از رویشگاهی بدست آمد که کمترین ارتفاع از سطح دریا را داشت (Salehi and Kalvandi, 2020).

محققین دیگر در مطالعه‌ای بر روی گیاه *Stachys obtusicrena* علت بالا بودن اسانس را در ارتفاعات پایین بیشتر بودن عمق و رطوبت خاک و عناصر غذایی در آن مناطق بیان کردند (Alimohammadi *et al.*, 2017). در پژوهش دیگر در سه رویشگاه واقع در استان مازندران با ارتفاع‌های مختلف (۹۱۵، ۹۱۹ و ۱۲۷۳) بیشترین درصد اسانس در رویشگاهی که کمترین ارتفاع را داشت بدست آمد (Alibakhsi *et al.*, 2014). این محققین میزان بارندگی و نوع خاک و ارتفاع از سطح دریا را عامل تغییر در میزان اسانس عنوان کردند. با توجه به نتایج جدول خاک می‌توان دریافت که درصد رس (۴۴ درصد) در منطقه ارلان در مقایسه با تمامی مناطق بیشتر بوده است. احتمالاً به دلیل ذخیره رطوبت در خاک و قرار گرفتن تدریجی رطوبت و استفاده مطلوب گیاه درصد و عملکرد اسانس در منطقه ارلان بهبود یافته است. در این راستا سایر محققین نشان دادند میزان بارندگی بیشتر و بافت لومی خاک در منطقه سلماس در مقایسه با ۵ منطقه دیگر در استان آذربایجان شرقی باعث دسترسی بیشتر ریشه گیاهان به رطوبت شده و با افزایش فتوسنتز و رشد گیاه درصد اسانس افزایش پیدا کرده است (Yousefzadeh, 2017). به نظر می‌رسد خصوصیت خاک در

منطقه ارلان به دلیل رطوبت مناسب (نه الزاماً زیاد) درصد و عملکرد گیاه را بهبود داده است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج جدول ۳ نشان داد که میزان کلروفیل (a، b و کل)، آنتوسیانین گل و برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل (a، b و کل) به ترتیب در جمعیت‌های یام و ارلان بدست آمد (جدول ۵). با روندی مشابه کمترین میزان کارتنوئید در جمعیت ارلان (۰/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مشاهده شد (جدول ۵). این درحالی بود که جمعیت‌های زنوزق، بناب و یام بیشترین کارتنوئید به خود اختصاص دادند. اما تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های ذکر شده مشاهده نشد. در منطقه یام بیشترین میزان آنتوسیانین در گل و برگ گیاهان (۰/۵۶ و ۵/۲۸ میلی‌مول بر گرم وزن تر گل و برگ) مشاهده گردید (جدول ۵). کمترین میزان آنتوسیانین در گل و برگ (۰/۲۳ و ۲/۲۵ میلی‌مول بر گرم وزن تر گل و برگ) به ترتیب در جمعیت‌های بناب و ارلان بدست آمدند. نتایج نشان داد میزان آنتوسیانین در برگ به طور قابل توجهی در مقایسه با آنتوسانین گل نزدیک به ده برابر بیشتر بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین ارتفاع از سطح دریا (۱۹۰۱ و ۱۲۸۹ متر) بیشترین و کمترین میزان کلروفیل (a، b و کل) را به ترتیب در جمعیت‌های یام و ارلان تولید کردند. بیشترین ارتفاع از سطح دریا باعث تجمع آنتوسیانین در گیاهان برداشت شده در جمعیت یام شده است. در تحقیقی دیگر در پنج جمعیت پونه *Mentha longifolia* (L.) Hods. subsp. *longifolia* در رویشگاه‌هایی مختلفی در منطقه مرند واقع در استان آذربایجان شرقی بیشترین تجمع کلروفیل، کارتنوئید، فلاونوئید و آنتوسیانین در برگ گیاهان در جمعیت بنگین با بیشترین ارتفاع از سطح دریا (۱۳۰۰ متر) مشاهده گردید (Norozi *et al.*,2017).

یکی از سازوکارهای مهم حفاظت نوری در گیاهان، فعال شدن سیستم جاروکنندهٔ مولکول‌های ROS (گونه‌های فعال اکسیژن) و تجمع جاذب‌های نوری ازجمله فلاونوئیدها وآنتوسیانین‌ها در اپیدرم برگ‌هاست (Takahashi *et al.*, 2016; Telfer, 2014). همچنین ترکیبات فیلترکننده و جاذب پرتوی فرابنفش در شرایط نور شدید و فرابنفش افزایش می‌یابند و همراه با افزایش انباشت کاروتنوئیدها، مانع آسیب به فتوسیستم II می‌شوند (Magaña *et al.*, 2019). مقایسهٔ محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ‌های گیاه فراسیون (*Marrubium vulgare*) نشان داد گیاهان جمع‌آوری شده از بیشترین ارتفاع از سطح دریا در مقایسه با کمترین ارتفاع مقادیر کلروفیل b و کاروتنوئید بیشتری داشتند (Habibi, 2020). در پژوهشی دیگر در گیاه گزنه (*Urtica dioica* L.) با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان کلروفیل افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل (۵۰/۳ درصد) در ارتفاع ۲۲۵۰ متری بدست آمد در حالی‌که مقدار این صفت در ارتفاع ۷۵۰ متری ۲۷/۳ درصد بود (Najjarfiroozjaee *et al.*, 2014). نتایج تحقیقات نشان داد که میزان فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل در بخش هوایی گلدار و ریشه تفاوت معنی‌داری داشت و مقادیر مربوط به بخش هوایی و گلدار گیاه بیشتر از ریشه بوده است. به طوری‌که میزان فنل کل در بخش هوایی ۱/۵ برابر ریشه و میزان فلاونوئید کل آن تقریباً ۱/۷ برابر ریشه و میزان آنتوسیانین کل آن تقریباً سه برابر ریشه بود (Mazandarani and Mohammadi, 2015). در تحقیقی دیگر همبستگی معنی‌داری بین ارتفاع و فنول کل در گونه‌های دارویی درمنه وحشی و کوهی مشاهده گردید (Ariyanfar *et al.*, 2018). درصد رس در منطقه یام از تمامی مناطق کمتر بود، احتمالا بدلیل کمبود ذخیره آب در خاک گیاهان دچار یک تنش کم‌آبی شده‌اند که این عامل میزان آنتوسیانین گیاه را افزایش داده است. محققین گزارش کردند در شرایط تنش خشکی میزان آنتوسیانین در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) افزایش یافت (Baghbani *et al.*, 2017).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

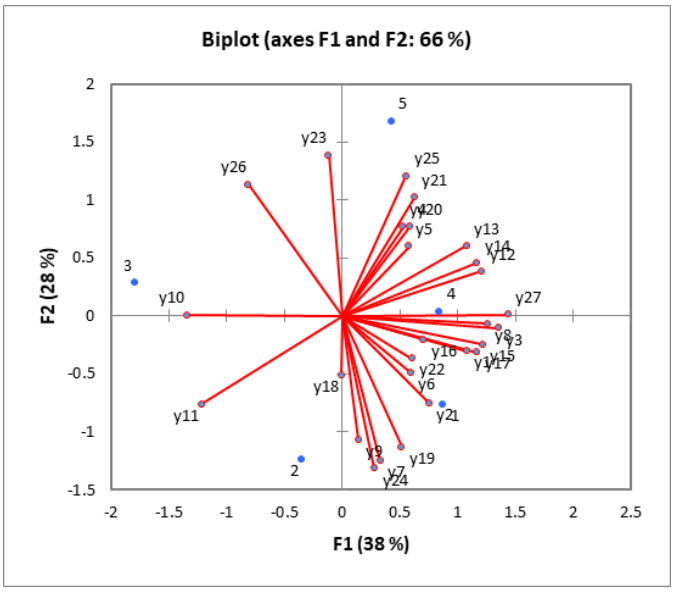
برای تعیین سهم نسبی هر یک از صفات مورد مطالعه در تنوع بین جمعیت‌ها و بررسی اثر عوامل محیطی بر این صفات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شامل مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی برای هریک از دو مؤلفه اصلی اول و دوم در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول۶- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جمعیت‌های پولک

Table 7- Results of principal component analysis (PCA) in *Stachys inflate* Benth populations

متغییر Variable	مؤلفه اول PC1	مؤلفه دوم PC2
ارتفاع بوته Plant height	0.234	-0.077
قطر ساقه Stem diameter	0.164	-0.190
تعداد گل در بوته Number of flower per plant	0.293	-0.027
طول گل آذرین Inflorescence length	0.114	0.193
طول برگ Leaf length	0.125	0.150
عرض برگ Leaf width	0.130	-0.125
طول گلچه Floret length	0.072	-0.315
عرض گلچه Floret width	0.273	-0.017
عملکرد ماده خشک Total dry matter	0.031	-0.271
درصد اسانس Percentage of essential oil	-0.291	0.002
عملکرد اسانس Essential oil yield	-0.264	-0.192
کلروفیلa Chlorophyll *a*	0.261	0.096
کلروفیلb Chlorophyll b	0.233	0.152
کلروفیل کل Total chlorophyll	0.253	0.114
کارتنوئید Carotenoid	0.263	-0.062
آنتوسیانین گل Flower anthocyanins	0.152	-0.052
آنتوسیانین برگ Leaf anthocyanins	0.252	-0.080
طول جغرافیایی Altitude	0.310	0.002
هدایت الکتریکی Electrical conductivity	-0.002	-0.128
اسیدیته pH	0.112	-0.284
کربن آلی Organic carbon	0.126	0.193
نیتروژن کل Total nitrogen	0.135	0.275
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	0.130	-0.093
پتاسیم قابل دسترس Available potassium	-0.025	0.348
شن Sand	0.060	-0.332
سیلت Silt	0.120	0.303
رس Clay	-0.175	0.285
مقادیر ویژه Eigenvalue	10.25	7.57
درصد واریانس Variability (%)	38	28
درصد واریانس تجمعی Cumulative (%)	38	66

درصد واریانس مؤلفه‌های ۱ و ۲ به ترتیب ۳۸ و ۲۸ درصد و در مجموع ۶۶ ٪ از کل واریانس متغیرها را بیان کرد. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد گل در بوته، عرض گلچه، میزان کلروفیل (a، b و کل)، میزان کاروتنوئید، آنتوسیانین برگ و ارتفاع از سطح دریا بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشته‌اند. همچنین در مؤلفه دوم صفاتی میزان نیتروژن و پتاسیم خاک و مقدار سیلت و رس خاک، بیشترین سهم را در تبیین تغییرات داشته‌اند (جدول ۶). بردار متغیرها و پراکنش جمعیت‌ها در شکل ۱ آورده شده است. ارتفاع از سطح دریا بیشترین نقش را در پراکنش جمعیت‌ها داشت. تعداد گل در هر بوته، میزان کلروفیل a و کارتنوئیدها در رتبه بعدی قرار داشتند. در مؤلفه دوم میزان پتاسیم، درصد سیلت و میزان نیتروژن کل نقش بیشتری در پراکنش جمعیت‌های مورد مطالعه داشتند (شکل ۱).



شکل ۱- نمودار تنوع بین جمعیت‌ها با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

۱: جمعیت یام ۲: جمعیت بناب ۳: جمعیت ارلان ۴: جمعیت زنوزق ۵: جمعیت گلجار

y1: ارتفاع بوته، y2: قطر ساقه، y3: تعداد گل دربوته، y4 : طول گل آذین، y5 : طول برگ، y6 : عرض برگ، y7 : طول گلچه، y8 : عرض گلچه، y9 : وزن خشک کل،y10 : درصد اسانس، y11 : عملکرد اسانس، y12 : کلروفیل a، y13 : کلروفیل b، y14 : کلروفیل کل، y15 : کارتنوئید، y16 : آنتوسیانین گل، y17 : آنتوسیانین برگ،y18 : طول جغرافیایی، y19 : هدایت الکتریکی، y20 : اسیدیته، y21 : کربن آلی، y22 : نیتروژن کل، y23 : فسفر قابل دسترس، y24 : پتاسیم قابل دسترس، y25 : شن، y26 : سیلت، y27 : رس

Figure1- Diagram of diversity between populations using principal component analysis
1: Yam population, 2: Bonab population, 3: Aralan population, 4: Zonozag population, 5: Galajar population
y1: Plant height, Y2: Stem diameter, y3: Number of flower per plant, y4: Inflorescence length, y5: Leaf length, y6: Leaf width, y7: Floret length, y8: Floret width, y9: Total dry matter, y10: Percentage of essential oil, y11: Essential oil yield, y12: Chlorophyll *a*, y13: Chlorophyll b, y14: Total chlorophyll, y15: Carotenoid, y16: Flower anthocyanins, y17: Leaf anthocyanins, y18: Altitude, y19: Electrical conductivity, y20: pH, y21: Organic carbon, y22: Total nitrogen, y23: Available phosphorus, y24: Available potassium, y25: Sand, y26: Silt, y27: Clay

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورفولوژیکی، میزان اسانس و رنگیزه‌های فتوسنتزی تنوع بالایی وجود داشت. تغییرات ارتفاع از سطح دریا از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار در میزان اسانس و رنگدانه‌های فتوسنتزی بود. بیشترین درصد و عملکرد اسانس از جمعیت ارلان که در کمترین ارتفاع از سطح دریا واقع شده بود بدست آمد. بیشترین میزان کلروفیل و آنتوسیانین در جمعیت یام با بیشترین ارتفاع از سطح دریا مشاهده گردید. نیتروژن و کربن آلی خاک تأثیر مثبتی بر ارتفاع گیاه داشت و میزان رس و شن در خاک توانست بر درصد اسانس و میزان آنتوسیانین تاثیر گذار باشد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت علاوه بر عوامل ژنتیکی، عوامل اکولوژیکی به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا در مقایسه با ویژگی‌های خاک تأثیر بیشتری بر خصوصیات کیفی

گیاه داشت. از این رو جمعیت ارلان به دلیل درصد و عملکرد اسانس بیشتر و جمعیت یام به دلیل داشتن آنتوسیانین بیشتر (خاصیت آنتی‌اکسیدانی) به عنوان جمعیت‌های برتر معرفی می‌گردند که می‌توان با استفاده از این جمعیت‌ها انواع روش‌های اصلاحی را بر آن‌ها اعمال کرد و به تولید ارقام با خصوصیات زراعی مطلوب دست یافت.

References

Alibakhshi, M., Mahdavi, S. Kh., Mahmoodi, J. and Gelichnia, H. 2014. Essential oil composition of *Stachys inflata* L. in different habitats of Mazandaran province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 6(2): 56-68. (In Persian)

Alimohammadi, M., Yadegari, M. and Shirmardi, H.A. 2017. Effect of elevation and phonological stages on essential oil composition of Stachys. *Turkish Journal of Biochemistry*, 42(6): 647-656.

Arianfar, M., Akbarinodehi, D., Hemati, K. and Rostampoor, M. 2018. Effects of altitude and aspect on efficiency of producing essence and phytochemical properties of Artemisia aucheri Boiss and Artemisia sieberi Besser in South Khorasan rangelands. *Journal of Rangeland*, 3(12): 281-294. (In Persian).

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1): 1-150.

Baghbani Arani, A., Modaress Sanavi, S.A.M., Mashadi Akbar Bojar, M. and Mokhtassi, A. 2017. Effect of deficit water stress in response to the zeolite, vermicompost and nitrogen fertilizer on number of physiological and biochemical traits of fenugreek. *Plant Production Research*, 24 (3): 71-87. (In Persian).

Bahadori, M.B., Zengin, G., Bahadori, S., Maggi, F. and Dinparast, L. 2017. Chemical composition of essential oil, antioxidant, antidiabetic, anti-obesity, and neuroprotective properties of *Prangos gaubae*. *Natural Production Communication*, 12(12): 1945-1948.

Basiri, M.H. and Nadjafi, F. 2019. Effect of plant density on growth, yield and essential oil characteristics of Iranian Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) landraces. *Science Horticulture*, 257:108655

Carrubba, A. and Catalano, C. 2009. Essential oil crops for sustainable agriculture, A Review. Springer Science+Business Media B.V., pp: 137-187.

Conforti, F., Menichini, F., Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Arnold, N.A. and Piozzi, F. 2009. Comparative chemical composition, free radical-scavenging and cytotoxic properties of essential oils of six *Stachys* species from different regions of the Mediterranean Area. *Food Chemistry*, 116: 898–905.

Ghahreman, A. 1995. Flora of Iran. Tehran: Research Institute of Forest and Rangelands and Tehran University Press. (In Persian).

Goren, A.C., Piozzi, F., Akcicek, E., Kili, T., Ariki, S., Moziolu, E. and Setzer, W.N. 2011. Essential oil composition of twenty-two *Stachys* species (*mountain tea*) and their biological activities. *Photochemistry Letters*, 4: 448-453.

Habibi, Gh. 2020. Effects of the altitudinal gradient on the daily rhythm of antioxidant capacity and dynamic photo inhibition in *Marrubium vulgare*. *Iranian Journal of Plant Biology*, 12(3): 57-72. (In Persian).

Jamshidi, M., Mazandarani, M. and Fthi azad, F. 2010. The effect of height on the secondary metabolites fruit Sambucus *Sambucus ebulus* L. National Conference of Iranian Medicinal Plants.

Jamzad, Z. 2012. Flora Iran. Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran. (In Persian).

Keshavarzi, M., Bagher Rezaei, M. and Miri S.M. 2016. Comparison of morphological and phytochemical evaluation in some population of *Stachys lavandulifolia Vahl*. in different provinces under field conditions. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 41(2): 78-87. (In Persian).

Khorshidi, J., Shokrpour, M. and Nazeri, V. 2020. Assessment of morphological diversity among different populations of *Thymus daenensis* Celak. *Journal of plant Research.* 33(3): 593-606. (In Persian).

Khorshidi, J., Shokrpour, M., & Nazeri, V. (2020). Assessment of morphological diversity among different populations of Thymus daenensis Celak. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *33*(3), 593-606.

Krizek, D.T., Kramer G.F., Upadhyaya, A. and Mirecki, R.M. 1993. UV-B Response of cucumber seedling grown under metal halid and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiology of Plant*, 88:350-358.

Li, W., Tan, L., Zou, Y., Tan, X., Huang, J., Chen, W. and Tang, Q. 2020. The Effects of Ultraviolet A/B Treatments on Anthocyanin Accumulation and Gene Expression in Dark-Purple Tea Cultivar ‘Ziyan’ (*Camellia sinensis*). *Molecules*, 15:25(2):354

Magaña, U.R., Escudero, A. and Gavilán, R.G. 2019. Metabolic and physiological responses of Mediterranean high-mountain and alpine plants to combined abiotic stresses. *Physiologia Plantarum*, 165(2): 403-412.

Manukyan, A. 2019. Secondary metabolites and their antioxidant capacity of caucasian endemic Thyme (*Thymus transcaucasicus* Ronn.) as affected by environmental stress. *Journal of Applied Research Medicinal and Aromatic Plants*, 13: 100209.

Mazandarani, M. and Mohammadi, A. 2015. Evaluation of ecological, ethnopharmacological needs, evaluation of phenol and flavonoids, antioxidants chaharbargh mountain plants (northern Iran). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 11(3): 62-73. (In Persian)

Mehalaine, S. and Chenchouni, H. 2021. Quantifying how climatic factors influence essential oil yield in wild-growing plants. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(13): 1257.

Mozaffarian, V. 1996. A Dictionary of Plant Names. Farhang Moaser, Tehran, Iran. (In Persian).

Nabizadeh, S., mazooji, A. and Jabbarimoghadam, M. 2010. Chemical composition of essential oils of two populations *Stachys inflate* Benth in two different locations. *Iranian Journal of Biology Sciences*, 5(1): 31-38. (In Persian)

Najjarfiroozjaee, M., Hemmati, K.H., Khorasaninejad, S., Daraei-Garmekhany, A. and Bagherifard, A. A. 2014. Effect of altitude on morphological and biochemical characteristics (*Urtica dioico* L.) plant in Mazandaran and Golestan provinces. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 35 (3): 1-11. (In Persian).

Nikkhah, E.K., Khayyami, M. and Heidari, R. 2012. Effect of some chemicals on stability of anthocyanins from blackberry (*Morus nigra*). *Iranian Journal of Biology*, 25(1): 32-43. (In Persian).

Noroozi, V., Yousefzadeh, S. and Sadat Asilan, K. 2017. Investigation the variation of essential oil content, chlorophyll, csrtenoid, antosyanin and flavonoid of (*Mentha longifolia* (L.) Hudsun.subsp.*longifolia*) in several habitats of Marand. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 17(5): 52-64. (In Persian).

Omidbaigi, R. 2013. Approaches of production and products of medicinal plants. Vol. 1, 7th edition, Tehran, Tarrahan-e-Nashr. (In Persian)

Rai-Dehagi, H., Razmjoo, J., Sabzaliyan, M.R. and Arzani, A. 2015. Effect of shade on morphological characteristics and essential oil content in mint. *Journal of Plant Process and Function*, 4(13): 58-69. (In Persian).

Salehi, M. and Kalvandi, R. 2020. Evaluation of morphological and phytochemical characteristics changes in different populations of *Stachys inflata* Benth in Hamedan province. *Journal of Horticultural Science*, 34(2): 247-260. (In Persian).

Takahashi, D., Kawamura, Y. and Uemura, M. 2016. Cold acclimation is accompanied by complex responses of glycosylphosphatidylinositol (GPI)-anchored proteins in Arabidopsis. *Journal of Experimental Botany*, 67: 5203-5215.

Telfer, A. 2014. Singlet oxygen production by PSII under light stress: mechanism, detection and the protective role of b-Carotene. *Plant Cell Physiology*, 55(7): 1216-1223.

Tohidi, B., Rahimmalek, M., Arzani, A. and Sabzalian, M.R. 2020. Thymol, carvacrol, and antioxidant accumulation in *Thymu*s species in response to different light spectra emitted by light-emitting diodes. *Food Chemistry*, 307: 125521.

Yousefzadeh, S. 2017. Investigating the variation of essential oil content and composition of Moldavian balm in several areas of East and west Azerbaijan provinces. *Journal of Crop production*, 10 (1): 21-37. (In Persian).

Yousefzadeh, S. and Sefidkon, F. 2016. Investigation of quantitative and qualitative traits of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in several habitats of East and West Azerbaijan provinces. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(4): 728-741. (In Persian).

Zouaoui, N., Chenchouni, H., Bouguerra, A., Massouras, T. and Barkat, M. 2020. Characterization of volatile organic compounds from six aromatic and medicinal plant species growing wild in North African drylands. *NFS Journal*, 18: 19-28.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 207-220

Investigation of quantitative and qualitative traits (*Stachys inflate* Benth) affected by altitude and soil in East Azerbaijan province

Saeed Yousefzadeh[*1]

[1]Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran

[*]Corresponding Author: S_yousefzadeh@pnu.ac.ir

Received: 30 August 2021 Accepted: 12 October 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.302366.1125**

Abstract

To determine the morphological and qualitative characteristics of five (*Stachys inflate* Benth) populations, a study was conducted according completely randomized design layout with three replications in 2021 season. In each growth habitat, plant samples collected from ground surface in 1×1 quadrate size. Each *Stachys inflate* Benth population belongs to a habitat including Yam, Bonab, Aralan, Zonozag and Galajar. Result showed that measured traits among populations had great variation. Altitude compare to soil traits had a maximum effect on percentage of essential oil, chlorophyll content and anthocyanin. Percentage of essential oil was more than 37% in Aralan population (0.186%) compare to Yam population (0.116%). The greatest accumulation of chlorophyll and anthocyanin amounts was observed in maximum altitude in Yam population. The chlorophyll content was more than 44 percent in Yam population compare to Aralan population. Generally, Aralan and Yam populations were identified as best treatments due to the highest essential oil content as well as high anthocyanin amount and using these populations can be cause to produce cultivars with desirable crop traits.

Keywords: Anthocyanin, Ecological factors, Essential oil content, Medicinal plants, Photosynthetic pigments

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۳۶-۲۲۱

مقاله پژوهشی

ارزیابی تنوع در میزان و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس اکوتیپ‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

شهرام ریاحی‌نیا [۱*]، مریم دانش گیلوایی [۲]

۱- گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۲- دانش آموخته دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

* مسئول مکاتبه: Sh_riahinia@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۰۷/۰۴ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.299337.1118**

چکیده

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) یک گیاه دارویی و صنعتی با کاربردهای مختلف غذایی و دارویی است. در این مطالعه درصد اسانس برگ و ترکیب‌های آن در ۱۱ اکوتیپ رازیانه جمع‌آوری شده از مناطق مختلف جغرافیایی ایران مورد بررسی قرار گرفت. درصد اسانس برگ‌های رازیانه از ۰/۴۷ درصد (اکوتیپ خاش) تا ۱/۵۸ درصد (اکوتیپ ساری) متغیر بود. درصد اسانس برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد آلفاپینن ($r=0/72^*$)، سابینن ($r=0/61^*$)، استات فنچیل درونی ($r=0/64^*$)، فنچون ($r=0/70^*$) و جرماکرون D ($r=0/73^*$) داشت. اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس برگ ترانس آنتول، لیمونن و فنچون بودند. ترانس آنتول از ۳۰/۳۶ درصد (اکوتیپ ساری) تا ۵۶/۶۷ درصد (اکوتیپ قزوین) متغیر بود و با درصد آلفاپینن و جرماکرون D همبستگی منفی داشت. مقدار لیمونن از ۱۵/۴۸ درصد (اکوتیپ فسا) تا ۲۲/۷۹ درصد (اکوتیپ محلات) و مقدار فنچون از ۱/۳۴ درصد (اکوتیپ سردشت) تا ۹/۷۲ درصد (اکوتیپ فسا) متغیر بود. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که شش عامل اصلی و مستقل ۸۹/۹۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد با احتمال صحت ۱۰۰ درصد اکوتیپ‌های مورد بررسی را در پنج خوشه مجزا گروه‌بندی کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های اصلاحی آینده از طریق تلاقی بین اکوتیپ‌های برتر و آزمون نتاج و انتخاب اکوتیپ‌های برتر، نسبت به تولید اکوتیپ‌های دارای کیفیت مطلوب اسانس اقدام شود.

واژه‌های کلیدی: روغن فرار، سزکوئی ترپن هیدروکربنی، گیاهان دارویی، منوترپن‌ها

مقدمه

گیاهان دارویی امروزه نقش کلیدی در زندگی انسان‌ها پیدا کرده‌اند. محاسبه‌ی دقیق مقدار مصرف سالیانه‌ی گیاهان دارویی در جهان مشکل است، چون اطلاعات محلی جامعی در مورد مصرف گیاهان دارویی وجود ندارد و به شکل‌های متفاوتی (تازه، خشک، دم‌کرده و صنایع داروسازی) استفاده می‌شوند (Bernath, 2000). در مورد اصلاح گیاهان دارویی تاحالا پیشرفت چشمگیری صورت نگرفته است و تعداد رقم‌های اصلاح شده گیاهان دارویی اندک است. هدف از اصلاح گیاهان دارویی، افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره مهم در صنایع دارویی است (Omidi and Farzin, 2009). رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از خانواده چتریان و از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی و ادویه‌ای ایران است که امروزه از آن در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود (Omidbeigi, 1997). عمده‌ترین کشورهای تولید کننده رازیانه شامل هند، مصر، ترکیه، سوریه و ایران هستند و هند در سال ۲۰۱۸ حدود ۱۵۰۰۰۰ تن رازیانه تولید کرده است (NHB, 2019). آنتول موجود در اسانس و میوه رازیانه باعث افزایش ترشح شیرابه‌های گوارشی و کم شدن اسپاسم‌های دستگاه گوارش و در نتیجه افزایش کیفیت هضم می‌گردد (Yazdani *et al*., 2004). وجود منابع ژرم پلاسم گسترده، وجود تنوع ژنتیکی بین گونه‌ها، نیاز آبی کم و مقاومت به خشکی ازجمله عواملی است که اهمیت این گیاه را زیاد کرده است (Izanloo *et al*., 2019). عصاره‌های گیاهی دارای مواد مفیدی مثل فلاونوییدها، ویتامین‌ها، تانن‌ها، آلکالوئیدها، اسانس‌ها، موسیلاژها، ساپونین‌ها، املاح هستند و خاصیت ضد قارچی، ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی دارند. عصاره به یکی از سه شکل مایع، نیمه جامد و جامد وجود دارد و طی فرایند پرکولاسیون، ماسراسیون و یا فرایند مناسب دیگر به کمک حلال مناسب تهیه می‌شوند. مواد مؤثره و فعال عصاره به وسیله یک حلال مناسب (آب، کلرو اتیل اتر، الکل اتیلیک با

درجه‌های الکلی مختلف، اتر، دی ایزوپروپیل اتر و اتیلن در کلراید) استخراج می‌شود (Özcan *et al*., 2008).

روغن‌های فرار دارای ترکیبات معطر هستند که استفاده زیادی در صنایع دارویی، عطرسازی و غذایی دارند. اسانس‌ها از بیش از ۲۰۰ نوع ترکیب متفاوت تشکیل شده‌اند. گیاهان متعلق به تیره نعنائیان، مرکبات و چتریان عمده‌ترین تولید کننده اسانس‌های روغنی می‌باشند. اسانس‌های روغنی این ترکیبات عموماً در بیشتر حلال‌های آلی مثل اتیل اتر، اتیل الکل، متیل الکل و هگزان قابلیت انحلال دارند. به اسانس‌ها روغن‌های اتری یا روغن‌های فرار نیز می‌گویند چون در درجه حرارت‌های معمولی اتاق و در اثر مجاورت با هوا تبخیر می‌شوند (Sharifi Rad *et al*., 2017). روغن‌های تری گلیسیرید معمولی و چربی‌ها غیر فرارند و نقطه جوش بالایی دارند بنابراین کاملاً از اسانس‌ها متمایزند. وزن مخصوص اکثر اسانس‌ها معمولاً از آب کمتر است تنها تعداد کمی از اسانس‌ها وزن مخصوص آن‌ها نسبت به آب بیشتر است. به طور کلی، اسانس‌ها با آب نمی‌توانند مخلوط شوند ولی می‌توانند بوی خودشان را به آب منتقل کنند. اسانس‌ها قابلیت انحلال در بیشتر حلال‌های آلی مثل دی اتیل اتر دارند (De Arauz *et al*., 2009).

در تحقیقی، اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس برگ رازیانه را آنتول (۶۰/۰ درصد)، آلفا فلاندرن (۸/۸ درصد)، آلفاپینن (۷/۲ درصد) و فنچون (۳/۶ درصد) گزارش نمودند (Venskutonis *et al*., 1996). در مطالعه دیگری، درصد اسانس به‌دست‌آمده از برگ رازیانه ۰/۶۵ درصد گزارش شد و ترانس آنتول (۵۱/۷ درصد)، آلفاپینن (۹/۱ درصد)، آلفا فلاندرن (۸/۳ درصد)، استراگول (۵/۲ درصد)، بتا فلاندرن (۲/۴ درصد)، بتاپینن (۱/۷ درصد) و میرسین (۱/۳ درصد) اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس بودند (Mojab *et al*., 2007). در بررسی اسانس به‌دست‌آمده از دانه‌ها و برگ‌های رازیانه کشت شده در بنگلادش نشان داده شد که آنتول اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس (۵۸/۵ درصد در اسانس دانه و ۵۱/۱ درصد در اسانس برگ) و بعد از آن لیمونن (۱۹/۶ درصد در اسانس دانه و ۲۲/۹ درصد در اسانس برگ) بود. سایر اجزای موجود در اسانس برگ شامل آنیسالدهید، استات فنچیل و فنچون بودند در حالی که اسانس دانه حاوی فنچون، آلفاپینن، استات فنچیل، گاماترپینن و آنیسالدهید بودند. علاوه بر این، اجزای کوچک مانند کامفین، کامفور، میرسن، پاهلاندرن، اسیمن، بتا بیسابولن و آپیول از دانه‌ها و برگ‌ها به دست آمدند (Chowdhury *et al*., 2009).

در بررسی اسانس به‌دست‌آمده از دانه‌ها و اندام هوایی رازیانه در زمان‌های تقطیر متفاوت نشان داده شد که ترانس آنتول (۳۶-۳۱ درصد)، آلفاپینن (۲۰-۱۴ درصد) و لیمونن (۱۳-۱۱ درصد) اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس به‌دست‌آمده از اندام هوایی بودند در حالی‌که متیل چاویکول (استراگول) (۸۸-۷۹ درصد) اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس به‌دست‌آمده از دانه بود (Miguel *et al*., 2010).

در بررسی ۱۲ اکوتیپ رازیانه ایرانی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف جغرافیایی، عملکرد اسانس برگ‌های رازیانه از ۰/۶۵ درصد (نمونه ورامین) تا ۲/۰۳ درصد (نمونه تبریز) متغیر بود. در همه نمونه‌های آزمایش شده، بیشترین مقدار مربوط به ترانس آنتول، فنچون و لیمونن بود. ترانس آنتول از ۴۱/۱۹ درصد (نمونه شیروان) تا ۵۶/۶ درصد (نمونه تبریز) متغیر بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای با روش حداقل واریانس Ward با توجه به ترکیبات اصلی عصاره، اکوتیپ‌ها را در دو خوشه قرار داد. خوشه اول دارای ترانس آنتول، فنچون و لیمونن بالا بودند. خوشه اول دارای دو گروه بود. گروه اول شامل اکوتیپ‌های بوشهر، تبریز، شیراز و کرمان بود که ترانس آنتول بالاتری نسبت به خوشه‌های دیگر داشت. گروه دوم شامل اکوتیپ‌های همدان، اصفهان، ورامین و پاوه بود که لیمونن بالاتری نسبت به گروه‌های دیگر داشت. خوشه سوم شامل اکوتیپ‌های تهران، مشهد، شیروان و کاشان بود که ترانس آنتول، فنچون و لیمونن کمتری نسبت به گروه‌های دیگر داشت (Rahimmalek *et al*., 2014). در مطالعه اسانس به‌دست‌آمده از برگ سبز رازیانه درصد اسانس ۰/۰۱ درصد گزارش شد و آنتول و متیل کاویکول (۷۵/۲۸)، ۴- آلیل آنیزول (۹/۳۰)، گاماترپینن (۶/۱۷)، میرسین (۰/۱)، بتاپینن (۰/۰۴)، کامفن (۰/۰)، آلفاپینن (۰/۱) اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس بودند (Saxena *et al*., 2018). در ارزیابی اسانس به‌دست‌آمده از اندام هوایی، دانه‌ها و باقیمانده گیاه بعد از برداشت دانه رازیانه نشان داده شد که در اندام هوایی ترانس آنتول (۷۱/۵ درصد)، لیمونن (۱۰/۸۸ درصد) و فنچون (۹/۹۷ درصد)، در دانه ترانس آنتول (۴۵/۴۸ درصد)، لیمونن (۸/۵ درصد) و آلفاپینن (۴/۶۰ درصد) و در باقیمانده گیاه بعد از برداشت دانه ترانس آنتول (۶۱/۵ درصد)، لینالول (۷/۹۱ درصد) و متیل چاویکول

(۷/۳۹ درصد) اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس بودند. همچنین درصد اسانس به ترتیب در اندام هوایی، دانه‌ها و باقیمانده گیاه بعد از برداشت دانه ۰/۴۹، ۱/۱۳ و ۰/۱۸ درصد گزارش نمودند (Wahba *et al*., 2018).

در طبیعت، رازیانه به علت برداشت‌های بی‌رویه به زودی در ردیف گونه‌های در خطر انقراض قرار می‌گیرد و اگر در راستای نگهداری آن اقدامات حفاظتی انجام نشود خطر فرسایش ژنتیکی دور از انتظار نیست؛ بنابراین، اطلاع از تنوع ژنتیکی برای مدیریت گونه‌های در حال انقراض و کمیاب ضروری است. اولین قدم در اصلاح گیاهان دارویی، انتخاب بهترین و مناسب‌ترین پایه‌ها است. بنابراین ضروری است که ابتدا مواد ژنتیکی را جمع آوری و ارزیابی کرده، سپس انواع روش‌های اصلاحی را بر آن اعمال کرد (Bahmani *et al*., 2012).

با توجه به اهمیت و کاربرد اسانس‌ها در صنایع مختلف دارویی، غذایی و آرایشی و بهداشتی، استخراج و مطالعه اجزای تشکیل دهنده آنها از مواد گیاهی مختلف بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در ایران، مطالعه کمی در مورد تنوع محتوای اسانس موجود در برگ رازیانه صورت گرفته است بنابراین معرفی اکوتیپ‌هایی از رازیانه که ترانس آنتول یا لیمونن بالا دارند برای اهداف صنعتی بسیار ارزشمند خواهد بود. برای بهبود اسانس در برنامه‌های اصلاحی، ارزیابی میزان اسانس در جمعیت‌های طبیعی رازیانه الزامی است (Rahimmalek *et al*., 2014).

هدف از انجام این تحقیق بررسی برآورد میزان اسانس و بررسی تنوع ترکیب اسانس در اکوتیپ‌های مختلف رازیانه ایرانی و دسته‌بندی اکوتیپ‌های رازیانه با توجه به ترکیب اسانس بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی میزان درصد اسانس و ترکیبات اسانس در ۱۱ اکوتیپ مختلف رازیانه که از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند (جدول ۱) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. این پژوهش در گلخانه دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور قم واقع در استان قم در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۳۷ متر در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. دانه‌های رازیانه در گلدان‌های با ارتفاع و قطر متوسط ۳۰ سانتی‌متر حاوی پنج کیلوگرم خاک مخلوط (به نسبت ۱:۱:۲ از خاک رس، کمپوست و ماسه) کشت شدند. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان در جدول ۲ نشان داده شده است. بذرها در عمق ۰/۵ سانتی‌متر کشت شدند و هر سه روز آبیاری صورت گرفت. استخراج اسانس با روش تقطیر با آب (Water distillation) (Angelov and Boyadzhieva, 2014) و دستگاه کلونجر در دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان انجام شد. ابتدا برگ‌های جوان در سایه و دمای معمولی اتاق خشک شدند و ۵۰-۶۰ گرم نمونه برگ رازیانه پودر شده در بالن مخصوص دستگاه کلونجر (Clevenger) ریخته شد و ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و دستگاه به مدت پنج ساعت روشن بود و سپس اسانس استخراج شد و اسانس درون شیشه تیره در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد. جداسازی و شناسایی ترکیبات توسط کروماتوگرافی گازی – طیف سنجی جرمی (GC-MS: Gas chromatography Mass Spectrometry) مدل Agilent – 7890A صورت گرفت (نوع ستون دستگاه HP-5MS بود که ۳۰ متر طول و ۰/۲۵ میلی‌متر قطر داشت، انرژی یونیزاسیون برابر ۷۰ الکترون ولت بود و از گاز هلیوم با سرعت ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد). برای شناسایی ترکیبات، یک میکرولیتر از اسانس رقیق شده به دستگاه GC تزریق شد و برنامه‌ریزی دمایی دستگاه به صورت زیر تنظیم شد. دمای اولیه آون ۶۸ درجه سانتی‌گراد که برای مدت ۳ دقیقه در این دما ثابت بود و با گرادیان ۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا دمای ۲۲۸ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده و برای مدت ۵ دقیقه در این دما ثابت بود. برای شناسایی ترکیب‌های موجود در اسانس از شاخص‌های بازداری استفاده شد و در کتابخانه‌های کامپیوتری دستگاه کروماتوگراف طیف سنج جرمی، طیف‌های جرمی پیشنهادی بررسی شدند و این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد مقایسه شدند (Adams, 2001).

بعد از جمع‌آوری اطلاعات، همبستگی بین صفات با استفاده از روش پیرسون انجام شد. برای تعیین نقش هر یک از صفات اندازه‌گیری شده در ایجاد تنوع بین اکوتیپ‌های مورد بررسی، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و برای گروه‌بندی آنها از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

جدول ۱- فهرست اکوتیپ‌های رازیانه مورد بررسی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور

Table 1- List of studied fennel ecotypes collected from different regions of the country

شماره number	منطقه region	استان county	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
1	اراک Arak	مرکزی Markazi	49 46 E	34 6 N	1708
2	اردبیل Ardebil	اردبیل Ardebil	48 17 E	38 15 N	1332
3	فسا Fasa	فارس Fars	53 41 E	28 58 N	1288
4	حاجی آباد Hajiabad	هرمزگان Hormozgan	55 55 E	28 19 N	931
5	خاش Khash	سیستان و بلوچستان Sistan and Balochestan	61 12 E	28 13 N	1405
6	محلات Mahalat	مرکزی Markazi	50 45 E	33 91 N	1775
7	مغان Moghan	اردبیل Ardebil	47 55 E	39 39 N	31
8	قزوین Ghazvin	قزوین Ghazvin	50 0 E	36 15 N	1278
9	سبزه وار Sabzevar	خراسان رضوی Khorasan Razavi	57 43 E	36 12 N	987
10	سردشت Sardasht	آذربایجان غربی Western Azerbaijan	45 30 E	36 9 N	1670
11	ساری Sari	مازندران Mazandaran	53 0 E	36 33 N	23

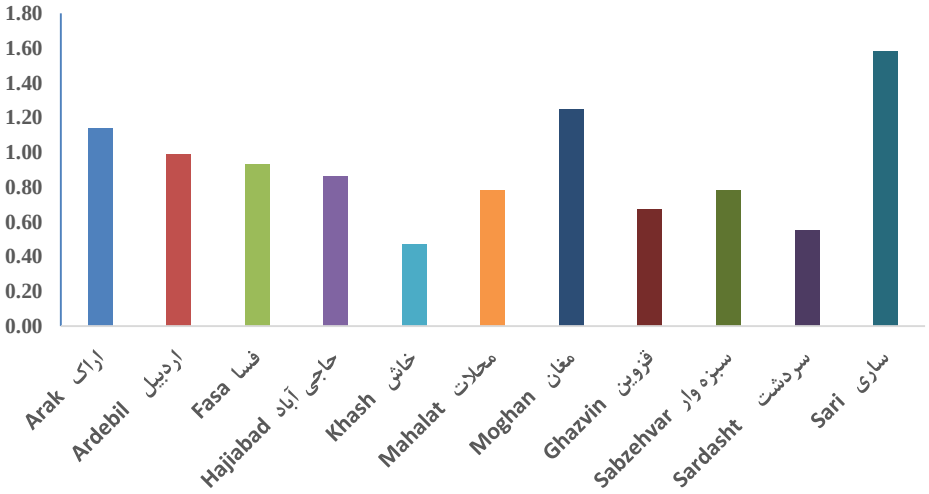
جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 2- Some physical and chemical properties of the studied soil

ویژگی‌های فیزیکی Physical characteristics	واحد Unit	مقادیر Amount
هدایت الکتریکی Electrical conductivity	$dS.m^{-1}$	1.4
اسیدیته Acidity (pH)	-	7.6
نیتروژن Nitrogen	%	0.4
فسفر Phosphorus	$mg.kg^{-1}$	59
پتاسیم Potassium	$mg.kg^{-1}$	720
آهن Ferrum	$mg.kg^{-1}$	375
روی Zinc	$mg.kg^{-1}$	87
مس Copper	$mg.kg^{-1}$	4.5
منگنز manganese	$mg.kg^{-1}$	77
شن Sand	%	20.2
رس Clay	%	41.3
لای Loam	%	2.8
بافت خاک Soil texture	لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	

نتایج

درصد اسانس در اکوتیپ‌های مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. اکوتیپ خاش کمترین مقدار (۰/۴۷ درصد) و اکوتیپ ساری بیشترین مقدار (۱/۵۸ درصد) را به خود اختصاص داد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل GC-MS ترکیبات اسانس نشان داد که تنوع زیادی در اجزای اسانس موجود در رازیانه ایرانی وجود داشت. از میان ۱۸ ترکیب شناسایی شده در اجزای اسانس، ۱۱ ترکیب منوترپن هیدروکربنی، ۵ ترکیب منوترپن اکسیژن‌دار و ۲ ترکیب سزکوئی ترپن هیدروکربنی بودند. در اکوتیپ‌های مورد مطالعه با توجه به جدول ۳، اکوتیپ ساری بیشترین درصد منوترپن هیدروکربنی و سزکوئی ترپن هیدروکربنی و کمترین درصد منوترپن اکسیژن‌دار را به خود اختصاص داد. اکوتیپ قزوین بیشترین درصد سزکوئی ترپن هیدروکربنی و کمترین درصد منوترپن اکسیژن‌دار را به خود اختصاص داد و در نهایت، اکوتیپ خاش کمترین درصد منوترپن هیدروکربنی را به خود اختصاص داد. ترانس آنتول (۴۴/۵۸ درصد)، لیمونن (۱۸/۴۱ درصد)، فنچون (۴/۵۹ درصد)، آلفا پینن (۲/۸۶ درصد)، بتا اسمین Z (۲/۴۷ درصد)، استات فنچیل بیرونی (۱/۶۶ درصد)، استات فنچیل درونی (۱/۴۳ درصد) و آلفا فلاندرین (۱/۴۷ درصد) به ترتیب بیشترین ترکیب موجود در اسانس به‌دست‌آمده از برگ‌های رازیانه بودند.



شکل ۱- درصد اسانس برگ اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه

Figure 1- The percentage of leaf essential oils in studied ecotypes of fennel.

به طور کلی اکوتیپ فسا بیشترین درصد کامفن، آلفافلاندرن، گاماترپین، فنچون، کامفور و استات فنچیل بیرونی و کمترین درصد بتاپینن و لیمونن را به خود اختصاص داد. اکوتیپ مغان بیشترین درصد سابینن، بتاپینن و استات فنچیل درونی را به خود اختصاص داد. اکوتیپ محلات بیشترین درصد لیمونن و بتااسیمن و کمترین درصد آلفافلاندرن و گاماترپین را به خود اختصاص داد. اکوتیپ ساری بیشترین درصد آلفا پینن، بتامیرسن و جرماکرون D و کمترین درصد ترانس آنتول را به خود اختصاص داد. اکوتیپ قزوین بیشترین درصد ترانس آنتول و بتااسیمن E و کمترین درصد کامفن، کامفور، استات فنچیل درونی، آلفاکوپائن و جرماکرون D را به خود اختصاص داد. اکوتیپ سردشت بیشترین درصد آلفاکوپائن و کمترین درصد بتامیرسن، بتااسیمن Z، بتااسیمن E، فنچون و سیس آنتول را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

ضرایب همبستگی ساده پیرسون بین ترکیبات مختلف اندازه‌گیری شده نشان داد که ترکیب‌های منوترپن اکسیژن‌دار همبستگی منفی و معنی‌داری با درصد سزکوئی ترپن هیدروکربنی ($r= -۰/۶۸^{*}$) داشتند. درصد اسانس برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد آلفاپینن ($r=۰/۷۱^{*}$)، سابینن ($r=۰/۶۱^{*}$)، استات فنچیل درونی ($r=۰/۶۴^{*}$)، فنچون ($r=۰/۷۰^{*}$) و جرماکرون D ($r=۰/۷۳^{*}$) داشت.

جدول ۳- مقدار درصد اسانس و ترکیب‌های موجود در اسانس برگ اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه

Table 3- Content of essential oil and composition of leaf essential oils in studied ecotypes of fennel

ترکیب اسانس Composition of Essential Oils	شاخص بازداری کوآتس Kovats Retention Index	اراک Arak	اردبیل Ardebil	فسا Fasa	حاجی آباد Hajiabad	خاش Khash	محلات Mahalat	مغان Moghan	قزوین Ghazvin	سبزه‌وار Sabzehvar	سردشت Sardasht	ساری Sari
درصد اسانس Essential oils (%)	-	1.14	0.99	0.93	0.86	0.47	0.78	1.25	0.67	0.78	0.55	1.58
منوترپن هیدروکربنی Monoterpene Hydrocarbon												
آلفا پینن α-Pinene	936	3.27	2.81	0.7	4.32	0.62	1.62	3.44	0.68	4.62	2.43	6.99
کامفن Camphene	953	0.18	0.11	0.23	0.21	0.08	0.09	0.1	0.06	0.09	0.11	0.13
سابینن Sabinene	976	0.28	0.36	0.26	0.13	0.07	0.19	0.39	0.23	0.17	0.19	0.24
بتاپینن β-Pinene	982	0.23	0.42	0.04	0.08	0.05	0.17	0.63	0.09	0.05	0.07	0.16
بتامیرسن β-Myrcene	991	0.48	0.42	0.38	0.76	0.51	0.64	0.39	0.25	0.63	0.21	0.87
آلفافلاندرن α -Phellandrene	1003	3.11	2.47	4.87	0.73	0.29	0.13	1.1	0.15	0.17	0.88	2.26
لیمونن Limonene	1034	16.32	17.69	15.48	19.71	15.91	22.79	20.24	20.48	18.23	18.37	17.31
بتااسیمن Z β-ocimene Z	1040	3.11	2.13	3.78	2.36	2.38	2.55	1.41	3.82	1.2	1.12	3.32
بتااسیمن E β-ocimene E	1047	0.11	0.12	0.09	0.21	0.17	0.22	0.09	0.14	0.12	0.08	0.14
گاماترپین γ-Terpinene	1060	0.14	0.09	0.19	0.08	0.16	0.08	0.18	0.14	0.18	0.15	0.13
فنچون Fenchone	1092	4.52	1.67	9.72	7.21	1.37	2.99	8.73	2.69	1.38	1.34	8.84

ادامه جدول ۳

ترکیب اسانس Composition of Essential Oils	شاخص بازداری کوآتس Kovats Retention Index	اراک Arak	اردبیل Ardebil	فسا Fasa	حاجی آباد Hajiabad	خاش Khash	محلات Mahalat	مغان Moghan	قزوین Ghazvin	سبزه‌وار Sabzehvar	سردشت Sardasht	ساری Sari
منوترپن اکسیژن‌دار Oxygenated Monoterpene												
کامفور Camphor	1218	0.06	0.12	0.18	0.11	0.08	0.1	0.16	0.04	0.09	0.08	0.13
استات فنچیل درونی Fenchyl acetate (endo)	1228	2.1	1.37	1.13	0.82	1.64	1.37	2.23	0.79	1.21	1.12	1.98
استات فنچیل بیرونی Fenchyl acetate (exo)	1253	0.89	1.15	3.45	0.97	1.32	1.45	2.48	2.13	1.1	1.12	2.17
سیس آنتول cis-Anethole	1290	1.06	1.07	1.53	1.32	1.47	1.64	1.21	1.09	2.75	0.98	1.45
ترانس آنتول trans-Anethole	1382	42.63	48.37	50.01	38.37	54.45	52.21	44.89	56.67	35.11	37.27	30.36
سزکوئی ترپن هیدروکربنی Sesquiterpene Hydrocarbon												
آلفاکوپائن α-Copaene	1482	0.15	0.09	0.08	0.09	0.13	0.09	0.16	0.08	0.17	0.24	0.09
جرماکرون D Germacrene D	1487	0.13	0.14	0.11	0.14	0.09	0.12	0.18	0.09	0.19	0.15	0.94
کل Total		78.77	80.60	92.23	77.62	80.79	88.45	88.01	89.62	67.46	65.91	77.51
منوترپن هیدروکربنی Monoterpene Hydrocarbon		31.75	28.29	35.74	35.80	21.61	31.47	36.70	28.73	26.84	24.95	40.39
منوترپن اکسیژن‌دار Oxygenated Monoterpene		46.74	52.08	56.30	41.59	58.96	56.77	50.97	60.72	40.26	40.57	36.09
سزکوئی ترپن هیدروکربنی Sesquiterpene Hydrocarbon		0.28	0.23	0.19	0.23	0.22	0.21	0.34	0.17	0.36	0.39	1.03

جدول ۴- همبستگی ترکیب‌های موجود در اسانس برگ اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه

Table 4- Correlation coefficients between composition of leaf essential oils in studied ecotypes of fennel

ترکیب اسانس	composition of essential oils	درصد اسانس Essential oils (%)	آلفا پینن α-Pinene	کامفن Camphene	سابینن Sabinene	بتا پینن β-Pinene	بتا میرسن β-Myrcene	آلفافلاندرن α -Phellandrene	لیمونن Limonene	بتا سیمن Z β-ocimene Z	بتا سیمن E β-ocimene E	گاما ترپین γ-Terpinene	فنچون Fenchone	کامفور Camphor	استات فنچیل درونی Fenchyl acetate (endo)	استات فنچیل برونی Fenchyl acetate (exo)	سیس آنتول cis-Anethole	ترانس آنتول trans-Anethole	آلفا کوپائن α-Copaene
آلفا پینن	α-Pinene	0.72*	1																
کامفن	Camphene	0.30	0.14	1															
سابینن	Sabinene	0.61*	0.14	0.05	1														
بتا پینن	β-Pinene	0.51	0.18	-0.17	0.83**	1													
بتا میرسن	β-Myrcene	0.47	0.69*	0.22	-0.30	-0.14	1												
آلفافلاندرن	α -Phellandrene	0.48	0.01	0.73*	0.47	0.09	-0.08	1											
لیمونن	Limonene	-0.10	-0.02	-0.42	0.05	0.23	0.05	-0.64*	1										
بتا سیمن Z	β-ocimene Z	0.23	-0.23	0.33	0.02	-0.29	0.08	0.47	-0.20	1									
بتا سیمن E	β-ocimene E	-0.19	-0.01	-0.07	-0.57	-0.28	0.60*	-0.49	0.48	0.17	1								
گاما ترپین	γ-Terpinene	-0.02	-0.15	-0.02	0.10	-0.04	-0.39	0.23	-0.48	-0.08	0.71*	1							
فنچون	Fenchone	0.70*	0.33	0.64*	0.35	0.23	0.31	0.56	-0.12	0.39	-0.12	0.18	1						
کامفور	Camphor	0.49	0.18	0.47	0.43	0.37	0.19	0.55	-0.16	-0.02	-0.23	0.22	0.73**	1					
استات فنچیل درونی	Fenchyl acetate (endo)	0.64*	0.36	-0.06	0.44	0.61*	0.20	0.23	-0.22	-0.09	-0.27	0.24	0.30	0.24	1				
استات فنچیل برونی	Fenchyl acetate (exo)	0.31	-0.21	0.22	0.36	0.10	-0.19	0.49	-0.12	0.48	-0.34	0.51	0.68*	0.65*	0.07	1			
سیس آنتول	cis-Anethole	-0.09	0.24	-0.13	-0.35	-0.33	0.44	-0.24	0.01	-0.26	0.15	0.29	-0.13	0.09	-0.12	-0.04	1		
ترانس آنتول	trans-Anethole	-0.49	-0.90**	-0.26	0.01	0.04	-0.50	-0.07	0.15	0.37	0.20	-0.03	-0.25	-0.16	-0.21	0.24	-0.26	1	
آلفا کوپائن	α-Copaene	-0.25	0.09	-0.22	-0.05	0.05	-0.38	-0.24	-0.10	-0.75**	-0.52	0.42	-0.36	-0.22	0.19	-0.37	0.04	-0.40	1
جرماکرون D	Germacrene D	0.73*	0.77**	0.02	0.09	0.02	0.61*	0.15	-0.14	0.19	-0.01	-0.04	0.42	0.24	0.40	0.18	0.08	0.63*	-0.15

درصد آلفاپینن همبستگی مثبت و معنی‌داری با بتامیرسن (r=۰/۶۹*) و جرماکرون D (r=۰/۷۷**) و همبستگی منفی و معنی‌داری با درصد ترانس آنتول (r= -۰/۹۰**) داشت. بنابراین مقدار ترانس آنتول با افزایش درصد آلفاپینن اسانس کاهش یافت. درصد کامفن همبستگی مثبت و معنی‌داری با آلفافلاندرن (r=۰/۷۳*) و فنچون (r=۰/۶۴**) داشت. درصد بتاپینن همبستگی مثبت و معنی‌داری با سابینن (r=۰/۸۳**) و استات فنچیل درونی (r=۰/۶۱*) داشت. درصد بتامیرسن همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد آلفاپینن (r=۰/۶۹*)، با درصد بتااسیمن E (r=۰/۶۰*) و با جرماکرون D (r=۰/۶۱*) داشت. درصد آلفافلاندرن همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد کامفن (r=۰/۷۳*) و همبستگی منفی و معنی‌داری با لیمونن (r= -۰/۶۴*) داشت. درصد بتااسیمن Z همبستگی منفی و معنی‌داری با آلفاکوپائن (r= -۰/۷۵**) داشت. درصد بتااسیمن E همبستگی منفی و معنی‌داری با گاماترپین (r= -۰/۷۱*) داشت. درصد فنچون همبستگی مثبت و معنی‌داری با کامفور (r=۰/۷۳**) و استات فنچیل بیرونی (r=۰/۶۸*) داشت. درصد کامفور همبستگی مثبت و معنی‌داری با فنچون (r=۰/۷۳**) و استات فنچیل بیرونی (r=۰/۶۵*) داشت. درصد جرماکرون D همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد اسانس برگ (r=۰/۷۳*)، آلفاپینن (r=۰/۷۷**) و بتامیرسن (r=۰/۶۱*) داشت (جدول ۴).

با توجه به وجود تنوع میان اکوتیپ‌های مورد بررسی، برای تعیین نقش هر یک از ترکیب‌های موجود در اسانس در تنوع موجود تجزیه به عامل انجام شد. نتایج تجزیه به عامل ترکیب‌های موجود در اسانس مورد مطالعه در جدول ۵ آمده است. بیشترین سهم را در واریانس مشترک عامل‌های استخراج شده صفات درصد اسانس و ترکیب‌های گروه منوترپن هیدروکربنی شامل آلفاپینن، گاماترپین، بتاپینن، بتامیرسن، آلفافلاندرن و کامفن و بتااسیمن Z داشتند و کمترین سهم مربوط به دو ترکیب از گروه منوترپن اکسیژن‌دار شامل استات فنچیل درونی و سیس آنتول بود. صفات مورد مطالعه در شش عامل گروه‌بندی شدند که ۸۹/۹۱ درصد تغییرات داده‌ها را به‌شرح زیر توجیه کردند: عامل اول ۲۸/۳۵ درصد تغییرات کلی داده‌ها را تبیین کرد. در این عامل صفات درصد اسانس، آلفاپینن، فنچون، آلفافلاندرن، کامفور، کامفن، استات فنچیل درونی و بیرونی، سابینن و جرماکرون D همبستگی بالاتری را نسبت به سایر ترکیب‌های همبسته موجود در اسانس با عامل اول به خود اختصاص دادند و ضرایب عاملی همه ترکیب‌ها مثبت بودند. ضرایب بالای ترکیب‌های مذکور نشان می‌دهد که این ترکیب‌ها در این عامل دارای بالاترین میزان تنوع بوده و سایر ترکیب‌ها دارای تنوع کمتری هستند؛ بنابراین انتخاب جهت بهبود یا افزایش این ترکیب‌ها در این عامل کارایی خواهد داشت. عامل دوم ۱۹/۱۱ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. بزرگترین ضرایب عاملی مربوط به بتامیرسن، آلفاپینن، بتااسیمن E، استات فنچیل بیرونی، ترانس آنتول و جرماکرون D بود که ضریب عاملی استات فنچیل بیرونی و ترانس آنتول منفی و بقیه صفات مثبت بود. عامل سوم ۱۶/۳۵ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضرایب عاملی معنی‌دار مربوط به ترکیب‌های بتااسیمن Z، بتااسیمن E و آلفاکوپائن بودند که ضریب عاملی آلفاکوپائن منفی و بقیه صفات مثبت بودند. عامل چهارم ۱۲/۴۹ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضرایب عاملی معنی‌دار مربوط به بتاپینن، سابینن، لیمونن و گاماترپین بود که ضریب عاملی گاماترپین منفی و بقیه صفات مثبت بودند. عامل پنجم ۷/۵۳ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضرایب عاملی معنی‌دار مثبت مربوط به استات فنچیل بیرونی و سیس آنتول بودند و در نهایت عامل ششم ۶/۱۰ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضرایب عاملی معنی‌دار مثبت مربوط به کامفن بود.

برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) بر روی ترکیب‌های موجود در اسانس انجام شد. از تجزیه تابع تشخیص برای بررسی صحت گروه‌بندی در روش تجزیه کلاستر استفاده شد که نتایج حاصل در جدول ۶ نمایش داده شده است. احتمال صحت گروه‌بندی با تابع تشخیص برای ۵ خوشه، ۱۰۰ درصد بود بنابراین احتمال انتساب اشتباه اکوتیپ‌ها به گروهی که متعلق به آن نبودند صفر درصد بود. گروه‌بندی اکوتیپ‌ها با روش وارد (شکل ۲) اکوتیپ‌ها را در پنج گروه (سه اکوتیپ در خوشه اول، یک اکوتیپ در خوشه دوم، چهار اکوتیپ در خوشه سوم، دو اکوتیپ در خوشه چهارم و یک اکوتیپ در خوشه پنجم) قرار داد. مقایسه میانگین برای صفات مورد نظر نیز انجام شد (جدول ۷). اکوتیپ‌های خوشه اول و دوم بیشترین مقدار منوترپن هیدروکربنی و منوترپن اکسیژن‌دار را نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل به خود اختصاص دادند. اکوتیپ‌های خوشه سوم بیشترین مقدار منوترپن

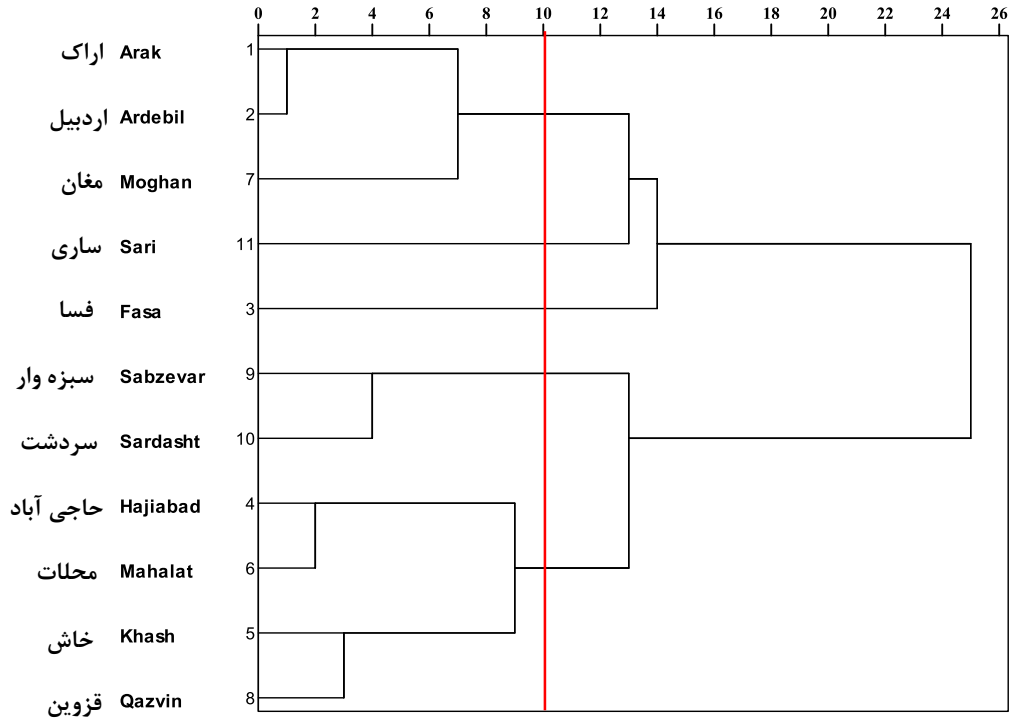
اکسیژن‌دار، خوشه چهارم بیشترین مقدار سزکوئی ترپن هیدروکربنی و خوشه پنجم بیشترین مقدار منوترپن هیدروکربنی و سزکوئی ترپن هیدروکربنی را نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل به خود اختصاص دادند. در خوشه اول اکوتیپ‌های اراک، اردبیل و مغان قرار گرفتند و از نظر میانگین درصد سابینن و بتاپینن (متعلق به گروه منوترپن هیدروکربنی) نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. اکوتیپ‌های خوشه اول دارای کمترین درصد سیس آنتول (متعلق به گروه منوترپن اکسیژن‌دار) نسبت به خوشه‌های دیگر بودند.

جدول ۵- ضرایب عامل‌های مشترک، واریانس‌های نسبی و تجمعی و میزان اشتراک عامل‌ها در ترکیب‌های موجود در اسانس برگ اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه

Table 5- Coefficients of common factor, relative variance and cumulative variance and percentage for composition of leaf essential oils in studied ecotypes of fennel

ترکیب اسانس Composition of Essential Oils	ضرایب عامل‌های مشترک Coefficients of the Common Factor						واریانس مشترک Common Variance
	1	2	3	4	5	6	
درصد اسانس Essential oils (%)	0.90	0.28	-0.05	0.25	-0.05	-0.14	0.98
آلفا پینن α-Pinene	0.52	0.77	-0.28	-0.05	-0.08	0.00	0.95
کامفن Camphene	0.53	-0.08	0.39	-0.37	-0.36	0.50	0.95
سابینن Sabinene	0.60	-0.37	-0.31	0.53	-0.05	0.06	0.88
بتاپینن β-Pinene	0.41	-0.15	-0.44	0.74	0.05	0.12	0.94
بتامیرسن β-Myrcene	0.30	0.86	0.30	-0.07	0.10	0.00	0.94
آلفافلاندرن α -Phellandrene	0.73	-0.43	0.21	-0.25	-0.32	0.08	0.92
لیمونن Limonene	-0.35	0.27	0.05	0.66	0.35	0.23	0.81
بتااسیمن Z β-ocimene Z	0.27	-0.23	0.79	-0.01	-0.14	-0.43	0.96
بتااسیمن E β-ocimene E	-0.39	0.57	0.61	0.26	0.08	0.07	0.93
گاماترپین γ-Terpinene	0.23	-0.48	-0.40	-0.54	0.41	-0.22	0.95
فنچون Fenchone	0.85	-0.03	0.30	0.00	0.17	0.18	0.87
کامفور Camphor	0.73	-0.14	0.08	-0.01	0.37	0.43	0.88
استات فنچیل درونی Fenchyl acetate (endo)	0.56	0.08	-0.44	0.24	-0.04	-0.35	0.69
استات فنچیل بیرونی Fenchyl acetate (exo)	0.56	-0.51	0.30	-0.05	0.51	-0.10	0.94
سیس آنتول cis-Anethole	-0.10	0.40	-0.07	-0.46	0.63	0.05	0.78
ترانس آنتول trans-Anethole	-0.42	-0.64	0.41	0.35	0.16	-0.16	0.93
آلفاکوپائن α-Copaene	-0.22	-0.04	-0.87	-0.29	-0.12	0.12	0.91
جرماکرون D Germacrene D	0.61	0.57	-0.01	-0.06	0.03	-0.42	0.87
واریانس نسبی Relative variance	28.35	19.11	16.35	12.49	7.53	6.10	
واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	28.35	47.46	63.80	76.29	83.81	89.91	
مقادیر ویژه Eigenvalue	5.39	3.63	3.11	2.37	1.43	1.16	

در خوشـــه دوم اکوتیپ فســـا قرار گرفت و از نظر میانگین تعدادی از ترکیب‌های گروه منوترپن هیدروکربنی شـامل کامفن، آلفافلاندرن، بتااسیمن Z، گاماترپین، فنچون، کامفور و دو ترکیب از گروه منوترپن اکسیژن‌دار شامل استات فنچیل بیرونی و ترانس آنتول نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل بیشترین مقدار را به خود اختصـاص داد. اکوتیپ خوشـه دوم دارای کمترین درصد آلفا پینن، بتاپینن، بتامیرســـن، لیمونن، بتااســـیمن E، اســـتات فنچیل درونی، آلفاکوپائن و جرماکرون D نسـبت به خوشـه‌های دیگر بودنـد. در خوشـــه ســـوم اکوتیپ‌های حاجی آباد، خاش، محلـات و قزوین قرار گرفتنـد و از نظر میانگین اجزای درصـــد لیمونن و بتااسـیمن E نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های مورد بررسی رازیانه با استفاده از روش وارد

Figure 2- Dendrogram of cluster analysis in studied ecotypes of fennel by Ward method.

جدول ۶- نتایج تجزیه تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی در اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه

Table 6- Result of discriminant analysis for original grouped cases correctly classified in studied ecotypes of fennel

		گروه‌بندی Grouping	تعداد افراد پیش بینی شده در هر گروه Predicted group membership					جمع کل Total
			1	2	3	4	5	
اصلی Original	مجموع Count	1	3					3
		2		1				1
		3			2			2
		4				4		4
		5					1	1
	درصد %	1	100					100
		2		100				100
		3			100			100
		4				100		100
		5					100	100

جدول ۷- میانگین تجزیه خوشه‌ای برای ترکیب‌های موجود در اسانس برگ اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه

Table 7- The mean of cluster analysis for composition of leaf essential oils in studied ecotypes of fennel

ترکیب اسانس Composition of Essential Oils	میانگین و انحراف معیار Mean and Standard Error					میانگین کل Total mean
	خوشه ۱ Cluster 1	خوشه ۲ Cluster 2	خوشه ۳ Cluster 3	خوشه ۴ Cluster 4	خوشه ۵ Cluster 5	
درصد اسانس Essential oils (%)	1.13 ± 0.08	0.93 ± 0.00	0.70 ± 0.08	0.67 ± 0.12	1.58 ± 0.00	0.91 ± 0.10
منوترپن هیدروکربنی Monoterpene Hydrocarbon	2.93 ± 0.22	3.25 ± 0.00	2.67 ± 0.27	2.35 ± 0.08	3.67 ± 0.00	2.83 ± 0.15
آلفا پینن α-Pinene	3.17 ± 0.19	0.70 ± 0.00	1.81 ± 0.87	3.53 ± 1.10	6.99 ± 0.00	2.86 ± 0.60
کامفن Camphene	0.13 ± 0.03	0.23 ± 0.00	0.11 ± 0.03	0.10 ± 0.01	0.13 ± 0.00	0.13 ± 0.02
سابینن Sabinene	0.34 ± 0.03	0.26 ± 0.00	0.16 ± 0.04	0.18 ± 0.01	0.24 ± 0.00	0.23 ± 0.03
بتاپینن β-Pinene	0.43 ± 0.12	0.04 ± 0.00	0.10 ± 0.03	0.06 ± 0.01	0.16 ± 0.00	0.18 ± 0.06
بتامیرسن β-Myrcene	0.43 ± 0.03	0.38 ± 0.00	0.54 ± 0.11	0.42 ± 0.21	0.87 ± 0.00	0.50 ± 0.06
آلفافلاندرن α -Phellandrene	2.23 ± 0.59	4.87 ± 0.00	0.33 ± 0.14	0.53 ± 0.36	2.26 ± 0.00	1.47 ± 0.46
لیمونن Limonene	18.08 ± 1.15	15.48 ± 0.00	19.72 ± 1.43	18.30 ± 0.07	17.31 ± 0.00	18.41 ± 0.67
بتااسیمن Z β-ocimene Z	2.22 ± 0.49	3.78 ± 0.00	2.78 ± 0.35	1.16 ± 0.04	3.32 ± 0.00	2.47 ± 0.29
بتااسیمن E β-ocimene E	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.00	0.19 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.14 ± 0.00	0.14 ± 0.01
گاماترپین γ-Terpinene	0.14 ± 0.03	0.19 ± 0.00	0.12 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.13 ± 0.00	0.14 ± 0.01
فنچون Fenchone	4.97 ± 2.05	9.72 ± 0.00	3.57 ± 1.26	1.36 ± 0.02	8.84 ± 0.00	4.59 ± 1.02
منوترپن اکسیژن‌دار Oxygenated Monoterpene	9.99 ± 0.32	11.26 ± 0.00	10.90 ± 0.88	8.08 ± 0.03	7.22 ± 0.00	9.84 ± 0.52
کامفور Camphor	0.11 ± 0.03	0.18 ± 0.00	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.13 ± 0.00	0.10 ± 0.01
استات فنچیل درونی Fenchyl acetate (endo)	1.90 ± 0.27	1.13 ± 0.00	1.16 ± 0.21	1.17 ± 0.05	1.98 ± 0.00	1.43 ± 0.15
استات فنچیل بیرونی Fenchyl acetate (exo)	1.51 ± 0.49	3.45 ± 0.00	1.47 ± 0.24	1.11 ± 0.01	2.17 ± 0.00	1.66± 0.24
سیس آنتول cis-Anethole	1.11 ± 0.05	1.53 ± 0.00	1.38 ± 0.12	1.87 ± 0.89	1.45 ± 0.00	1.42 ± 0.15
ترانس آنتول trans-Anethole	45.30 ± 1.67	51.31 ± 0.00	50.43 ± 4.12	36.19 ± 1.08	30.36 ± 0.00	44.58 ± 2.58
سزکوئی ترپن هیدروکربنی Sesquiterpene Hydrocarbon	0.14 ± 0.02	0.09 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.51 ± 0.00	0.17 ± 0.04
آلفاکوپائن α-Copaene	0.13 ± 0.02	0.08 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.21 ± 0.04	0.09 ± 0.00	0.12 ± 0.02
جرماکرون D Germacrene D	0.15 ± 0.02	0.11 ± 0.00	0.11 ± 0.01	0.17 ± 0.02	0.94 ± 0.00	0.21 ± 0.07

اکوتیپ‌های خوشه سوم کمترین درصد سابینن، آلفافلاندرن، گاماترپین، کامفور و جرماکرون D را به خود اختصاص دادند. در خوشه چهارم اکوتیپ‌های سبزه‌وار و سردشت قرار گرفتند و از نظر میانگین اجزای درصد سیس آنتول و آلفاکوپائن نسبت به

خوشه‌های دیگر و میانگین کل بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. اکوتیپ‌های خوشه چهارم دارای کمترین درصد اسانس، کامفن، بتااسیمن Z، فنچون و استات فنچیل بیرونی نسبت به خوشه‌های دیگر بودند. در خوشه پنجم اکوتیپ ساری قرار گرفت و از نظر میانگین اجزای درصد اسانس، آلفا پینن، بتامیرسن، استات فنچیل درونی و جرماکرون D نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. اکوتیپ خوشه پنجم دارای کمترین درصد ترانس آنتول نسبت به خوشه‌های دیگر بود. در تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌هایی که در یک گروه قرار می‌گیرند، از نظر اجزا ترکیبات نزدیک بهم بوده و اکوتیپ‌های گروه‌های دورتر، تفاوت بیشتری با هم خواهند داشت.

بحث

نتایج تحقیقات نشان داده که مقدار اسانس و ترکیب شیمیایی اسانس برحسب رقم گیاه و منشأ آن کاملاً متغیر است همچنین مواد تشکیل‌دهنده اسانس تحت تأثیر ژنوتیپ، مرحله رشد و نمو گیاه، مرحله تکوینی و تکاملی و شرایط محیط قرار دارد (Marotti *et al*., 1993).

در بررسی تأثیر پرتوهای فرابنفش بر کمیت و کیفیت اسانس رازیانه در مراحل مختلف رویشی، در مرحله قبل از گل‌دهی میزان اسانس برگ ۱/۲۰ درصد و بعد از تیمار پرتوهای فرابنفش ۰/۷۴ درصد و در مرحله گل‌دهی میزان اسانس برگ ۱/۰۸ درصد و بعد از تیمار پرتوهای فرابنفش ۱/۰۵ درصد به‌دست آمد (Rezaee *et al*., 2002). در پژوهش‌های دیگری، میزان اسانس به‌دست‌آمده از برگ و ساقه یک نمونه رازیانه در فصل‌های مختلف سال از ۰/۲۱ تا ۰/۴۰ درصد (Stefanini *et al*., 2006)، از برگ رازیانه ۰/۶۵ درصد (Mojab *et al*., 2007) و از اندام هوایی رازیانه در زمان‌های تقطیر متفاوت از ۰/۲۰ تا ۰/۲۹ درصد (Miguel *et al*., 2010) گزارش نمودند. در پژوهش‌های دیگری، میزان اسانس به‌دست‌آمده از برگ رازیانه از ۰/۶۵ (اکوتیپ ورامین) تا ۲/۰۳ درصد (اکوتیپ تبریز) (Rahimmalek *et al*., 2014)، میزان اسانس به‌دست‌آمده از برگ سبز یک نمونه رازیانه را ۰/۰۱ درصد (Saxena *et al*., 2018) و میزان اسانس به‌دست‌آمده از اندام هوایی رازیانه را ۰/۴۹ درصد (Wahba *et al*., 2018) گزارش نمودند. در این تحقیق نیز دامنه تغییرات درصد اسانس از ۰/۴۷ تا ۱/۵۸ برآورد شد که محدوده آن با گزارش‌های ارائه شده همسویی دارد. از آنجایی که اکوتیپ‌های مذکور همزمان با هم و در یک مکان کشت شده بودند و از شرایط اقلیمی یکسانی برخوردار بودند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت در اسانس برگ تا حد زیادی ناشی از تفاوت ساختار ژنتیکی اکوتیپ‌های مورد بررسی بود.

گزارش دیگری نشان داد که اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس برگ رازیانه، آنتول (۶۰/۰ درصد)، آلفا فلاندرن (۸/۸ درصد)، آلفاپینن (۷/۲ درصد) و فنچون (۳/۶ درصد) بود (Venskutonis *et al*., 1996). در مطالعه اسانس برگ رازیانه، اصلی‌ترین ترکیب‌های موجود در آن شامل ترانس آنتول (۵۸/۵۶ درصد)، لیمونن (۲۷/۱۴ درصد)، آلفاپینن (۴/۲۰ درصد)، فنچون (۲/۸۹ درصد)، استات فنچیل (۲/۲۳ درصد) و متیل کاویکول یا استراگول (۱/۷۵ درصد) بود (Rezaee *et al*., 2002). در ارزیابی اسانس برگ و ساقه یک نمونه رازیانه در فصل‌های مختلف سال، اصلی‌ترین ترکیب موجود در آن، ترانس آنتول (۵۳/۹۵-۴۶/۱۱ درصد)، لیمونن (۴۲/۳۰-۳۴/۴۸ درصد)، استات فنچیل بیرونی (۴۴/۶۱-۲/۹۱ درصد)، فنچون (۳/۷۰-۱/۶۵ درصد)، آلفاپینن (۱/۹۵-۱/۴۳ درصد)، متیل کاویکول (۱/۷۴-۱/۴۹ درصد)، سیس آنتول (۱/۳۴-۰/۲۳ درصد)، بتااسیمن (۱/۷۸-۰/۶۶ درصد) و استات فنچیل درونی (۳/۱۹-۱/۰۶ درصد) گزارش شد (Stefanini *et al*., 2006). مطالعه دیگری نشان داد که اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس برگ رازیانه، ترانس آنتول (۵۱/۷ درصد)، آلفاپینن (۹/۱ درصد)، آلفا فلاندرن (۸/۳ درصد)، استراگول (۵/۲ درصد)، بتا فلاندرن (۲/۴ درصد)، بتاپینن (۱/۷ درصد) و میرسین (۱/۳ درصد) بود (Mojab *et al*., 2007). در ارزیابی اسانس برگ یک نمونه رازیانه، اصلی‌ترین ترکیب موجود در آن آنتول (۵۱/۰۸ درصد)، لیمونن (۲۲/۹۰ درصد) و بتا توزاپلیسین (۴/۸۲ درصد) گزارش شد (Chowdhury *et al*., 2009). در بررسی اسانس به‌دست‌آمده از اندام هوایی یک نمونه رازیانه در زمان‌های تقطیر متفاوت، اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس را ترانس آنتول (۳۶/۰-۳۰/۷ درصد)، لیمونن (۱۳/۱-۱۰/۷ درصد)، آلفاپینن (۱۹/۸-۱۳/۹ درصد)، فنچون (۵/۶-۵/۳ درصد)، آلفافلاندرن (۵/۷-۲/۵ درصد)، بتاپینن (۴/۹-۴/۴ درصد) گزارش نمودند (Miguel *et al*., 2010). در بررسی ۱۲ اکوتیپ رازیانه ایرانی، اصلی‌ترین

ترکیب موجود در اسانس برگ را ترانس آنتول (۵۶/۶۱-۴۱/۱۹ درصد)، فنچون (۱۰/۲۳-۱/۷ درصد) و لیمونن (۳۱/۷-۱۱/۵ درصد) گزارش نمودند (Rahimmalek *et al*., 2014). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس برگ سبز یک نمونه رازیانه، آنتول و متیل کاویکول (۷۵/۲۸ درصد)، ۴-آلیل آنیزول (۹/۳۰ درصد) و گاماترپینن (۶/۱۷ درصد) بود (Saxena *et al*., 2018). در مطالعه‌ای، اصلی‌ترین ترکیب اسانس در اندام هوایی رازیانه، ترانس آنتول (۷۱/۵ درصد)، لیمونن (۱۰/۸۸ درصد) و فنچون (۹/۹۷ درصد) گزارش شد (Wahba *et al*., 2018).

در اکوتیپ‌های مورد مطالعه، اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس برگ ترانس آنتول (۷۰/۲۳-۳۰/۳۶ درصد)، لیمونن (۲۲/۷۹-۱۵/۴۸ درصد) و فنچون (۹/۷۲-۱/۳۴ درصد) بودند این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده مطابقت دارد. از آنجا که درصد اسانس و ترکیب مواد متشکله آن بر حسب رقم گیاه و شرایط محیط آن متفاوت است (Marotti *et al*., 1993)، از این رو تفاوت موجود بین نتایج بدست آمده از درصد اسانس و ترکیب مواد متشکله بین تحقیقات محققان منطقی می‌باشد.

فاصله اقلیدسی در تجزیه خوشه‌ای بیانگر فاصله ژنتیکی بین اکوتیپ‌ها است، بنابراین برای ایجاد حداکثر هتروزیس و تولید اکوتیپ‌هایی با کیفیت مطلوب اسانس باید اکوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله اقلیدسی را از هم دارند با هم تلاقی داد.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، نتایج نشان داد که اکوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف‌های قابل توجهی از نظر درصد اسانس و درصد ترکیب‌های اصلی اسانس داشتند. اکوتیپ‌های خاش و ساری به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار اسانس را به خود اختصاص دادند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل GC-MS ترکیبات اسانس نشان داد که تنوع زیادی در اجزای اسانس موجود در رازیانه ایرانی وجود داشت. در اکوتیپ‌های مورد مطالعه، اکوتیپ ساری بیشترین درصد منوترپن هیدروکربنی و سزکوئی ترپن هیدروکربنی و کمترین درصد منوترپن اکسیژن‌دار را به خود اختصاص داد. اکوتیپ قزوین بیشترین درصد سزکوئی ترپن هیدروکربنی و کمترین درصد منوترپن اکسیژن‌دار را به خود اختصاص داد و در نهایت، اکوتیپ خاش کمترین درصد منوترپن هیدروکربنی را به خود اختصاص داد. ترانس آنتول، لیمونن، فنچون، آلفا پینن، بتا اسمین Z، استات فنچیل بیرونی، استات فنچیل درونی و آلفا فلاندرین به ترتیب بیشترین ترکیب موجود در اسانس به‌دست‌آمده از برگ‌های رازیانه بودند. بررسی ترکیب‌های شیمیایی همه اکوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که میزان ترکیب ترانس آنتول در اکوتیپ‌های جمع‌آوری شده از ایران ترکیب غالب را تشکیل داده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های اصلاحی آینده از طریق تلاقی بین اکوتیپ‌های برتر و آزمون نتاج و انتخاب اکوتیپ‌های برتر، نسبت به تولید اکوتیپ‌های دارای کیفیت مطلوب اسانس اقدام شود.

References

Adams, R.P. 2001. Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured Publishing Crop, USA, 750p.

Bahmani, K., Izadi Darbandi, A. and Baghcheghi, R. 2012. Assessment of genetic diversity of Iranian fennel Rapid marker. *Special Twelfth Iranian Genetics Congress*, 12: 99-105.

Bernath, J. 2000. Medicinal and aromatic plants. Mezo Publication, Budapest. pp 667.

Boyadzhieva, S. and Angelov, G. 2014. Optimization of water extraction of fennel seeds. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 49 (5): 447-450.

Chowdhury, J.U., Mobarok, M.H., Bhuiyan, M.N.I. and Nandi, N.C. 2009. Constituents of essential oils from leaves and seeds of *Foeniculum vulgare* Mill. Cultivated in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Botany*, 38(2):181-183.

De Arauz, L.J., Jozala, A.F., Mazzola, P.G. and Penna, T.C.V. 2009. Nisin biotechnological production and application. *Trends in Food Science and Technology*, 20 (3-4), 146-154.

Izanloo, A., Zabet, M., Ramazani, S.H.R. and Jami, A. 2019. Evaluation of different ecotypes of fennel based on morpho-phenological and quantitative characteristics under water stress conditions. *Journal of Agroecology*, 11(3): 877-892. (In Persian).

Marotti, M., Dellacecca, V., Piccaglia, R. and Glovanelli, E. 1993. Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare*. *Acta Horticulture*, 31: 63-69.

Miguel, M.G., Cruz, C., Faleiro, L., Simões, M.T., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G. and Pedro, L.G. 2010. *Foeniculum vulgare* essential oils: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Natural Product Communications*, 5(2), 319-328.

Mojab, F., Javidnia, K., Nickavar, B. and Yazdani, D. 2007. GC-MS analysis of the essential oils of roots and leaves of Foeniculum vulgare Mill. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10(1): 36-40.

NHB. 2019. National Horticulture Board, India, publications, available at: http://nhb.gov.in/Statistics.aspx?enc=i3aXhtkJwc/n3rCHOr1FVp4BttTNWlLSQ8DhVptPrAbUppswYCodsFDUK1EY4Ru6yxB1yyjqgJ6NwxLqpANwXQ==.

Omidbeigi, R. 1997. Approaches for production and processing of medicine herbs. 2nd Volume. Tarahan-e Nashr Publication, 300-420.

Omidi, M. and Farzin, N. 2009. Biotechnological strategies in increasing efficiency of medicinal plants. Regional conference of Food and Biotechnology. Islamic Azad University of Kermanshah, 55-60, (In Persian).

Özcan, M., Űnver, A., Ucar, T. and Arslan, D. 2008. Mineral content of some herbs and herbal teas by infusion and decoction. *Food Chemistry*, 106 (3): 1120-1127.

Rahimmalek, M., Maghsoudi, H., Sabzalian, M.R. and Ghasemi Pirbalouti, A. 2014. Variability of essential oil content and composition of different Iranian fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions in relation to some morphological and climatic factors. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(6): 1365-3174.

Rezaei, M.B., Jaymand, K., Sharifi Ashourabadi, E., Madah, M. and Majd, A. 2002. Study of the effect of ultraviolet radiations on quantity and quality of the essential oils of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) in vegetative phases. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 12:1-27.

Saxena, S., Agarwal, D., John, S., Dubey, P. and Lal, G. 2018. Analysis of fennel (*Foeniculum vulgare*) essential oil extracted from green leaves, seeds and dry straw. *International Journal Seed Spices*, 8(1), 60-64.

Sharifi Rad, J., Sureda, A., Carlo Tenore, G., Daglia, M., Sharifi Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi Rad, M.R., Loizzo, M.R., Oluwaseun Ademiluyi, A., Sharifi Rad, R., Ayatollahi, S.A.M. and Iriti, M. 2017. Biological activities of essential oils: from plant chemoecology to traditional healing systems. *Molecules*, 22(1): 70.

Stefanini, M.B., Ming, L.C., Marques, M.O.M., Facanali, R., Meireles, M.A.A., Moura, L.S., Marchese, J.A. and Sousa, L.A. 2006. Essential oil constituents of different organs of fennel (*Foeniculum vulgare* var. vulgare). A Revista Brasileira de Plantas Medicinais, *Botucatu*, 8: 193-198.

Venskutonis, P.R., Dapkevicius, A. and van Beek, T.A. 1996. Essential oils of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) from Lithuania. *Journal of Essential Oil Research*, 8(2): 211-213.

Wahba, H.E., Ibrahim, M.E. and Mohamed, M.A. 2018. Comparative studies of the constituents of Fennel essential oils extracted from leaves and seeds with those extracted from waste plants after harvest. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9 (7): 2174-2179.

Yazdani, D., Shahnazi, S. and Seifi, H. 2004. Cultivation of medical plants. Applied guide for cultivation of 40 important medical plants in Iran, 1: 73-75.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 221-236

Evaluation of diversity in the amount and composition of essential oils of different fennel ecotypes (*Foeniculum vulgare* Mill.)

Shahram Riahinia[1*], Maryam Danesh Gilevaei[2]

[1]Department of Agricultural Science and Engineering, Payame Noor University, Iran
[2]Ph.D. Graduate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran

[*]Corresponding Author: Sh_riahinia@yahoo.com

Received: 11 August 2021 Accepted: 26 September 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.299337.1118**

Abstract

Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is a medicinal and industrial plant that has a variety of culinary and therapeutic purposes. The leaf essential oil percentage and compositions of 11 fennel ecotypes obtained from various geographical regions of Iran were evaluated in this study. The essential oil proportion of fennel leaves ranged from 0.47 (Khash ecotype) to 1.58% (Sari ecotype). The amount of essential oil and the percentage of α-pinene (r = 0.72*), sabinene (r = 0.61*), endo-fenchyl acetate (r = 0.64*), fenchone (r = 0.70*), and germacrene D (r = 0.73*) correlated positively and significantly. The primary constituents of the leaf essential oil were trans-anethole, limonene, and fenchone. Trans-anethole concentrations ranged from 30.36% (Sari ecotype) to 56.67% (Qazvin ecotype) and correlated negatively with -Pinene and Germacrene D. The amount of limonene ranged from 15.48% (Fasa ecotype) to 22.79% (Mahalat ecotype), and the level of fenchon ranged from 1.34% (Sardasht ecotype) to 9.72% (Fasa ecotype). Six independent and major factors explained 89.91% of the total variance in all ecotypes, according to factor analysis. Ward method cluster analysis correctly categorized five separate groups for studied ecotypes with 100% of original grouped cases. As a result, it is advised that in future breeding operations, superior ecotypes should be crossed with progeny tests and superior ecotypes should be selected to develop ecotypes with high essential oil quality.

Keywords: Medicinal plants, Monoterpenes, Sesquiterpene Hydrocarbon, Volatile oil

مقاله پژوهشی

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۵۲-۲۳۷

شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum –gereasum* L.) در شرایط مختلف رطوبتی خاک

ابوالقاسم قراخانی بنی[۱]، عبدالله قاسمی پیر بلوطی[۲*]، حمیدرضا جوانمرد[۳]، علی سلیمانی[۳]، احمدرضا گلپرور[۳]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران
۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
* مسئول مکاتبه: Ghasemi@qodsiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۰۹/۰۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.298016.1114**

چکیده

به منظور بررسی شاخص‌های رقابتی و عملکرد دو گونه گیاهان دارویی زوفا و شنبلیله در کشت مخلوط و شرایط رطوبتی مختلف خاک، آزمایشی با آرایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا گردید. کرت اصلی شامل دو سطح رطوبتی مختلف خاک شامل آبیاری در ۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی از ظرفیت زراعی، کرت فرعی شامل پنج سطح کشت زوفا ۱۰۰٪ : شنبلیله ۰، زوفا ۰ : شنبلیله ۱۰۰٪، مخلوط ردیفی زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪، زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ و زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ به صورت جایگزینی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد مقدار نسبت برابری زمین در شرایط تنش خشکی و کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بالاتر بود؛ به‌طوری‌که در شرایط تنش ملایم و کشت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله، ۲۵/۶ درصد افزایش نسبت به کشت خالص مشاهده گردید. میانگین ضریب ازدحام نسبی کل (K) در همه نسبت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش معنی‌داری ($p \leq 0.05$) داشت. هم‌چنین عملکرد از دست رفته کل (ALY_t) در همه نسبت‌های مخلوط مثبت شد که این امر بیانگر سودمندی کشت مخلوط دو گیاه است. بیش‌ترین مقدار شاخص تولید سیستم (SPI) در شرایط کشت مخلوط زوفا ۷۵٪: شنبلیله ۲۵٪ به دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد کشت مخلوط زوفا تحت کشت ردیفی با شنبلیله باعث بهبود کارآیی تولید یا بهره‌وری از منابع به خصوص در شرایط تنش خشکی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تیره نعنائیان، شاخص تولید سیستم، کارآیی تولید، لگوم، نسبت برابری زمین

مقدمه

رطوبت یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی و باغی است. این عامل نقش عمده‌ای بر رشد، نمو و تولید گیاهان دارویی و معطر دارد (Ghahremani *et al.*, 2020). تغییرات میزان آب ضمن کاهش محتوای آب در بافت های گیاهی، باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد و می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری به رشد و نمو و هم‌چنین بر مواد مؤثره‌ی دارویی گیاهان وارد نماید (Babaei *et al.*, 2021). امکان رشد و نمو در شرایط محیطی دارای تنش به ویژه خشکی از جمله مهم‌ترین خصوصیات بسیاری از گیاهان دارویی و معطر می‌باشد که آن‌ها را به گیاهانی سازگار برای بوم‌نظام‌های مناطق نیمه‌خشک تبدیل کرده است.

ایران به دلیل قرار گرفتن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک دارای بحران کمبود آب است؛ به‌طوری‌که خشک‌سالی‌های چند دهه اخیر بیانگر تشدید اثرات نامطلوب آن بر کشاورزی و تولید محصولات زراعی و باغی است. البته محدودیت اراضی مناسب کشاورزی و کاهش کیفیت خاک‌های زراعی به دلیل فرسایش منجر به محدودیت خاک به عنوان یکی دیگر از منابع در کشاورزی ایران و جهان شده است. در چند دهه اخیر تلاش می-شود تا با بهره‌گیری هم‌زمان از اراضی با کشت مخلوط شرایط برای ثبات و پایداری در بوم‌نظام‌های کشاورزی حفظ شود. کشت مخلوط می‌تواند به جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Ibrahim *et al.*, 2014). در صورتی‌که اجزای کشت مخلوط از نظر استفاده از منابع متفاوت باشند می‌توانند استفاده مؤثرتری از

نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت خالص داشته باشند (Amini Machiani *et al.*, 2018). یکی از موفق‌ترین سیستم‌های کشت مخلوط سیستمی است که در آن بقولات در مخلوط با یک گیاه غیربقولات کشت شده باشد (Rahmati *et al.*, 2020; Moghbeli *et al.*, 2019).

گیاه دارویی زوفا [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)] متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae)، گیاهی چندساله، بوته‌ای با ساقه‌های متعدد چوبی است و یکی از گیاهان مورد استفاده در صنایع داروسازی می‌باشد. این گیاه به عنوان طعم دهندهٔ غذا و انواع سس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. هم‌چنین اسانس این گیاه دارای خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی است (Aghaei *et al.*, 2019). این گیاه در طب سنتی و مدرن کاربردهای متعددی به عنوان خلط‌آور، مدر و اشتهاآور داشته و هم‌چنین در درمان ناراحتی‌های گوارشی، التهاب حنجره، آسم، برونشیت، تب‌خال و تسریع بهبود زخم تأثیر مطلوبی دارد (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2019).

شنبلیله با نام علمی (*Trigonella foenum–gereasum* L.) یکی از گیاهان تیره بقولات (Fabaceae) است که به عنوان یک گیاه دارویی و علوفه‌ای به دلیل پوشش مناسب بر روی خاک به عنوان یکی از گیاهان مناسب کشت مخلوط با سایر گیاهان زراعی و باغی معرفی شده است. این گیاه دارای ارتفاع ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و برگ‌های متناوب و مرکب از سه برگچه می‌باشد. دانه‌های این گیاه در درمان دیابت و قند خون در طب سنتی و گیاه‌درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هم‌چنین اندام‌های هوایی شنبلیله به عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گرفته است. ریشه آن نیز دارای مواد دگرآسیب می‌باشد که این مواد از جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (Salehi *et al.*, 2018; Salehi Surmaghi, 2008).

با بررسی اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل بر شاخص‌های رقابتی و عملکرد در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) گزارش شد که تنش کم‌آبی باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی نسبت برابری زمین نخود و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد (Mohavieh Asadi *et al.*, 2019). نتایج مطالعه‌ای در خصوص تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو با حبوبات نشان داد که اعمال تنش آبی باعث کاهش ۲۰، ۴۳ و ۴۰ درصدی به ترتیب عملکرد دانه جو، نخود و باقلا و افزایش ۱/۹، ۴۲ و ۲۰/۲ درصدی نسبت برابری زمین جزئی به ترتیب ارقام جو و حبوبات و نسبت برابری زمین کل شد. شاخص‌های غالبیت و نسبت رقابت نشان دادند که در شرایط آبیاری مطلوب، ارقام جو جزء غالب بودند و در شرایط تنش آبی، قدرت رقابتی حبوبات افزایش یافت (Niksirat *et al.*, 2018).

یکی از راهکارهای بررسی بهره‌وری کشت مخلوط، استفاده از شاخص‌های سودمندی است. در بوم‌نظام کشت مخلوط، هر دو جمعیت گیاهی برای بهره‌برداری از منابع یکسان یا مشابه رقابت دارند (Moghbeli *et al.*, 2019). در این خصوص مفاهیم ریاضی می‌توانند به پژوهش‌گران در خلاصه‌بندی، تفسیر و تشریح نتایج رقابت‌های گیاهی کمک کنند و امکان مقایسه نتایج تحقیقات مختلف را فراهم سازند. چندین شاخص معتبر از جمله نسبت برابری زمین، بهره‌وری سیستم، غالبیت و عملکرد از دست رفته واقعی جهت برآورد میزان رقابت و مزیت نسبی کشت مخلوط به کار برده شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011). در این میان نسبت برابری زمین در ارزیابی مزیت سیستم کشت مخلوط به تک‌کشتی، بیش‌ترین کاربرد را دارد (Dhima *et al.*, 2007). در مطالعه‌ای گزارش شد که کارآیی استفاده از زمین در مقایسه با کشت خالص، در حدود ۳۲-۱۲ درصد افزایش یافت و بالاترین راندمان کل زمین (۵/۹ تن در هکتار) و نسبت برابری زمین (۱/۳۲) در ترکیب ۲:۱ جو با نخود فرنگی (*Pisium sativum* L.) حاصل شد (Chapagainand Riseman, 2014). در بررسی اثر کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) بر رشد، کیفیت و نسبت برابری زمین در شرایط نیمه‌خشک، بهترین تیمار کشت مخلوط سیستم کاشت ۵۰٪ زعفران : ۵۰٪ زیره سبز بود و این تیمار بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (LER) را داشت (Koocheki *et al.*, 2016). نتایج حاصل از تحقیقات، نشان داد که تیمار کشت بین ردیفی، ۲۵٪ گشنیز (*Coriandrum sativum* L.): ۷۵٪ شنبلیله، بیش‌ترین ارتفاع و عملکرد زیست‌توده شنبلیله، بیش‌ترین نسبت برابری زمین، کم‌ترین درصد اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد زیست‌توده گیاه گشنیز را به خود اختصاص دادند (Bigonah *et al.*, 2014).

هم‌چنین در یک پژوهش گزارش گردید که کشت مخلوط ۷۵٪ نخود : ۲۵٪ جو دارای بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۱۱)، شاخص بهره‌وری سیستم (۲/۹۲) و ضریب تراکم نسبی (۱/۵۵) بود (Lamei Harvani, 2013).

بنابراین با توجه به اهمیت موضوع شرایط کمبود آب در چند سال اخیر و هم‌چنین استفاده بهینه از منابع و تنوع زیستی به نظر می‌رسد استفاده از سیستم کشت مخلوط در کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی می‌تواند در ثبات و پایداری بوم‌نظام کشاورزی مؤثر باشد. محاسبه شاخص‌های اکولوژیکی و اقتصادی در رابطه با کشت مخلوط ارزیابی دقیقی از برتری کشت مخلوط و مزیت‌های آن نسبت به کشت خالص ارائه می‌دهد؛ لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط گیاه دارویی و معطر زوفا و شنبلیله به عنوان لگوم در شرایط مختلف رطوبتی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

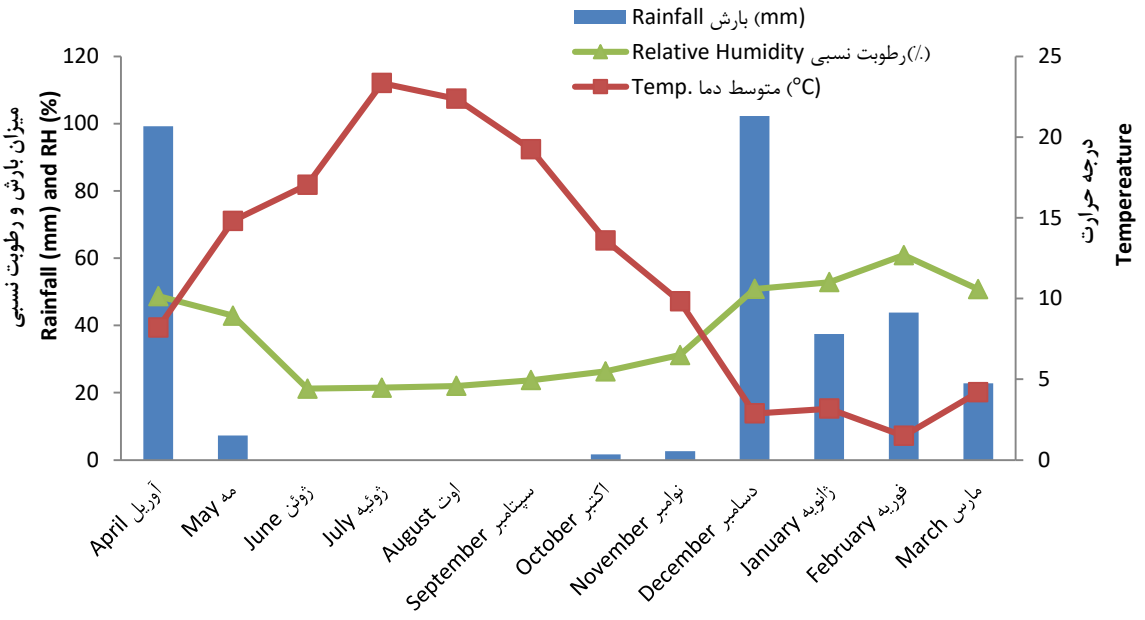
این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی) و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا گردید. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارندگی ۳۴۰ میلی‌متر با دمای روزانه حداقل ۱۰ و حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و براساس طبقه‌بندی اقلیم به روش کوپن (Koppen)، منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوا سرد، خشک و نیمه‌خشک و مرطوب است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده (اسپیلت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل دو سطح مختلف رطوبت خاک با استفاده از رطوبت-سنج و آبیاری بر مبنای ظرفیت زراعی (۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی از ظرفیت زراعی)، کرت فرعی، سطوح کشت مخلوط ردیفی شامل کشت خالص زوفا، کشت خالص شنبلیله و سه نسبت مخلوط زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪، زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ و زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ (به صورت جایگزین به‌طوری‌که در چهار ردیف کشت در هر کرت به تناسب درصدها جایگزینی کشت انجام شد. مثلاً در زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ سه ردیف زوفا و یک ردیف وسطی شنبلیله کشت شد) در نظر گرفته شد. قبل از انجام آزمایش از خاک مزرعه نمونه‌گیری انجام شد و سپس در آزمایشگاه خاک‌شناسی خصوصیات آن تعیین گردید (جدول ۱). با توجه به خصوصیات خاک و گیاه مورد نظر مدیریت کودی (صرفاً مصرف کود حیوانی) اعمال گردید.

عملیات تهیه بستر و کاشت در اواخر فروردین سال ۱۳۹۷ انجام شد. کاشت شنبلیله در تاریخ ۱۰ اردیبهشت‌ماه به‌صورت کشت مستقیم در زمین و در ردیف‌هایی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و بوته‌ها با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم به صورت ردیفی در کرت‌هایی با ابعاد ($۲^m \times ۲^m$) کشت شدند و بلافاصله آبیاری انجام گردید. در مرحله دوم نشاءهای زوفا در اوایل خرداد در کرت‌ها در روی ردیف‌هایی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از هم و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر بر روی ردیف‌ها کاشته شد و آبیاری انجام گردید. ابتدا با تراکم بالا کشت شنبلیله انجام شد و بعد از ۲ تا ۳ هفته استقرار عملیات تنک کردن مطابق با تراکم مورد نظر انجام شد. تراکم ۴۰ بوته شنبلیله در متر مربع و ۱۶ بوته زوفا در متر مربع در کشت خالص و در کشت‌های مخلوط زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ به تعداد ۸ بوته زوفا و ۲۰ بوته شنبلیله در متر مربع، زوفا ۷۵٪: شنبلیله ۲۵٪ با تراکم ۱۲ بوته زوفا و ۱۰ بوته شنبلیله و برای زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ تعداد ۴ بوته در مربع زوفا و ۳۰ بوته شنبلیله در نظر گرفته شد. برداشت هر دو گیاه که به صورت هم‌زمان بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ روز بعد از کاشت انجام گردید.

مراقبت‌های لازم در مزرعه به صورت مداوم تا استقرار نشاءها صورت گرفته و در صورت نیاز به واکاری دو هفته بعد از کشت واکاری انجام گردید. دور آبیاری با توجه به بررسی منابع (Aghaei *et al.*, 2019) و رطوبت خاک (۷۵٪ ظرفیت زراعی و ۵۰٪ ظرفیت زراعی) و با اندازه یکسان برای تیمارها انجام شد. کل آب قابل استفاده (TAW) و رطوبت سهل‌الوصول (RAW) از روابط زیر محاسبه شد (Ramamohan *et al.*, 2014).

معادله (۱) $TAW = [(FC–PWP) / 100] \times y \times Zr \times 1000$

که در آن FC: رطوبت وزنی ظرفیت زراعی مزرعه (درصد)، PWP : رطوبت وزنی نقطه پژمردگی دائم (درصد)، y : وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و Zr : عمق ریشه (متر).



شکل ۱- متوسط دما، بارش و رطوبت نسبی سال ۹۷-۱۳۹۶ منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Monthly temperature, precipitation, and average humidity during 2017-2018

معادله (۲) $RAW = TAW \times P$

که در آن P ضریب سهل‌الوصول بوده و کم‌تر از یک می‌باشد که به نوع گیاه و مرحله رشدی گیاه بستگی دارد. در این آزمایش ۰/۶ در نظر گرفته شده است (Richard *et al.*, 1998).

بر اساس روابط ۱ و ۲ برای تیمار آبیاری ۲۵٪ تخلیه رطوبتی خاک از ظرفیت زراعی، ۱۰۰ لیتر آب در هر کرت و برای تیمار ۵۰٪ تخلیه رطوبتی خاک از ظرفیت زراعی معادل ۶۷ لیتر آب آبیاری در هر کرت توسط کنتور استفاده گردید. زمان آبیاری توسط دستگاه رطوبت‌سنج خاک (Lutron PMS-714, Taiwan) تعیین شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Some physical and chemical properties from the field soil

بافت خاک Soil texture	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	درصد آهک T.N.V	کربن آلی O.C	شوری EC	اسیدیته pH	ظرفیت زراعی F.C	نقطه پژمردگی دائم P.W.P	وزن مخصوص ظاهری BD
-	(%)	($mg.kg^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)	(%)	(%)	($dS.m^{-1}$)	-	(%)	(%)	($g.cm^{-3}$)
لوم رسی Clay loam	0.05	313	22.1	25.5	0.62	0.495	8.09	19.1	5.2	1.15

سایر مراقبت‌های زراعی مانند مبارزه با علف‌های هرز (وجین دستی) و غیره به صورت مستمر در صورت نیاز انجام شد. برداشت هر دو گیاه به طور هم‌زمان در اواخر مرداد انجام گرفت. با حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌ها با داس توسط دست برداشت شدند و برای به دست آوردن وزن خشک نمونه‌ها، گیاه شنبلیله در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون به مدت ۷۲ ساعت و گیاه زوفا به مدت یک هفته در سایه و در شرایط تهویه مناسب خشک شدند (Aghaei *et al.*, 2019).

برای ارزیابی کارآیی و سودمندی کشت مخلوط از معیارهای نسبت برابری زمین (Dhima *et al.*, 2007)، غالبیت (Agegnehu *et al.*, 2006)، ضریب ازدحام نسبی (Banik *et al.*, 2006)، عملکرد از دست رفته واقعی (Banik *et al.*,

2006)، شاخص تولید سیستم (Agegnehu*et al.*, 2006) و سودمندی کشت مخلوط (Banik *et al.*, 2006) از معادلات ۳ تا ۱۷ استفاده گردید.

معادله (۳) نسبت برابری زمین مجموع

$$LER= (LER_a + LER_b)$$

معادله (۴) نسبت برابری زمین زوفا

$$LER_a=Y_{ai}/Y_a$$

معادله (۵) نسبت برابری زمین شنبلیله

$$LER_b=Y_{bi} /Y_b$$

معادله (۶) غالبیت گیاه زوفا

$$A_a=(Y_{ai}/Y_aZ_{ai}) – (Y_{bi}/Y_bZ_{bi})$$

معادله (۷) غالبیت گیاه شنبلیله

$$A_b = (Y_{bi}/Y_bZ_{bi}) – (Y_{ai}/Y_aZ_{ai})$$

معادله (۸) ضریب ازدحام نسبی

$$K = K_aK_b$$

معادله (۹) ضریب ازدحام نسبی زوفا

$$K_a = Y_{ai}Z_{bi}/(Y_a – Y_{ai})Z_{ai}$$

معادله (۱۰) ضریب ازدحام نسبی شنبلیله

$$K_b = Y_{bi}Z_{ai}/(Y_b – Y_{bi})Z_{bi}$$

معادله (۱۱) عملکرد از دست رفته واقعی مجموع

$$AYL = AYL_a + AYL_b$$

معادله (۱۲) عملکرد از دست رفته واقعی زوفا

$$AYL_a = \{[(Y_{ai}/Z_{ai}) \div (Y_a/Z_a)] -1\}$$

معادله (۱۳) عملکرد از دست رفته واقعی شنبلیله

$$AYL_b = \{[(Y_{bi}/Z_{bi}) \div (Y_b/Z_b)] -1\}$$

معادله (۱۴) شاخص تولید سیستم

$$SPI=(Y_a/Y_b)\ Y_{bi}+Y_{ai}$$

معادله (۱۵) سودمندی نسبی کشت مخلوط

$$IA=IA_a + IA_b$$

معادله (۱۶) سودمندی زوفا در کشت مخلوط

$$IA_a = AYL_ap_a$$

معادله (۱۷) سودمندی شنبلیله در کشت مخلوط

$$IA_b = AYL_bp_b$$

که در این معادلات Y_{ai}، Y_a، Y_{bi} و Y_b به ترتیب عملکرد گیاه زوفا در کشت مخلوط، عملکرد گیاه زوفا در کشت خالص، عملکرد گیاه شنبلیله در کشت مخلوط و عملکرد گیاه شنبلیله در کشت خالص می‌باشد. هم‌چنین Z_{ai}، Z_{bi}، p_a و p_b به ترتیب فراوانی گیاه زوفا و گیاه شنبلیله در کشت مخلوط، قیمت هر کیلوگرم محصول زوفا و قیمت هر کیلوگرم محصول شنبلیله می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش و میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS (V9.4) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است نسبت برابری زمین یا LER مجموع دو گیاه به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و نسبت‌های مخلوط قرار گرفته است (جدول ۲). بیش‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۲۵۶) در شرایط تنش ملایم و نسبت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله به دست آمد و کم‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۰۷۲) در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله حاصل شد. برهم‌کنش تیمارهای تنش ملایم و کشت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله، ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله و ۲۵٪ زوفا : ۷۵٪ شنبلیله باعث افزایش به ترتیب ۲۵/۶، ۲۵/۴ و ۷/۷ درصدی نسبت برابری کل نسبت به کشت خالص گردید. هم‌چنین برهم‌کنش تیمارهای تنش شدید و کشت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله، ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله و ۲۵٪ زوفا : ۷۵٪ شنبلیله باعث افزایش به ترتیب ۹، ۷/۲ و ۲۰ درصدی نسبت برابری کل نسبت به کشت خالص شد (جدول ۳). برتری نسبت برابری زمین در نسبت‌های مخلوط تحت شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به کشت خالص نشان‌دهنده بهره‌وری بهتر از رطوبت در کشت مخلوط و تا حدودی کاهش اثرات تنش خشکی می‌باشد (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد در شرایطی که نسبت‌های مساوی از دو گیاه در مخلوط به کار برده می‌شوند با متعادل شدن شرایط رشد، هر دو گیاه با ایجاد رقابت کم‌تر، از منابع موجود بهره بهتری می‌برند و اثر مطلوب بیش‌تری بر رشد یکدیگر دارند (Aminifar *et al.*, 2016). با این وجود اثر دو گیاه زوفا و شنبلیله بر نسبت برابری زمین برابر نبوده به‌طوری‌که زوفا با نسبت برابری زمین (۰/۷۲) نسبت به شنبلیله با نسبت برابری زمین (۰/۵۳) سهم بیشتری داشت و شاید دلیل بالاتر

بودن نسبت برابری زمین زوفا، برتری این گیاه در رقابت با شنبلیله باشد. افزایش جذب عناصر غذایی و آب به‌وسیله سیستم ریشه‌ای متفاوت در کشت مخلوط (Stolz and Nadean, 2014) و از طرفی افزایش LER زوفا در شرایط تنش ملایم باعث شد تا LER کل افزایش یابد. در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا تحت سطوح مختلف تنش خشکی انجام شد، نسبت برابری زمین در تمامی کشت‌های مخلوط بالاتر از یک بود ولی این میزان با افزایش سطوح تنش خشکی کاهش یافت (El-sharif and Ali, 2015). هم‌چنین بالاتر بودن نسبت برابری زمین در نسبت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله می‌تواند ناشی از اثر مثبت گیاه لگوم در تثبیت نیتروژن و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای برای کسب منابع رشدی باشد (Amini Machiani *et al*., 2018; Moghbeli *et al*., 2019).

درکشت مخلوط لگوم‌های علوفه‌ای با گرامینه‌ها نسبت برابری زمین بالاتر از یک به‌دست آمد. تیمار کشت مخلوط ۷۰ درصد تریتیکاله : ۳۰ درصد ماشک علوفه‌ای با نسبت برابری زمین ۱/۵۴ نسبت به سایر نسبت‌های کشت از برتری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بود (Rabiee and Farahdahr, 2020). علت بالا بودن نسبت برابری زمین بیش‌تر از یک را می‌توان تثبیت و جذب نیتروژن در بقولات دانست (Monti *et al*., 2016). در کشت مخلوط بادرنجبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) و سویا (Fallah *et al*., 2018) و کشت ردیفی بادرنجبویه با باقلا (Vafadar-Yengeje *et al*., 2019) مشخص شد که کشت مخلوط گیاهان دارویی با لگوم‌ها نسبت به کشت خالص آن‌ها برتری دارد، به‌طوری‌که بالاترین نسبت برابری زمین بیش از یک گزارش کردند.

ضریب ازدحام نسبی (K)، قدرت رقابت یک گونه را نسبت به گونه دیگر نشان می‌دهد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل تنش خشکی و کشت مخلوط بر ضریب ازدحام نسبی زوفا، شنبلیله و ضریب ازدحام نسبی مجموع در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد حداکثر ضریب ازدحام نسبی زوفا (۳/۳۱) مربوط به تیمارهای تنش ملایم و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله بود. هم‌چنین بالاترین ضریب ازدحام نسبی کل (۴/۶۲) در شرایط تنش ملایم و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله دیده شد (جدول ۵). با افزایش سهم نسبی هر جزء در مخلوط، ضریب ازدحام نسبی نیز افزایش می‌یابد. هر اندازه مقدار ضریب ازدحام نسبی بیش‌تر باشد بدان معنی است که هر دو جزء در کشت مخلوط اثرات رقابتی کم‌تری بر هم‌دیگر دارند و در مجموع کارآیی سیستم افزایش می‌یابد. در کشت مخلوط گیاه برخوردار از ضریب ازدحام نسبی کم‌تر به عنوان گیاه مغلوب و گیاه دیگر به عنوان جزء غالب تلقی می‌گردد (Agegnehu *et al*., 2006). از طرفی مشاهده شد که میانگین ضریب ازدحام نسبی کل در همه نسبت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش داشت که این امر بیانگر سودمندی کشت مخلوط گیاه نخود با غلات (گندم، تریتیکاله و چاودار) بود (Litourgidis *et al*., 2011).

در مطالعه‌ای در خصوص کشت مخلوط سیاه‌دانه و شنبلیله مشخص شد که کشت مخلوط ۲۵ درصد سیاه‌دانه : ۷۵ درصد شنبلیله در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز، دارای بیش‌ترین ضریب ازدحام نسبی بود (Mehni *et al*., 2020). در تحقیقی دیگر بر روی شاخص‌های اکولوژیکی کشت مخلوط آفتابگردان و سویا ارزش این ضریب (k) برای آفتابگردان بسیار بیش‌تر از یک بود و نشان‌دهنده مزیت آفتابگردان نسبت به سویا در الگوهای مخلوط با مقادیر بالاتر در مقایسه با سویا بود (Javanmard *et al*., 2018).

عملکرد از دست رفته واقعی (AYL) زوفا، شنبلیله و مجموع دو گیاه برای نسبت‌های مخلوط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ این در حالی بود که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی این صفات نداشت. با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و نسبت‌های مخلوط بر عملکرد از دست رفته زوفا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۶). بیش‌ترین میزان میانگین AYL زوفا (۴/۱۳) در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۲۵٪ زوفا : ۷۵٪ شنبلیله مشاهده شد و کم‌ترین میزان این شاخص (۰/۲۹) در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله حاصل شد. هم‌چنین بالاترین میزان میانگین AYL شنبلیله (۴/۴۸) در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله و پایین‌ترین میزان این شاخص (۰/۳۷) در شرایط تنش ملایم و نسبت مخلوط ۲۵٪ زوفا : ۷۵٪ شنبلیله مشاهده شد. AYL کل نشان داد هیچ یک از سطوح تنش خشکی و نسبت‌های مخلوط افت عملکرد نداشته و تمامی مقادیر AYL عددی مثبت داشتند (جدول ۷). با توجه به مثبت بودن مقادیر

AYL_t در تمامی نسبت‌های مخلوط، کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گیاه سودمندتر بوده است و نشان می‌دهد هر دو گیاه در رقابت با یکدیگر سود برده و این رقابت باعث افزایش عملکرد شده است (Ahmadi *et al*., 2010). در بررسی عملکرد و شاخص‌های سودمندی درکشت مخلوط شوید با شنبلیله گزارش نمودند با محاسبه AYL کل هیچ‌کدام از نسبت‌های مخلوط افت عملکرد نداشته و تمامی مقادیر مثبت بوده و دلیل آن را به استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای نسبت دادند (Rezaei chiyaneh *et al*., 2016).

نتایج تجزیه واریانس شاخص SPI نشان داد که برهم‌کنش تنش خشکی و نسبت‌های مخلوط اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۶). بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم (۲۰۹۲/۳۴) در شرایط تنش ملایم و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله حاصل شد و کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم (۵۲۷/۵۸) در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله به‌دست آمد (جدول ۷). بالا بودن شاخص نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط عامل اصلی در بالا بودن شاخص SPI در این تیمارها می‌باشد. محققین گزارش نمودند در کشت مخلوط نخود با جو در شرایط تنش کم‌آبی، بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به ترتیب با ۳۵۴۰/۷ و ۳۵۲۵/۳ در تیمارهای کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب و کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به ترتیب با ۷۳۸/۱، ۱۰۴۸/۸ و ۵۸۷/۹ در تیمارهای جو در آذر + نخود در دی، جو + نخود در آذر و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش آبی به‌دست آمد (Mohavieh Asadi *et al*., 2019).

نتایج تجزیه واریانس شاخص غالبیت نشان داد که برهم‌کنش تنش خشکی و نسبت‌های مخلوط اثر معنی‌داری بر شاخص غالبیت گیاه زوفا و شنبلیله داشت (جدول ۶).

شاخص غالبیت نشان‌دهنده این است که افزایش عملکرد نسبی یک گونه در کشت مخلوط بیش‌تر از گونه دیگر است (Litourgidis *et al*., 2011). در این مطالعه، غالبیت گیاه زوفا در تمامی تیمارهای تنش و نسبت‌های مخلوط، بیش‌تر از غالبیت گیاه شنبلیله بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط زوفا و شنبلیله تحت شرایط مختلف رطوبتی

Table 2- Analysis of variance for land equivalent ratio (LER) of hyssop and fenugreek intercropping treatments under different moisture conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	نسبت برابری زمین زوفا Land equivalent ratio of hyssop	نسبت برابری زمین شنبلیله Land equivalent of fenugreek	نسبت برابری زمین کل Total land equivalent ratio
تکرار Replication	3	0.00322^{ns}	0.00054^{ns}	0.00487^{*}
تنش Stress (A)	1	0.0553^{*}	0.0098^{ns}	0.01845^{**}
خطای a Error a	3	0.00265	0.00225	0.000255
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratio (B)	4	1.3008^{**}	1.263^{**}	0.06293^{**}
تنش × نسبت‌های مخلوط Stress × Intercropping ratio	4	0.0244^{**}	0.00428^{**}	0.03304^{**}
خطای b Error b	24	0.00146	0.00097	0.00318
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.88	5.78	5.14

n.s، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین زوفا، شنبلیله و کل تحت شرایط مختلف رطوبتی و الگوهای کاشت

Table 3- The mean comparison for land equivalent ratio of hyssop, fenugreek and total under different moisture and cropping patterns

تیمارها Treatments		نسبت برابری زمین زوفا Land equivalent ratio of hyssop	نسبت برابری زمین شنبلیله Land equivalent of fenugreek	نسبت برابری زمین کل Total land equivalent ratio
٪۷۵ ظرفیت زراعی %75 F.C.	٪۱۰۰ زوفا %100 Hyssop	1.00 a†	-	1.00 c
	٪۱۰۰ شنبلیله %100 Fenugreek	-	1.00 a	1.00 c
	٪۵۰ زوفا : ٪۵۰ شنبلیله Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	0.72 c	0.53 d	1.256 a
	٪۷۵ زوفا : ٪۲۵ شنبلیله Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	0.94 b	0.31 e	1.254 a
	٪۲۵ زوفا : ٪۷۵ شنبلیله Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	0.30 e	0.77 c	1.077 bc
٪۵۰ ظرفیت زراعی %50 F.C.	٪۱۰۰ زوفا %100 Hyssop	1.00 a	-	1.00 c
	٪۱۰۰ شنبلیله %100 Fenugreek	-	1.00 a	1.00 c
	٪۵۰ زوفا : ٪۵۰ شنبلیله Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	0.54 d	0.54 d	1.09 b
	٪۷۵ زوفا : ٪۲۵ شنبلیله Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	0.72 c	0.34 e	1.072 bc
	٪۲۵ زوفا : ٪۷۵ شنبلیله Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	0.32 e	0.88 b	1.20 a

†میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

†Means with similar letter had not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

جدول ۴- تجزیه واریانس ضریب ازدحام نسبی در تیمارهای کشت مخلوط زوفا با شنبلیله تحت شرایط مختلف رطوبتی

Table 4- Analysis of variance for relative crowding coefficient of hyssop and fenugreek intercropping treatments under different moisture conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی جزء Partial d.f	درجه آزادی کل Total d.f	ضریب ازدحام نسبی زوفا Relative crowding coefficient of hyssop	ضریب ازدحام نسبی شنبلیله Relative crowding coefficient of fenugreek	ضریب ازدحام نسبی کل Total relative crowding coefficient
تکرار Replication	3	3	14.96^{ns}	0.0542^{ns}	$0.7769^{n.s}$
تنش Stress (A)	1	1	6.29^{**}	1.560^{ns}	2.534^{*}
خطای a Error a	3	3	0.119	0.2486	0.1119
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratio (B)	3	4	2.338^{**}	1.1976^{**}	7.514^{**}
تنش × نسبت‌های مخلوط Stress × Intercropping ratio	3	4	2.581^{**}	0.9430^{**}	6.043^{**}
خطای b Error b	18	24	0.098	0.1360	0.5697
ضریب تغییرات CV (%)	-	-	19.27	26.51	38.06

n.s، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین ضریب ازدحام نسبی گیاه زوفا، شنبلیله و مجموع دو گیاه تحت شرایط مختلف رطوبتی و الگوهای کاشت

Table 5- The mean comparison for relative crowding coefficient of hyssop, fenugreek and sum of two plants under different moisture and cropping patterns

	تیمارها Treatments	ضریب ازدحام نسبی زوفا Relative crowding coefficient of hyssop	ضریب ازدحام نسبی شنبلیله Relative crowding coefficient of fenugreek	ضریب ازدحام نسبی کل Total relative crowding coefficient
٪۷۵ ظرفیت زراعی %75 F.C.	زوفا ٪۱۰۰ Hyssop (%100)	1.00 c†	-	1.00 c
	شنبلیله ٪۱۰۰ Fenugreek (%100)	-	1.00 c	1.00 c
	زوفا ٪۵۰ : شنبلیله ٪۵۰ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	2.64 b	1.14 bc	3.01 b
	زوفا ٪۷۵ : شنبلیله ٪۲۵ Hyssop: Fenugreek (%75:%25)	3.31 a	1.37 bc	4.62 a
	زوفا ٪۲۵ : شنبلیله ٪۷۵ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	1.31 c	1.15 bc	1.54 c
٪۵۰ ظرفیت زراعی %50 F.C.	زوفا ٪۱۰۰ Hyssop (%100)	1.00 c	-	1.00 c
	شنبلیله ٪۱۰۰ Fenugreek (%100)	-	1.00 c	1.00 c
	زوفا ٪۵۰ : شنبلیله ٪۵۰ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	1.21 c	1.24 bc	1.48 c
	زوفا ٪۷۵ : شنبلیله ٪۲۵ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	1.08 c	1.57 b	1.82 c
	زوفا ٪۲۵ : شنبلیله ٪۷۵ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	1.42 c	2.62 a	3.34 b

†میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

†Means with similar letter had not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

جدول ۶- تجزیه واریانس غالبیت، شاخص بهره‌وری سیستم و عملکرد از دست رفته واقعی در تیمارهای کشت مخلوط زوفا با شنبلیله تحت شرایط مختلف رطوبتی

Table 6- Analysis of variance for aggressively, system productivity index and actual yield loss of hyssop and fenugreek intercropping treatments under different moisture conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	غالبیت Aggressively		شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss		
		A_h	A_f		ALY_h	ALY_f	AYL_t
تکرار Replication	3	0.0004^{ns}	0.0004^{ns}	22357.7^{ns}	0.240^{ns}	0.220^{ns}	0.822^{*}
تنش Stress (A)	1	0.0482^{ns}	0.0482^{ns}	8969349.1^{**}	0.439^{ns}	0.378^{ns}	002^{ns}
خطای a Error a	3	0.0064	0.0064	27302.4	0.094	0.075	0.063
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratio (B)	2	$0.0162^{n.s}$	$0.0162^{n.s}$	308139.01^{**}	25.94^{**}	32.19^{**}	9.72^{**}
تنش × نسبت‌های مخلوط Stress × Intercropping ratio	2	0.0325^{**}	0.0325^{**}	361116.39^{**}	0.492^{*}	0.098^{ns}	0.644^{ns}
خطای b Error b	12	0.0046	0.0046	5678.03	0.096	0.1472	0.2087
ضریب تغییرات CV (%)	-	31.65	31.65	6.55	15.4	19.57	11.51

n.s، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

بیش‌ترین میزان غالبیت زوفا (۰/۳۷) در شرایط تنش ملایم و نسبت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح نسبت‌های مخلوط در شرایط تنش ملایم و تنش شدید داشت (جدول ۸). با توجه به این‌که ضریب غالبیت با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در نسبت‌های مخلوط است (Eslami Khalili *et al*., 2011)، در این آزمایش گیاه زوفا در شرایط تنش ملایم و تنش شدید، به دلیل داشتن ضریب غالبیت مثبت از توان رقابت بالاتری نسبت به شنبلیله برخوردار است (جدول ۸). با توجه به این‌که ممکن است تا حدودی در شرایط تنش ملایم آب کافی برای هر دو گیاه وجود داشته باشد و از طرفی توانایی جذب نیتروژن تثبیت شده در لگوم‌ها از طریق ریشه انجام می‌شود (Parsa and Bagheri, 2008) شاید بتوان گفت که رقابت بین زوفا و شنبلیله بیش‌تر بر سر جذب نور باشد تا آب و مواد غذایی از خاک. بوته‌های زوفا به دلیل ارتفاع بیش‌تر نسبت به شنبلیله، سایه‌اندازی بیش‌تری داشته که یک برتری در جذب نور است (Hamzei and Seyedi, 2013) و این موضوع می‌تواند عامل غالبیت زوفا در شرایط تنش ملایم باشد. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعاتی که بر روی کشت مخلوط جو : نخود تحت تنش کم‌آبی (Mohavieh Asadi *et al*., 2019) و الگوهای مختلف کشت مخلوط جو : باقلا انجام شده، مطابقت داشت (Mojtabaie Zamani and Norouzi, 2017).

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص تولید سیستم و عملکرد از دست رفته واقعی زوفا، شنبلیله و مجموع دو گیاه تحت شرایط مختلف رطوبتی خاک و الگوهای کاشت

Table 7- The mean comparison for system productivity index and actual yield loss of hyssop, fenugreek and sum of two plants under different moisture and cropping patterns

تیمارها Treatments		شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss		
			AYL_h	AYL_f	AYL_t
۷۵٪ ظرفیت زراعی %75 F.C.	زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ Hyssop: Fenugreek (%50:%50)	1887.88 b†	1.89 b	1.13 bc	3.02 b
	زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	2092.34 a	0.67 d	3.99 a	4.67 a
	زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	1304.76 c	3.88 a	0.37 d	4.23 a
۵۰٪ ظرفیت زراعی %50 F.C.	زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	527.58 d	1.18 c	1.19 b	2.38 b
	زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	530.64 d	0.29 d	4.48 a	4.78 a
	زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	558.78 d	4.13 a	0.57 cd	4.70 a

†میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

†Means with similar letter had not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

شاخص سودمندی مخلوط زوفا، شنبلیله و مجموع دو گیاه برای تیمار کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ در حالی‌که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر روی این شاخص نداشت. هم‌چنین اثر متقابل تنش خشکی و نسبت‌های مخلوط برای گیاه زوفا و مجموع دو گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۹). بیش‌ترین میزان شاخص سودمندی مخلوط برای زوفا و مجموع دو گیاه در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۲۵٪ زوفا : ۷۵٪ شنبلیله به‌دست آمد و کم‌ترین میزان این شاخص برای زوفا در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله مشاهده گردید. کم‌ترین میزان این شاخص برای مجموع دو گیاه در شرایط تنش شدید و نسبت مخلوط ۵۰٪ زوفا : ۵۰٪ شنبلیله حاصل شد (جدول ۱۰). به‌نظر می‌رسد افزایش شاخص سودمندی مخلوط در این آرایش کشت به دلیل استفاده بهتر گیاه زوفا از منابع آب، نور و مواد غذایی می‌باشد که در این رابطه برخی محققین نیز بر این موضوع اذعان داشته‌اند و بالا بودن شاخص سودمندی در کشت مخلوط را به استفاده بهینه

از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلاف مورفولوژیک و فیزیولوژیکی بین آن دو گونه که سبب بهبودی جذب و کارایی مصرف نور، تثبیت و جذب نیتروژن، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه و کاهش رشد و زیست‌توده علف‌های هرز می‌شود نسبت داده‌اند (Mehni *et al*., 2020). هم‌چنین در مطالعه‌ای گزارش شده که در کشت‌های مخلوط جو + نخود و جو + باقلا در شرایط قطع آبیاری، هر دو جزء با داشتن سودمندی مثبت توانسته‌اند از منابع به‌صورت مکمل استفاده کرده و عملکرد خود را افزایش دهند (Niksirat *et al*., 2018).

جدول ۸- مقایسه میانگین غالبیت زوفا و شنبلیله تحت شرایط رطوبتی مختلف و الگوهای کاشت

Table 8- The mean comparisons for aggressively of hyssop and fenugreek under different moisture condition and cropping patterns

تیمارها Treatments		غالبیت زوفا Aggressively of Hyssop	غالبیت شنبلیله Aggressively of fenugreek
۷۵٪ ظرفیت زراعی %75 F.C.	زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	0.3784 a†	-0.3784 b
	زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	0.1678 b	-0.1678 a
	زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	0.2336 b	-0.2336 a
۵۰٪ ظرفیت زراعی %50 F.C.	زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	0.1439 b	0.1439 a
	زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	0.1743 b	0.1743 a
	زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	0.1927 b	-0.1927 a

†میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

†Means with similar letter had not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

جدول ۹- تجزیه واریانس سودمندی نسبی در تیمارهای کشت مخلوط زوفا با شنبلیله تحت شرایط مختلف رطوبتی

Table 9- Analysis of variance for advantage indices of hyssop and fenugreek intercropping treatments under different moisture conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	شاخص سودمندی نسبی Intercropping Advantage Index		
		LA_h	LA_f	LA_t
تکرار Replication	3	11622.14^{ns}	2204.97^{ns}	21791.49^{ns}
تنش Stress (A)	1	21258.64^{ns}	3783.42^{ns}	7105.45^{ns}
خطای a Error a	3	4587.06	755.63	2984.32
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratio (B)	2	1255912.01**	321921.28**	512643.89**
تنش × نسبت‌های مخلوط Stress × Intercropping ratio	2	23850.10*	981.02^{ns}	26007.93*
خطای b Error b	12	4683.55	1472.69	5379.33
ضریب تغییرات CV (%)	-	15.49	19.57	11.50

n.s، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین سودمندی نسبی زوفا و شنبلیله و کل، تحت شرایط رطوبتی مختلف و الگوهای کاشت

Table 10- The mean comparison for advantage indices of hyssop, fenugreek and total under different moisture and cropping patterns

تیمارها Treatments		شاخص سودمندی نسبی Intercropping Advantage Index		
		LA_h	LA_f	LA_t
۷۵٪ ظرفیت زراعی %75 F.C.	زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	425.93 b†	113.38 bc	529.30 b
	زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	184.72 d	399.47 a	548.19 b
	زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	849.33 a	37.54 d	886.88 a
۵۰٪ ظرفیت زراعی %50 F.C.	زوفا ۵۰٪ : شنبلیله ۵۰٪ Hyssop : Fenugreek (%50:%50)	261.04 c	119.53 b	380.57 c
	زوفا ۷۵٪ : شنبلیله ۲۵٪ Hyssop : Fenugreek (%75:%25)	65.42 d	448.92 a	514.35 b
	زوفا ۲۵٪ : شنبلیله ۷۵٪ Hyssop : Fenugreek (%25:%75)	908.94 a	57.27 cd	966.21 a

†میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

†Means with similar letter had not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر مشخص شد که کشت مخلوط دو گیاه زوفا و شنبلیله، به دلیل بالا بودن ضریب ازدحام نسبی کل در همه نسبت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی سودمند است. هم‌چنین به‌واسطه مثبت بودن شاخص AYL محاسبه‌شده در این مطالعه مشخص گردید که هیچ‌یک از سطوح رطوبتی خاک به خصوص کاهش رطوبت خاک در شرایط کشت مخلوط با نسبت‌های متفاوت منجر به افت عملکرد نشد. در ضمن، بالاترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم در شرایط تنش ملایم و نسبت مخلوط ۷۵٪ زوفا : ۲۵٪ شنبلیله به‌دست آمد. در این آزمایش ضریب غالبیت مثبت زوفا در هر دو سطح تنش و تمامی نسبت‌های مخلوط، حاکی از توان رقابتی بالاتر زوفا بود. در نهایت می‌توان گفت شاخص‌های رقابتی و اقتصادی سیستم کشت مخلوط دو گیاه زوفا و شنبلیله نسبت به تک‌کشتی بالاتر می‌باشد که کشت مخلوط این دو گیاه تحت شرایط مختلف رطوبتی، هر دو گیاه استفاده مطلوب‌تری از منابع موجود کرده و این موضوع منجر به برتری نسبت برابری زمین در شرایط تنش رطوبتی و کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شد. می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که سیستم کشت گیاه دارویی زوفا با گیاه شنبلیله با افزایش تنوع زیستی، افزایش راندمان استفاده از منابع (نظیر زمین، آب، خاک و نور) و احتمالاً با بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌تواند ما را در رسیدن به یک نظام کشاورزی پایدار سوق دهد. پیشنهاد می‌شود سایر اثرات مفید کشت مخلوط ردیفی از نوع سری‌های جایگزینی یا افزایشی گیاه زوفا با شنبلیله یا سایر لگوم‌ها بر ویژگی فیزیکوشیمیایی خاک مورد بررسی قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان (خوراسگان)، به دلیل حمایت و از همکاری مدیریت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان و هیأت رئیسه دانشکده کشاورزی دانشگاه دولتی شهرکرد و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد تقدیر و تشکر می‌نمایند.

References

Aghaei, K., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., Naghdi Badi, H. and Mehnatkesh, A. 2019. Effects of foliar spraying of L-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of

hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21: 101318.

Agegnehu, G., Ghizaw, A. and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and fababean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25: 202-207.

Ahmadi, A., DabbaghMohammdiNasab, A., ZehtabSalmasi, S., Amini, R. and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Agriculture Sciences and Sustainable Production*, 20(2): 76-87. (In Persian).

Aminifar, G., Ramrodi, M., Gelavi, M. and Mohsenabadi, M. 2016. Assessment of Sesame-Cowpea intercrops function by competition indices. *Research in Crop Ecosystems*, 3(1): 1-9. (In Persian).

Amini Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F. 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. *Industrial Crops and Products*, 111: 743-754.

Babaei, K., Moghaddam, M., Farhadi, N. and Ghasemi Pirbalouti, A. 2021. Morphological, physiological and phytochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 284: 110-116.

Banik, P., Mydia, A., Sarkar, B.K. and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping system in an additive series experiment: advantage and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24: 325-333.

Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M. 2014. Effect of intercropping on biological yield percentage nitrogen, and morphological traits coriander (*Coriandrum sativum* L.) with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12: 369-377. (In Persian).

Chapagain, T. and Riseman, A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, 166: 18-25.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B. and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of vetch and cereal intercrops in two ratio. *Field Crops Research*, 100: 249-256.

Eslami Khalili, F., Pirdashti, H. and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. *Journal of Agroecology*, 3(1): 94-105. (In Persian).

El-Sherif, A. and Ali, M.M. 2015. Effect of deficit irrigation and soybean/maize intercropping on yield and water use efficiency. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 44: 777-794.

Fallah, S., Rostaei, M., Lorigooini, Z. and Abbasi Surki, A. 2018. Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonhead-soybean (*Glycine max*) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. *Industrial Crops and Products*, 115: 158-165.

Ghahremani, A., Ghasemi Pirbalouti, A., Mozafari, H., Habibi, D. and Sani, B. 2020. Phytochemical and morpho-physiological traits of mullein as a new medicinal crop under different planting pattern and soil moisture conditions. *Industrial Crops and Products*, 145: 111-176.

Ghasemi Pirbalouti, A., Mohamadpoor, H., Bajalan, I. and Malekpoor, F. 2019. Chemical compositions and antioxidant activity of essential oils from inflorescences of two landraces of hyssop [*Hyssopusofficinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)] cultivated in Southwestern, Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(4): 1074-1081.

Hamzei, J. and Seyedi, M. 2013. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping systems using advantageous indices of interference conditions. *Journal of Agriculture Science*, 6(9): 1-12. (In Persian).

Ibrahim, M., Ayub, M., Maqbool, M.M., Nadeem, S.M., Tanver-Ul-Haq, T., Hussain, S., Ali, A. and Lauriault, L.M. 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops Research*, 169: 140-144.

Javanmard, A., Amani Machiani, M., Ostadi, A., Seifi, A. and Khodayari, S. 2018. Evaluation of land productivity, competition and insect diversity in different intercropping patterns of sunflower (*Helianthus*

annuus L.) and soybean (*Glycine max* L.) under low-input condition. *Iran Agricultural Research*, 37(2): 105-116.

Koocheki, A., Seyyedi, S.M. and Gharaei, Sh. 2016. Evaluation of the effects of saffron–cumin intercropping on growth, quality, and land equivalent ratio under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae*, 201: 190–198.

Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixedcropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan province. *Iranian Journal of Seed and Plant Production*, 29(2): 169-183. (In Persian).

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordasc, C.A. and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.

Mehni, J., Mahdavi, B., Azari, A., Afkar, S. and Hashemi, S.E. 2020. Evaluation of yield and productivity indices of black cumin and fenugreek intercropping under weedy and weed-free conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(3): 73-87.

Moghbeli, T., Bolandnazar, S., Panahande, J. and Raei, Y. 2019. Evaluation of yield and its components on onion and fenugreek intercropping ratios in different planting densities. *Journal of Cleaner Production*, 213: 634-641.

Mohaveh Asadi, N., Bijanzadeh, E. and Behpouri, A. 2019. Evaluation of seed yield and competitive indices in relay intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late season low water stress. *Journal of Agroecology*, 11(3): 1169-1182. (In Persian).

Mojtabaie Zamani, M. and Norouzi, S.H. 2017. Evaluation of different intercropping patterns of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) through competitive and economic indices. *Journal of Crop Production and Processing*, 7(3): 145-158. (In Persian).

Monti, M., Pellicanò, A., Santonoceto, C., Preiti, G. and Pristeri, A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 196: 379-388.

Niksirat, H., Bijanzadeh, E. and Naderi, R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic indices of intercropping barley with legumes. *Journal of Agroecology*, 10(2): 444-458. (In Persian).

Parsa, M. and Bagheri, A. 2008. Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 522 pp. (In Persian).

Rabiee, M. and Farahdahr, F. 2020. Evaluation of yield and advantages of forage legumes with cereals intercropping as second crop in paddy fields. *Plant Production*, 43(3): 363-374. (In Persian).

Rahmati, E., Khalesro, Sh. and Heidari, G. 2020. Improving quantitative and qualitative yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Agroecology*, 11(4): 1261-1273. (In Persian).

Ramamohan Reddy, K., Venkateswara Rao, B.V. and Sarala, C. 2014. Water use efficiency through drip irrigation in water scarcity area-a case study. In: Proceedings of 4th international conference on Hydrology and Watershed Management (ICHWAM-2014): With a Focal Theme on Ecosystem Resilience-rural and Urban Water Requirements (29th October - 1stNovember, 2014). 1265p.

Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Jamali, M. and Ghiyasi, M. 2016. Evaluation of yield and indices advantage at different intercropping pattern of dill (*Anethun graveolens* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Plant Production Technology*, 8(1): 15-27. (In Persian).

Richard, G.A., Pereira, S., Rae, S.D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*.

Salehi, A., Fallah, S., Kaul, H.P. and Zitterl-Eglseer, K. 2018. Antioxidant capacity and polyphenols in buckwheat seeds from fenugreek/buckwheat intercrops as influenced by fertilization. *Journal of Cereal Science*, 84: 142-150.

Salehi Surmaghi, M.H. 2008. Medicinal Plants and Herbal Therapy. 1: 253 -254.

Stolz, E. and Nadeau, E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N inorganically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 169: 21-29.

Vafadar-Yengeje, L., Amini, R. and Mohamadi Nasab, A.D. 2019. Chemical compositions and yield of essential oil of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under different fertilizers application. *Journal of Cleaner Production*, 239: 118033.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 237-252

Competition indices of intercropping of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in different soil moisture conditions

Abolghasem Gharakhani-Beni[1], Abdollah Ghasemi Pirbalouti[2*], Hamidreza Javanmard[3], Ali Soleymani[3] and Ahmadreza Golparvar[3]

[1]Ph.D. candidate in Agronomy, Department Agronomy and Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

[2]Research Center for Medicinal Plants, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[3]Department of Agronomy and Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

[*]Corresponding Author: Ghasemi@qodsiau.ac.ir

Received: 2 August 2021 Accepted: 26 November 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.298016.1114**

Abstract

The field experiment was carried out as spilt plot experiment with four replications based on a randomized complete block design at the University of Shahrekord's research farm in 2017-2018 to investigate the competitive indices and yield of two medicinal plant species, namely hyssop and fenugreek. The main plot has two soil moisture levels, with irrigation after drainage at 25 and 50% of field capacity. The sub-plot had five levels of planting pattern, including 100% hyssop, 100% fenugreek, hyssop 50%: fenugreek 50%, hyssop 75%: fenugreek 25%, and hyssop 25%: fenugreek 75% based on replacement series. The results showed that under drought stress, the land equivalent ratio (LER) of hyssop intercropped with fenugreek was higher than mono-cropping, with a significant difference ($p \leq 0.01$). In this study, intercropping hyssop (50%) with fenugreek (50%) under mild stress increased the LER by 25.6% when compared to mono-cropping. When compared to mono-cropping, the average total relative density (K) increased in all intercropping ratios, and the total actual yield loss (ALYt) was positive in all intercropping ratios, indicating the usefulness of intercropping the two plants. Overall, the highest value of the system productivity index (SPI) was obtained in the intercropping hyssop (75%) with fenugreek (25%). Finally, intercropping hyssop with fenugreek can increase the productivity of a hyssop cultivation system.

Keywords: Lamiaceae, Land equivalent ratio, Legume, Productivity, System productivity index

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۶۸-۲۵۳

مقاله پژوهشی

واکنش اگروفیزیولوژیکی پنبه به محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌های تنش در کشت رایج و تأخیری

زینب برزویی[۱]، محمد آرمین[۲*]، حمید مروی[۲]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، سبزوار، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

* مسئول مکاتبه: Armin@iaus.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۰۴/۰۶ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.284747.1094**

چکیده

به منظور بررسی واکنش اگروفیزیولوژیکی پنبه به محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌های تنش در کشت رایج و تأخیری آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۹۶ و ۹۷-۹۶ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی تاریخ کشت در دو سطح کشت رایج (۱۵ و ۲۰ اردیبهشت، به ترتیب برای سال اول و دوم) و کشت تأخیری (۲۰ و ۱۷ خرداد، به ترتیب برای سال اول و دوم) به عنوان کرت اصلی و نوع تعدیل‌کننده تنش در چهار سطح (شاهد، سالیسیلیک اسید، گلایسین بتائین و سدیم نیتروپروساید) و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های اسمزی در دو سطح (گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی) به صورت فاکتوریل به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی هم در کشت رایج و هم در کشت تأخیری سبب افزایش تعداد شاخه زایشی، تعداد غوزه در بوته، عملکرد وش و عملکرد الیاف شد. بالاترین تعداد غوزه در بوته در کشت رایج با محلول‌پاشی گلایسین بتائین (۱۵/۲) و در کشت تأخیری با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۸/۷) به دست آمد. درحالی‌که در کشت رایج محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید سبب افزایش عملکرد وش (۴۷ درصد) شد اما در کشت تأخیری عملکرد وش واکنشی به نوع تعدیل‌کننده مصرفی نشان نداد. بیشترین عملکرد وش (به ترتیب با مقادیر ۱۲۶۵ و ۱۵۳۷ کیلوگرم در هکتار) هم در مرحله گلدهی و هم در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی با محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید به دست آمد. از نظر عملکرد الیاف و عملکرد بذر در کشت رایج محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و در کشت تأخیری محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید نسبت به سایر تعدیل‌کننده‌ها بهتر بود. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که کشت در تاریخ مناسب و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مناسب‌ترین تیمار برای به دست آوردن بیشترین عملکرد وش در پنبه در شرایط تنش شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، تنش شوری، عملکرد وش، محافظ‌های گیاهی

مقدمه

کمبود جهانی منابع آب، آلودگی محیط‌زیست و افزایش شور شدن آب و خاک از مهم‌ترین مشکلات بشر در قرن ۲۱ خواهد بود. افزایش جمعیت انسانی و کاهش زمین‌های قابل‌کشت دو تهدید برای پایداری کشاورزی است.

تنش‌های زیستی و غیرزیستی مانند شوری خاک، خشک-سالی، درجه حرارت، بادهای شدید و سیل با تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. شوری خاک یکی از مخرب‌ترین تنش‌های محیطی بوده که باعث کاهش چشم‌گیر در سطح زیر کشت، بهره‌وری و کیفیت محصول می‌شود. تخمین زده شده که بیش از ۵۰٪ از زمین‌های قابل‌کشت تا سال ۲۰۵۰ شور شود (Shrivastava and Kumar, 2015).

راهکارهای مختلفی برای کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدیریت کاشت (Manesh *et al.*, 2013)، مدیریت مواد غذایی (Absalan *et al.*, 2011; Ardakani *et al.*, 2016) و امروزه استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش از جمله روش‌های کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان زراعی است. این تعدیل‌کننده‌ها در کاهش اثرات تنش خشکی (Timachi *et al.*, 2020)، تنش شوری (Zare *et al.*, 2020)، تنش سرما (Saleem *et al.*, 2020) و تنش گرما (Siddiqui *et al.*, 2018) مورد استفاده قرار گرفته و اکثر مطالعات نقش‌های مفید این تعدیل‌کننده‌ها را نشان داده است.

گلایسین بتائین[1] ترکیب آمونیومی چهارگانه و عمدتاً در کلروپلاست یافت می‌شود. این ترکیب نقش عمده‌ای در تنظیم و حفاظت از تیلاکوئید و حفظ راندمان فتوسنتز در گیاهان آلی دارد (Annunziata *et al.*, 2019). محلول‌پاشی گلایسین بتائین در پنبه باعث افزایش عملکرد وش، تعداد غوزه، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته و کاهش ریزش غوزه‌ها گردید (Savari *et al.*, 2010). نتایج سایر مطالعات حاکی از آن است که محلول‌پاشی با گلایسین بتائین به صورت قابل‌توجهی سبب افزایش مقاومت روزنه‌ای، تعداد غوزه در بوته، تعداد شاخه زایشی و عملکرد وش می‌شود. همچنین محلول‌پاشی با گلایسین بتائین سبب کاهش پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی برگ گردیده در حالی‌که پتانسیل فشاری با افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین بتائین افزایش پیدا کرد (Makhdum and Shababuddin, 2006). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی بوده که امروزه به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته می‌شود و در تنظیم بعضی از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، سنتز کلروفیل و پروتئین نقش داشته و به عنوان یک سیگنال مهم مولکولی در پاسخ به تنش‌های محیطی عمل می‌کند (Hayat and Ahmad, 2007). اگرچه پیش‌تر گزارش شده که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری اثری بر کیفیت پنبه ندارد (El-Beltagi *et al.*, 2017)؛ اما سبب افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز گشته در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد پنبه بیشتر شده است (Barzoie *et al.*, 2020; El-Beltagi *et al.*, 2017). سدیم نیتروپروساید[2] به عنوان ترکیب‌دهنده‌ی NO شناخته می‌شود؛ که امروزه اثرات تعدیل‌کنندگی آن بر استرس‌های محیطی مانند تنش خشکی، شوری، فلزات سنگین و ... به خوبی شناخته شده است (Ghosh, 2020). سدیم نیتروپروساید از طریق کاهش محتوی H_2O_2 و MDA، همچنین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و تقسیم سلولی، سبب افزایش تحمل به تنش می‌شود (Timachi *et al.*, 2020). در پنبه گزارش شده محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید ۰/۱ میلی‌مولار سبب افزایش سرعت فتوسنتز، سرعت فتوسنتز خالص، سرعت تعرق و بهبود خاصیت جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش تجمع پراکسیدهیدروژن در شرایط شوری می‌شود (Dong *et al.*, 2014). همچنین کاربرد خارجی با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار بر گیاه پنبه در شرایط شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش پیری برگ و افزایش سرعت فتوسنتز از طریق افزایش محتوی کلروفیل، ۲۲ روز بعد از اعمال تنش شوری گردید (Kong *et al.*, 2016).

روش‌های صحیح مدیریت زراعی در استفاده حداکثر از ظرفیت محیط برای تولید گیاهان امری بسیار مهم بوده و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد می‌تواند در راستای افزایش عملکرد و به حداکثر رساندن بهره‌وری از محیط مورد نظر باشد (Abbas *et al.*, 2019). از میان عوامل زراعی مهم تاریخ کشت در به حداکثر رساندن دسترسی به منابع حائز اهمیت می‌باشد. واکنش شدید پنبه به تاریخ کشت موجب شده تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت در این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Bagherabadi *et al.*, 2019). تعیین تاریخ کشت مناسب در پنبه به عوامل متعددی مانند دمای خاک، تأمین آب و زمان برداشت گیاه کشت شده در تناوب، بستگی دارد (Afzal *et al.*, 2020). طی مطالعه‌ای، افزایش عملکرد وش، شاخص بذر و تجمع ماده خشک در تاریخ کشت مناسب گزارش شده است (Rahman *et al.*, 2019). در بسیاری از مناطق ایران کشت پنبه بعد از برداشت گندم یا جو انجام می‌شود. در پاکستان نیز کشت پنبه در تناوب با گندم، آفتابگردان و ذرت اغلب سبب تأخیر در کاشت این گیاه می‌شود. در مصر نیز انتظار برای برداشت شبدر برسیم به عنوان یک گیاه زمستانه کشت این گیاه را با تأخیر همراه کرده است (El Sabagh *et al.*, 2018). گزارش شده است تأخیر در کاشت پنبه موجب کاهش عملکرد وش پنبه می‌گردد؛ به‌طوری‌که کشت پس از برداشت جو سبب کاهش بیش از ۳۰ درصدی عملکرد نسبت به کشت به موقع شد.

اثرات مفید تعدیل‌کننده‌های تنش بر کاهش اثرات تنش‌های محیطی به عوامل مختلفی مانند نوع تعدیل‌کننده مصرفی، زمان مصرف، مقدار مصرف و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. اگرچه اثرات مفید این مواد به صورت مجزا بر کاهش اثرات تنش‌های محیطی مورد توجه محققان بوده، اما تعیین مناسب‌ترین تعدیل‌کننده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس این بررسی به منظور تعیین نوع و مقدار مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در دو تاریخ کشت رایج و تأخیری در شرایط تنش شوری انجام شد.

1. Glycine betaine (GB)
2. Sodium nitroprusside (SNP)

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی واکنش آگروفیزیولوژیکی پنبه به زمان و نوع تعدیل‌کننده تنش در تاریخ کشت رایج و تأخیری در شرایط شوری خاک در دو سال زراعی ۹۵-۹۶ و ۹۷-۹۶ در مزرعه شخصی در کیلومتر ۱۰ سبزوار با مشخصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه عرض و ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه طول جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۰ متر انجام شد. داده‌های هواشناسی در طی دوره رشد پنبه در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، منطقه مورد بررسی دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان سرد و تابستان گرم و میانگین بارندگی ۱۸۷/۷ میلی‌متر است. حداکثر درجه حرارت در تیرماه (ژوئیه) ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد و حداقل میانگین دما ۲- درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه (ژانویه) است. بیشترین میزان بارش در اسفند (۳۷/۸ میلی‌متر) و کمترین بارش در مرداد (۰/۵ میلی‌متر) می‌باشد. میانگین دما و کل بارندگی در فصل رشد طی دو سال در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- میانگین دما و کل بارندگی در فصل رشد طی دو سال

Table 1- Average temperature and total rainfall in growing season in two years

ماه Month	میانگین دما Average temperature (°C)		بارندگی Total rainfall (mm)	
	2017	2018	2017	2018
دی-بهمن January	5.9	5.76	15	1.6
بهمن-اسفند February	6.5	9.99	49.9	20
اسفند-فروردین March	12.5	17.1	21.4	2
فروردین-اردیبهشت April	18.9	17.9	29.4	32.2
اردیبهشت-خرداد May	26.9	23.3	14.2	17.8
خرداد-تیر June	30.86	29.52	0	0.7
تیر-مرداد July	31.02	28	2.8	0.0
مرداد-شهریور August	29.86	30.4	0.0	0.0
شهریور-مهر September	25.7	26.3	0.0	6.5
مهر-آبان October	19.1	17.5	0.0	35.1
آبان-آذر November	13.7	12.5	2.0	0.6
آذر-دی December	7.21	6.59	0	1.2

طرح آزمایشی مورد استفاده، اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل شرایط کشت در دو سطح (کشت رایج و کشت تأخیری) به عنوان کرت اصلی و نوع تعدیل‌کننده تنش در چهار سطح: شاهد، سالیسیلیک اسید (۲ میلی‌مولار)، گلایسین بتائین (۱۰۰ میلی‌مولار) و سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرومولار) و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های اسمزی در دو سطح: گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی (بر اساس ۵۰ درصد رسیدن به مرحله فنولوژی مد نظر، در هر کرت به عنوان مرحله مورد نظر در تیمارهای آزمایشی بود) به صورت فاکتوریل به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. در منطقه مورد بررسی کشت رایج از ۱۵ اردیبهشت و کشت تأخیری از ۱۵ خرداد (بعد از برداشت جو یا گندم) انجام می‌شود.

زمین آزمایش در سال اول آزمایش آیش و در سال دوم آزمایش در کشت تأخیری در سال قبل به کشت گندم اختصاص داشت. عملیات آماده‌سازی زمین با شخم عمیق در پاییز در سال قبل آزمایش و عملیات خاک‌ورزی شامل شخم سطحی، دو مرتبه دیسک و تسطیح کامل در اردیبهشت انجام شد. سپس از خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) و آب ورودی به مزرعه نمونه‌گیری و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در محل آزمایش
Table 2- Physical and chemical analysis of the field soil

عمق Depth	ماده آلی Organic matter	EC	pH	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	آهن Fe	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
(cm)	(%)	(dS/m)		(%)	(ppm)		(mg/kg)				(%)		
0-30	0.19	10.5	7.2	0.02	110	4	2.42	0.46	0.55	40.5	63	24	13

بر اساس آزمون خاک ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در سه مرحله (۵ برگی به میزان ۴۶ کیلوگرم، ۱۰ برگی به میزان ۷۰ کیلوگرم و اوایل گلدهی به میزان ۴۶ کیلوگرم در هکتار) و ۷۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت اعمال شد. قبل از کاشت بذرها با سم کاربوکسین تیرام (ویتاواکس) به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. برای مبارزه با آفت تریپس بذرها به نسبت هفت در هزار با سم لاروین (تیودیکارب) آغشته شدند. هر کرت شامل ۶ ردیف ۵۰ سانتی‌متری با طول ۶ متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

کاشت در تاریخ ۹۵/۲/۱۵ در سال اول و ۱۳۹۶/۲/۲۰ در سال دوم برای کشت رایج و ۹۵/۳/۲۰ و ۹۵/۳/۱۷ برای کشت تأخیری با بذرکار پنوماتیک و با استفاده از بذر دلینته رقم ورامین انجام شد. به منظور جلوگیری از سله بستن خاک و بهبود وضعیت سبز گیاهچه‌های پنبه آبیاری دوم با فاصله ۱۰ روز بعد انجام گردید. آبیاری در طی فصل رشد بر اساس هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. پس از استقرار کامل و در مرحله ۵ تا ۶ برگی بوته‌ها، عملیات تنک کردن بوته‌ها روی ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر به منظور دست‌یابی به تراکم مطلوب انجام شد. عملیات وجین جهت حذف علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت.

در هنگام برداشت تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و در آن تعداد شاخه‌های زایا، تعداد شاخه رویا، تعداد غوزه باز و بسته در بوته و وزن غوزه اندازه‌گیری شد. برداشت وش پنبه در یک مرحله بعد از باز شدن حدود ۹۰ درصد غوزه‌ها از دو متر میانی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای از دو ردیف وسط صورت گرفت. سپس الیاف و پنبه دانه از وش جداسازی و توزین آن‌ها به صورت جداگانه انجام گرفت و عملکردهای وش و الیاف محاسبه گردید. عملکرد بیولوژیکی نیز پس از کف‌بر کردن بوته‌ها و خشک کردن آن‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه گردید (Bagherabadi *et al.*, 2019).

در پایان، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون محافظت‌شده LSD در سطح ۵ درصد و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (داده‌ها نمایش داده نشده است). با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای هر صفت در هر سال به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل شد. هم در سال اول و هم سال دوم اثرات تاریخ کاشت بر تعداد شاخه رویا و زایا، تعداد غوزه باز و بسته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد وش، عملکرد الیاف و عملکرد بذر معنی‌دار بود. زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی بر تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه باز، عملکرد بیولوژیک، عملکرد وش، عملکرد الیاف و عملکرد بذر معنی‌دار شد (جداول ۳ و ۴). اثر متقابل تاریخ کشت و زمان مصرف بر تعداد شاخه رویا (هر دو سال)، تعداد شاخه زایا (سال اول)، تعداد غوزه بسته (سال اول)، عملکرد وش، عملکرد الیاف و عملکرد بذر (سال دوم) معنی‌دار بود. تعداد غوزه باز، عملکرد بیولوژیک، عملکرد وش، عملکرد الیاف، عملکرد بذر در هر دو سال و تعداد شاخه رویا در سال دوم و تعداد شاخه زایا در سال اول تحت تأثیر اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده قرار گرفت. اثر متقابل نوع و زمان مصرف تعدیل‌کننده بر تعداد شاخه رویا و زایا (سال اول)، تعداد غوزه باز (هر دو سال)، تعداد غوزه بسته و عملکرد وش در سال دوم معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه تاریخ کشت، زمان مصرف و نوع تعدیل‌کننده مصرفی بر تعداد غوزه باز و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد پنبه تحت تأثیر تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش

Table 3- Analysis of variance of yield components of cotton as affected by sowing date, time of foliar application and type of stress modulator

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	تعداد شاخه رویشی Monopodial branch		تعداد شاخه زایشی Sympodial branch		تعداد غوزه باز Open boll		تعداد غوزه بسته Closed boll	
		سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year
تکرار Replication	2	0.04^{ns}	0.03^{ns}	0.08^{ns}	0.18^{ns}	0.03^{ns}	11.2*	0.07^{ns}	5.20^{*}
تاریخ کشت Sowing date (A)	1	5.47^{**}	10.0^{**}	53.6^{**}	171^{**}	70.5^{**}	713**	40.4^{**}	636^{**}
خطا E	2	0.06	0.07	2.18	2.99	0.14	8.8	0.23	0.87
زمان محلول‌پاشی Foliage time (B)	1	0.01^{ns}	0.30^{ns}	34.2^{**}	23.9^{**}	37.8^{**}	20.3**	0.01^{ns}	89.4^{**}
تعدیل کننده Modulator (C)	3	1.41^{**}	0.87^{*}	33.9^{**}	50.4^{**}	12.4^{**}	15.7**	0.76^{ns}	66.7^{**}
A×B	1	0.91^{*}	11.7^{**}	5.67^{**}	0.02^{ns}	1.26^{ns}	9.6^{ns}	0.38^{ns}	114^{**}
A×C	3	0.35^{ns}	2.14^{**}	2.33^{*}	2.09^{ns}	0.28^{ns}	3.1^{ns}	1.49^{**}	37.5^{**}
B×C	3	0.93^{**}	0.12^{ns}	3.05^{*}	0.81^{ns}	8.16^{**}	11.7^{**}	0.32^{ns}	5.14^{*}
A×B×C	3	0.31ns	2.50^{**}	1.05^{ns}	0.54^{ns}	2.02^{ns}	20.5^{**}	0.26^{ns}	6.70^{*}
E	28	0.19	0.20	0.71	2.27	1.53^{ns}	2.66	0.30	1.62
CV (%)		23.3	22.6	8.88	10.5	20.5	23.1	31.8	17.9

ns، * .**به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns: not significant; (*) and (**) represent significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، وش، الیاف و بذر پنبه تحت تأثیر تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش

Table 4- Analysis of variance of biological, seed cotton, lint and seed of cotton as affected by sowing date, time of foliar application and type of stress modulator

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	عملکرد بیولوژیک Biological yield		عملکرد وش Seed cotton yield		عملکرد الیاف Lint yield		عملکرد بذر Seed yield	
		سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year
تکرار Replication	2	9168^{ns}	94556^{ns}	25^{ns}	137456^{**}	3683^{ns}	15581^{**}	4314^{ns}	60479^{**}
تاریخ کشت Sowing date (A)	1	8259332^{**}	15163^{**}	1831055^{**}	45238^{**}	593597^{**}	5745773^{**}	339554^{**}	18739826^{**}
خطا E	2	11827	1560	62500	111723	31252	6961	5370	62914
زمان محلول‌پاشی Foliage time (B)	1	412367^{ns}	2187^{ns}	314442^{**}	821372^{**}	25344^{**}	74808^{**}	161246^{**}	400416^{**}
تعدیل کننده Modulator (C)	3	1689059^{**}	189070^{**}	506892^{**}	644162^{**}	88935^{**}	103152^{**}	177219^{**}	236079^{**}
A×B	1	19562^{ns}	1200^{ns}	19805^{ns}	552767^{**}	1025^{ns}	51822^{**}	11817^{ns}	266090^{**}
A×C	3	500168^{*}	194037^{**}	75355^{*}	481259^{**}	11103^{*}	79093^{**}	29833^{*}	172718^{**}
B×C	3	270604^{ns}	1366^{ns}	17517^{ns}	49199^{*}	3006^{ns}	6963^{ns}	7392^{ns}	21413^{*}
A×B×C	3	353566^{*}	3396^{ns}	4480^{ns}	29274^{ns}	727^{ns}	4729^{ns}	2700^{ns}	12146^{ns}
E	28	111184	21914	16708	16044	2543	3690	10067	7647
CV (%)		8.53	5.80	9.19	10.6	11.2	14.9	10.4	11.2

ns، * .**به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns: not significant; (*) and (**) represent significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively.

تعداد شاخه رویشی

در سال اول بیشترین تعداد شاخه رویشی (۲/۴) مربوط به محلول‌پاشی در مرحله گلدهی در کشت تأخیری بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی در زمان گلدهی + غوزه‌دهی در کاشت تأخیری نداشت و کمترین تعداد شاخه رویشی (۱/۴۵) مربوط به محلول‌پاشی مرحله گلدهی در کشت رایج بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی کشت رایج نداشت؛ اما در سال دوم بیشترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی مرحله گلدهی کاشت تأخیری بود و کمترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی مرحله گلدهی کاشت رایج بود (جدول ۵). بررسی روی سه رقم پنبه نشان داد تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد شاخه رویشی می‌شود (Akramghaderi *et al.*, 2003). بیشتر بودن تعداد شاخه رویشی در کشت تأخیری در هر دو سال آزمایش می‌توان به این دلیل باشد که در کشت تأخیری به دلیل برخورد دوره انتهایی رشد با سرمای زودرس پاییزه بخشی از شاخه‌های زایشی قادر به تولید غوزه نبوده‌اند و چون مبنای شمارش شاخه رویشی، شاخه‌های بدون غوزه بوده؛ لذا در کشت تأخیری تعداد شاخه رویشی افزایش پیدا کرده است (Bagherabadi *et al.*, 2019) .بین تاریخ‌های کشت مختلف در گیاه پنبه از نظر تعداد شاخه رویشی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. کاهش تعداد شاخه رویشی با دو بار محلول‌پاشی نیز ممکن است به این دلیل باشد که تعدیل‌کننده‌های مورد استفاده علاوه بر افزایش تحمل به تنش شوری، در تحمل به تنش سرما نیز نقش داشته‌اند.

جدول ۵- اثر متقابل تاریخ کشت و زمان مصرف تعدیل‌کننده تنش بر تعداد شاخه رویا و زایا

Table 5- Interaction between planting date and time of stress modulator application on monopodial and sympodial branches

	تعداد شاخه رویشی Monopodial branch				تعداد شاخه زایشی Sympodial branch			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+ bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+ bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+ bolling
رایج Early	1.45 b	1.70 b	1.14 c	1.97 b	9.37 b	11.75 a	8.27 b	10.15 a
تأخیری Late	2.40 a	2.10 a	3.05a	1.90 b	7.95 c	8.95 c	6.59 c	7.43 c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).

بالاترین تعداد شاخه رویشی در سال اول در تیمار شاهد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی (۲/۴۱) و در سال دوم در محلول‌پاشی GB در مرحله و گلدهی+ غوزه‌دهی (۲/۹۱) مشاهده شد که در سال اول تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی و در سال دوم با محلول‌پاشی تیمار شاهد و SNP در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت و کمترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی نشان نداد (جدول ۶).

به نظر می‌رسد که مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی در این آزمایش با دماهای پایین‌تری مواجه بودند که سبب شده رشد رویشی ادامه پیدا کند و مصرف SNP در مرحله گلدهی سبب شده تا هورمون‌های رشدی مانند اکسین یا ترکیبات محافظ کننده اسمزی بیشتری تولید شوند (Lado *et al.*, 2016) که نتیجه آن افزایش تعداد شاخه‌های رویشی می‌باشد ولی مصرف SNP در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی باعث شده تا اثر منفی آن بروز نموده و کمترین شاخه رویشی را نشان دهد.

جدول ۶- اثر متقابل نوع و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر تعداد شاخه رویا و زایا

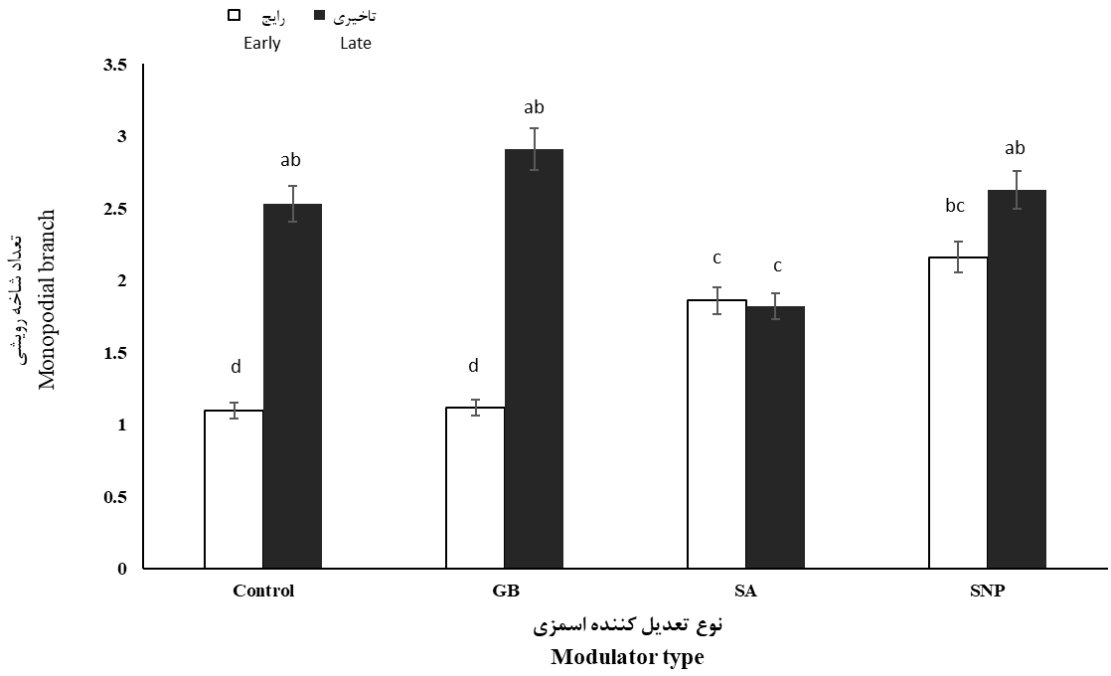
Table 6- Interaction between type and time of stress modulator application on monopodial and sympodial branches

نوع تعدیل کننده Modulator type	تعداد شاخه رویشی Monopodial branch				تعداد شاخه زایشی Sympodial branch			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling
شاهد Control	2.41 a	2.40 a	2.10 b	2.53 ab	8.80 c	5.70 d	7.40 cd	7.10 s
GB	1.70 bc	1.91 ab	1.12 d	2.91 a	10.5 b	7.50 b	8.20 c	10.2 b
SA	1.6 bc	2.1 ab	1.86 c	1.82 c	11.3 a	10.1 b	9.85 b	11.6 a
SNP	2.01 ab	1.21 c	2.16 b	2.63 ab	11.6 a	10.1 b	9.5 b	12.2 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال دوم بیشترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی GB در کاشت تأخیری بود که اختلاف معنی‌دار با محلول‌پاشی SNP و تیمار شاهد کاشت تأخیری نداشت و کمترین تعداد شاخه رویشی مربوط به تیمار شاهد در کاشت رایج بود و تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در کاشت رایج نداشت (شکل ۱). احتمالاً دمای آزمایش در کاشت تأخیری پایین بوده و از سوی دیگر مصرف GB باعث شده تا تولید هورمون‌های رشد (اکسین) و فتوسنتز افزایش یابد (Kurepin *et al.*, 2017) که نتیجه آن بالا رفتن تعداد شاخه‌های رویشی بود.



شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده‌های تنش بر تعداد شاخه رویا

Figure 1- Interaction between planting date and time of stress modulator application on number of monopodial branches

تعداد شاخه زایشی

در سال اول بیشترین تعداد شاخه زایشی (۱۱/۷۵) در زمان محلول‌پاشی مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی کشت رایج و کمترین تعداد شاخه زایشی (۶/۵۹) در مرحله گلدهی کاشت تأخیری در سال دوم بود (جدول ۵). گزارش شده با تأخیر در کاشت پنبه، تعداد شاخه زایشی افزایش و ارتفاع رقم سای اکرا و طول شاخه زایشی کاهش یافت (Akramghaderi *et al.*, 2003). نتایج بررسی در مورد تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر خصوصیات ارقام پنبه نشان داد که تعداد شاخه‌های زایشی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفته و با تأخیر در کاشت، تعداد شاخه‌های زایا افزایش یافت (Iqbal and Khan, 2011). کاهش ۲۵/۸۴ درصدی تعداد شاخه‌های زایشی با تأخیر در کاشت توسط محققان گزارش شده است (Bagherabadi *et al.*, 2019).

در سال اول محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی بیشترین تعداد شاخه زایشی (۱۱/۶ عدد) را تولید کرد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی نداشت و کمترین تعداد شاخه زایشی (۷/۵۰) مربوط به تیمار شاهد در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مشاهده گردید. در سال دوم، بیشترین تعداد شاخه زایشی (۱۲/۲) در محلول‌پاشی SNP در محلول‌پاشی در مرحله گلدهی+غوزه‌دهی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان زمان نداشت و کمترین تعداد شاخه (۷/۱۰) در تیمار شاهد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی+غوزه‌دهی مشاهده گردید. (جدول ۶). محققان گزارش کردند با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تعداد شاخه زایا به سرعت افزایش یافته و در دو درجه حرارت ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۲ عدد در گیاه باقی مانده است (Reddy *et al.*, 1992).

تعداد غوزه باز

مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال اول بیشترین تعداد غوزه باز مربوط به محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی توسط SNP در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه باز در تیمار شاهد و محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مشاهده گردید. در سال دوم بیشترین تعداد غوزه باز مربوط به محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه باز در تیمار کنترل و در مرحله گلدهی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی + غوزه‌دهی نشان نداد (جدول ۷). مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب مهار هورمون اتیلن و افزایش تولید اکسین شده که نتیجه آن رشد و تولید غوزه بیشتر و رسیدگی بیشتر غوزه‌ها شد؛ اما مصرف تعدیل‌کننده‌ها در زمان گلدهی باعث نگهداری بیشتر گل‌ها و تولید غوزه شد. گزارش شده که محلول‌پاشی گیاه پنبه با SA باعث افزایش تعداد غوزه باز می‌شود (El-Beltagi *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده که استفاده از سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد غوزه در پنبه می‌شود (Barros *et al.*, 2019). گلایسین بتائین باعث افزایش هورمون رشد شده، از تولید هورمون‌های پیری جلوگیری می‌کند و همچنین از سوی دیگر تنش را کاهش می‌دهد تا گیاه دیرتر وارد مرحله پیری گردد (Chen and Jiang, 2010).

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال دوم بیشترین تعداد غوزه باز (۱۵/۳) مربوط به محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی در کاشت رایج بود و کمترین تعداد غوزه باز (۲/۶) مربوط به محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی + غوزه‌دهی کاشت تأخیری بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و محلول‌پاشی GB، SA و SNP در مرحله گلدهی در کاشت دیرهنگام و محلول‌پاشی GB و تیمار شاهد در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی در کاشت تأخیری نداشت (شکل ۲). در کاشت رایج چون میزان تنش کمتر بوده بنابراین تولید هورمون های پیری دیرتر اتفاق می‌افتد (Khan *et al.*, 2014). از سوی دیگر مصرف GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب تولید هورمون بیشتر شده و غوزه‌ها به صورت بسته باقی می‌مانند. اما در کاشت تأخیری میزان تنش‌ها بالاتر بوده که نتیجه آن تولید هورمون‌های پیری است که محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌ها در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب شد تا اثر سمی به جای محافظتی بروز یابد و نتیجه آن تنش مضاعف بود؛ بنابراین غوزه بسته کمتری در این تیمارها مشاهده گردید (جدول ۷).

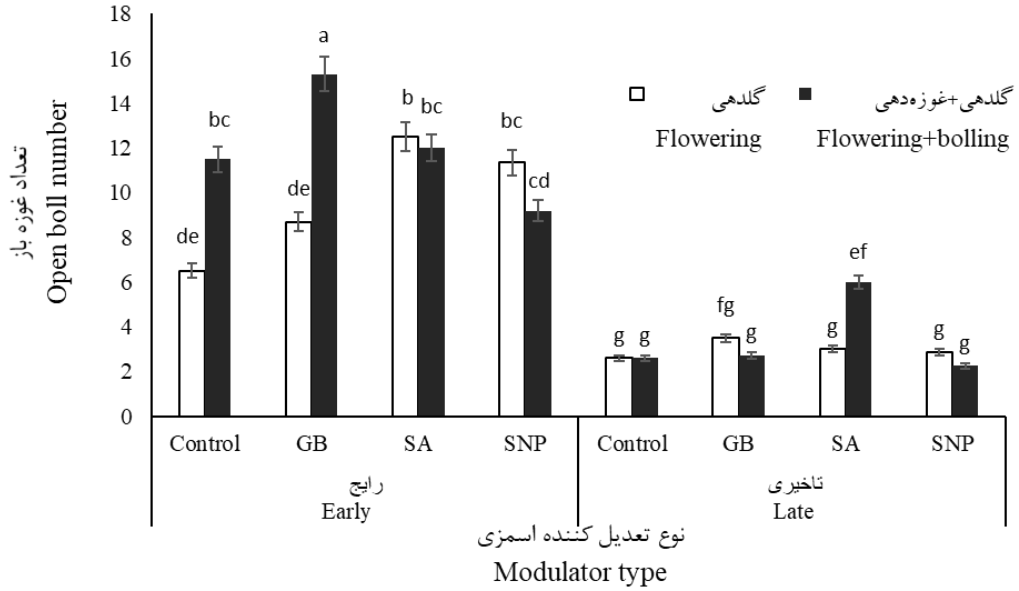
جدول ۷- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده مصرفی بر تعداد غوزه باز و بسته

Table 7- Interaction between planting date and time of use of stress modulator on open and closed boll number

نوع تعدیل کننده Modulator type	تعداد غوزه باز Open boll				تعداد غوزه بسته Closed boll			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling
شاهد Control	3.95 d	4.3 cd	4.5 d	5.5 bc	2.3 b	1.99 c	2.50 c	3.60 b
GB	6.2 bc	6 bc	6.01 bcd	9.10 a	2.6 b	1.01 d	4.2 a	3.61 b
SA	5.2 cd	8.90 a	7.7 ab	9.10 a	2.27 b	1.08 d	3.50 b	2.54 c
SNP	5.3 cd	7.9 ab	7.19 abc	5.99 cd	3.47 a	1.63 c	4.31 a	3.21 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش بر تعداد غوزه باز

Figure 2- Interaction of planting date, foliar application time and type of stress modulator on the number of open bolls

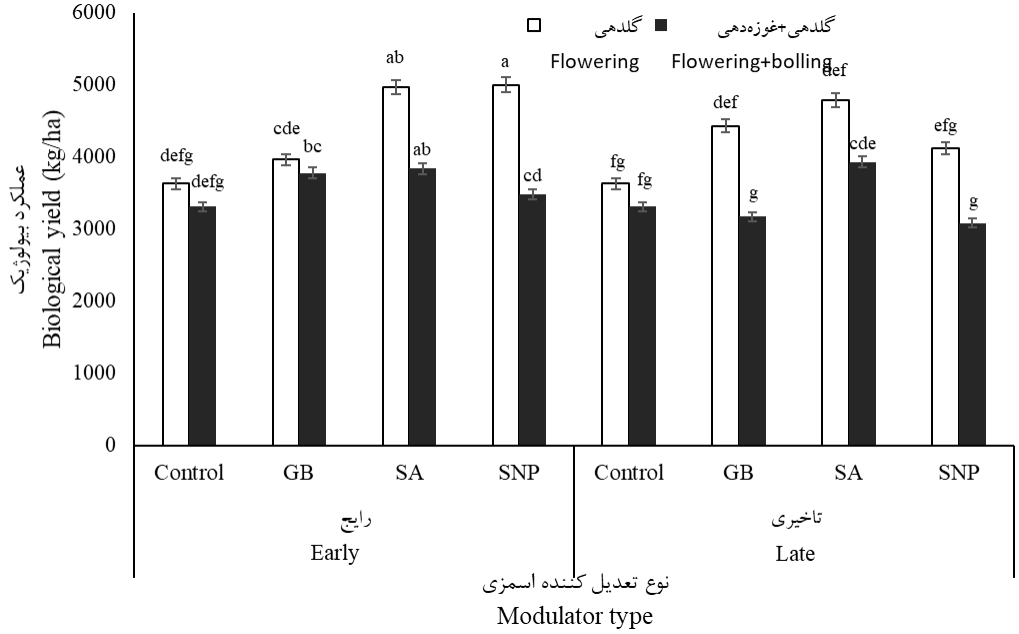
تعداد غوزه بسته

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال اول بیشترین تعداد غوزه بسته (۳/۴۷) مربوط به محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی توسط SA در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه بسته (۱/۰۱) مربوط به تیمار محلول‌پاشی با GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA و SNP مرحله گلدهی و تیمار کنترل در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت. در سال دوم بیشترین تعداد غوزه بسته (۴/۳۱) مربوط به محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه بسته (۲/۵۴) در تیمار SA و در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (جدول ۷). مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب مهار هورمون اتیلن و افزایش تولید اکسین شده (Bali *et al.*, 2017) که نتیجه آن رشد و تولید غوزه بیشتر و رسیدگی دیرتر غوزه‌ها شد. اما مصرف تعدیل‌کننده‌ها در زمان گلدهی باعث نگهداری بیشتر گل‌ها و تولید غوزه گردید. محققان نشان دادند که شوری خاک به طور قابل توجهی تعداد غوزه بسته را در مقایسه با شاهد

(رشد یافته در شرایط خاک غیرشور) افزایش می‌دهد (Ahmed *et al.*, 2013).

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۹۶۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی در کاشت رایج بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی کاشت رایج نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک (۳۰۸۸ کیلوگرم در هکتار) در محلول‌پاشی SNP مرحله گلدهی + غوزه‌دهی در کاشت تأخیری مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی + غوزه‌دهی کاشت تأخیری، تیمار شاهد مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی کاشت رایج، محلول‌پاشی SNP مرحله گلدهی کاشت تأخیری و تیمار شاهد مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی کاشت تأخیری نداشت (شکل ۳). محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در پنبه تحت تنش شوری نشان داد وجود سدیم نیتروپروساید باعث بهبود اثرات ناشی از تنش شوری و افزایش کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Wang *et al.*, 2017). در مورد SNP گزارش شده است که افزایش فعالیت آنزیم پیرولین-۵- دکربوکسیلات سنتتاز (آنزیمی که در مسیر بیوسنتز پرولین دخالت دارد) و کاهش فعالیت آنزیم پرولین دهیدروژناز (آنزیم مؤثر در تجزیه پرولین) سبب افزایش وزن خشک در گیاهان تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میکرومولار SNP در شرایط تنش شوری شده است (Fan *et al.*, 2012). عملکرد کم در کاشت تأخیری پنبه در مقایسه با کاشت در تاریخ مطلوب را به دلیل کاهش طول دوره زایشی، تنش گرمایی در مراحل اولیه رشد و دما، طول روز و تابش خورشیدی کمتر از حد مطلوب در مراحل زایشی نسبت داده‌اند (Rahman *et al.*, 2019). با توجه به نقش دوگانه سمی و محافظتی SNP در گیاه که وابسته به غلظت، نوع گیاه، بافت گیاه، سن گیاه و نوع تنش وارده می‌باشد (Ghosh, 2020). کاربرد آن در کاشت رایج و زمان گلدهی باعث شده نقش محافظتی خود را ایفا نموده که با افزایش مواد فتوسنتزی و زمان مناسبی که گیاه در دست دارد عملکرد بیولوژیکی خود را بالا ببرد ولی در کاشت تأخیری، محلول‌پاشی SNP در زمان گلدهی+ غوزه‌دهی باعث شده با بالا رفتن دز مصرفی و کم بودن فاصله مصرف آن، نقش سمی خود را به نمایش گذاشته و با ایجاد تنش اکسیداتیو به همراهی گونه-های واکنش‌گر اکسیژن[1] با مختل نمودن فرآیند فتوسنتز، عملکرد بیولوژیک را کاهش دهند.



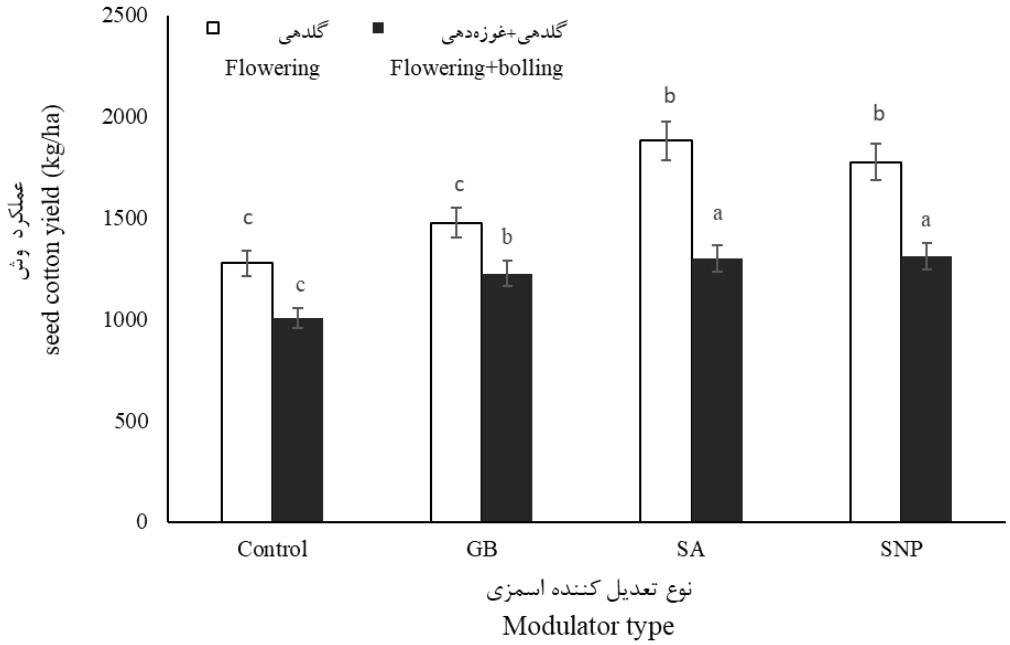
شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش بر عملکرد بیولوژیک

Figure 3- Interaction of planting date, foliar application time and type of stress modulator on biological yield

1. Reactive Oxygen Species (Ros)

عملکرد وش

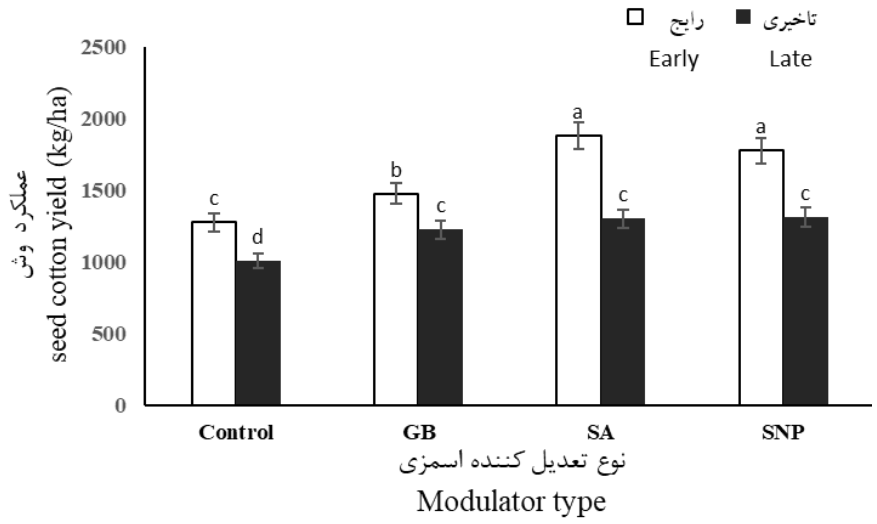
محلول‌پاشی SA در کاشت رایج در سال اول بیشترین عملکرد وش (۱۸۸۰ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در کشت رایج نداشت و تیمار شاهد مربوط به کاشت تأخیری کمترین عملکرد وش را داشت که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی GB، SA و SNP در کاشت تأخیری داشت (شکل ۴).



شکل ۴- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد وش

Figure 4- Interaction of planting date and type of stress modulator on seed cotton yield

محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بیشترین عملکرد وش (۱۵۳۷ کیلوگرم در هکتار) را تولید که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA نداشت و کمترین میزان عملکرد وش (۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد در مرحله گلدهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی و تیمار شاهد در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت (شکل ۵). سالیسیلیک اسید با تنظیم فرآیندهای رویشی گیاه مثل افزایش هورمون اکسین، فتوسنتز و فعالیت بیشتر روبیسکو سبب تشکیل حداکثر اجزای عملکرد می‌شود (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2021) و این امر باعث بالا رفتن عملکرد وش در این تیمار شده است. در کاشت رایج به دلیل اینکه زمان بیشتری برای استفاده بهینه از نور، رطوبت و سایر عوامل محیطی برای رشد و نمو قرار دارد باعث افزایش قدرت جوانه‌زنی، سطح برگ، کاهش ریزش گل‌ها، افزایش تعداد غوزه‌ها و دسترسی بیشتر به مواد غذایی شده، بعلاوه محلول‌پاشی SA نیز با تنظیم فرآیندهای رویشی و فتوسنتز بیشتر مسبب این شده که عملکرد و اجزای عملکرد گیاه افزایش یافته لذا نتیجه آن بالا رفتن عملکرد وش در این تیمارها بوده است. واکنش پنبه به محلول‌پاشی SA در زمان‌های مختلف رشد را به افزایش مقاومت به بیماری‌ها، حشرات و میکروب‌ها ارتباط داده‌اند (Heitholt *et al.*, 2001). نتایج به روشنی نشان داده که محلول‌پاشی پنبه با اسید سالیسیلیک (۲۰۰ppm) و سیترات پتاسیم در شرایط شوری باعث افزایش رشد و اجزای عملکرد و افزایش ترکیب شیمیایی برگ می‌شود (El-Beltagi *et al.*, 2017). بهبود رشد و عملکرد در اثر محلول‌پاشی SNP می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولید شده و بهبود سیستم آنزیمی گیاه در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید باشد (Liu *et al.*, 2014). در تحقیقی مربوط به گیاه پنبه گزارش شد که محلول‌پاشی با دو سطح گلایسین بتائین (۳ تا ۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به آب خالص باعث افزایش عملکرد وش شد اما بر وزن بیست غوزه اثر معنی‌داری نداشت (Savari *et al.*, 2010).



شکل ۵- اثر متقابل نوع و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد وش

Figure 5- Interaction of foliar application time and type of stress modulator on seed cotton yield

عملکرد الیاف

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال اول، محلول‌پاشی SA در کشت رایج بیشترین عملکرد الیاف (۶۷۴ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در کاشت رایج نداشت و کمترین عملکرد الیاف (۲۴۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کنترل در کاشت تأخیری بود. در سال دوم، محلول‌پاشی SNP در تاریخ کاشت رایج بیشترین عملکرد الیاف (۴۹۸ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان تاریخ کشت را نداشت و کمترین میزان عملکرد الیاف (۲۳۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد در تاریخ کاشت دیرهنگام بود و اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB، SA و SNP در کاشت دیرهنگام نداشت (جدول ۷). گزارش شده است که عملکرد الیاف پنبه در تاریخ کاشت دیر به علت کاهش جذب واحد حرارت تجمعی و همچنین به علت اینکه سهم زیادی از مرحله غوزه‌دهی در گرم‌ترین ماه تابستان اتفاق می‌افتد؛ به شدت کاهش می‌یابد (Conaty *et al.*, 2015). تاریخ کاشت مناسب به دلیل تنش وارده کمتر به گیاه و استفاده بیشتر گیاه از شرایط مناسب محیطی، تأثیرات بسیار بالایی بر عملکرد الیاف می‌گذارد و محلول‌پاشی SA با اثر مضاعف بر میزان فتوسنتز و هورمون اکسین در گیاه سبب بالا بردن بیشتر عملکرد الیاف شد.

جدول ۸- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده مصرفی بر عملکرد الیاف و بذر

Table 8- Interaction of planting date and type of stress modulator on lint and seed yield

نوع تعدیل کننده Modulator type	عملکرد الیاف Lint yield				عملکرد بذر Seed yield			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	رایج Early	تأخیری Late	رایج Early	تأخیری Late	رایج Early	تأخیری Late	رایج Early	تأخیری Late
شاهد Control	414 c	249 e	245 de	230 e	860 bc	756 c	402 d	329 e
GB	525 b	350 d	312 c	259 d	949 b	874 b	683 c	346 e
SA	674 a	390 cd	474 a	376 b	1205 a	909 b	760 b	376 de
SNP	618 a	353 d	498 a	360 b	1156 a	958 b	873 a	369 de

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).

عملکرد بذر

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در سال اول بیشترین عملکرد بذر (۱۱۵۶ کیلوگرم در هکتار) با محلول‌پاشی SA در کاشت رایج به دست می‌آید که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در تاریخ کاشت رایج نداشت و پایین‌ترین میزان عملکرد بذر (۷۵۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد کاشت تأخیری بود و از لحاظ آماری تفاوتی با تیمار کنترل در کاشت رایج نشان نداد. محلول‌پاشی SNP در کاشت رایج مربوط به سال دوم بیشترین عملکرد دانه (۸۷۳ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد و کمترین عملکرد بذر (۳۲۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد در کاشت تأخیری بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB، SA و SNP در همان تاریخ کاشت را نشان نداد (جدول ۸). آزمایش‌ها نشان داده است که برای به دست آوردن حداکثر کیفیت و عملکرد بذر در پنبه در شرایط آب و هوایی پاکستان، باید در تاریخ کاشت ۲۵ آوریل (فروردین) عملیات کاشت را انجام داد (Awan *et al.*, 2011). بیشترین و کمترین عملکرد بذر و میزان روغن از تاریخ کاشت اول (۱۵ جولای) و تاریخ کاشت سوم (۵ اوت) حاصل شده است و با تأخیر در کاشت از میزان این صفات کاسته شد (Adamsen and Coffelt, 2005). اکسید نیتریک به ویژه در سطح ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید با کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق، کاهش ROS به ویژه پراکسید هیدروژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و در نتیجه افزایش فتوسنتز و کارایی مصرف آب و تجمع ماده خشک گردیده (Khoshbakht *et al.*, 2018) و با انتقال بیشتر مواد به دانه، بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش را موجب شده است. افزایش میانگین وزن دانه‌ها در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید می‌تواند به دلیل افزایش فتوسنتز برگ و مواد پرورده و یا حتی طولانی شدن دوره سبزمانی برگ‌ها بوده باشد (Hayat and Ahmad, 2007).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط تنش شوری خاک استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش سبب افزایش تحمل پنبه می‌شود. در این شرایط محلول‌پاشی با SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی با افزایش اجزای عملکرد مهم مانند تعداد غوزه در بوته سبب افزایش عملکرد وش می‌شود. اگرچه تأخیر در کاشت سبب کاهش اثرات مثبت محلول‌پاشی با تعدیل‌کننده‌های تنش می‌شود. در کشت تأخیری عملکرد وش، الیاف و عملکرد بذر واکنش متفاوتی به نوع تعدیل‌کننده‌های تنش نشان دادند. در کشت رایج استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش SA یا SNP سبب افزایش این صفات شد؛ درحالی‌که در کشت تأخیری اختلافی بین تعدیل‌کننده‌ای تنش مشاهده نشد. در مجموع حصول عملکرد وش مناسب در پنبه با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی و کشت در تاریخ مناسب به دست می‌آید.

References

Abbas, G., Younis, H., Naz, S., Fatima, Z., Hussain, S., Ahmed, M. and Ahmad, S. 2019. Effect of planting dates on agronomic crop production. In: Agronomic crops. Springer: pp: 131-147.

Absalan, A.A., Armin, M., Asghripour, M.R. and Karimi-Yazdi, S. 2011 .Effects of different forms of nitrogen application on yield response of corn under saline conditions. *Journal of Advances in Environmental Biology*, 5(4): 719-724 .

Adamsen, F. and Coffelt, T. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*, 21(3): 293-307.

Afzal, M.N., Tariq, M., Ahmed, M., Abbas, G. and Mehmood, Z. 2020. Managing planting time for cotton production. In: Cotton production and uses. Springer: pp: 31-44.

Akramghaderi, F., Latifi, N., Rezaei, J. and Soltani, A. 2003. Effects of planting date on the phenology and morphology of three cotton cultivars in gorgan. *Iranian Journnal of Agricultural Science*, 34(1): 221-230. (In Persian).

Ardakani, A.O., Armin, M. and Filekesh, E. 2016. The effect of rate and application method of potassium on yield and yield components of cotton in saline condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(3): 514-525. (In Persian).

Awan, H., Awan, I., Mansoor, M., Khan, E. and Khan, M.A. 2011. Effect of sowing time and plant spacing on fiber quality and seed cotton yield. *Sarhad Journal of Agriculturee*, 27(3): 411-413.

Bagherabadi, H., Armin, M. and Filekesh, E. 2019. The effect of sowing date on yield and yield components of cotton planted in ultra narrow rows and conventional rows. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 7(1): 1-14 . (In Persian).

Bali, S., Gautam, V., Kaur, P., Khanna, K., Kaur, R., Vig, A.P., Ohri, P. and Bhardwaj, R. 2017. Interaction of salicylic acid with plant hormones in plants under abiotic stress. In: Salicylic acid: A multifaceted hormone. Springer: pp: 201-219.

Barros, T.C., de Mello Prado, R., Roque, C.G., Arf, M.V. and Vilela, R.G. 2019. Silicon and salicylic acid in the physiology and yield of cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 42(5): 458-465.

Barzoie, Z., Armin, M. and Marvi, H.A. 2020. Physiological and biochemical responses of cotton to times and type of stress modulator in saline conditions. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 29(2): 300-317.

Chen, H. and Jiang, J.G. 2010. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Reviews*, 18: 309-319.

Conaty, W.C., Mahan, J.R., Neilsen, J.E., Tan, D.K., Yeates, S.J. and Sutton, B.G. 2015. The relationship between cotton canopy temperature and yield, fibre quality and water-use efficiency. *Field Crops Research*, 183: 329-341.

Dong, Y., Jinc, S., Liu, S., Xu, L. and Kong, J. 2014. Effects of exogenous nitric oxide on growth of cotton seedlings under nacl stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(1): 1-13.

El-Beltagi, H.S., Ahmed, S.H., Namich, A.A.M. and Abdel-Sattar, R.R. 2017. Effect of salicylic acid and potassium citrate on cotton plant under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26: 1091-1100.

El Sabagh, A., Omar, A.M., El Menshawi, M. and El Okkiah, S. 2018. Foliar application of organic compounds stimulate cotton (*Gossypium barbadense* L.) to survive late sown condition. *Open Agriculture*, 3(1): 684-697.

Fan, H.F., Du, C.X. and Guo, S.R. 2012. Effect of nitric oxide on proline metabolism in cucumber seedlings under salinity stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137(3): 127-133.

Ghosh, S. 2020. Protective role of sodium nitroprusside in overcoming diverse environmental stresses in plants. *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives*: 238-253.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid-a plant hormone. Springer Science & Business Media.

Heitholt, J., Schmidt, J. and Mulrooney, J.E. 2001. Effect of foliar-applied salicylic acid on cotton flowering, boll retention, and yield. *Materials and Methods*, 46(2): 105-109.

Iqbal, M. and Khan, M.A. 2011. Response of cotton genotypes to planting date and plant spacing. *Frontiers of Agriculture in China*, 5(3): 262-267.

Khan, M., Rozhon, W. and Poppenberger, B. 2014. The role of hormones in the aging of plants-a mini-review. *Gerontology*, 60(1): 49-55.

Khoshbakht, D., Asghari, M. and Haghighi, M. 2018. Effects of foliar applications of nitric oxide and spermidine on chlorophyll fluorescence, photosynthesis and antioxidant enzyme activities of citrus seedlings under salinity stress. *Photosynthetica*, 56(4): 1313-1325.

Kong, X., Wang, T., Li, W., Tang, W., Zhang, D. and Dong, H. 2016. Exogenous nitric oxide delays salt-induced leaf senescence in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 3(38): 1-9.

Kurepin, L.V., Ivanov, A.G., Zaman, M., Pharis, R.P., Hurry, V. and Hüner, N.P. 2017. Interaction of glycine betaine and plant hormones: Protection of the photosynthetic apparatus during abiotic stress. In: Photosynthesis: Structures, mechanisms, and applications. Springer: pp: 185-202.

Lado, J., Manzi, M., Sainz, M.M., Sotelo, M. and Zacarías, L. 2016. Involvement of plant hormones in cold stress tolerance. In: Plant hormones under challenging environmental factors. Springer: pp: 23-49.

Liu, S., Dong, Y., Xu, L. and Kong, J. 2014. Effects of foliar applications of nitric oxide and salicylic acid on salt-induced changes in photosynthesis and antioxidative metabolism of cotton seedlings. *Plant Growth Regulation*, 73(1): 67-78.

Makhdum, I. and Shababuddin, M. 2006. Effect of different doses of glycine betaine and time of spray application on yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Research Science*, 17(4): 241-245.

Manesh, A., Armin, M. and Moeini, M. 2013. The effect of sulfur application on yield and yield components of corn in two different planting methods in saline conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 7(4): 1474-4874.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Hasanuzzaman, M., Khanna, K., Bhardwaj, R. and Ahmad, P. 2021. Salicylic acid-mediated regulation of morpho-physiological and yield attributes of wheat and barley plants in deferring salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-13.

Rahman, M.H.u., Ahmad, A., Wajid, A., Hussain, M., Rasul, F., Ishaque, W., Islam, M.A., Shelia, V., Awais, M., Ullah, A., Wahid, A., Sultana, S.R., Saud, S., Khan, S., Fahad, S., Hussain, M., Hussain, S. and Nasim, W. 2019. Application of csm-cropgro-cotton model for cultivars and optimum planting dates: Evaluation in changing semi-arid climate. *Field Crops Research*, 238: 139-152.

Reddy, K., Hodges, H. and Reddy, V. 1992. Temperature effects on cotton fruit retention. *Agronomy Journal*, 84(1): 26-30.

Saleem, M., Fariduddin, Q. and Janda, T. 2020. Multifaceted role of salicylic acid in combating cold stress in plants: A review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40: 464-485.

Savari, A., Fotokian, M.H. and Barzali, M. 2010. Evaluation of glycine betaine effects on some agronomic traits of cotton. *Jouran of Agronomy Sciences*, 1(1): 67-76.

Shrivastava, P. and Kumar, R. 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2): 123-131.

Siddiqui, M.H., Alamri, S.A., Al-Khaishany, M.Y., Al-Qutami, M.A., Ali, H.M., Al-Whaibi, M.H., Al-Wahibi, M.S. and Alharby, H.F. 2018. Mitigation of adverse effects of heat stress on vicia faba by exogenous application of magnesium. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(7): 1393-1401.

Timachi, F., Armin, M., Jamimoeini, M. and Abhari, A. 2020. Physiological response of cumin to times and type of stress modulator in rain-fed and irrigated conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(6): 1163-1172.

Wang, N., Qi, H., Qiao, W., Shi, J., Xu, Q., Zhou, H., Yan, G. and Huang, Q. 2017. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes with contrasting K^+/Na^+ ion homeostasis: Implications for salinity tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(3): 77-81.

Zare, M.S., Armin, M. and Marvi, H. 2020. Physiological responses of cotton to stress moderator application on different planting date under saline conditions. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45: 11-25.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 253-268

Agrophysiological response of cotton to foliar application of stress modulators in early and delayed planting date

Zeynab Borzuyi[1], Mohammad Armin[2*], Hamid Marvi[2]

[1]PhD. candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

[*]Corresponding Author: Armin@iaus.ac.ir

Received: 4 May 2021 Accepted: 27 June 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.284747.1094**

Abstract

In order to investigate the agrophysiological response of cotton to foliar application of stress modulators in different planting date, an experimental was conducted as split-plot factorial in a randomized complete block design with three replications in 2017-2018. Factors were: planting date (early (May 15 and 20, for the first and second year, and late (June 20 and 17, for the first and second year, respectively) as the main plot and type of stress modulator at four levels (control, salicylic acid, glycine betaine and sodium nitroprusside) and time of stress modulators application (flowering and flowering + bolling stage) as a factorial in the sub-plot. Both in early and late planting date, foliar application in flowering+bolling stage increased the number of reproductive branches, number of bolls per plant, seed cotton and lint yield. The highest number of bolls per plant was obtained in early planting date by foliar application of glycine betaine (15.7) and in late planting date by foliar application of salicylic acid (8.7). While salicylic acid foliar application increased the seed cotton yield in early planting date (47%), but in late planting date, seed cotton yield did not respond to the stress moderator application. In both flowering and flowering+bolling stage, the highest seed cotton yield was obtained by spraying sodium nitroprusside (1265 and 1537 kg/ha, respectively). In terms of lint and seed yield, in early planting date, foliar application of sodium nitroprusside and in late planting date, foliar application of salicylic acid was better than other modifiers. Overall, the results of this experiment showed that sowing at the appropriate date and foliar application with salicylic acid in the flowering + bolling stage is the most appropriate treatment to obtain the highest seed cotton yield in saline condition.

Keywords: Cotton yield, Foliar application, Planting date, Phytoprotectants, Salinity stress

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۸۰-۲۶۹

مقاله پژوهشی

اثر کودهای نیتروژنه و فسفره بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و خصوصیات ریشه گیاه دارویی برازمبل (*Perovskia abrotanoides* Karel.)

ژاله حقیقت شیشوان[۱]، محمد کافی[۲*]، احمد نظامی[۲]، جعفر نباتی[۳]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

* مسئول مکاتبه: M.kafi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۹ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.310543.1145**

چکیده

برای زراعی کردن گیاهان وحشی دارویی ابتدا نیاز است که واکنش آنها به عملیات زراعی در محیط‌های کنترل شده بررسی شود. بنابراین آزمایشی روی گیاه دارویی برازمبل با چهار سطح نیتروژن ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (با منشأ اوره) (N4 تا N1) و چهار سطح فسفر ۴، ۶، ۸ و ۱۰ گرم فسفر در کیلوگرم خاک (با منشأ سوپرفسفات تریپل) (P4 تا P1) در قالب فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. بیشترین سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای در تیمار P4 (به ترتیب ۱۷/۷۷ میکرومول بر متر مربع در ثانیه ، ۷/۴۴ و ۱/۷۰ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) به‌دست آمدند. در N4 سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای (به ترتیب ۱۶/۸۸ میکرومول، ۸/۶۲ و ۱/۷۴ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) بالاترین مقدار را داشتند در حالی‌که سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق با N3 تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین مقدار کلروفیل a برگ (۰/۴۶۴ میلی‌گرم برگرم) در N3P3 و بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۷۰ میلی‌گرم برگرم) در تیمار N3 ثبت شد. بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در P4 و N3 و بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در P3 و N3 ثبت شد. به‌طور کلی به مطالعه بیشتری برای توصیه نیازهای تغذیه‌ای برازمبل نیاز است ولی براساس نتایج این آزمایش تیمارهای N3 و P3 با داشتن بیشترین اثر بر سرعت فتوسنتز و در نتیجه تولید زیست‌توده بیشتر انتخاب مناسبی برای افزایش رشد گیاه برازمبل می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، خصوصیات فتوسنتزی، زیست‌توده

مقدمه

در سطح جهانی گیاهان دارویی به عنوان منابع بالقوه کمک‌های درمانی در انسان و دام، نقش چشم‌گیری در نظام سلامت داشته و با آشکار شدن خطرات و اثرات جانبی داروهای مدرن، بازگشت به سمت استفاده از داروهایی با منشأ گیاهی در حال توسعه است (Verma and Singh, 2008).

جنس Perovskia از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) دارای هفت گونه است که از آن میان سه گونه *P. atriplicifolia* *P. abrotanoides* و *P. artemisoides* در ایران رشد می‌کنند (Mozafarian, 2013). گونه *P. abrotanoides* با نام محلی برازمبل، دومو و گوره (در خراسان با نام محلی گل کبود)، گیاهی دارویی و چندساله است که به طور وحشی در ایران، افغانستان، پاکستان و ترکمنستان رشد می‌کند (Jaafari *et al.*, 2007; Mazandarani *et al.*, 2009; Safaeighomi and Batooli, 2010). مردم به صورت سنتی از پودر ریشه و بخش‌های هوایی و واکس موجود در بذور این گیاه به عنوان پمادی برای درمان بیماری سالک (Leishmaniasis)، ضدعفونی زخم و کاهش دهنده درد استفاده می‌کنند (Jaafari *et al.*, 2007). در تحقیقات مختلف، برخی از اثرات دارویی این گیاه مانند اثرات ضد سالک، ضد مالاریا و ایجاد سمیت برای سلول‌های سرطانی گزارش شده است (Jaafari *et al.*, 2007) هم‌چنین اثرات آنتی‌باکتریال، ضد ویروسی و ضد پاتوژنی، آنتی‌اکسیدانی و ضد درد اسانس برگ گیاه برازمبل نیز به اثبات رسیده است (Hosseinzade and Amel, 2001; Arabi *et al.*, 2008). اسانس گل و ساقه برازمبل به‌دلیل داشتن ترکیبات مونوترپن، می‌تواند به عنوان حشره‌کش استفاده شود لذا می‌تواند تأثیر قابل

توجهی در افزایش دوره انبارداری دانه‌های انبار شده داشته باشد (Arabi *et al.*, 2008). گیاه برازمبل به عنوان گیاه دارویی معطر از پراکنش وسیعی در استان‌های اصفهان، خراسان، گلستان و مازندران برخوردار است (Safaeighomi and Batooli, 2010). این گیاه یکی از گیاهان دارویی با ارزش در شمال خراسان به حساب آمده و سازگار با مناطق سرد و خشک می‌باشد (Mazandarani *et al.*, 2009).

گیاهان دارویی موجود در عرصه‌های طبیعی، از جمله گیاه برازمبل، به طور روز افزونی در حال برداشت توسط بشر هستند، اما ظرفیت تولید مثل و رشد این گونه‌ها بسیار پایین‌تر از حجم برداشت بوده و به طور غیر قابل بازگشتی در حال کاهش است. تحقیقاتی که تاکنون در مورد گیاه برازمبل شده است در مورد خواص دارویی آن به ویژه اسانس روغنی آن بوده است. برای حفاظت از منابع طبیعی گیاهان دارویی دو روش کلی درون و بیرون از منطقه طبیعی پیشنهاد می‌شوند از روش‌های برون منطقه‌ای می‌توان به زراعی نمودن و کشت این گونه‌ها در مزارع اشاره کرد (Huang, 2013). کشت گیاه تحت شرایط کنترل‌شده علاوه بر افزایش عملکرد مواد مؤثره گیاه، تولید پایدار آن را نیز تضمین می‌کند (Chen *et al.*, 2016). تعیین نیازهای تغذیه‌ای و مقادیر بهینه کودهای مصرفی یکی از اقداماتی است که در مسیر برنامه‌ریزی برای زراعی‌سازی آن ضروری است.

عناصر غذایی برای رشد و باروری گیاه ضروری هستند اما نوع و مقدار مورد نیاز این عناصر بر اساس گونه گیاهی، عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تغییر می‌یابد. گیاهان از طریق سازگاری‌های موفولوژیکی و بیوشیمیایی به شرایط متغیر محیطی پاسخ می‌دهند. به این ترتیب گیاهان با تغذیه کودی مناسب در مقایسه با گیاهان با کوددهی کم قادر به سنتز غلظت‌های بالایی از متابولیت‌های اولیه هستند که ممکن است تخصیص منابع به تولید متابولیت‌های اولیه، میزان متابولیت‌های ثانویه دفاعی در آنها را تغییر دهد (Kleine and Müller, 2013). در مورد گیاهان دارویی می‌توان گفت که نوع و مقدار استفاده از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم، علاوه بر رشد و نمو گیاه، می‌تواند بر کیفیت و کمیت متابولیت‌های ثانویه از جمله شامل اسانس آنها تأثیر معنی‌داری داشته باشد (Sharafzadeh *et al.*, 2011).

نیتروژن یکی از فراوان‌ترین عناصر روی کره زمین است. با این‌حال این عنصر یکی از محدودکننده‌ترین عناصر غذایی برای رشد و نمو گیاه به شمار می‌رود و حدود دو درصد از وزن خشک گیاه از جمله پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها، کوآنزیم‌ها و تعداد زیادی از متابولیت‌های ثانویه را شامل می‌شود (Miller and Cramer, 2004). نیتروژن در ساختار یکی از مهم‌ترین پروتئین‌های فتوسنتزی گیاه که بیشترین مقدار را نیز دارد (رابیسکو)، حضور داشته و به این ترتیب کمبود این عنصر می‌تواند با محدود کردن چرخه کالوین، موجب عدم بازیابی حامل‌های انرژی (NAD و $NADP^+$) گردد. بعلاوه، با توجه به وجود نیتروژن در ساختار کلروفیل‌ها، کمبود نیتروژن منجر به از بین رفتن کلروفیل و در نتیجه زردی برگ‌ها و در نهایت کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (Malakooti and Belali, 2004). تا جایی‌که نویسندگان این مقاله اطلاع دارند، در مورد اثرات کمبود یا بیش‌بود نیتروژن و فسفر در رشد و نمو گیاه برازمبل تحقیقی صورت نگرفته است ولی انتظار می‌رود مانند تمامی گیاهان خانواده لامیاسه به این عناصر پاسخ مثبت نشان دهد (Boroomand and Hosseini Grouh, 2012).

فسفر دومین عامل ضروری در تعیین قدرت تولیدی گیاه است زیرا شکل آنیونی فسفر که توسط گیاه آسیمیله می‌شود، قابل حل در محلول خاک نیست (Feng *et al.*, 2016). مولکول‌های پر انرژی ADP و ATP از ترکیبات بسیار مهم فسفر دار بوده و نقش مهمی در فتوسنتز، تنفس، سنتز پرووتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها و انتقال بین سلولی مواد دارند (Boroomand and Hosseini Grouh, 2012). چنانچه فسفر به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار گیرد اثرات مثبت آن بر رشد گیاه، توسعه ریشه، تشکیل گره در بقولات و عملکرد محصول قابل ملاحظه خواهد بود (Sammauria and Yadav, 2008). کمبود فسفر سبب کاهش سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای نیز می‌گردد که این مسئله هم بطور غیر مستقیم به سرعت فتوسنتز مرتبط است (Sitko *et al.*, 2019). از این‌رو تعیین مقادیر مناسب کود مصرفی برای هر گیاه متناسب با اقلیم منطقه کشت، باروری خاک و میزان عنصر جذب شده توسط گیاه ضروری است.

یکی از اولین نیازهای زراعی کردن یک گیاه وحشی تعیین ظرفیت کودپذیری آن است از طرف دیگر، کودپذیری ممکن است بر غلظت ماده مؤثره گیاه دارویی اثر مثبت یا منفی داشته باشد (Kleine and Müller, 2013; Kim and Li, 2016). لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و

خصوصیات ریشه گیاه دارویی برازمبل تحت سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر در محیط باز در گلدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

بذور برازمبل در اوایل پاییز سال ۱۳۹۴ از ارتفاعات اطراف مشهد (منطقه روستای فریزی، با مختصات جغرافیایی ۵۹/۵۹۳۰°E، ۳۶/۳۷۵۶ °N) جمع‌آوری شدند. در تاریخ ۹۴/۱۲/۲۰ بذور با هیپوکلریت سدیم ۳٪ به مدت ۳۰ ثانیه و قارچ‌کش کاربندازیم دو در هزار به مدت یک دقیقه ضدعفونی سطحی شده و به منظور شکست خواب، بذور در میان پارچه مرطوب و تمیزی پیچیده شده و به مدت چهار هفته در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بذور سرمادهی شده در تاریخ ۹۵/۱/۲۲ در سینی‌های کشت حاوی کوکوپیت کشت گردیدند. گیاهچه‌ها در مرحله ۶-۸ برگی (اواخر خرداد ۹۵) به گلدان‌های اصلی ۲۰ کیلوگرمی پر شده با خاک زراعی و شن با نسبت ۲: ۱ خاک و شن انتقال یافتند. قبل از کشت ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد استفاده بررسی گردید (جدول ۱).

جدول ۱- آنالیز خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایش
Table 1- Soil chemical analysis used in the pots

واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب K (mg kg^{-1})
7. 84	1. 18	0. 19	0. 02	3. 5	200

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد (فضای باز) اجرا شد. از کود اوره ($CO(NH_2)_2$) به عنوان منبع نیتروژن و در چهار سطح ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و کود سوپرفسفات تریپل ($Ca(PO_4H_2)_2$) به عنوان منبع فسفر و در چهار سطح ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک استفاده شد. کود سولفات پتاسیم به مقدار مساوی برای همه گلدان‌ها به مقدار ۱۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک استفاده شد. فسفر و پتاسیم در یک مرحله قبل از کاشت و نیتروژن در دو مرحله دو روز پس از انتقال نشا و سه هفته پس از انتقال نشا برای گلدان‌ها اعمال شد. آبیاری دو بار در هفته به صورت دستی به حجم مورد نیاز تا رسیدن آب خاک گلدان‌ها به ظرفیت نگهداری به روش وزنی انجام شد. در زمان ۵۰ درصد گل-دهی میزان فتوسنتز و تبخیر و تعرق در جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته به وسیله دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (مدل LCA4) و میزان هدایت روزنه‌ای با استفاده از پرومتر (دکاگون مدل SC-1) اندازه‌گیری شدند. غلظت رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b با استفاده از روش (Dere *et al.*, 1998) از نمونه‌های جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شدند. در انتهای دوره گلدهی وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه، طول و حجم ریشه اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و JMP و مقایسه میانگین داده‌ها با روش دانکن و با سطح احتمال خطای ۵٪ ($P \leq ۰/۰۵$) انجام شد.

نتایج و بحث

فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای

اثر افزایش فسفر و نیتروژن بر سرعت فتوسنتز و تعرق و هدایت روزنه‌ای گیاه برازمبل معنی‌دار شد (جدول ۲). سرعت فتوسنتز در بیشترین مقدار مصرف کود (تیمار P4 و N4) به ترتیب ۴۱ و ۳۵ درصد بالاتر از کمترین مقدار مصرف کود (P1 و N1) بود. همچنین در هر دو عنصر نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری در سرعت فتوسنتز تیمارهای سوم و چهارم مشاهده نشد. سرعت تعرق نیز همانند سرعت فتوسنتز در تیمار P4 و N4 بیشترین مقادیر را نشان داد که به ترتیب ۲۶ و ۵۳ درصد از P1 و N1 (دارای کمترین مقادیر) بیشتر بودند اما بین N3 و N4 و بین P3 و P4 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از طرفی، اثر افزایش نیتروژن بر سرعت تعرق تقریباً دو برابر اثر افزایش فسفر بود. همچنین هدایت روزنه‌ای در سطوح P3 و P4 و N3 و N4 بالاترین مقدار را داشت که تفاوت معنی‌داری نیز با هم نداشتند. بین سطوح P1 و P2 هم تفاوت معنی‌داری در مورد هدایت روزنه‌ای دیده نشد. با توجه به میزان تفاوت بیشترین و کمترین مقادیر هدایت روزنه‌ای در فسفر (۲۸٪) و نیتروژن (۳۱٪) به نظر می‌رسد که نیتروژن تأثیر بیشتری بر افزایش هدایت روزنه‌ای داشته است (جدول ۳).

فتوسنتز یک فرایند کلیدی است که کلیه فعالیت‌های سلولی را از طریق تولید ATP مورد نیاز آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مولکول پر انرژی نه تنها در تولید محصولات قندی بلکه در تولید ترکیبات حد واسط و ثانویه زیادی به‌کار می‌رود (Li *et al.*, 2017). سرعت فتوسنتز به عوامل زیادی بستگی دارد که دسترسی به مواد غذایی یکی از آنهاست (Trankner *et al.*, 2018). کمبود نیتروژن از طریق ایجاد اختلال در ساخت و بازسازی پروتئین‌ها و آنزیم‌های چرخه کالوین، به‌ویژه فعالیت رابیسکو و باززایی ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات و محتوای کلروفیل در تیلاکوئیدها بر میزان فتوسنتز تأثیر منفی می‌گذارند. کمبود فسفر نیز با اثرگذاری بر جذب و به کارگیری نیتروژن، می‌تواند بر مقدار کلروفیل و یا فرآیندهای فتوسنتزی مانند چرخه کالوین تأثیر منفی داشته باشد (Singh *et al.*, 2014). همچنین، کمبود فسفر از طریق ایجاد اختلال در عملکرد آنتی‌پورتری که در ازای ورود فسفات معدنی به استروما قند سه کربنه تولید شده در کلروپلاست را از استروما به سیتوسول منتقل می‌کند، بر چرخه کالوین اثر منفی گذاشته و سرعت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Walters *et al.*, 2004). برازمبل گیاهی وحشی و متحمل به اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است و شاید به همین دلیل باشد که هدایت روزنه‌ای آن نسبت به گیاهان زراعی پایین است همچنین خاک‌های مناطق رشد این گیاه از غنای بالای عنصر غذایی برخوردار نیستند و این عوامل می‌تواند دلیل پایین بودن هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق و به تبع آن سرعت فتوسنتز در این گیاه باشد و زمانی‌که عناصر اصلی غذایی و آب مورد نیاز در اختیار آن قرار گرفته است تمام پارامترهای مرتبط با فتوسنتز گیاه افزایش یافته است ولی احتمالاً از آنجا که گیاه برازمبل در شرایط کم نهاده تکامل یافته است ظرفیت بهره‌برداری از مقادیر بالای نیتروژن و فسفر را نداشته و در سطح سوم هر کدام از این دو عنصر به حد اشباع خود رسیده است. فتوسنتز دو گیاه هم‌خانواده برازمبل یعنی رزماری و اسطوخودوس در شرایط محدودیت منابع از جمله فراهمی آب کاهش می‌یابد (Nogués and Baker, 2000) با توجه به اینکه با افزایش سطح فسفر و نیتروژن هدایت روزنه‌ای نیز افزایش نشان می‌دهد (جدول ۳)، افزایش سرعت فتوسنتز نیز در این تیمارها به دلیل باز بودن بیشتر روزنه‌ها و تأمین CO_2 مورد نیاز برای فتوسنتز است (Latsague *et al.*, 2014).

کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b

مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری نشان دادند درحالی‌که مقدار کلروفیل a فقط از تغییرات مقدار نیتروژن تأثیر معنی‌دار پذیرفت (جدول ۲). افزایش فسفر بر محتوی کلروفیل a برگ برازمبل تأثیر معنی‌داری نداشت اما اثر متقابل دو کود معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به تیمار P3N3 بود که حدود ۴۴٪ از کمترین مقدار مربوط به تیمار P3N1 بیشتر بود. نسبت کلروفیل a به b در تیمار P1N4 بیشترین مقدار را داشت که ۴۱٪ از کمترین مقدار مربوط به تیمار P3N1 بالاتر است (جدول ۴). بالاترین سطح کلروفیل b در تیمار نیتروژن N3 مشاهده شد درحالی‌که این رنگدانه در تیمارهای P2، P3 و P4 با هم تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌صورت معنی‌داری از تیمار P1 بیشتر بود (جدول ۳). همچنین محتوی کلروفیل b برگ نسبت کلروفیل a در برازمبل در تمامی تیمارها بالاتر بود، چنین نتایجی در مورد گیاه اسطوخودوس نیز گزارش شده است (Daniela *et al.*, 2020). دلیل احتمالی دیگری که ممکن است باعث افزایش کلروفیل b نسبت به aبرازمبل باشد این‌که گیاهان این گونه در شرایط تشعشع زیاد تکامل یافته‌اند و گیاهان برای اجتناب از دریافت تشعشع مستقیم توسط کلروفیل a، ابتدا تشعشع را به کلروفیل b منتقل کرده و سپس نور غیر مستقیم را به کلروفیل a منتقل می‌کند و این خود باعث جلوگیری از ممانعت نوری می‌شود (Daniela *et al.*, 2020).

رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها با جذب انرژی خورشیدی مهم‌ترین نقش را در واکنش‌های نوری فتوسنتز بازی می‌کنند و تغییر در کمیت و کیفیت آنها می‌تواند برای تشخیص تنش‌های محیطی و وضعیت غذایی گیاه مورد استفاده قرار گیرد (Netto *et al.*, 2005). ۵۰ تا ۷۰ درصد از نیتروژن برگ صرف تولید کلروفیل a، b و کاروتنوئیدهای متصل به کلروپلاست و آنزیم‌های مرتبط با فتوسنتز می‌شود تا مواد اولیه مورد نیاز چرخه کالوین (Latsague *et al.*, 2014) و سیستم انتقال الکترون (Hikosaka, 2004) تأمین گردد؛ بنابراین کمبود نیتروژن در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. این کاهش در اثر افزایش سنتز پروتئین‌های تجزیه کننده است که به کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و رشد گیاه می‌انجامد (Roggatz *et al.*, 1999). استفاده از کودهای نیتروژنی یا فسفردار می‌تواند در تولید پروتئین‌های دخیل در تولید رنگدانه‌ها و یا تأمین انرژی مورد نیاز برای تولید رنگدانه‌ها و نیز سایر ترکیبات فسفره از طریق تولید ATP و GTP تأثیرگذار باشد (Roberts, 1997).

جدول ۲- تجزیه واریانس سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای کلروفیل a و b، نسبت کلروفیل a به b، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل و حجم ریشه در گیاه برازمبل در سطوح مختلف کود فسفر و نیتروژن در مرحله گلدهی (مقادیر ذکر شده مربوط به یک گیاه است)

Table 2- Variance analysis of photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, chlorophyll a & b, Chl a/Chl b, shoot dry weight, root dry weight, root/shoot, total biomass, and root volume in different N & P fertilizer levels on Barazambal in flowering staee (all values are related to one plant)

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares									
		سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	سرعت تعرق Transpiration rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	نسبت کلروفیل b به a Chl a/Chl b	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	زیست توده کل Total biomass	حجم ریشه Root volume
تکرار Replication	2	4. 97	0. 49	0. 69	0. 00055	0. 00027	0. 002	0. 090	0. 012	0. 017	0. 064	4. 44
فسفر P	3	139**	8. 27**	16. 45**	0. 00094 ns	0. 0057**	0. 157*	1. 34**	0. 163**	0. 076**	1. 88**	25. 2**
نیتروژن N	3	84. 7**	57. 14**	14. 68**	0. 0507**	0. 0068**	0. 337**	4. 15**	1. 71**	0. 032*	10. 9**	143**
فسفر*نیتروژن P*N	9	2. 33ns	0. 973ns	0. 87ns	0. 0050**	0. 00059ns	0. 130**	0. 099ns	0. 040 ns	0. 018 ns	0. 105 ns	6. 60*
خطا (error)	30											
ضریب تغییرات CV (%)		13. 41	13. 00	13. 91	9. 87	9. 52	13. 4	9. 91	10. 2	14. 8	7. 08	9. 10

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد و ۹۵٪ و معنی‌دار نبودن است.

**, *, ns: significantly different in 99%, significantly different in 95%, of probability and no significant difference, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کود فسفر و نیتروژن بر سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل b، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام‌های هوایی، نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در گیاه برازمبل در مرحله گلدهی (مقادیر ذکر شده مربوط به یک گیاه است)

Table 3- P & N fertilizers, main effects on photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, chlorophyll b, root dry weight, shoot dry weight, root/shoot, and total biomass of Barazambal in flowering stage (all values are for one plant)

تیمار Treatment	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate ($\mu mol.\ m^{-2}s^{-1}$)	سرعت تعرق Transpiration rate ($mmol.\ m^{-2}s^{-1}$)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($mmol.\ m^{-2}s^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.\ gfw^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight ($g.\ plant^{-1}$)	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight ($g.\ plant^{-1}$)	نسبت ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	زیست‌توده کل Total biomass ($g.\ plant^{-1}$)
P1	10. 49 ^{c}	5. 53 ^{c}	1. 22 ^{b}	0. 212 ^{b}	1. 56 ^{b}	2. 11 ^{c}	0. 742 ^{a}	3. 67 ^{c}
P2	12. 88 ^{b}	6. 65 ^{b}	1. 36 ^{b}	0. 252 ^{a}	1. 61 ^{b}	2. 62 ^{b}	0. 641 ^{b}	4. 23 ^{b}
P3	16. 85 ^{a}	7. 09 ^{ab}	1. 70 ^{a}	0. 255 ^{a}	1. 68 ^{b}	2. 92 ^{a}	0. 574 ^{b}	4. 61 ^{a}
P4	17. 77 ^{a}	7. 44 ^{a}	1. 70 ^{a}	0. 258 ^{a}	1. 82 ^{a}	2. 54 ^{b}	0. 732 ^{a}	4. 37 ^{ab}
N1	10. 95 ^{c}	4. 05 ^{c}	1. 20 ^{c}	0. 212 ^{c}	1. 32 ^{c}	1. 85 ^{c}	0. 741 ^{a}	3. 18 ^{c}
N2	14. 02 ^{b}	5. 73 ^{b}	1. 44 ^{b}	0. 249 ^{b}	1. 55 ^{b}	2. 55 ^{b}	0. 624 ^{b}	4. 10 ^{b}
N3	16. 15 ^{a}	8. 31 ^{a}	1. 61 ^{ab}	0. 270 ^{a}	2. 21 ^{a}	3. 29 ^{a}	0. 683 ^{ab}	5. 50 ^{a}
N4	16. 88 ^{a}	8. 62 ^{a}	1. 74 ^{a}	0. 245 ^{b}	1. 59 ^{b}	2. 51 ^{b}	0. 641 ^{b}	4. 11 ^{b}

در این آزمایش N1، N2، N3 و N4 به ترتیب نشانگر تیمارهای کودی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و حروف P1، P2، P3 و P4 به ترتیب نشانگر ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک هستند. در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

N1, N2, N3 and N4 are equal to 6, 12, 18 and 24 mg nitrogen per kg soil respectively, and P1, P2, P3 and P4 are equal to 4, 6, 8 and 10 mg phosphorus per kg soil, respectively. Means in each column with the same letters are not significantly different in 5% of probability based on Duncan test..

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش کود فسفر و نیتروژن بر حجم ریشه، کلروفیلa و گیاه برازمبل در مرحله گلدهی (مقادیر ذکر شده مربوط به یک گیاه است)

Table 4- P & N fertilizers interaction effects on root volume, chlorophyll a and Chl a/Chl b of Barazambal in flowering stage (all values are for one plant)

تیمار Treatment	حجم ریشه Root volume (cm^3. $Plant^{-1}$)	کلروفیلa Chlorophyll a ($mg.\ gfw^{-1}$)	نسبت کلروفیلa به b Chl a/Chl b
N_1P_1	11. 4 f	0. 288 f	1. 46 cdef
N_2P_1	15. 1 de	0. 287 f	1. 31 def
N_3P_1	20. 1 bc	0. 413 abcd	1. 90 ab
N_4P_1	20. 2 bc	0. 407 abcd	1. 93 a
N_1P_2	14. 8 de	0. 306 ef	1. 55 bcde
N_2P_2	18. 9 c	0. 380 cd	1. 45 cdef
N_3P_2	18. 7 c	0. 425 abc	1. 46 cdef
N_4P_2	18. 8 c	0. 354 de	1. 39 def
N_1P_3	13. 7 ef	0. 261 f	1. 12 f
N_2P_3	17. 4 cd	0. 294 ef	1. 14 f
N_3P_3	22. 8 ab	0. 464 a	0. 68 abcd
N_4P_3	19. 9 bc	0. 455 ab	1. 82 abc
N_1P_4	15. 2 de	0. 275 f	1. 25 ef
N_2P_4	18. 4 c	0. 370 cd	1. 44 cdef
N_3P_4	24. 5 a	0. 394 bcd	1. 36 def
N_4P_4	22. 5 ab	0. 396 bcd	1. 50 cdef

در این آزمایش N1، N2، N3 و N4 به ترتیب نشانگر تیمارهای کودی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و حروف P1، P2، P3 و P4 به ترتیب نشانگر ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک هستند. در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال نود و پنج درصد با یکدیگر ندارند.

N1, N2, N3 and N4 are equal to 6, 12, 18 and 24 mg nitrogen per kg soil respectively, and P1, P2, P3 and P4 are equal to 4, 6, 8 and 10 mg phosphorus per kg soil, respectively. Means in each column with the same letters are not significantly different in 95% of probability based on Duncan test.

وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل و حجم ریشه

سطوح کود اوره و سوپرفسفات تریپل بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل و حجم ریشه اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بر اساس مقایسات میانگین مربوطه (جدول ۳)، بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار P4 (۱۴٪ بیشتر از P1) و N3 (٪۴۰ بیشتر N1) اندازه‌گیری شد. بالاترین وزن خشک اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در تیمار N3 (به ترتیب با ٪۴۴ و ٪۴۲ افزایش نسبت به N1) و P3 (به ترتیب با ٪۲۸ و ٪۲۰ افزایش نسبت به P1) و بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی در تیمارهای N1، P1 و P4 مشاهده شد (جدول ۳).

کاربرد بیشترین مقدار فسفر وزن خشک ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد درحالی‌که وزن خشک اندام‌های هوایی در P3 بیشترین مقدار را داشته و پس از آن کاهش نشان داد. با توجه به حداکثر بودن نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در سطح چهارم فسفر، به‌نظر می‌رسد که افزایش فسفر بر تحریک رشد ریشه نسبت به اندام‌های هوایی مؤثرتر بوده است، درحالی‌که زیست‌توده کل بیشتر تحت تأثیر وزن خشک اندام‌های هوایی قرار داشت؛ اما در مورد نیتروژن چنین نتیجه‌ای مشاهده نشد و اثر افزایش نیتروژن بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی مشابه بود. بالاترین حجم ریشه مربوط به تیمار P4N3 بود که حدود ٪۵۳ بیشتر از تیمار P1N1 (دارای کمترین حجم ریشه) بود (جدول ۴).

با توجه به اینکه نیتروژن و فسفر از مهم‌ترین عوامل تأمین‌کننده اسیدهای آمینه و مولوکول‌های انرژی‌زای گیاهی هستند فراهمی آن‌ها در رشد و عملکرد گیاه تأثیر قابل توجهی دارد (Poorter *et al.*, 2012). کمبود نیتروژن و فسفر سبب کاهش تقسیم و گسترش سلولی (Roggatz *et al.*, 1999)، کاهش فتوسنتز، کاهش تولید برگ و اندام‌های هوایی و رشد گیاه و عملکرد می‌شود (Zhao *et al.*, 2007).

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات کمی برازمبل در سطوح مختلف اوره و سوپرفسفات تریپل در مرحله گلدهی

Table 5- Simple correlation coefficients (Pearson) between quantitative traits of Barazambal at different levels of urea and triple superphosphate at flowering stage

	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	سرعت تعرق Transpiration rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	نسبت کلروفیل a به b Chl a/ Chl b	حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	زیست توده کل Total biomass
سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	1. 00										
سرعت تعرق Transpiration rate	0. 71**	1. 00									
هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	0. 71**	0. 71**	1. 00								
کلروفیل a Chl a	0. 49**	0. 66**	0. 53**	1. 00							
کلروفیل b Chl b	0. 60**	0. 53**	0. 50**	0. 45**	1. 00						
نسبت کلروفیل a به b Chl a/Chl b	0. 04	0. 28*	0. 17	0. 70**	-0. 30*	1. 00					
حجم ریشه Root volume	0. 67**	0. 76**	0. 64**	0. 67**	0. 55**	0. 28*	1. 00				
وزن خشک ریشه Root dry weight	0. 54**	0. 59**	0. 40**	0. 61**	0. 55**	0. 22*	0. 71**	1. 00			
وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	0. 56**	0. 66**	0. 58**	0. 63**	0. 72**	0. 09	0. 66**	0. 69**	1. 00		
وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	-0. 16	-0. 24	-0. 32*	-0. 15	-0. 34*	0. 11	-0. 10	0. 18	-0. 55**	1. 00	
زیست توده کل Total biomass	0. 59**	0. 69**	0. 56**	0. 67**	0. 71**	0. 15	0. 74**	0. 87**	0. 95**	-0. 30*	1. 00

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 95 و 99 درصد است.

**,*: significantly different in 99% and 95% of probability, respectively.

در نتیجه استفاده مطلوب از کودهای نیتروژن‌دار، سبب افزایش توان فتوسنتزی و تولیدی گیاه و در نتیجه افزایش زیست‌توده کل می‌گردد (Hawkesford, 2014). همچنین بر اساس دسترسی گیاه به مواد غذایی در خاک، اختصاص ماده خشک بین اندام‌های مختلف تغییر می‌کند. به عنوان مثال ریشه نسبت به اندام هوایی در شرایط کمبود عناصر غذایی در اولویت اختصاص قرار می‌گیرد (Poorter *et al.*, 2012).

طبق نتایج مطالعات مختلف، استفاده از کودهای فسفره ممکن است رشد ریشه را افزایش داده و نسبت اندام‌های هوایی به ریشه را کاهش دهد (Haris, 1992) یا هیچ تأثیری بر این صفات نداشته باشد (Ristvey *et al.*, 2007). به عنوان مثال در آزمایشی که روی گل شاهپسند انجام شد، افزایش غلظت فسفر موجب افزایش حجم ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه و در نتیجه زیست‌توده کل گردید. در این شرایط، افزایش زیست‌توده کل بیشتر متأثر از وزن خشک اندام‌های هوایی بود که با نتایج حاصل از این آزمایش هم‌خوانی دارد (Kim and Li, 2016). همچنین در شرایط کمبود فسفر طول، سطح یا حجم ریشه ممکن است افزایش یابد تا بتواند عناصر غذایی کافی برای رشد و بقای گیاه فراهم آورد (Hu *et al.*, 2010).

ضرایب همبستگی ساده بین صفات

این ضرایب بر اساس ضریب پیرسون محاسبه گردید (جدول ۵). سرعت فتوسنتز همبستگی معنی‌دار و مثبتی با سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای (به ترتیب r = ۰/۷۱ و r = ۰/۷۱) نشان داد. حجم ریشه نیز با سرعت تعرق همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (r =۰/۷۶). می‌توان چنین برداشت کرد که با افزایش حجم ریشه دسترسی گیاه به مواد غذایی بیشتر شده و بدین ترتیب اثرات مثبت آن بر هدایت روزنه‌ای و در نهایت فتوسنتز سبب افزایش رشد گیاه و زیست‌توده کل گردیده است. زیست‌توده کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با حجم ریشه (r = ۰/۷۴) داشت. وزن خشک اندام‌های هوایی همبستگی منفی و معنی‌داری (r = - ۰/۵۵) با نسبت ریشه به اندام‌های هوایی دارد. با در نظر گرفتن این مطلب که وزن خشک ریشه هیچ‌گونه همبستگی با این نسبت ندارد، به‌نظر می‌رسد که در شرایط یکسان از نظر فراهمی نیتروژن و فسفر، وزن خشک اندام‌های هوایی اولویت ویژه‌ای در دریافت فرآورده‌های فتوسنتزی و تعیین بیوماس کل گیاه دارد. مقایسه همبستگی بین زیست‌توده کل با وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه (به ترتیب r = ۰/۹۵، r = ۰/۸۷) این موضوع را تقویت می‌کند. از طرفی، وزن خشک ریشه و حجم ریشه همبستگی بالایی با هم داشتند (r = ۰/۷۱). می‌توان چنین برداشت کرد که افزایش حجم ریشه در اثر استفاده از کودهای فسفره و نیتروژنه نقش قابل توجهی در افزایش وزن ریشه داشته است (اثر نیتروژن و فسفر بر طول ریشه معنی‌دار نشد. داده‌ها در این مقاله آورده نشده است). محتوی کلروفیل b همبستگی منفی و معنی‌داری (r = - ۰/۳۰) و کلروفیل a همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۷۰ = r) با نسبت کلروفیل a به b دارند (جدول ۵). از این نتیجه می‌توان چنین برداشت کرد که احتمالاً تأثیرپذیری کلروفیل a نسبت به تغییرات نیتروژن و فسفر بیش از کلروفیل b است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان گفت که در شرایط اجرای این آزمایش، سطح سوم نیتروژن (۱۸ گرم N بر کیلوگرم خاک یا حدوداً ۱۵۰ کیلو کود اوره در هکتار) و سطح سوم فسفر (۸ گرم P بر کیلوگرم خاک یا حدوداً ۷۰ کیلو کود سوپرفسفات تریپل در هکتار) به دلیل داشتن بیشترین اثر بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق و در نتیجه تولید زیست‌توده بیشتر در گیاه برازمبل بهترین انتخاب برای کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل هستند. در این سطح از نیتروژن و فسفر بیشترین حجم ریشه و رنگیزه‌های فتوسنتزی هم تولید شد. لذا با توجه به اینکه گیاه برازمبل گیاهی وحشی بوده و هنوز زراعی نشده است، نتایج این پژوهش می‌تواند یک ایده کلی برای تحقیقات آینده و اهلی کردن این گیاه در اختیار پژوهش‌گران قرار دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان برخود لازم می‌دانند از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی و معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و هم‌چنین از ریاست و کارشناسان پژوهشکده علوم گیاهی این دانشگاه سپاسگزاری نمایند.

References

Arabi, F., Moharramipour, S. and Sefidkon, F. 2008. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Perovskia abrotanoides* (Lamiaceae) against Sitophilus oryzae (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 28(3): 144-150.

Boroomand, N. and Hosseini Grouh, M.S. 2012. Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(12): 2249-2255.

Chen, S.L., Yu, H., Luo, H.M., Wu, Q., Li, C.F. and Steinmetz, A. 2016. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 11: 37.

Daniela Radu, S., Mihalcea, L., Aprodu, I., Socaci, S.A., Cotârleț, M., Enachi, E., Crăciunescu, O., Barbu, V., Oancea, A., Dulf, F.V., Alexe, P., Bahrim, G.E., Râpeanu, G. and Stănciuc, N. 2020. Fostering lavender as a source for valuable bioactives for food and pharmaceutical applications through extraction and microencapsulation. *Molecules*, 25(21): 5001.

Dere, S., Gines, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22(1): 13-17.

Feng, J., Turner, B.L., Lü, X., Chen, Z., Wei, K., Tian, J., Wang, C., Luo, W. and Chen, L. 2016. Phosphorus transformations along a large-scale climosequence in arid and semiarid grasslands of northern China. *Global Biogeochemistry*, 30: 1264-1275.

Harris, R.W. 1992. Root: shoot ratios. *Journal of Arboriculture*, 18: 39-42.

Hawkesford, M.J. 2014. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*, 59: 276-283.

Hikosaka, K. 2004. Interspecific difference in the photosynthesis-nitrogen relationship: patterns. *Journal of Plant Research*, 117: 481-494.

Hosseinzade, H. and Amel, S. 2001. Anti-nociceptive effects of the aerial parts of *Perovskia abrotanoides* extracts in mice. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 4: 15-17.

Hu, Y., Ye, X., Shi, L., Duan, H. and Xu, F. 2010. Genotypic differences in root morphology and phosphorus uptake kinetics in *Brassica napus* under low phosphorus supply. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 889-901.

Huang, H. 2013. Plant diversity and conservation in China: planning a strategic bioresource for a sustainable future. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 166: 282-300.

Jaafari, M.R., Hooshmand, S., Samiei, A. and Hosseinzade, H. 2007. Evaluation of leishmanicidal effect of *Perovskia abrotanoides* Karel root extract by in-vitro leishmanicidal assay using promastigotes of Leishmania major. *Pharmacology OnLine*, 1: 299-303.

Kim, H.J. and Li, X. 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in Lantana. *HortScience*, 51(8): 1001-1009.

Kleine, S. and Müller, C. 2013. Differences in shoot and root terpenoid profiles and plant responses to fertilization in *Tanacetum vulgare*. *Phytochemistry*, 96: 123-131.

Latsague, M., Saez, P. and Mora, M. 2014. Effect of the fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, on the foliar content of carbohydrates, proteins and photosynthetic pigments in plants of Berberidopsis corallina Hook. *Journal of Gayana Botanica*, 71(1): 37-42.

Li, X., Zhang, L., JalalAhammed, G., Li, Z.X., Wei, J.P., Shen, C., Yan, P., Zhang, L.P. and Han, W.Y. 2017. Stimulation in primary and secondary metabolism by elevated carbon dioxide alters green tea quality in *Camellia sinensis* L. *Scientific Reports*, 7(7937): 1-12.

Malakooti, M.J. and Belali, M.R. 2004. Optimal use of fertilizer, a way to sustainability in agricultural production (Proceedings), Agricultural education publishing ordered by Soil and Water Research Institute.

Mazandarani, M., Beyk Mohammadi, M. and Bayat, H. 2009. Ethno pharmacology and investigation secondary metabolites of *Perovskia abrotanoides* Karel. in two natural regions, north of Iran. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 4(16): 69-77. (In Persian).

Miller, A.J. and Cramer, M.D. 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil*, 274: 1-36.

Mozaffarian, V. 2013. A dictionary of Iranian plant names. Seventh edition, Farhang moaser publications.

Netto, A.T., Campostrini, E., de Oliveira, J.G. and Bressan-Smith, R.E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104: 199-209.

Nogués, S. and Baker, N.R. 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany*, 51(348): 1309-1317.

Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P. and Mommer, L. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193: 30-50.

Raven, P.H., Evert, R.F. and Eichhorn, S.E. 1992. Biology of Plants. 5th Ed. Worth Publishers, Inc., New York, NY.

Ristvey, A.G., Lea-Cox, J.D. and Ross, D.S. 2007. Nitrogen and phosphorus uptake efficiency and partitioning of container grown azalea during spring growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132: 563-571.

Roberts, J. 1997. Control of the supply line. *Science*, 278: 2073-2074.

Roggatz, U., Mcdonald, A.J.S., Stadenberg, I. and Schurr, U. 1999. Effects of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L. *Plant, Cell & Environment*, 22: 81-89.

Safaeighomi, J. and Batooli, H. 2010. Determination of bioactive molecules from flowers, leaves, stems and roots of *Perovskia abrotanoides* Karel growing in central Iran by nano scale injection. *Digest Journal of Nanomaterials Biostructures*, 5: 551-556.

Sammauria, R. and Yadav, R.S. 2008. Effect of phosphorus and zinc application on growth and yield fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) and their residual effect on succeeding pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under irrigated condition of northwest Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 78: 61-64.

Sharafzadeh, S., Khosh-Khui, M. and Javidnia, K. 2011. Effect of nutrients on essential oil components, pigments and total phenolic content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(4): 639-646.

Singh, S.K., Reddy, V.R., Fleisher, H.D. and Timlin, J.D. 2014. Growth, nutrient dynamics, and efficiency responses to carbon dioxide and phosphorus nutrition in soybean. *Journal of Plant Interactions*, 9: 838-849.

Sitko, K., Gieroń, Ż., Szopiński, M., Zieleźnik-Rusinowska, P., Rusinowski, S., Pogrzeba, M., Daszkowska-Golec, A., Kalaji, H.M. and Małkowski, E. 2019. Influence of short-term macronutrient deprivation in maize on photosynthetic characteristics, transpiration and pigment content. *Scientific Reports*, 9(1): 1-12.

Trankner, M., Tavakol, E. and Jakli, B. 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia Plantarum*, 163: 414-431.

Verma, S. and Singh, S.P. 2008. Current and future status of herbal medicines. *Veterinary World*, 1(11): 347-350.

Walters, R., Ibrahim, D., Horton, P. and Kruger, N. 2004. A mutant of Arabidopsis lacking the triose-phosphate/phosphate translocator reveals metabolic regulation of starch breakdown in the light. *Plant Physiology*, 135(2): 891-906.

Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Read, J.J. and Koti, S. 2007. Canopy reflectance in cotton for growth assessment and prediction of lint yield. *European Journal of Agronomy*, 26: 335-344.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 269-280

The effect of nitrogen and phosphorous fertilizers on physiological and root characteristics of *Proveskia abrotanoides*

Zhaleh Haghighat Shishvan[1], Mohammad Kafi[2*], Ahmad Nezami[2], Jafar Nabati[3]

[1]PhD Student in Crop Physiology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2]Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[3]Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[*]Corresponding Author: M.kafi@um.ac.ir

Received: 18 October 2021 Accepted: 10 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.310543.1145**

Abstract

The first step in cultivating wild medicinal plants is to observe how they respond to agronomical treatments in controlled environments. In 2017, this experiment was carried out at the Ferdowsi University of Mashhad's Research Institute of Plant Sciences to investigate the morphological and physiological changes of the medicinal plant Barazamble (*Proveskia abrotanoides*). With three replications, a factorial experiment based on randomized complete block design in 6, 12, 18, and 24 g/kg of nitrogen (N1 to N4) and 4, 6, 8, and 10 g/kg of phosphorus (P1 to P4) was used. P4 (17.77 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$, 7.44 and 1.70 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, respectively) and N4 (16.88 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$, 8.62 and 1.74 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, respectively) had the highest photosynthesis rate, transpiration rate, and stomatal conductance. In terms of photosynthesis and transpiration rate, there was no significant difference between N3 and N4. The highest chlorophyll a content (0.464 mg. g^{-1}_{fw}) was found in the N3P3 treatment, while the highest chlorophyll b content (0.464 mg. g^{-1}_{fw}) was found in the N3 treatment. The P4 and N3 treatments had the highest root dry weight, while the N3 and P3 treatments had the highest shoot dry weight, biomass accumulation, root/shoot ratio, total biomass, and root volume. More research is needed before recommending fertilizers, but the third level of nitrogen (N3) and phosphorus (P3) application had the greatest effect on the measured traits of *Proveskia abrotanoides*.

Keywords: Biomass accumulation, Photosynthetic parameters, Root volume

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۰۳-۲۸۱

مقاله پژوهشی

بررسی برخی از شاخص‌های رشد دو رقم چغندرقند پاییزه (*Beta vulgaris* L.) تحت تأثیر آرایش کاشت، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

آمنه حق‌شناس[۱]، خسرو عزیزی[۲*]، ثریا قاسمی[۳]، فرهاد نظریان فیروزآبادی[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۳- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، ایران

* مسئول مکاتبه: Azizi.kh@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.306028.1136**

چکیده

کاشت پاییزه چغندرقند کارایی مصرف آب و مزیت‌های زراعی بیشتری نسبت به کاشت بهاره دارد. به منظور بررسی امکان کاشت پاییزه دو رقم چغندر قند و مقایسه عملکرد ریشه آنها پژوهشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان طی دو سال زراعی (۹۸-۹۷ و ۹۷-۱۳۹۶) انجام شد. این پژوهش در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار اجراء گردید. فاکتور اصلی دارای دو سطح و شامل آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1)، ۵۰-۲۵ (P_2)، و فاکتورهای فرعی شامل دو رقم چغندر قند پاییزه (روزاگولد و چیمنه) و چهار سطح کود (F_1: کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (شاهد)، F_2: کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی، F_3: کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی، F_4: کاربرد ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی) با محلول‌پاشی سولفات روی به میزان ۵ در هزار می‌باشد. رقم روزاگولد با تیمار F_2 به طور معنی‌داری ($P<0.01$) باعث افزایش نرخ فعال فتوسنتز گردید. بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در آرایش کاشت P_1 با رقم روزاگولد مشاهده گردید. بالاترین میزان CGR (۱۶ گرم/ مترمربع/ روز) و عملکرد ریشه (۹۸/۷۰ تن در هکتار) از آرایش کاشت P_1، رقم روزاگولد و سطح کود F_2 به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار داشت، محلول‌پاشی سولفات روی توان جبران کاهش مصرف نیتروژن به میزان ۱۰ درصد، بدون کاهش عملکرد و کیفیت چغندر قند پاییزه را دارد.

واژه‌های کلیدی: چیمنه، درجه روز رشد، روزآگولد، شاخص سطح برگ

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به عنوان یک گیاه صنعتی و استراتژیک و تأمین کننده بخشی از انرژی مورد نیاز بشر به‌ویژه در کشورهای جهان سوم که با محدودیت انرژی غذایی مواجه هستند، حائز اهمیت می‌باشد. این گیاه اصلی‌ترین منبع تولید شکر کشور است. فرآورده‌های فرعی چغندرقند شامل، ملاس و تفاله بوده که کاربرد بسیاری در تولید الکل، خوراک‌دام و طیور دارد (Abdollahian Noghabi *et al*., 2005; Pidgeon *et al*., 2006). عملکرد چغندرقند به شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد بسستگی دارد (Kenter *et al*., 2006) یکی از مهم‌ترین چالش‌های تولید چغندرقند در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا ازجمله ایران خشکی و کم‌آبی می‌باشد. کشت چغندرقند به دلیل نیاز آبی نسبتاً بالا در بهار و تابستان، با مشکل کم‌آبی مواجه است (Dihim Fard and Nazari, 2015). توسعه کشت پاییزه و استفاده از نزولات آسمانی یکی از راهکارهای اساسی برای مقابله با این چالش در کشت گیاه چغندرقند است (Taleghani, 2003).

مدیریت چغندرقند برای تولید عملکرد بالای ریشه همراه با کیفیت مطلوب مستلزم توجه دقیق به میزان حاصل‌خیزی خاک به‌ویژه مقدار نیتروژن خاک طی فصل رشد است (Yousef Abadi and Abdollahian-Noghabi, 2011). نیتروژن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه، نقش مهمی در توسعه اندام‌های هوایی، انجام اعمال متابولیکی گیاه و کیفیت محصولات قندی برعهده دارد (Mahfouz *et al*., 2015). نیاز نیتروژنی این محصول از طریق کاربرد کودهای نیتروژنه برطرف می‌گردد، اما مدیریت مصرف آن در چغندرقند بسیار

مهم می‌باشد زیرا این گیاه اولاً دوره رشد نسبتاً طولانی دارد (Gattanach and Faning, 1993)، ثانیاً مصرف بی‌رویه و غیر اصولی آن علاوه بر کاهش کارایی کود مصرفی (De Koeijer *et al*., 2003) موجب افزایش آلفا آمینه نیتروژن در ریشه (Pocock *et al*., 1990)، کاهش بلوره شدن قند (Dutton and Huijbregts, 2006) تیره شدن قند، تولید برگ‌های جدید در اواخر دوره رشد (Scott *et al*., 1994)، نقصان در ارسال مواد فتوسنتزی به ریشه (Milford *et al*., 1985) و کاهش قند استحصالی می‌شود (Stevens *et al*., 2008). از طرفی کمبود نیتروژن سبب زرد شدن برگ و به دنبال آن کاهش غلظت کلروفیل (Draycott and Christenson, 2003)، کاهش بازده فتوسنتز، وزن خشک گیاه، شاخص سطح برگ، میزان پروتئین‌ها، تأخیر در رشد رویشی و زایشی می‌شود (Sepehri *et al*., 2002; Dordas and Sioulas, 2008).

کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌های آهکی در مقایسه با خاک‌های اسیدی بیشتر مطرح است (Marschner, 1995a) محدود کننده‌ترین عنصر ریزمغذی در تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان عنصر روی می‌باشد (Fageria *et al*., 2002). همچنین این عنصر یکی از اصلی‌ترین عناصر ریزمغذی برای رشد و نموگیاه است (Robson, 2012; Semida *et al*., 2015; Nadeem *et al*., 2020) گیاه برای انجام فعالیت‌های فیزیولوژیک مانند متابولیسم کربوهیدرات، بیوسنتز برخی از آنزیم‌های حیاتی، سنتز پروتئین (Hafeez *et al*., 2013)، ذخیره قند در سلول (Yarnia *et al*., 2008) و محافظت از سلول در برابر تنش‌های مخرب محیطی به عنصر روی نیاز دارد (Cakmak *et al*., 1999). عنصر روی برای سنتز تریپتوفان که پیش ماده هورمون اکسین است مورد نیاز می‌باشد (Heldt, 2005). هورمون اکسین در گیاه نقش محوری در تنظیم فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک ازجمله ریشه‌زایی را بر عهده دارد (Marschner, 1995b). از طرفی این عنصر نقش مهمی در استفاده گیاه از نیتروژن دارد (Gonzalez *et al*., 2019). توصیه می‌شود که روی به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گیرد زیرا نسبت به حالت خاک کاربرد میزان جذب بالاتر است (Gobarah *et al*., 2014; Barłóg *et al*., 2016). همچنین گزارش شده است که کاربرد روی در مزارع چغندرقند به میزان قابل توجهی رشد، عملکرد و کیفیت قند در چغندرقند را افزایش می‌دهد (Attia and Abdel-Motagally, 2015; Barłóg *et al*., 2016). کاربرد ترکیبی نیتروژن با روی در مزرعه گندم، بهره‌وری و کیفیت تغذیه‌ای را افزایش داد (Asif *et al*., 2019). با توجه به نتایج فوق می‌توان عنوان نمود که در تولید محصولات زراعی یک عامل مؤثر در کاهش کاربرد کود نیتروژن مدیریت عنصر روی است. با توجه به اهمیت کشت پاییزه چغندرقند و عدم بررسی در این منطقه از استان لرستان هدف از این پژوهش بررسی امکان تغییر الگوی کشت بهاره به پاییزه چغندرقند و شناسایی آرایش کاشت و رقم مناسب همچنین بررسی کاهش میزان مصرف کود نیتروژن و جبران این کاهش مصرف با محلول‌پاشی سولفات روی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (۲۱ دقیقه و ۴۸ درجه‌ی طول جغرافیایی و ۴۳ دقیقه و ۳۰ درجه عرض جغرافیایی) با متوسط بارندگی سالیانه ۵۲۰/۶ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد (هر دو براساس آمار بلند مدت ۵۴ ساله از سال ۱۳۸۵-۱۳۳۱) انجام شد. قبل از انجام آزمایش نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و مورد آنالیز قرار گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) قبل از کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات (از منبع سوپر فسفات تریپل) همزمان با کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) که در سه مرحله (پس از آبیاری دوم، مرحله ۶ برگی و مرحله ۸ برگی) به‌صورت سرک و یکنواخت در کرت‌ها اعمال گردید. آزمایش در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار اجراء شد. فاکتور اصلی دارای دو سطح و شامل آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (با فاصله بین ردیف ۵۰ و روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر (P1)) و آرایش کاشت ۵۰-۲۵ (با فاصله بین ردیف ۲۵ و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر (P2)) و فاکتورهای فرعی شامل دو رقم چغندرقند پاییزه (روزاگولد و چیمنه) و چهار سطح کودی (F1: ۱۰۰ درصد نیتروژن بر اساس آزمون خاک (معادل ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به عنوان شاهد)، F2: ۱۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد (معادل ۲۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی به نسبت پنج در

هزار)، F3: ۲۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد (معادل ۲۴۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی به نسبت پنج در هزار، F4: ۳۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن نسبت به شاهد (معادل ۲۱۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و محلول‌پاشی سولفات روی به نسبت پنج در هزار) بودند. پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و تهیه زمین، کشت در اوایل آبان ماه و به صورت دستی انجام پذیرفت. هر کرت آزمایش شامل شش خط کشت به طول شش متر، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و عمق کاشت دو سانتی‌متر منظور گردید. محلول‌پاشی سولفات روی ($ZnSO_4$) از مرحله ۶ برگی تا پوشش کامل کانوپی چغندر قند به فاصله هر ۱۵ روز یکبار در ساعات اولیه صبح با میزان پنج در هزار انجام شد. همچنین در تیمار شاهد (عدم مصرف کود سولفات روی)، محلول‌پاشی با آب مقطر انجام گردید. عملیات تنک و وجین در دو نوبت در مراحل چهار و هشت برگی انجام شد. در سال اول در فاصله اوایل آذر تا اوایل خرداد و در سال دوم از زمان کاشت تا اوایل اردیبهشت به دلیل وقوع بارندگی آبیاری انجام نشد. پس از آن آبیاری به مطابق با عرف محل، هر هفت روز یکبار به روش بارانی انجام گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of soil from study site

سال Year	عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن N (%)	روی Zn (ppm)	آهن Fe (ppm)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	کربن آلی OC (%)	شن Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)	بافت Texture
۱۳۹۶-۱۳۹۷ 2017-2018	0-30	0.59	7.81	6	0.71	4.12	258	7.5	0.77	24	45	31	لوم رس Clay Loam
۱۳۹۷-۱۳۹۸ 2018-2019	0-30	0.61	7.63	6.02	0.74	4.11	256	7.4	0.76	23	44	33	لوم رس Clay Loam

اندازه‌گیری‌های انجام شده

ارزیابی درجه روز رشد طبق معادله ۱ زیر بر اساس تاریخ کاشت شروع شده و سپس واحدهای حرارتی مورد نیاز برای عبور گیاه از یک مرحله نموی به مرحله بعد محاسبه گردید (Hundal *et al*., 1997).

$$GDD = \sum_{b}^{b} \left(\frac{Tmax + Tmin}{2}\right) - \mathrm{Tb} \qquad (۵)$$

Tmax: حداکثر درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tmin: حداقل درجه حرارت روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد

Tb: درجه حرارت پایه بر حسب درجه سانتی‌گراد (۵ درجه سانتی‌گراد)

a: تاریخ شروع مرحله نموی چغندرقند پاییزه

b: تاریخ پایان مرحله نموی چغندرقند پاییزه

هدایت روزنه‌ای و نرخ فعال فتوسنتز و با استفاده از دستگاه تبادلات گازی قابل حمل مدل (CI-340 Handheld Photosynthesis System, USA) در برگ‌های توسعه یافته اندازه‌گیری شد. در زمان اندازه‌گیری برگ زیر چمبر ۶ سانتی‌متر، دی‌اکسیدکربن اتمسفر بین ساعت ۹/۵ صبح تا ۱۰/۵ صبح دامنه‌ای بین ۴۱۰- ۳۸۰ پی‌پی‌ام، دمای زیر چمبر ۲۹-۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۲-۵۸ درصد بود.

جهت تعیین شاخص‌های رشدی گیاه، نمونه‌برداری با فواصل ۲۰ روز انجام گردید. نمونه‌ها با حذف دو خط کناری از قطعه‌هایی به مساحت نیم متر مربع برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Li-Cor 2000 NE تعیین شد. نمونه‌ها پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. برای تعیین میزان شاخص سطح برگ، سرعت آسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد محصول به ترتیب از روابط ۲، ۳ و ۴ ارائه شده توسط (Karimi and Siddique, 1991) استفاده شد.

$$LAI = e^{a1+b1t+t2} \qquad (۲)$$

$$CGR = NAR \times LAI = (b_2 + 2c_2t)\, e^{a2+b2t+c2t2} \qquad (۳)$$

$$NAR=(b_2+2c_2t)\, e^{a2+b2t+c2t2} \quad (۴)$$

در روابط فوق t زمان برحسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAIشاخص سطح برگ، NAR سرعت آسیمیلاسیون خالص، CGR سرعت رشد محصول و c_1، b_1، a_1 و c_2، b_2، a_2 ضرایب رگرسیون می‌باشند.

برداشت نهایی ازکرت‌ها در تاریخ ۲۵ خرداد پس از حذف نیم متر حاشیه بالا و پایین، از چهار ردیف وسط کرت یعنی در سطحی معادل ۱۰ متر مربع صورت گرفت. ریشه‌ها پس از سرزنی و شستشو جهت تعیین عملکرد (RY) توزین شدند. درصد قند سفید با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (Abdollahian-Noghabi *et al.*, 2005).

$$WSC = WSY \times RY \quad (۵)$$

WSC: درصد قند خالص (قند قابل استحصال)، WSY: عملکرد قند خالص، RY: عملکرد ریشه

در این پژوهش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.4)، تجزیه و تحلیل گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

درجه روز رشد (GDD) و مراحل فنولوژیک

محاسبه درجه روز رشد بر اساس تاریخ کاشت شروع شده و جهت تعیین تاریخ مراحل مختلف رشد از درجه حرارت‌های تجمعی استفاده گردید. در این پژوهش میزان GDD دریافت شده در طول دوره رشد (از زمان کاشت تا برداشت) در سال اول ۲۹۷۷/۱۸ و در سال دوم ۲۵۶۰/۵۷ بود. چغندر قند از کاشت تا برداشت به ۲۳۰۰ تا ۲۹۰۰ درجه روز رشد نیاز دارد. هر چه این عدد بیشتر باشد عملکرد در هکتار بالاتر است (Javaheri *et al.*, 2006). در منطقه‌ای که گیاه کمتر از ۲۰۰۰ GDD دریافت کند جزو مناطق نامناسب کاشت پاییزه چغندرقند محسوب می‌شود و اگر در این مناطق کشت پاییزه صورت گیرد عملکرد نهایی بسیار پایین خواهد بود و در منطقه‌ای که گیاه بین ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ GDD را دریافت کند جزو مناطق متوسط قرار گرفته لذا نمی‌توان انتظار داشت که گیاه عملکرد بالایی داشته باشد (Javaheri *et al.*, 2006; Orazizade, 1997). در پژوهشی بالاترین میزان سرعت رشد چغندرقند از دریافت ۲۱۲۳ واحد حرارتی (GDD) به دست آمد (Mirzaei and Abdollahian-Noghabi, 2012). با توجه به پژوهش‌های انجام شده می‌توان انتظار تولید چغندرقند پاییزه با عملکرد بالا را در خرم آباد داشت.

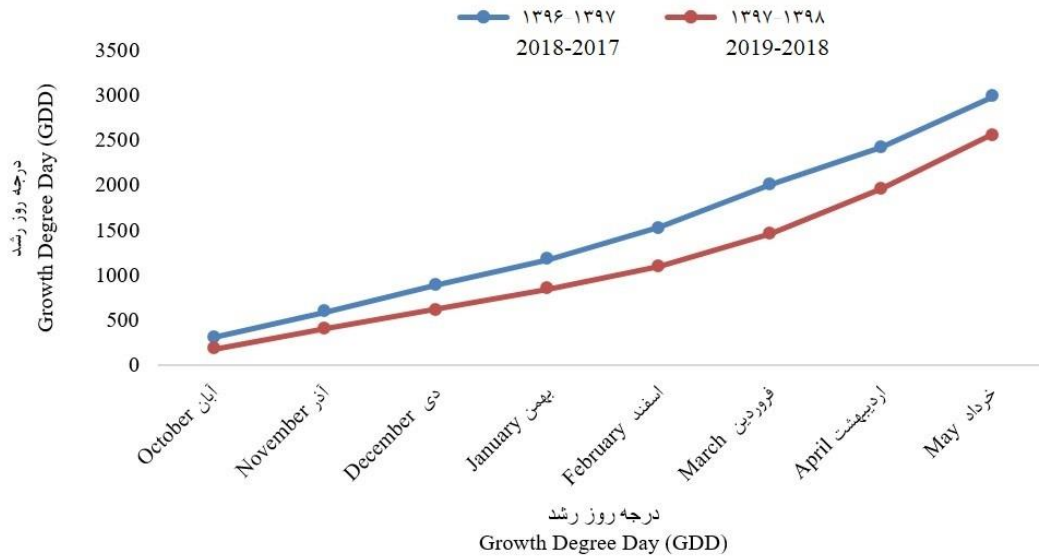
هر یک از مراحل فنولوژی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند اما برخی از این مراحل به تغییرات آب و هوایی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند (Javaheri *et al.*, 2020). واحدهای گرمایی مورد نیاز در ارقام مختلف چغندرقند به طور متوسط تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی ۵۱ GDD و تا سبز شدن ۱۵۴ GDD می‌باشد؛ همچنین حداقل دمایی که باعث خسارت یخزدگی در گیاه چغندرقند بعد از سبز شدن می‌شود ۲- درجه سانتی‌گراد است (Jalilian *et al.*, 2005). در سال اول این بررسی سبز شدن گیاه با دریافت GDD۱۶۳/۴ در ۲۰ آبان رخ داد اما در سال دوم سبز شدن در ۳۰ آبان با دریافت GDD ۱۶۳/۸ رخ داد که علت این تفاوت را می‌توان کاهش دما در سال دوم آزمایش ذکر نمود. واکنش متفاوت بذر در زمان جوانه‌زنی به درجه حرارت‌های مختلف به این دلیل است که تا میزان مشخصی با افزایش دما فعالیت آنزیم‌ها و کارائی واکنش‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه سرعت جوانه‌زنی نیز بالا می‌رود، از طرفی دماهای خیلی پایین باعث غیر فعال شدن برخی آنزیم‌ها و کاهش سرعت واکنش‌ها می‌گردد، در بین این دو بخش حداکثر واکنش به درجه حرارت، در درجه حرارت اپتیمم مشاهده می‌شود (Bonhomme, 2000).

این گیاه به ۳۶۰ GDD از کاشت تا پایان مرحله ۴ برگی نیاز دارد و تا پایان مرحله ۴ برگی به دمای ۴- درجه سانتی‌گراد حساس است و نمی‌تواند تحمل کند (Holen and Dexter, 1996). در منطقه مورد بررسی به ترتیب در سال اول با دریافت ۳۶۱/۵ GDD در ۹ آذر و در سال دوم با دریافت ۳۷۱/۸ GDD در ۲۴ آذر اتمام مرحله ۴ برگی گیاه بود؛ اما پس از این مرحله با افزایش سن، گیاه می‌تواند دماهایی تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد را نیز تحمل کند.

مرحله ۱۶ برگی پایان رشد مقدماتی و شروع رشد اصلی چغندرقند بوده که این مرحله پس از کسب حرارت ۸۰۰ GDD اتفاق می‌افتد و پس از آن رشد ریشه به سرعت افزایش می‌یابد (Abdollahian, 1995). طبق بررسی‌های انجام شده در این تحقیق گیاه در هر دو سال به ترتیب با دریافت ۸۰۷/۷۵ GDD در سال اول و ۸۰۳/۱ GDD در سال دوم در ۲۴ بهمن در مرحله ۱۶ برگی قرار داشت.

زمانی‌که گیاه حدود ۱۶۰۰ درجه روز رشد را دریافت نمود بسته شدن کامل کانوپی اتفاق می‌افتد (Abdollahian, 1995). در سال اول این پژوهش، ۵ فروردین گیاه با دریافت ۱۶۰۷/۹۵ GDD و در سال دوم در ۱۳ اردیبهشت با دریافت ۱۶۱۶/۹۵ GDD کانوپی به طور کامل بسته شد. علت اختلاف زمان بسته شدن کانوپی در سال اول با دوم را می‌توان به بارش‌های بی‌سابقه و نوسانات دمایی در سال دوم عنوان نمود.

چغندرقند مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی مشخصی ندارد. بنابراین دما مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد است. از طرفی چغندرقند یک گیاه سه‌کربنه است و دماهای بیش از ۳۸ درجه سانتی‌گراد تنفس نوری را افزایش داده و باعث افزایش تنفس، کاهش ماده خشک و کاهش درصد قند می‌گردد (Kenter *et al.*, 2006). چغندرقند برخلاف گیاهان گل‌انتهایی تاریخ رسیدگی تکنولوژیکی مشخصی ندارد. بنابراین در منطقه‌ای که در انتهای فصل با محدودیت دمایی مواجه باشد محصول سریع‌تر برداشت می‌شود، اگر گیاه درجه روز رشد کافی را دریافت کند در گروه مناطق مستعد کاشت پاییزه قرار می‌گیرد. حتی این مناطق به علت اشغال کمتر زمین زراعی مزیت نسبی بهتری نیز دارند (Javaheri *et al.*, 2011).



شکل ۱- درجه روز رشد دریافت شده در طی فصل رشد

Figure 1- Growth degree day received during the growing season

هدایت روزنه‌ای

نتایج نشان داد آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آرایش کاشت در رقم در سطح احتمال پنج درصد بر هدایت روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت در رقم بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۰/۶۳ سانتی‌متر بر ثانیه) در آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1) با رقم روزاگولد مشاهده گردید که به طور معنی‌دار بیشتر از سایر تیمارهای آزمایش بود (شکل ۲). بین تیمار سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای را تیمار ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) به خود اختصاص داد که با تیمار ۲۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_3) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۳). هدایت روزنه‌ای معیاری از وضعیت باز بودن روزنه‌ها بوده و به دلیل مشترک بودن مسیر انتشار برای دی‌اکسید کربن، با فتوسنتز رابطه دارد (Hopkins, 1999). بنابراین تغییرات فتوسنتز تحت تأثیر موازی هدایت روزنه‌ای قرار دارد (Shangguan *et al.*, 1999; Jia and Gray 2003Zlatev and Yordanov 2004) هر چه روزنه‌ها بازتر باشند نشان‌دهنده توانایی گیاه در تولید فتواسیمیلات بوده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Khayamim *et al.*, 2014). یکی از

نقش‌های مهم عنصر روی تنظیم هدایت روزنه‌ای است، این عنصر با نقشی که در حفظ پتاسیم در سلول‌های نگهبان روزنه دارد هدایت روزنه‌ای را کنترل می‌کند. کمبود روی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Sharma *et al*., 1995; Wang and Jin, 2005). وجود روی در سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها باعث افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز می‌گردد. کربنیک آنهیدراز از آنزیم‌های دارای روی است که نقش مهمی در انتقال راحت دی‌اکسید کربن و پروتون‌ها در فضاهای درون و برون سلولی و غشاهای زنده (بیولوژیک) دارد (Tavallali *et al*., 2009). روی پس از جذب از راه روزنه‌ها و انتقال به سلول‌های برگ در آنها ذخیره شده و در ادامه مراحل رشد توسط ناقل‌های پروتئینی خاصی که همزمان در جابجایی آهن نیز نقش دارند، درون گیاه جابجا می‌شود (Ishimaru *et al*., 2005). پژوهش‌گران دیگر نیز در گزارش‌هایی رابطه بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای را تأیید کردند (Flexas *et al*., 2001).

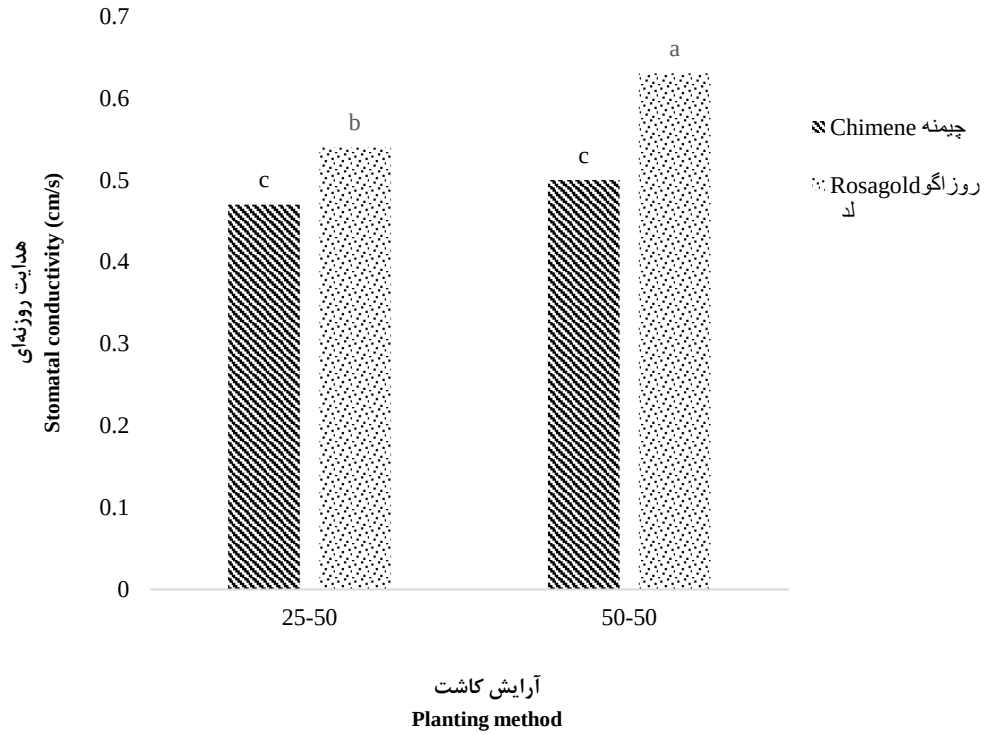
جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیولوژیک و تکنولوژیک چغندرقند طی دو سال آزمایش

Table 2- Combined analysis of variance (mean squares) physiological and technological characteristics of sugar beet during two years of experiment

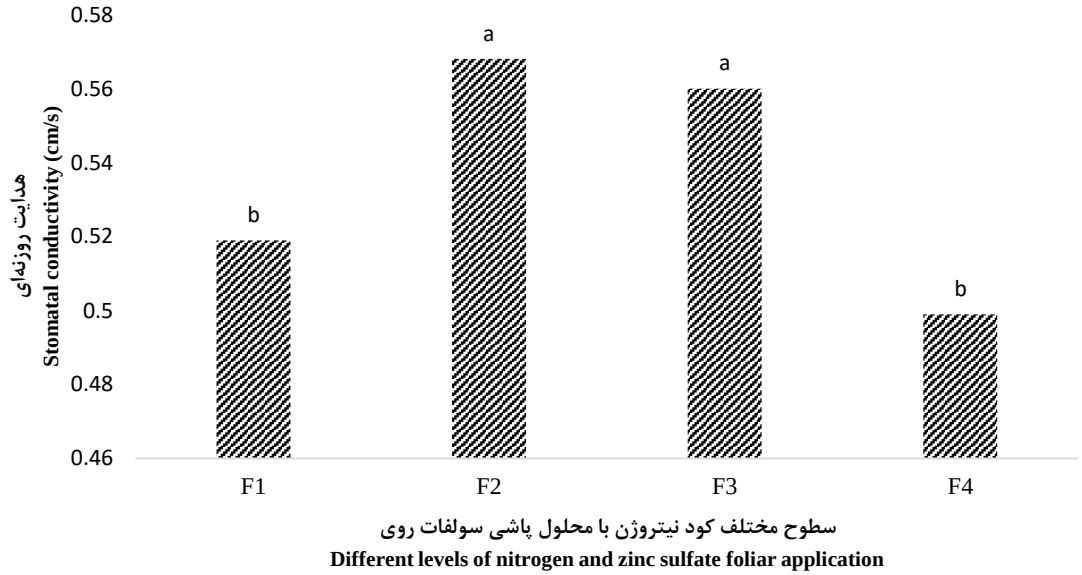
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		هدایت روزنه‌ای Stomatal conductivity	نرخ فعال فتوسنتز photosynthesis active rate	درصد قند خالص White sugar percent	عملکرد ریشه Root yield
سال Year	1	0.012 ^{ns}	1.051^{ns}	0.164 ^{ns}	0.104^{ns}
خطا Error	4	0.037	0.200	0.237	105.37
آرایش کاشت Planting method	1	0.245**	0.000^{ns}	0.128 ^{ns}	779.817 **
رقم Cultivar	1	0.095**	260.630**	36.964**	5076.059**
کود Fertilization	3	0.026 **	362.33**	29.902**	2184.002 **
آرایش کاشت × رقم Planting method × Cultivar	1	0.023 *	0.444 ^{ns}	0.000^{ns}	32.982 ^{ns}
آرایش کاشت ×کود Planting method ×Fertilization	3	0.001 ^{ns}	0.062 ^{ns}	0.137 ^{ns}	108.094 *
رقم × کود Cultivar × Fertilization	3	0.000 ^{ns}	11.571**	5.739**	125.506 *
آرایش کاشت ×رقم ×کود Planting method × Cultivar ×Fertilization	3	0.000 ^{ns}	0.324 ^{ns}	0.282 ^{ns}	99.307 *
آرایش کاشت × سال Planting method × Year	1	0.011 ^{ns}	0.000^{ns}	0.042 ^{ns}	3.208 ^{ns}
رقم × سال Cultivar × Year	1	0.000 ^{ns}	0.000^{ns}	0.241 ^{ns}	124.510 *
کود × سال Fertilization × Year	3	0.000 ^{ns}	0.000^{ns}	0.151 ^{ns}	11.777 ^{ns}
سال× آرایش کاشت ×رقم Year × Planting method × Cultivar	1	0.000 ^{ns}	0.000^{ns}	0.028 ^{ns}	43.888 ^{ns}
سال× آرایش کاشت ×کود Year× Fertilization × Planting method	3	0.001 ^{ns}	0.000^{ns}	0.098 ^{ns}	5.451 ^{ns}
سال× رقم ×کود Year ×Cultivar ×Fertilization	3	0.000 ^{ns}	0.000^{ns}	0.345 ^{ns}	17.707 ^{ns}
سال× آرایش کاشت ×رقم × کود Year× Planting method ×Cultivar× Fertilization	3	0.004 ^{ns}	0.000^{ns}	0.098 ^{ns}	11.790 ^{ns}
خطا Error	60	0.003	0.60	0.339	38.004
ضریب تغییرات C.V (%)		11.12	2.364	4.855	7.614

ns عدم اختلاف معنی‌دار * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج در صد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک در صد

ns, not significant;*Significant at the 5% probability level, ** Significant at the 1% probability level



شکل ۲- تأثیر آرایش کاشت بر هدایت روزنه‌ای
Figure 2- The effect of planting method on stomatal

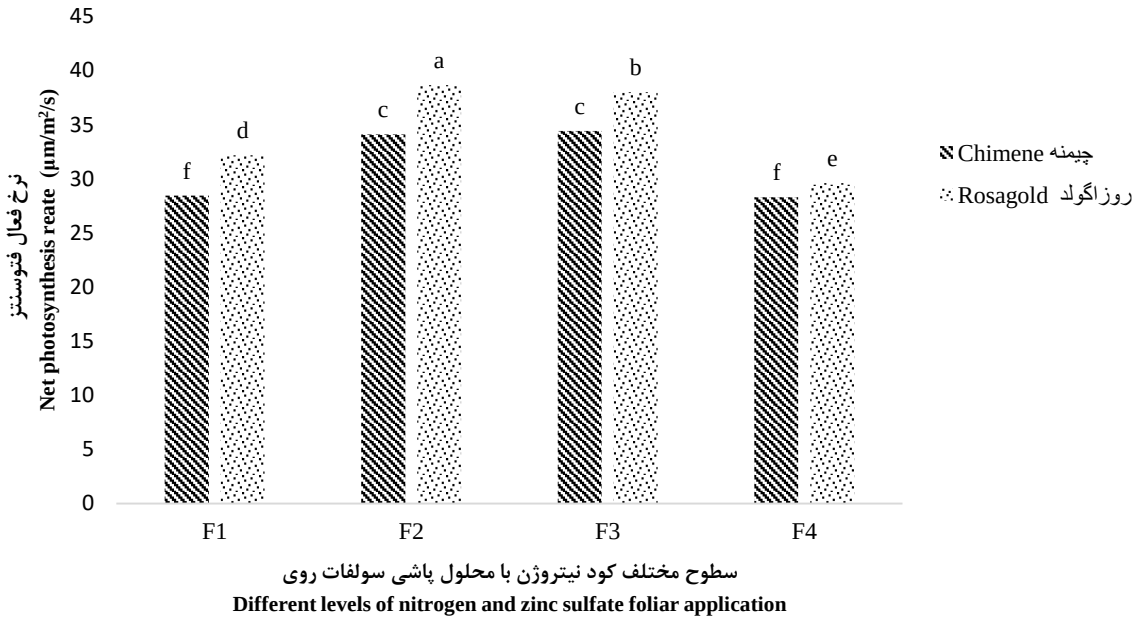


شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر هدایت روزنه‌ای
Figure 3- The effect of different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate on stomatal conductivity

نرخ فعال فتوسنتز

مطابق با نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله (جدول ۲)، تأثیر برهمکنش رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر نرخ فعال فتوسنتز معنی‌دار گردید ($P<0.01$) ما آرایش کاشت بر روی این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، رقم روزاگولد با تیمار ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) بالاترین میزان نرخ فعال فتوسنتز را به خود

اختصاص داد و باعث افزایش نرخ فعال فتوسنتز به میزان ۲۳/۴۰ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۴). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است (Sajjadinia *et al*., 2010). عنصر روی در تنظیم انتقال الکترون (Wakeil *et al*., 2020)، سرعت فتوسنتز (Asif *et al*., 2019; Goudarzi *et al*., 2014)، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید تأثیر گذار است (Barłóg *et al*., 2016) علاوه بر این، عنصر روی از طریق تأثیر بر هورمون ایندول استیک اسید نیز باعث بهبود رشد گیاه می‌گردد (Shiri *et al*., 2019). بر اساس پژوهش‌های انجام شده می‌توان عنوان نمود که عنصر روی با تأثیر بر حفظ پتاسیم در سلول‌های نگهبان روزنه و افزایش هدایت روزنه‌ای همچنین افزایش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز، باعث تسهیل در ورود و انتقال دی‌اکسید کربن در برگ شده که منجر به افزایش میزان فتوسنتز و نرخ فعال فتوسنتز می‌شود. محلول‌پاشی روی، باعث بهبود توان جذبی برگ‌ها شده و میزان رنگیزه و توان فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد (Rahimi *et al*., 2018). محلول‌پاشی سولفات روی به میزان ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش میزان نرخ فعال فتوسنتز گردید (Cao *et al*., 2019). سایر محققین نیز اظهار داشتند که روی، میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان تولید اسیمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Yousefi, 2012).



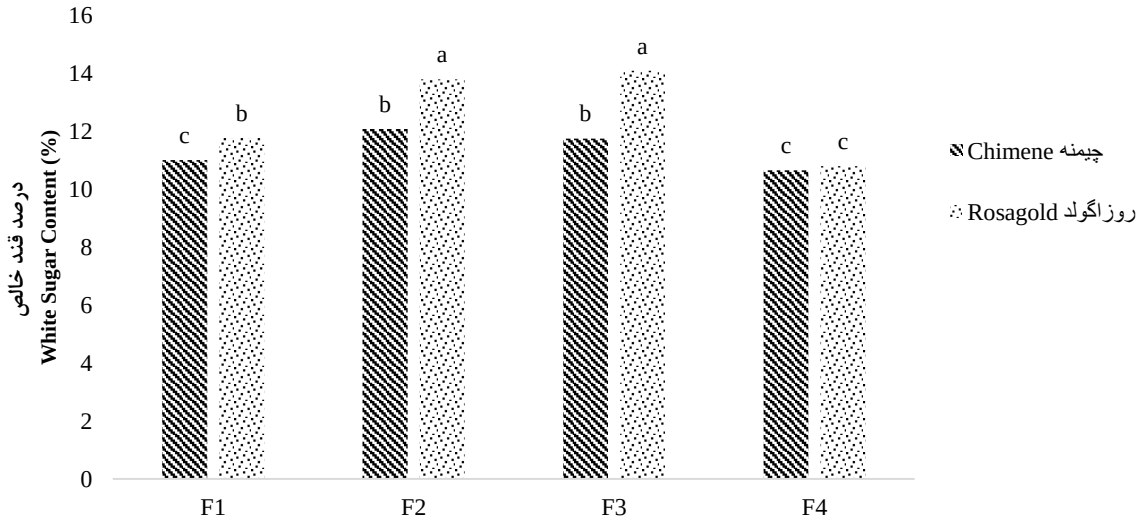
شکل ۴- تأثیر رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر نرخ فعال فتوسنتز

Figure 4- Effect of cultivars and different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate on photosynthesis active rate

درصد قند خالص (قند قابل استحصال)

نتایج تجزیه واریانس مرکب بیانگر آن بود که برهمکنش رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال یک درصد بر میزان درصد قند خالص معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژن و سولفات روی موجب افزایش معنی‌دار درصد قند خالص گردید، به‌طوری‌که بالاترین میزان درصد قند خالص مربوط به رقم روزاگولد با تیمار کاهش ۲۰ درصد کود نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی بود که در مقایسه با شاهد، (۱۴/۱۰ درصد) افزایش مشاهده گردید (شکل ۵). افزایش مصرف نیتروژن، موجب تحریک رشد رویشی، سایه‌اندازی برگ‌ها، افزایش نسبت تنفس به فتوسنتز و بزرگتر شدن ریشه‌ها می‌گردد؛ از طرفی بین اندازه ریشه و درصد قند خالص و ناخالص همبستگی منفی وجود دارد که نتیجه چنین شرایطی کاهش درصد قند خواهد شد. همچنین بین درصد قند خالص و درصد تجمع نیتروژن در اندام‌های ذخیره‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Dihim

Fard and Nazari, 2015). قسمت اعظم درصد ماده خشک ریشه را ساکارز تشکیل می‌دهد (Tognetti *et al*., 2003)، می‌توان بالا بودن درصد قند خالص را به بالا بودن ماده خشک ریشه نسبت داد، علاوه بر این درصد قند خالص تابعی از قند ناخالص و قند ملاس می‌باشد. هر چه میزان قند ملاس بیشتر باشد، میزان قند خالص کاهش می‌یابد (Ghasemi *et al*., 2020). افزایش ناخالصی‌های ریشه (نیتروژن آمینه، پتاسیم و سدیم) از کریستاله شدن ساکارز جلوگیری کرده و باعث باقی ماندن درصدی از ساکارز در ملاس می‌شود. مصرف بالای نیتروژن و استفاده در زمان نامناسب باعث بالا رفتن میزان نیتروژن آمینه می‌شود. از طرفی گیاه برای تعادل بار یونی، املاح سدیم و پتاسیم را جذب می‌کند که این باعث کاهش درصد قند خالص می‌گردد (Khayamim *et al*., 2002). اثراتی که کودهای نیتروژنه بر کیفیت چغندرقند دارند به میزان مصرف کود، رقم کشت شده و فصل مصرف بستگی دارد (Barłóg *et al*., 2016).



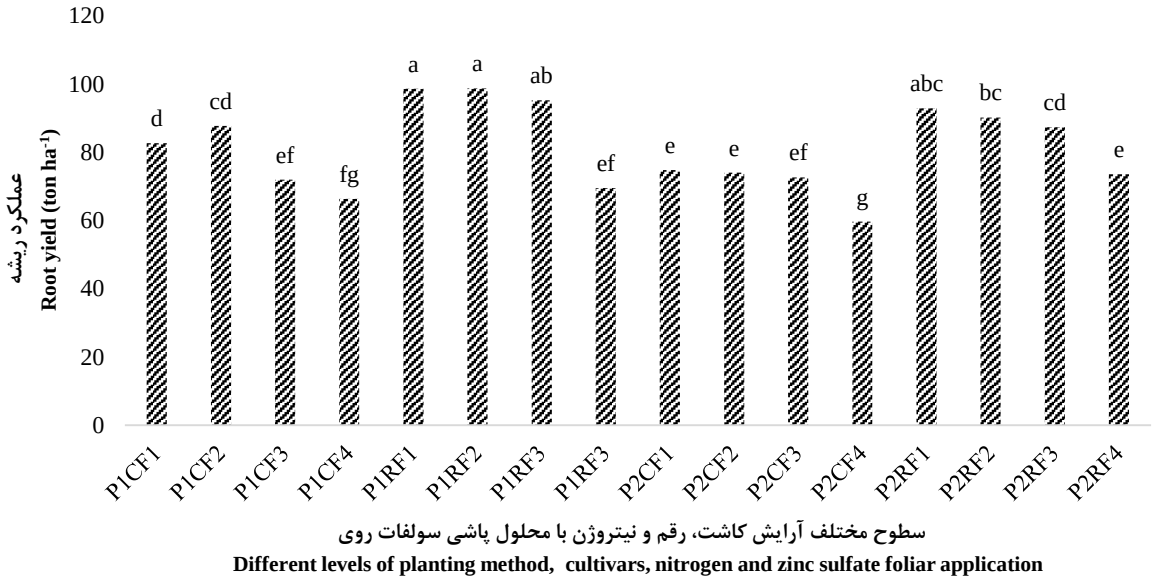
شکل ۵- تأثیر رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر درصد قند خالص
Figure 5- Effect of cultivars and different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate on the white sugar percent

عملکرد ریشه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی نشان داد، بیشترین میزان عملکرد ریشه چغندر قند مربوط به آرایش کاشت ۵۰-۵۰، رقم روزاگولد و ۱۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (۹۸/۷۰ تن در هکتار) (P_1RF_2) بود. کمترین میزان عملکرد ریشه مربوط به آرایش کاشت ۵۰-۲۵ رقم چیمنه و ۳۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (۵۹/۶۲ تن در هکتار) (P_2CF_4) بود که پایین‌تر از سایر تیمارها قرار گرفت (شکل ۶). تأثیر رقم به طور معنی‌داری در عملکرد و کیفیت ریشه متفاوت است (Hoffmann, 2005) همچنین وضعیت تغذیه روی به دلیل نقش آن در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و مولکولی وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Arif *et al*., 2019). استفاده از روی به صورت محلول‌پاشی در گیاه باعث کاهش کمبود روی، بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Montalvo *et al*., 2016). بیشترین عملکرد دانه و جذب مواد غذایی در جو از تیمار ترکیب نیتروژن و روی مشاهده گردید (Gonzalez *et al*., 2019). محلول‌پاشی روی در چغندرقند، عملکرد ریشه را به میزان ۵/۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Rahimi *et al*., 2018). مطالعات

اخیر نشان داده است، عنصر روی نقش مهمی را در استفاده گیاه از نیتروژن ایفا می‌کند، بنابراین، مدیریت عنصر روی می‌تواند یک عامل مؤثر در کاهش کاربرد کود نیتروژن در تولید محصول زراعی باشد (Gonzalez *et al*., 2019). افزایش عملکرد ریشه پس از کاربرد عناصر ریزمغذی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Rahimi *et al*., 2019; Soleymani and Farajzadeh Memari Tabrizi, 2016).

بیشترین عملکرد ریشه (۷۸/۹۳ تن در هکتار) با فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و کشت به‌صورت یک ردیفه به‌دست آمد (Ashraf Mansoori and Joukar, 2010)، همچنین گزارش شده است که حداکثر عملکرد ریشه از بوته‌هایی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متری به‌دست آمد که در مقایسه با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری داشت (Soleymani and Shahrajabian, 2017).

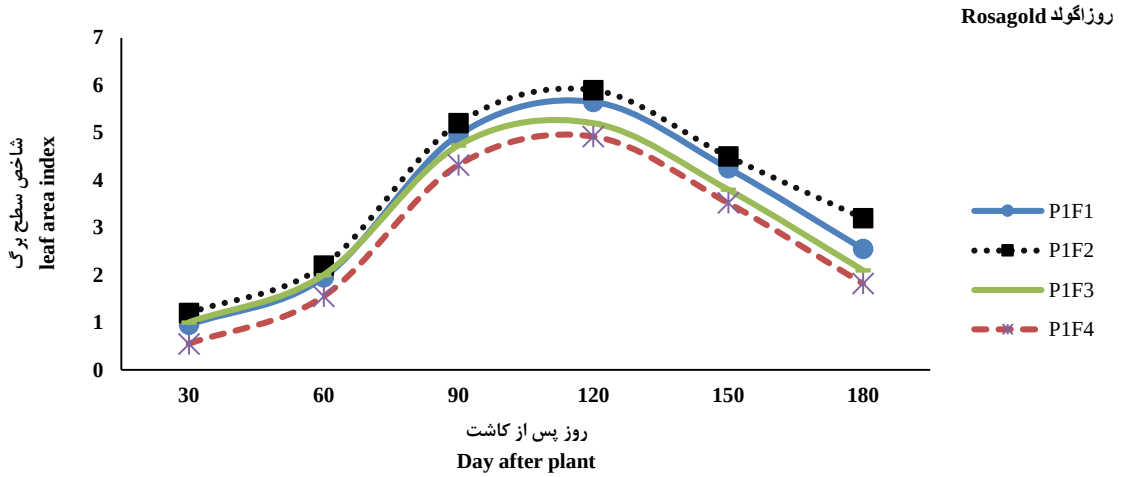


شکل ۶- تأثیر آرایش کاشت، رقم و سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد ریشه
Figure 6- The effect of planting method, cultivar and different levels of nitrogen fertilizer with foliar application of zinc sulfate on root yield

شاخص سطح برگ (LAI)

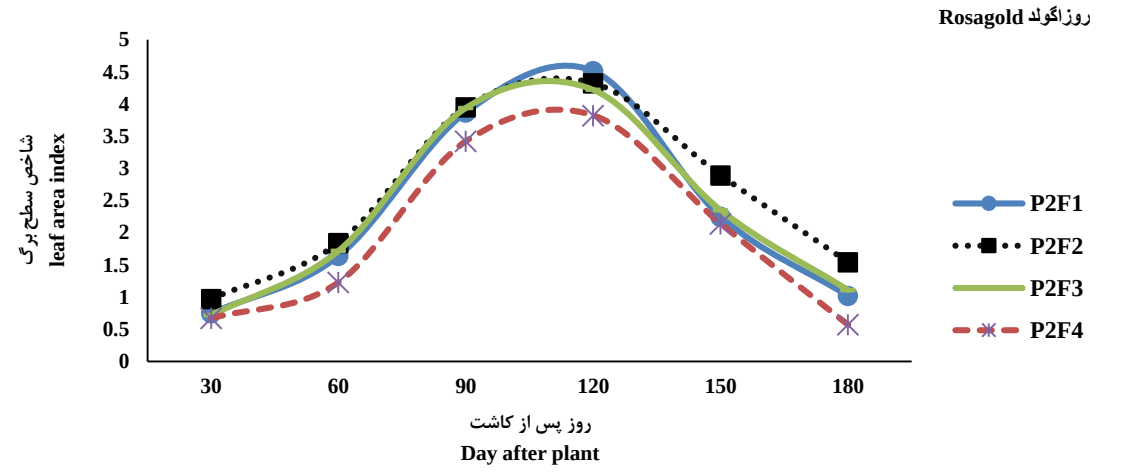
نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به طور کلی تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها از روند مشابهی پیروی می‌کند، به‌طوریکه شاخص سطح برگ بعد از استقرار کامل گیاه و با سرد شدن هوا به صورت بطئی افزایش یافت و پس از طی شدن ماه‌های سرد و گرم شدن تدریجی هوا با سرعت بیشتری افزایش پیدا کرد و پس از رسیدن به ماکزیمم به علت از بین رفتن برگ‌های مسن و جایگزین شدن برگ‌های جدید و کوچک، شاخص سطح برگ کاهش یافت. علت رشد سریع برگ و افزایش شاخص سطح برگ در اواسط مراحل رشد را می‌توان به سبب بودن شرایط مناسب اقلیمی به ویژه درجه حرارت فروردین‌ماه نسبت داد. به نظر می‌رسد افزایش درجه حرارت در اواخر فصل ارتباط مستقیمی با کاهش سطح برگ دارد. شاخص سطح برگ به طور کلی در طول دوره رشد نسبت به زمان از معادله درجه دوم پیروی می‌نماید و پس از یک سیر صعودی و رسیدن به یک حداکثر، مجدداً سیر نزولی می‌یابد. در این پژوهش ماکزیمم مقدار شاخص سطح برگ (۵/۹) مربوط به رقم روزاگولد، آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1) و ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) بود (شکل ۷). دلیل بالاتر بودن شاخص سطح برگ در تیمار F_2 می‌تواند به دلیل تأثیر نیتروژن و سولفات روی بر افزایش تقسیم و رشد سلول و هورمون اکسین باشد که باعث افزایش رشد رویشی و درنتیجه افزایش سطح برگ شده است. نیتروژن یک عنصر ضروری برای رشد گیاه بوده که کاربرد آن باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد (Adiloglu and Adiloglu, 2005; Ma *et al*., 1999). کاربرد نیتروژن می‌تواند در مراحل

مختلف رشد گیاه بـا تأثیر بر گسترش برگ‌ها باعث افزایش تدریجی و حفظ سطح برگ برای مدت بیشتری شود (Khodshenas *et al*., 2016) این عنصر رشد برگ را از طریق تولید پروتئین‌های درگیر در رشد سلول، تقسیم سلولی، دیواره سلول و تولید سیتوکنین تحریک می‌کند که باعث افزایش سطح فتوسنتز می‌گردد (Bassi *et al*., 2018). از طرفی عناصر کم‌مصرف در تنظیم مقدار آب گیاه و افزایش قند نقش عمده‌ای بر عهده دارند که وجود عنصر روی در هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی، شاخه‌بندی، فتوسنتز و تولید آسیمیلات می‌شود (Rahimi *et al*., 2018). انجام فرایند فتوسنتز وابسته به سطح برگ بوده و برای افزایش آن باید شاخص سطح برگ را افزایش داد (Behdani, 2011). همچنین محققین دلیل افزایش سطح برگ در اثر کاربرد روی را با نقش این عنصر در افزایش طول دوره رشد و فرصت کافی برای توسعه اندام‌های هوایی مرتبط دانستند (Khan *et al*., 2008).



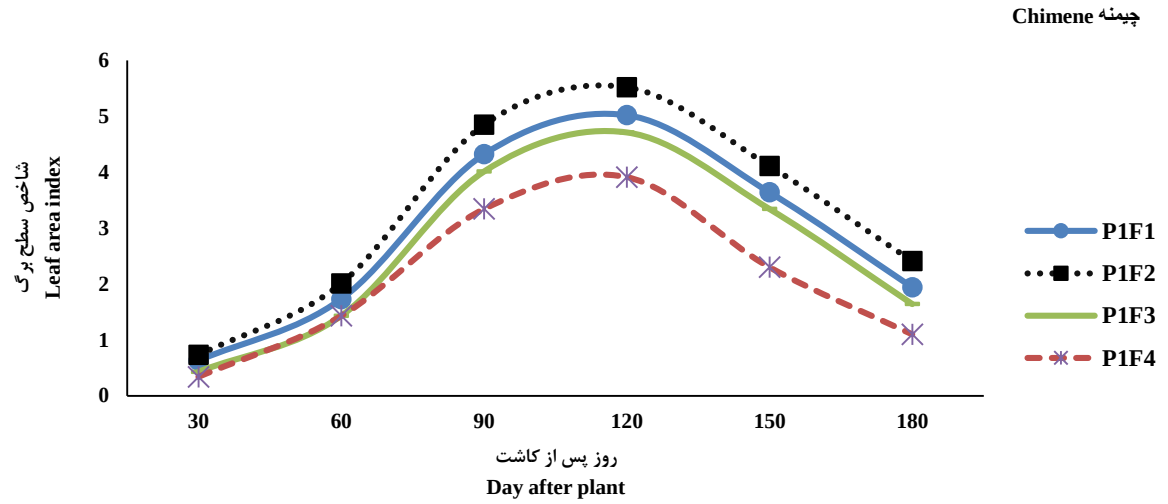
شکل ۷- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 7- Leaf area index (LAI) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



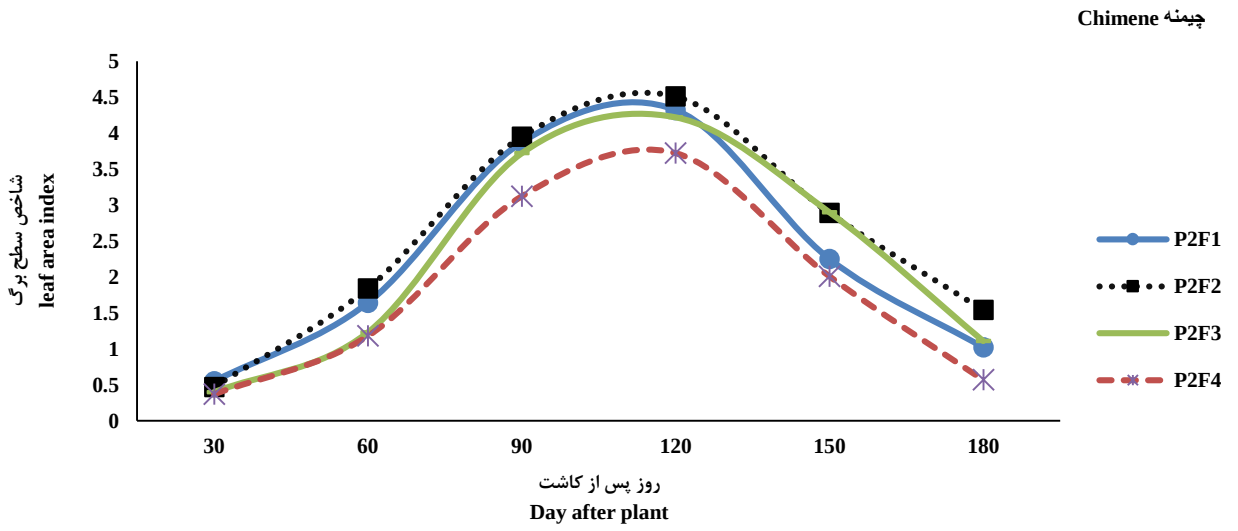
شکل ۸- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 8- Leaf area index (LAI) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۹- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 9- Leaf area index (LAI) in Chimene cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۱۰- شاخص سطح برگ (LAI) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

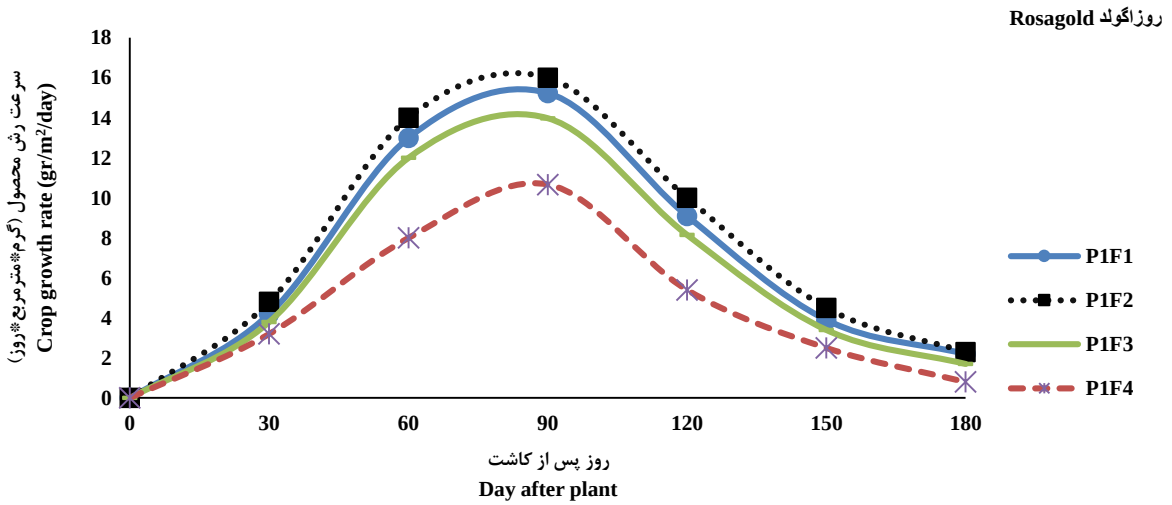
Figure 10- Leaf area index (LAI) in Chimene cultivars under the influence of planting method25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

سرعت رشد محصول (CGR)

در این پژوهش ارقام چغندرقند از نظر سرعت رشد محصول اختلاف قابل توجهی داشتند. شکل ۷ میزان CGR در آرایش کاشت و سطوح مختلف کودی را نشان می‌دهد. حداکثر میزان سرعت رشد محصول (۱۶ گرم در متر مربع در روز) در رقم روزاگولد با آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1)، ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) (شکل ۱۱)، حداقل آن (۴/۳ گرم در متر مربع در روز) در رقم چیمنه با آرایش کاشت ۵۰-۲۵ (P_2) و ۳۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_4) (شکل ۱۴) به دست آمد. به طور کلی منحنی سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم

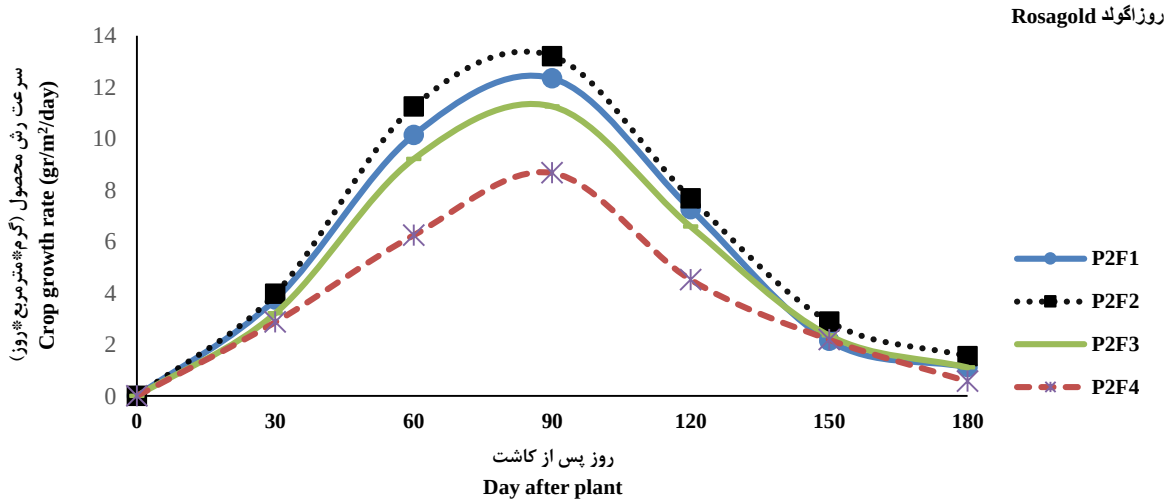
نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود کم است (Barzali *et al.*, 2004). با نمو گیاهان زراعی سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد، زیرا سطح برگ‌ها توسعه یافته و نور کمتری از لابلای پوشش گیاهی به سطح خاک می‌رسد. حداکثر سرعت رشد گیاه هنگامی به دست می‌آید که گیاهان به اندازه کافی بزرگ و متراکم شده باشند تا بتوانند از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره‌گیری را کنند (Watson, 1958). پس از سیر صعودی و رسیدن سرعت رشد محصول به حداکثر میزان خود یک روند نزولی به خود می‌گیرد. این کاهش ابتدا با آهنگی ملایم و به دنبال آن با سرعت بیشتری ادامه می‌یابد. علت کاهش سرعت رشد محصول را می‌توان ریزش برگ‌های مسن، غیر فعال شدن برگ‌های قدیمی‌تر و درجه حرارت بالای خرداد عنوان نمود. بین سرعت رشد محصول و مقدار تابش جذب شده توسط برگ یک رابطه مستقیم وجود دارد (Hooshmandi, 2015). به‌طور کلی منحنی سرعت رشد محصول در مراحل ابتدایی رشد به علت کامل نبودن پوشش گیاهی کم است. با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در سرعت رشد گیاه به‌وجود می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه می‌یابند. بیشترین سرعت رشد گیاه هنگامی حاصل می‌شود که به اندازه کافی بزرگ و متراکم شده باشد (Sharifi and Syiahkholaki, 2015) و پس از آن در مرحله انتهای رشد به دلیل کاهش شاخص سطح برگ و سرعت جذب تابش متأثر از افزایش تقاضا و پیری برگ سرعت رشد محصول روند نزولی نشان می‌دهد (Hooshmandi, 2015)؛ بنابراین می‌توان بیان کرد، هر عاملی که باعث افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن گردد می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد محصول شود (Dhyani *et al.*, 2013) در این پژوهش محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید که می‌تواند تبیین‌کننده افزایش سرعت رشد محصول در نتیجه اعمال تیمار فوق باشد. افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن در ذرت با محلول‌پاشی روی محسوس بود (Mohsin *et al.*, 2014).

در آرایش کاشت نامناسب و افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت بین بوته‌ها زودتر شروع شده و این رقابت افزایش می‌یابد اما در آرایش کاشت مناسب به‌علت توزیع مناسب‌تر بوته‌ها، رقابت بین آنها کاهش یافته و موجب استفاده بهتر از عوامل محیطی و در نتیجه افزایش عملکرد محصول خواهد شد (Abuzar *et al.*, 2011).



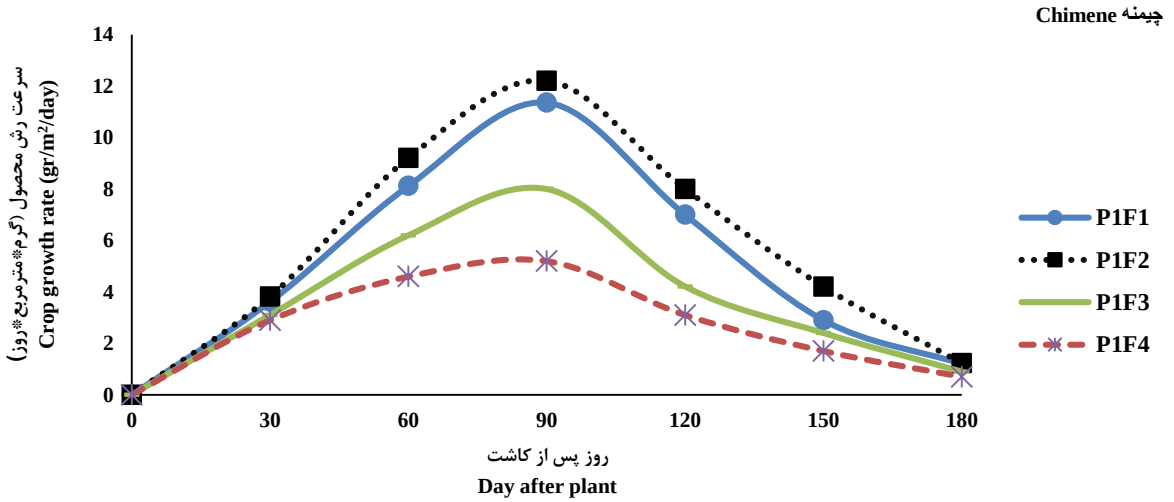
شکل ۱۱- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 11 - Crop growth rate (CGR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۱۲-تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم روا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت،۵۰-۲۵ سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 12 - Crop growth rate (CGR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



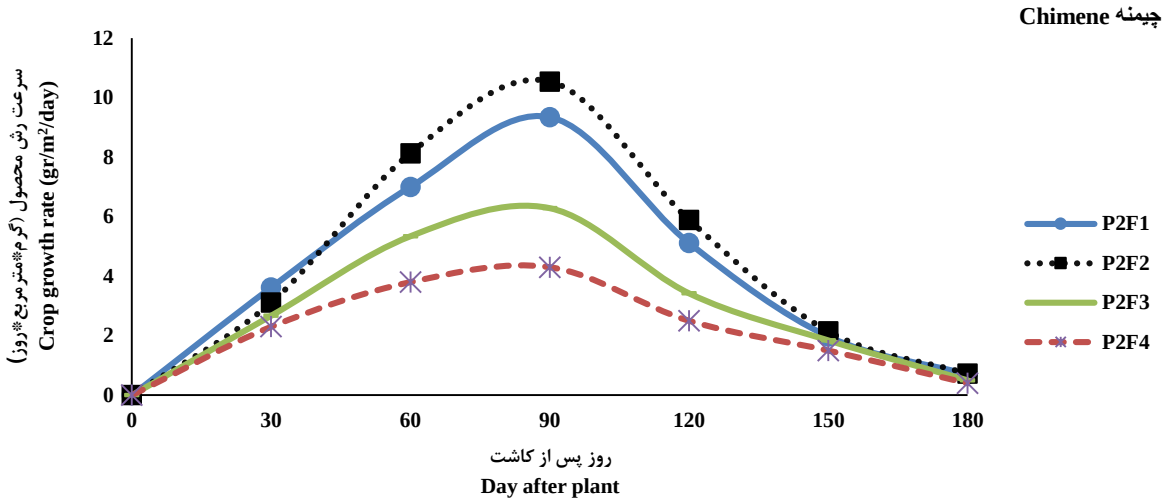
شکل ۱۳- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 13 - Crop growth rate (CGR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

سرعت جذب خالص (NAR)

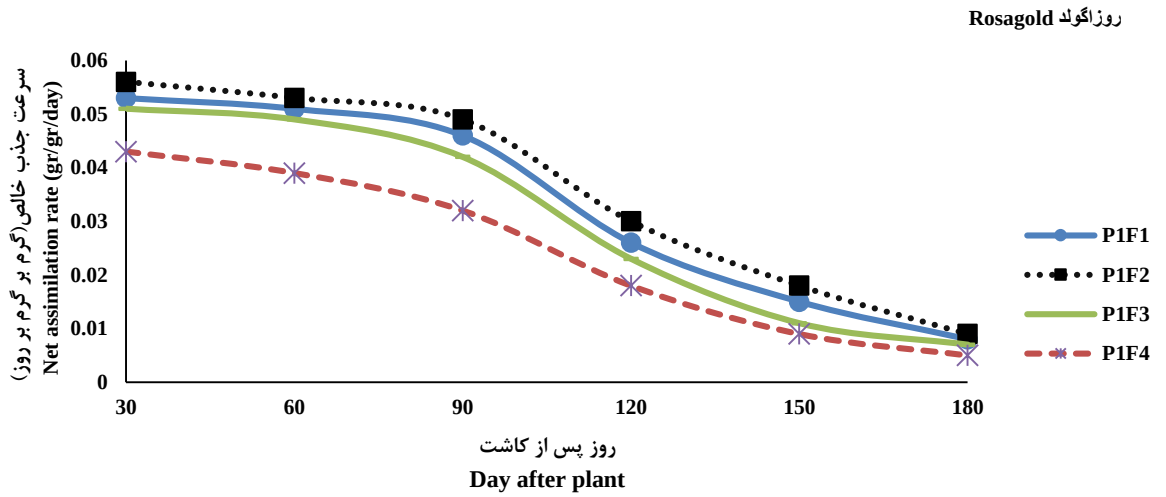
به طور کلی با گذشت زمان، سرعت رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد. علت این کاهش می‌تواند به دلیل افزایش بافت‌های بالغ به بافت‌های مریستمی، در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی و یا افزایش سن برگ‌ها باشد که منجر به کاهش فتوسنتز در این برگ‌ها می‌شود (Gardner *et al*., 1991). صرف‌نظر از رقم، سرعت رشد نسبی در ابتدای دورهٔ رشد در تمامی تیمارها در بالاترین میزان خود بود و سپس با طی شدن دورهٔ رشد، از حدود ۶۰ روز پس از سبز شدن با افزایش وزن گیاه و در به دنبال آن با افزایش سایه‌اندازی، به تدریج کاهش یافت

و در انتهای دورهٔ رشد به صفر رسید. رقم روزاگولد با آرایش کاشت ۵۰-۵۰ (P_1)، ۱۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی (F_2) بیشترین میزان (۰/۰۵۶ میلی-گرم بر گرم در روز) (شکل ۱۵) و رقم چیمنه با آرایش کاشت ۵۰-۲۵ (P_2)، ۳۰ درصد کاهش مصرف کود نیتروژن و محلول‌پاشی سولفات روی (F_4) کمترین میزان (۰/۰۳۲ میلی‌گرم بر گرم در روز) (شکل ۱۸) را به خود اختصاص دادند (شکل ۹).



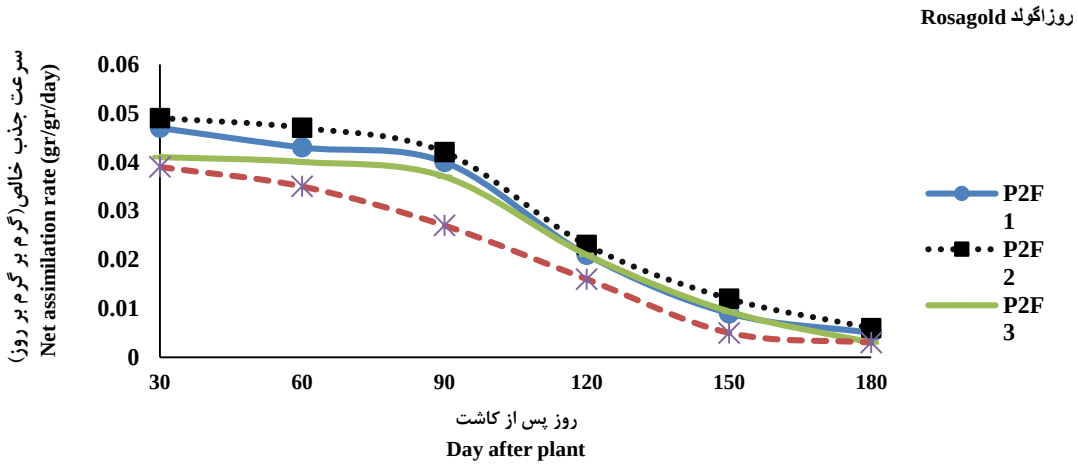
شکل ۱۴- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 14 - Crop growth rate (CGR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



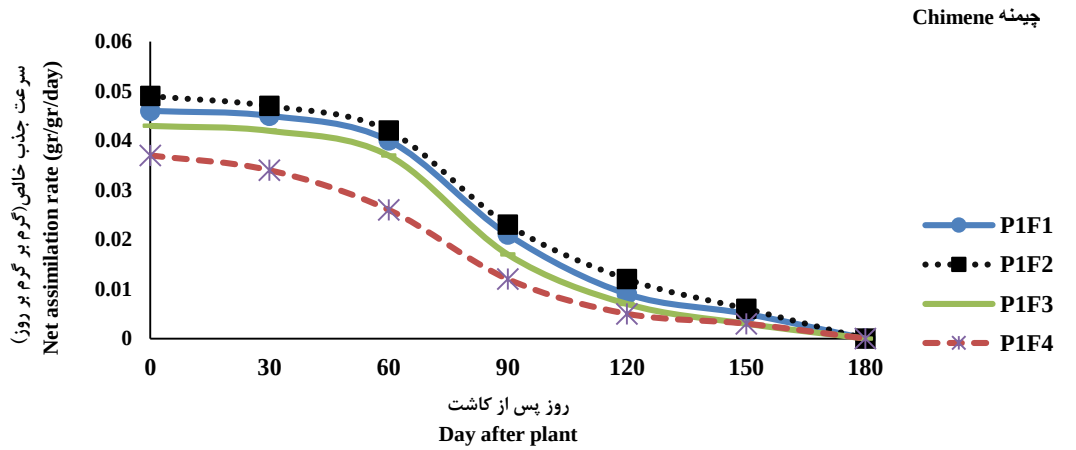
شکل ۱۵- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم روزا گلد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 15 - Net assimilation rate (NAR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen



شکل ۱۶- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم روزاگولد تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

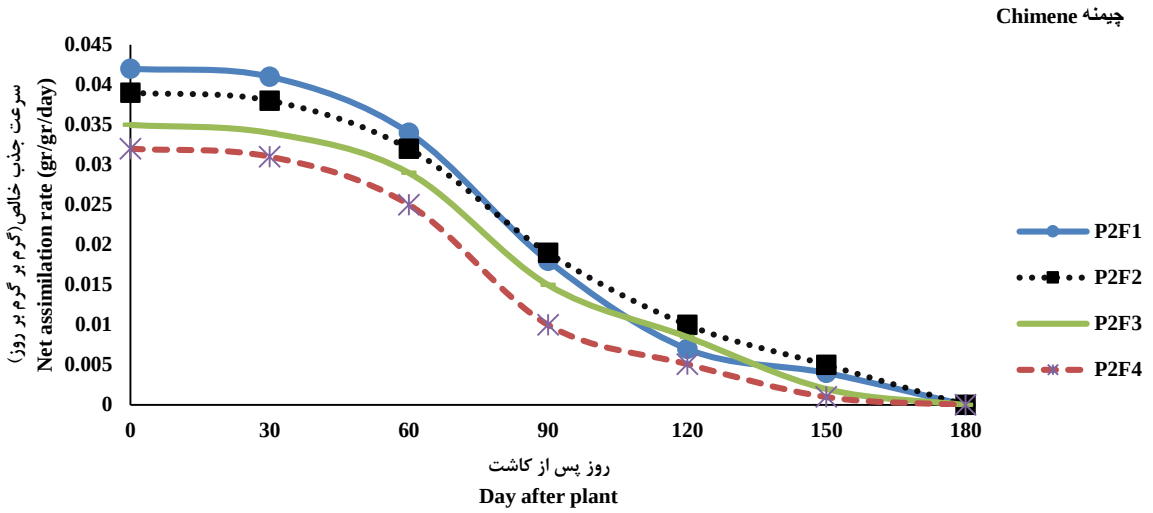
Figure 16 - Net assimilation rate (NAR) in Rosagold cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate



شکل ۱۷- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۵۰، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 17 - Net assimilation rate (NAR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 50-50, different levels of nitrogen

در گیاه چغندرقند میزان NAR تا مدتی روند صعودی داشته و پس از آن کاهش پیدا می‌یابد و دلیل آن این است که در ابتدای فصل رشد برگ‌های چغندرقند کوچک و بسته بوده، لذا توان استفاده کامل از انرژی خورشیدی را ندارند اما با ادامه رشد و باز شدن برگ‌ها NAR تا مدتی روند صعودی داشته و در ادامه با پیر شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی آنها بر روی هم NAR روند نزولی پیدا می‌کند (Carter *et al.*, 1985). علت کاهش NAR در تیمار F_4 می‌تواند به دلیل کاهش رشد برگ باشد که گیاه به دلیل کاهش مصرف کود، برای حفظ بقای خود مواد ساخته شده را ذخیره کرده و رشد رویشی خود را کاهش داده است (Koocheki and Banayan aval, 1994) مصرف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند با اثر بر میزان گسترش برگ‌ها باعث افزایش تدریجی و حفظ سطح برگ برای مدت زمان طولانی‌تری گردد که این باعث افزایش NAR می‌شود (Khodshenas *et al.*, 2016) همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی سولفات روی میزان NAR در گیاه را افزایش می‌دهد (Kamaei *et al.*, 2019; Mohsin *et al.*, 2014).



شکل ۱۸- سرعت جذب خالص (NAR) در رقم چیمنه تحت تأثیر آرایش کاشت ۵۰-۲۵، سطوح مختلف کود نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی

Figure 18 - Net assimilation rate (NAR) in Chimene cultivars under the influence of planting method 25-50, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، کشت پاییزه چغندرقند در خرم‌آباد امکان‌پذیر می‌باشد. با توجه به شرایط آهکی، pH بالا و متعاقباً پایین بودن میزان جذب عنصر روی در خاک، گیاه واکنش مثبتی را به محلول‌پاشی این عنصر نشان داده است. با توجه به عواملی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش میزان شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، هدایت روزنه‌ای و نرخ فعال فتوسنتز گردید. میزان عیارقند خالص متأثر از کاربرد سولفات روی بود به‌طوری‌که عیارقند خالص از ۱۱/۷۸ درصد در تیمار شاهد به ۱۴/۱۰ درصد در تیمار ۲۰ درصد کاهش مصرف نیتروژن با محلول‌پاشی سولفات روی افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان دهنده‌ی برتری رقم روزاگولد بود، همچنین با محلول‌پاشی سولفات روی می‌توان ضمن جلوگیری از کاهش عملکرد و افزایش کیفیت چغندر قند، میزان مصرف نیتروژن را به میزان ۱۰٪ کاهش داد.

References

Abdollahian, M. 1995. Study of sugar beet growth pattern in Mashhad area. *Journal of Sugar Beet*, 10: 35-42. (In Persian).

Abdollahian Noghabi, M., Sheykholeslami, R. and Babaee, B. 2005. Technical terms and meanings of technological quantity and quality of sugarbeet. *Journal of Sugar Beet*, 21: 101-104. (In Persian).

Abuzar, M., Sadozai, G., Baloch, M., Baloch, A., Shah, I., Javaid, T. and Hussain, N. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21: 692-695.

Adiloglu, A. and Adiloglu, S. 2005. An investigation on nutritional problems of hazelnut grown on acid soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 2219-2226.

Arif, M., Dashora, L., Choudhary, J., Kadam, S. and Mohsin, M. 2019. Effect of varieties and nutrient management on quality and zinc biofortification of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89: 104-108.

Ashraf Mansoori, G.R. and Joukar, L. 2010. Effect of planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in temperate regions of Fars province. *Journal of Sugar Beet*, 25: 141-152. (In Persian).

Asif, M., Tunc, C.E., Yazici, M.A., Tutus, Y., Rehman, R., Rehman, A. and Ozturk, L. 2019. Effect of predicted climate change on growth and yield performance of wheat under varied nitrogen and zinc supply. *Plant and Soil*, 434: 231-244.

Attia, K.K. and Abdel-Motagally, F. 2015. Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc on sugar beet plants grown on a calcareous sandy soil. *Assiut Journal Agricultural Sciences*, 46:1-14.

Barłóg, P., Nowacka, A. and Błaszyk, R. 2016. Effect of zinc band application on sugar beet yield, quality and nutrient uptake. *Plant, Soil and Environment*, 62: 30-35.

Barzali, M., Tahmasbi, Z., Ghalavand, A. and Tavakol Afshari, R. 2004. Evaluation the morphological and Physiological characteristics assciated with early vigour in four cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Science*, 6: 80-100. (In Persian).

Bassi, D., Menossi, M. and Mattiello, L. 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. *Scientific Reports*, 8:1-13.

Behdani, M.A. 2011. Principles of Cultivation. of AYJ, Press, Iran. (In Persian).

Bonhomme, R. 2000. Bases and limits to using 'degree. day'units. *European Journal of Agronomy*, 13: 1-10.

Cakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H., Kılınç, Y. and Yılmaz, A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crops Research*, 60: 175-188.

Cao, M., Li, Y. and Du, H. 2019. Effects of spraying zinc fertilizer on the physiological and photosynthetic characteristics of millet plants (*Setaria Italica* L.) at different growth stages. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17: 8121-8138.

Carter, J., Kemper, W. and Traveller, D. 1985. yield and quality as affected by early and late fall and spring harvest of sugarbeets. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*, 23: 8-27.

De Koeijer, T., De Buck, A., Wossink, G., Oenema, J., Renkema, J. and Struik, P. 2003. Annual variation in weather: its implications for sustainability in the case of optimising nitrogen input in sugar beet. *European Journal of Agronomy*, 19: 251-264.

Dhyani, K., Ansari, M.W., Rao, Y.R., Verma, R.S., Shukla, A. and Tuteja, N. 2013. Comparative physiological response of wheat genotypes under terminal heat stress. *Plant signaling & behavior* 8:e24564.

Dihim Fard, R. and Nazari, S. 2015. Effect of nitrogen application on quantitative and qualitative of sugar beet cultivars. *Journal of Plant Production Research*, 22: 71-93. (In Persian).

Dordas, C.A. and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27:75-85.

Draycott, A.P. and Christenson, D.R. 2003. Nutrients for sugar beet production: Soil-plant relationships: Cabi.

Dutton, J. and Huijbregts, T. 2006. Root quality and processing. *In book Sugar beet*, pp: 409-442.

Emadi, M.S., Hassibi, P. and Azimi, A.R. 2015. Effect of putresine and nutrients foliar application on some physiological characters of two wheat (*Triticum aestivum* L.) bread cultivars in Ahvaz. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 37: 107-118. (In Persian).

Fageria, N., Baligar, V. and Clark, R. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*. 77: 185-268.

Flexas, J., Gulías, J., Jonasson, S., Medrano, H. and Mus, M. 2001. Seasonal patterns and control of gas exchange in local populations of the Mediterranean evergreen shrub *Pistacia lentiscus* L. *Acta Oecologica*, 22(1): 33-43.

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 1991. Physiological of Crop Plants. *Iowa State University Press, USA*: 186-208.

Gattanach, A. and Faning, C. 1993. Fertilizer Sugar beet. North Dokota State University" NDSU Extension Service, Available on the http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/soilfert/sf714w.htm

Ghasemi, S., Sadeghzade Hemayati, S., Taleghani, D., Siavashi, K. and Hosseinpour, M. 2020. Determination of the proper planting date and harvest of commercial sugar beet cultivars in autumn cultivation in Ilam province. *Journal of Sugar Beet*, 36: 15-25. (In Persian).

Gobarah, M.E., Tawfik, M., Zaghloul, S.M. and Amin, G.A. 2014. Effect of combined application of different micronutrients on productivity and quality of sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*, 3: 589-598.

Gonzalez, D., Almendros, P., Obrador, A. and Alvarez, J.M. 2019. Zinc application in conjunction with urea as a fertilization strategy for improving both nitrogen use efficiency and the zinc biofortification of barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99: 4445-4451.

Goudarzi, H., Kasraei, P. and Zand, B. 2014. Effect of different iron and zinc concentrations on yield and yield components of maize. *Crop Production Research*, 6: 49-61. (In Persian).

Hafeez, B., Khanif, Y. and Saleem, M. 2013. Role of zinc in plant nutrition-a review. *American Journal of Experimental Agriculture*, 50: 374-391.

Heldt, HW. 2005. Plant biochemistry. 3rd edition, Elsevier Academic Press, San Diego .

Hoffmann, C. 2005. Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 138-145

Holen, C. and Dexter, A. 1996. A growing degree day equation for early sugarbeet leaf stages. *Sugar Beet Research and Extension Reports*, 29: 152-157.

Hooshmandi, B. 2015. Evaluation some morphophysiological indices and yield of bread wheat cultivars. *Crop Physiology Journal*, 7: 121-134. (In Persian).

Hopkins, W.G. 1999. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons.

Hundal, S., Singh, R. and Dhaliwal, L. 1997. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Punjab. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 67: 265-268.

Ishimaru, Y., Suzuki, M., Kobayashi, T., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N.K. 2005. OsZIP4, a novel zinc-regulated zinc transporter in rice. *Journal of Experimental Botany*, 56(422): 3207-3214.

Jalilian, A., Mazaheri, D., Tavakkol Afshari, R., Rahimian, H., Abdolahian, M. and Gohari, J. 2005. Estimation of base temperature and the investigation of germination and field emergence trend of monogerm sugar beet under various temperatures. *Journal of Sugar Beet*, 20: 97-112. (In Persian).

Javaheri, M., Nadi, M. and Najafi nezhad, H. 2020. Use of agro-climatic zoning in determining zoning of determining the appropriate growth period ,planting date and harvesting date of autumn sowing of sugar beet in Kerman province. *Plant Ecophysiology*, 12: 148-161. (In Persian).

Javaheri, M., Najafinezhad, H. and Azad, S.F. 2006. Study of autumn sowing of sugar beet in Orzouiee area (Kerman province). *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 19: 85-93. (In Persian).

Javaheri, S., Abdollahian-Noghabi, M., Kashani, A., Habibi, D. and Noshad, H. 2011. Determine relationship of leaf chlorophyll concentration and yeild using chlorophyll meter in sugar beet. *New Finding in Agriculture*, 5: 355-365. (In Persian)

Jia, Y. and Gray, V. 2003. Interrelationships between nitrogen supply and photosynthetic parameters in *Vicia faba* L. *Photosynthetica*, 41(4): 605-610.

Kamaei, H., Eisvand, H.R., Daneshvar, M. and Nazarian-Firouzabadi, F. 2019. effect of potassium and zinc foliar application on growth physiological indices, chlorophyll fluorescence parameters and yield of two bread wheat cultivars under late planting date. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17: 441-455. (In Persian).

Karimi, M. and Siddique, K. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 13-20.

Kenter, C., Hoffmann, C.M. and Märländer, B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 62-69.

Khan, M., Fuller, M. and Baloch, F. 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. *Cereal Research Communications*, 36: 571-582.

Khayamim, S., Mazaheri, D., Banayan, M., Guhari, J. and Jahansuz, M.R. 2002. Determination of sugar beet extinction coefficient and radiation use efficiency at different plant density and nitrogen use levels. *Sugar Beet Journal*, 18: 51-66. (In Persian).

Khayamim, S., Jahadakbar, M.R., Noshad, H., Rozbeh, F. and Zavieh mavadat, L. 2014. Effect of salt stress on photosynthetic properties of sugar beet under green house and field conditions. *Journal of Sugar Beet*, 30(1): 59-73. (In Persian).

Khodshenas, M.A., Ghadbeiklou, J. and Dadivar, M. 2016. The effects of source and rate of nitrogen fertilizer and irrigation on nitrogen uptake of silage corn and residual soil nitrate. *Water and Soil*, 29: 1640-1650. (In Persian).

Koocheki, A.R. and Banayan aval, M. 1994. Crop yield physiology (translation) .University Jihad Publications Ferdowsi University of Mshhad. (In Persian).

Ma, B., Dwyer, L.M. and Gregorich, E.G. 1999. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yield of maize. *Agronomy Journal*, 91: 650-656.

Mahfouz, H., Ali, A.M.M., Megawer, E.A. and Mahmoud, A.S. 2015. Response of growth parameters, forage quality and yield of dual-purpose sorghum to re-growth and different levels of FYM and N fertilizers in new reclaimed soil. *International Journal Current Microbiology and Applied Science*, 4: 762-782.

Marschner, H. 1995a. Mineral nutrition of higher plants 2nd edition. Academic, Great Britain

Marschner, H. 1995b. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Inc., San Diago.

Milford, G., Pocock, T., Riley, J. and Messem, A. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. III. Leaf expansion in field crops. *Annals of Applied Biology*, 106: 187-203.

Mirzaei, M.R. and Abdollahian-Noghabi, M. 2012. Study of sugar beet growth pattern in Hamedan. *Journal of Sugar Beet*, 27: 117-134. (In Persian)

Mohsin, A., Ahmad, A., Farooq, M. and Ullah, S. 2014. Influence of zinc application through seed treatment and foliar spray on growth, productivity and grain quality of hybrid maize. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24: 1494-1503.

Montalvo, D., Degryse, F., Da Silva, R., Baird, R. and McLaughlin, M.J. 2016. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Advances in Agronomy*, 139: 215-267.

Nadeem, F., Farooq, M., Ullah, A., Rehman, A., Nawaz, A. and Naveed, M. 2020. Influence of Zn nutrition on the productivity, grain quality and grain biofortification of wheat under conventional and conservation rice–wheat cropping systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66: 1042-1057.

Orazizade, M. 1997. Determination of the most appropriate sowing date of seed of three monogerm cultivars of sugar beet for obtains the best plant density per hectare. Final report No. 7934 .*Agricultural research center Safiabad of Dezful*. (In Persian).

Pidgeon, J.D., Ober, E.S., Qi, A., Clark, C.J., Royal, A. and Jaggard, K.W. 2006. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. *Field Crops Research*, 95: 268-279.

Pocock, T., Milford, G. and Armstrong, M. 1990. Storage root quality in sugarbeet in relation to nitrogen uptake. *The Journal of Agricultural Science*, 115: 355-362.

Rahimi, A., Dovlati, B. and Heydarzadeh, S. 2018. The effect of foliar application of micronutrients on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet Cultivar Latyta (*Beta vulgaris* L.). *Applied Soil Resrarch*, 5: 108-121. (In Persian).

Rahimi, A., Moghaddam, S.S., Noorhosseini, S.A. and Hajyzadeh, M. 2019. effects of foliar application of micronutrients on agronomic traits of Beet Cv. Sonja under Dsa (Hot Summer Continental) climatic conditions of naqadeh iran. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7: 828-832.

Robson, A.D. 2012. Zinc in soils and plants: proceedings of the international symposium on 'Zinc in Soils and Plants' held at the University of Western Australia, 27–28 September, 1993: Springer Science & Business Media.

Sadrabadi Haghighi, R., Amirmoradi, S. and Mirshahi, A. 2011. Investigation of growth analysis of conventional and commercial sugar beet (*Beta vulgaris* L) varieties at delayed planting date in Chenaran (Khorasan Razavi Province). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9: 505-513. (In Persian).

Sajjadinia, A., Ershadi, A., Hokmabadi, H., Khayyat, M. and Gholami, M. 2010. Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1: 1-6.

Scott, R., Jaggard, K. and Sylvester-Bradley, R. 1994. Resource capture by arable crops. *Resource Capture by Crops*, 279-302.

Semida, W., Abd El-Mageed, T., Howladar, S., Mohamed, G. and Rady, M. 2015. Response of *Solanum melongena* L. seedlings grown under saline calcareous soil conditions to a new organo-mineral fertilizer. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25: 485-493.

Sepehri, A., Modarres Sanavi, A.M., Gharehyazi, B. and Yamini, Y. 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences*, 4: 184-200. (In Persian).

Shangguan, Z., Shao, M. and Dyckmans, J. 1999. Interaction of osmotic adjustment and photosynthesis in winter wheat under soil drought. *Journal of Plant Physiology*, 154: 753-758.

Sharma, P.N., Tripathi, A. and Bisht, S.S. 1995. Zinc requirement for stomatal opening in cauliflower. *Plant Physiology*, 107(3): 751-756.

Sharifi, R. and Syiahkholaki, M.S. 2015. Effects of biofertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28: 326-343. (In Persian).

Shiri, M., Kamrani, M. and Mehraban, A. 2019. Effect of Fe and Zn spraying on yield and nutrients bioavailability of bread wheat cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17: 317-326 (In Persian).

Soleymani, A. and Shahrajabian, M.H. 2017. Effects of planting dates and row distance on sugar content, root yield and solar radiation absorption in sugar beet at different plant densities. *Romanian Agricultural Research*, 34: 145-155.

Soleymani, S. and Farajzadeh Memari Tabrizi, E. 2016. Utilization of micronutrients in dorotti sugar-beet (*Beta vulgaris* L.) cultivar. *Scientific Journal Management System*, 10: 613-628.

Stevens, W., Violett, R., Skalsky, S. and Mesbah, A. 2008. Response of eight sugarbeet varieties to increasing nitrogen application: I. Root, sucrose, and top yield. *Journal Sugar Beet Research*, 45: 65-83.

Taleghani, D. 2003. Autumn sowing sugar beet extension in Iran. Proceedings of the 25th Annual Iranian Sugar Industries Conference; Mashad, Iran:(In Persian).

Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A. and Vaezpour, M. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Scientia Horticulturae*, 123(2): 272-279.

Tognetti, R., Palladino, M., Minnocci, A., Delfine, S. and Alvino, A. 2003. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*, 60: 135-155.

Wang, H. and Jin, J. 2005. Photosynthetic rate, chlorophyll fluorescence parameters, and lipid peroxidation of maize leaves as affected by zinc deficiency. *Photosynthetica*, 43(4): 591-596.

Wakeil, E., Nabil, E., Wakeil, N., Saleh, M. and Mohamed, A.H. 2020. Cottage Industry of Biocontrol Agents and Their Applications: Practical Aspects to Deal Biologically with Pests and Stresses Facing Strategic Crops: Springer Nature.

Watson, D. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. *Annals of Botany*, 22: 37-54.

Yarnia, M., Benam, M.B.K., Arbat, H.K., Tabrizi, E.F.M. and Hassanpanah, D. 2008. Effects of complete micronutrients and their application method on root yield and sugar content of sugar beet cv. Rassoul. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6: 341-345.

Yousef Abadi, V. and Abdollahian-Noghabi, M. 2011. Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on the root yield and quality characteristics of sugar beet. *Iran Journal Crop Sciences*, 13: 521-532.

Yousefi, M. 2012. Impact of Zn and Mn foliar application on yield of pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) under two irrigation regimes. *International Journal of Agriculture*, 26: 102-107.

Zlatev, Z.S. and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal Plant Physiology*, 30: 3-18.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 281-303

Investigation of some growth indices of two cultivars of autumn sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under the influence of planting method, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate

Amene Haqshenas[1], Khosro Azizi[2*], Soraya Ghasemi[3], Farhad Nazarian Firouzabadi[2]

[1]PHD student of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

[3]Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[*]Corresponding Author: Azizi.kh@lu.ac.ir

Received: 21 September 2021 Accepted: 6 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.306028.1136**

Abstract

Autumn planting of sugar beet has more water use efficiency and agricultural advantages than spring planting. In order to investigate the possibility of autumn planting of two sugar beet cultivars and compare their root yield, a study was conducted in the Faculty of Agriculture of Lorestan University during two cropping years (2017-2018 and 2018-2019). This study was conducted in the form of a split factorial design with three replications. The main factor has two levels and includes planting method 50-50 (P_1), 25-50 (P_2), and the sub-factors including two varieties of autumn sugar beet (Rosagold and Chimene) and four levels of fertilizer (F_1: application of 300 kg.ha^{-1} nitrogen (Control), F_2: application of 270 kg.ha^{-1} nitrogen and foliar application of zinc sulfate, F3: application of 240 kg.ha^{-1} nitrogen and foliar application of zinc sulfate, F_4: application of 210 kg.ha^{-1} nitrogen and foliar application of zinc sulfate in the amount of 5 per thousand. Rosagold cultivar with F_2 treatment significantly (p<0.01) increased the photosynthesis active rate. The highest amount of stomatal conductance was observed in P1 planting arrangement with Rosagold cultivar. The highest CGR (16 g.m^{-2}.day^{-1}) and root yield (98.70 t.ha^{-1}) were obtained from P_1 planting arrangement, Rosagold cultivar and F_2 fertilizer level. According to the obtained results, it can be stated that zinc sulfate foliar application has the ability to compensate for the reduction of nitrogen consumption by 10%, without reducing the yield and quality of autumn sugar beet.

Keywords: Chimene, Growth degree day, Leaf area index, Rosagold,

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۱۷-۳۰۵

مقاله پژوهشی

ارزیابی خصوصیات کیفی و عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) در پاسخ به پیش‌تیمار و محلول‌پاشی عصاره گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana* L.)

پروانه استخدامی[1*]، مهدی برادران فیروزآبادی[2]، حسن مکاریان[2]، عباس نصیری دهسرخی[3]، حسن قربانی قوژدی[4]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
۳- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۴- گروه مهندسی کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

* مسئول مکاتبه: Estkhdami11942@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.273689.1088**

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر عصاره مرزنجوش بر برخی خصوصیات کیفی و عملکرد دانه سویا، آزمایشی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. آزمایش شامل پیش‌تیمار بذری با عصاره مرزنجوش در پنج سطح (عدم پیش‌تیمار، پیش‌تیمار با عصاره ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش هر کدام به‌مدت زمان‌های ۶ و ۹ ساعت) به‌عنوان عامل اول و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش در سه سطح (آب خالص، غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش) به‌عنوان عامل دوم بودند. نتایج نشان داد میزان آنتوسیانین برگ در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد محلول‌پاشی ۱۱/۲ و ۶/۵ درصد بیشتر از شاهد بود. بالاترین مقادیر تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه، در گیاهانی مشاهده شد که به‌مدت زمان ۶ ساعت با غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ درصد پیش‌تیمار و سپس با غلظت ۴۰ درصد عصاره مرزنجوش محلول‌پاشی شده بودند. پیش‌تیمار با عصاره ۴۰ و ۶۰ درصد به‌مدت زمان ۹ ساعت، محتوای نسبی آب برگ را حدود ۳۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. میزان فلاونوئید برگ در اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش به‌ترتیب ۱/۵۶ و ۱/۷۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بر اساس نتایج، محلول‌پاشی ۴۰ درصد عصاره مرزنجوش همراه با ۶ ساعت پیش‌تیمار بذر با عصاره ۴۰ درصد، مناسب‌ترین ترکیب تیماری در جهت بهبود خصوصیات کیفی و عملکرد دانه سویا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، فلاونوئید، قندهای محلول، گیاهان دارویی

مقدمه

سویا (*Glycine max* L.) از جمله لگوم‌های راهبردی است که ارزش غذایی بسیار زیادی دارد. سویا به‌دلیل استفاده‌های فراوان دارویی و صنعتی بیشترین سطح زیر کشت دانه‌های روغنی (حدود ۱۱۷ میلیون هکتار) را در دنیا دارا می‌باشد و دارای تولید سالیانه‌ای در حدود ۳۰۶ میلیون تن است، به‌طوری‌که این گیاه یک چهارم از روغن و دو سوم از پروتئین خوراکی جهان را فراهم می‌کند (FAO, 2017). گیاه سویا با دارا بودن ۲۰ درصد روغن و ۴۰ درصد پروتئین به‌عنوان مهم‌ترین منبع تولید روغن و پروتئین گیاهی به‌شمار می‌رود که به‌دلیل سازگاری وسیع با شرایط اقلیمی، قابلیت هضم بالای روغن، مرغوبیت کنجاله، تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش حاصل‌خیزی خاک از اهمیت بالایی در بین دانه‌های روغنی برخوردار است (Rostami Ajirloo and Amiri, 2018).

گیاهان دارویی و فرآورده‌های آنها به‌دلیل عواملی چون ارزش بالای اقتصادی و کم‌هزینه بودن تولید آنها، نداشتن اثرهای تخریبی بر محیط زیست، کم‌عوارض بودن در مقایسه با کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر از ارزش و جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده‌اند (Ansar *et al.*, 2020). امروزه توجه به گیاهان دارویی به‌عنوان محرک‌های رشد، درحال گسترش است. گزارش شده است که عصاره‌های طبیعی گیاهان، حاصل از برگ، دانه، ریشه و میوه که آنتی‌اکسیدان و هورمون دارند می‌توانند بر فرایندهای فیزیولوژیکی اثر داشته باشند. تأثیرات مثبت این

ترکیبات روی رشد، عملکرد و برخی ترکیبات شیمیایی گیاهان تحت تیمار نشان داده شده است (Rady *et al.*, 2013; Sellamuthua *et al.*, 2013; Semidaa and Rady, 2014). درصد و سرعت سبز شدن، وزن خشک گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز در کنجد (*Sesamum indicum* L.) با افزایش غلظت عصاره شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*) افزایش یافت (PourGhasemian *et al.*, 2019). محلول‌پاشی عصاره زنجبیل (*Zingiber officinale*) باعث افزایش قند محلول کل در گیاه مرزنجوش گردید (Shabana *et al.*, 2017). نتایج پژوهشی نشان داد عصاره برگ کینوا (*Chenopodium quinoa* willd) تا غلظت ۷۵ درصد باعث افزایش میزان آنتوسیانین گندم (*Triticum aestivum* L.) نسبت به شاهد شد (۳/۱ برابر بیشتر) اما با افزایش غلظت روند نزولی پیدا کرد (Mansouri *et al.*, 2020). در پژوهش دیگری، استفاده از عصاره ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن کوهی (*Thymus vulgaris*) تحت شرایط آبیاری مناسب سبب افزایش ۲۷/۵ درصدی و در شرایط کم‌آبی سبب افزایش ۵۸ درصدی عملکرد دانه کنجد نسبت به تیمار شاهد شد (Ansar *et al.*, 2019).

یکی از گیاهانی که امکان بررسی و مطالعه بیشتر از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی برای آن وجود دارد، گیاه مرزنجوش است. مرزنجوش گیاهی از خانواده نعناع و بومی ایران می‌باشد. این گیاه علاوه بر استفاده در طب سنتی به‌عنوان داروی مسکن، مدر، معرق و ضد عفونی کننده، در درمان بیماری‌های مربوط به معده و روده و همچنین یبوست کاربرد فراوانی دارد. گونه‌های جنس مرزنجوش به‌طور گسترده‌ای در صنعت ادویه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Andi *et al.*, 2012). پیکر رویشی مرزنجوش به‌سبب وجود اسانس، معطر می‌باشد. مقدار اسانس در اندام‌های هوایی گیاه مرزنجوش تحت شرایط اقلیمی محل رویش متفاوت و بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد است (Omidbeigi, 1997; Vakili Shahrbabaki, 2008).

عصاره مرزنجوش علاقه محققان و پژوهش‌گران زیادی را به‌عنوان عامل آنتی‌میکروبی و آنتی‌اکسیدانی زیاد به‌خودش جذب کرده است. این گیاه حاوی غلظت بالایی از ترکیبات فنلی شامل کارواکرول و تیمول می‌باشد که به‌طور عمده اثر نگهدارندگی این گیاه مربوط به ترکیبات پلی‌فنلی است که در نهایت باعث خنثی کردن رادیکال‌های آزاد و ممانعت از اکسیداسیون می‌شود (Tajkarimi *et al.*, 2010). محققان اظهار داشتند از آنجایی‌که مرزنجوش دارای خواص ضدباکتری، قارچی و به‌ویژه ضد مخمر قوی است، تیمار میوه‌ها با اسانس مرزنجوش می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مفید جهت افزایش ماندگاری محصولات باغبانی در زمان پس از برداشت مورد توجه قرار گیرد (Hosseini *et al.*, 2019). برخی دیگر از محققان گزارش دادند با توجه به اینکه عصاره مرزنجوش دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و دارای ترکیبات فنلی و متانولی می‌باشد، می‌تواند از این طریق افزایش میزان فلاونوئید از تخریب غشاهای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کند (Ansar *et al.*, 2020). در تحقیق دیگری فعالیت آنتی‌اکسیدان اسانس‌های مرزنجوش، آویشن و ریحان بر اساس خاصیت خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و تأثیر بر پراکسیداسیون لیپید مطالعه شد. اسانس‌ها اثر جاروب‌کنندگی ROS (Reactive Oxygen Species) قوی را نشان داده به‌طوری‌که تشکیل رادیکال DPPH را به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. قوی‌ترین اثر مربوط به اسانس مرزنجوش بود (Bozin *et al.*, 2006).

در شرایط کم‌آبی استفاده از عصاره مرزنجوش می‌تواند سبب افزایش توان گیاه در مقابله با شرایط کم‌آبی شود و از آنجایی‌که نسبت به سایر روش‌ها هزینه کمتری نیاز دارد، بنابراین در مناطقی که با شرایط کم‌آبی روبرو هستند، می‌توان استفاده از عصاره این گیاه را جهت جبران آسیب‌های ناشی از تنش و به‌دنبال آن افزایش عملکرد پیشنهاد داد (Ansar *et al.*, 2020). بنابراین در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار عصاره گیاه دارویی مرزنجوش بر برخی خصوصیات کیفی و عملکرد دانه سویا در شرایط آب و هوایی شاهرود انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود – آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای

اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارندگی عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به‌ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایش، قبل از کاشت از پنج نقطه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به‌عمل آمد. نمونه‌ها با هم ترکیب و یک نمونه مرکب تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of the soil at the experimental site

بافت خاک Soil texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	لای Loam (%)	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	مواد آلی Organic matter (%)	اسیدیته Acidity (pH)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)
لومی رسی Loamy-clay	32	24	44	205	19	0.11	0.31	7.67	1.81

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل ۵ سطح پیش‌تیمار بذر با عصاره مرزنجوش (عدم پیش‌تیمار و پیش‌تیمار با دو غلظت ۴۰ و ۶۰ درصد هر کدام به‌مدت ۶ و ۹ ساعت) و فاکتور دوم ۳ غلظت محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش (آب خالص، ۴۰ درصد و ۶۰ درصد) بودند. در مجموع در هر تکرار ۱۵ ترکیب تیماری وجود داشت. برای تهیه عصاره آبی مرزنجوش از روش دم کردن استفاده شد. برای این منظور ابتدا مقدار ۱۰۰ گرم از برگ و سرشاخه‌های خشک مرزنجوش در یک لیتر آب مقطر که از قبل به دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شده بود، قرار داده شد. سپس به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای خارج شدن عصاره مرزنجوش به آن زمان داده شد. عصاره حاصل با استفاده از کاغذ صافی، صاف و ناخالص‌های آن جدا گردید. برای ساخت عصاره‌های ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش، ۴۰ و ۶۰ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده جدا و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. بذرها به‌مدت زمان‌های تعیین شده (۶ و ۹ ساعت خیس‌خوردگی) در عصاره‌های ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش قرار گرفتند و پس از اینکه به‌مدت دو روز در سایه خشک شدند، اقدام به کشت آن‌ها شد.

عملیات کاشت بذور سویا رقم DPX در خردادماه با دست انجام شد. عمق کاشت بذر، ۵ تا ۷ سانتی‌متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر قرار داشت. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای و با دور آبیاری ۷ روز یکبار انجام شد. پس از استقرار کامل گیاه، تنک کردن بوته‌های اضافی (در دو نوبت تا قبل از رشد کامل) و مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین کامل دستی انجام گرفت. مرحله‌ی اول محلول‌پاشی ۶۷ روز بعد از کاشت (۵ برگی) و مرحله‌ی دوم محلول‌پاشی ۸۰ روز بعد از کاشت (آغاز گلدهی)، هنگام عصر و در هوای آرام انجام شد. صفات مورد بررسی شامل فلاونوئید برگ، قندهای محلول، پایداری غشا، آنتوسیانین برگ، محتوای نسبی آب برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه بودند. در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

فلاونوئید برگ

مطابق با نتایج تجزیه واریانس، میزان فلاونوئید برگ تنها از محلول‌پاشی برگی با عصاره مرزنجوش در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). میزان فلاونوئید برگ در اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش به‌ترتیب ۱/۵۶ و ۱/۷۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. البته تنها افزایش ناشی از غلظت بالاتر به لحاظ آماری معنی‌دار بود. بین دو تیمار ۴۰ و ۶۰ درصد محلول‌پاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های کیفی و عملکرد دانه سویا تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش

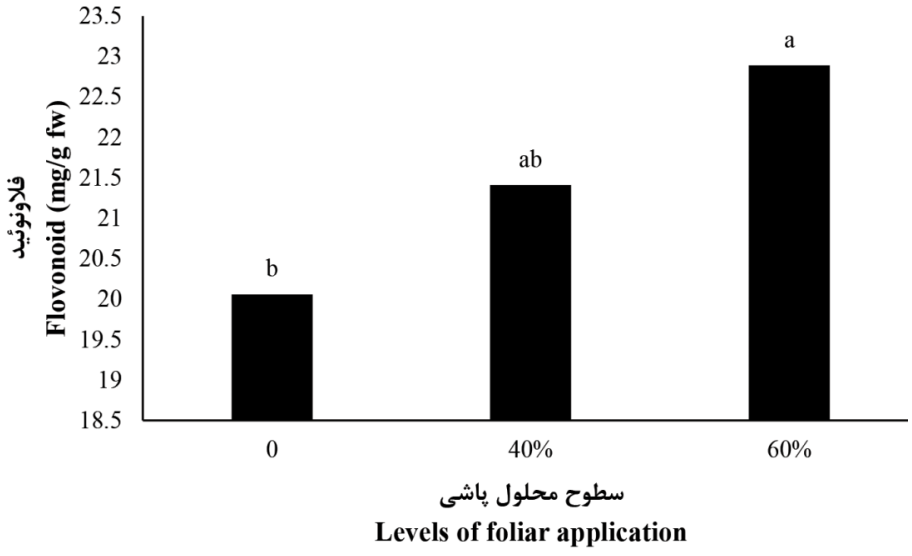
Table 2- Analysis of variance (mean squares) of qualitative characteristics and grain yield of soybean affected by seed pretreatment and foliar application with marjoram extracts

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	فلاونوئید برگ Flavonoid	قندهای محلول برگ Soluble sugars	پایداری غشا Membrane stability	آنتوسیانین برگ Anthocyanin	محتوای نسبی آب برگ RWC	تعداد غلاف در بوته Pods number per plant	تعداد دانه در غلاف Grains number per pod	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	0.2^{ns}	155.15^{ns}	87.1^{*}	37.63^{*}	132.01^{*}	6043.62^{*}	0.12^{ns}	92828.66^{*}
پیش تیمار بذر Seed pretreatment (A)	4	2.14^{ns}	82.56^{ns}	21.15^{ns}	7.36^{ns}	114.2^{**}	35.3^{ns}	3.29^{**}	12090.75^{**}
محلول پاشی Foliar application (B)	2	15.74^{*}	517.59^{*}	260.22^{*}	113.11^{*}	7.21^{ns}	3916.82^{**}	2.43^{**}	1565.2^{*}
A × B	8	2.28^{ns}	155.9^{**}	320.13^{**}	12.31^{ns}	11.5^{ns}	892.52^{**}	0.64^{**}	2165.2^{**}
خطا Error	28	10.47	166.94	40.16	27.9	12.32	166.45	0.32	3686.66
C.V. (%)		14.01	24.47	20.40	10.18	14.25	16.66	23.16	14.20

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد. ns: عدم معنی‌داری.

* and ** significant at the 5 and 1 percent. ns: non-significant.

فلاونوئیدهای موجود در برگ به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند. همچنین، فلاونوئیدها به‌طور مستقیم با وارد شدن در واکنش‌های احیایی و یا به‌طور غیر مستقیم به‌وسیله کلات کردن آهن، مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند (Yadegari, 2015). از آنجایی‌که عصاره مرزنجوش دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و دارای ترکیبات فنلی و متانولی می‌باشد، می‌تواند از این طریق افزایش میزان فلاونوئید از تخریب غشاهای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کند (Ansar *et al.*, 2020). نتایج پژوهشی نشان داد محلول‌پاشی عصاره زنجبیل به‌میزان ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، باعث افزایش محتوای فلاونوئید در گیاه مرزنجوش گردید (Shabana *et al.*, 2017).

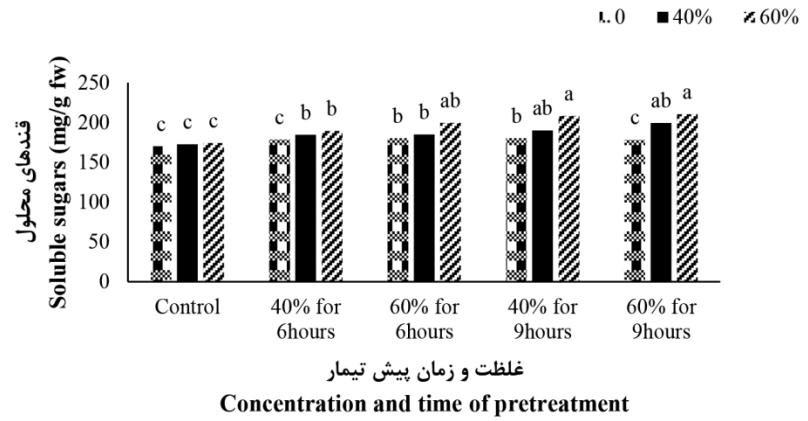


شکل ۱- مقایسه میانگین میزان فلاونوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش

Figure 1- Mean comparison of flavonoids affected by foliar application with marjoram extracts

میزان قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان قندهای محلول، تحت تأثیر اثر متقابل محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذری (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت (جدول ۲). انجام محلول‌پاشی در شرایط عدم پیش‌تیمار بذر تأثیری بر این صفت نداشت ولی محلول‌پاشی به‌ویژه با غلظت بالاتر، میزان قندهای محلول برگ را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. مقادیر بالایی از قندهای محلول با افزایشی معادل ۲۳/۵ درصد نسبت به شاهد از برگ گیاهانی به‌دست آمد که بذر آن‌ها ۹ ساعت با هر دو غلظت ۴۰ و ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش پیش‌تیمار شده بودند و سپس عصاره ۶۰ درصد مرزنجوش را از طریق برگ خود دریافت کرده بودند (شکل ۲).

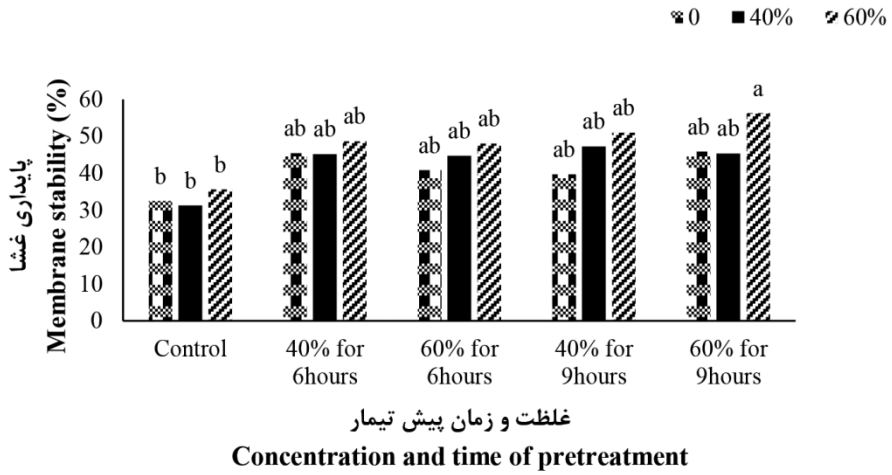


شکل ۲- مقایسه میانگین قندهای محلول برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش
Figure 2- Mean comparison of soluble sugars affected by the combination of seed pretreatment and foliar application of Marjoram extract

در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد میزان قندهای محلول در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) و خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) تحت تیمار با عصاره دانه و برگ گیاه اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus* Labill.) در کلیه غلظت‌ها نسبت به شاهد افزایش یافت (Saraei *et al.*, 2012). با افزایش غلظت عصاره آبی تلخه (*Acroptilon repens* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، میزان قندهای محلول در گیاهان زراعی گندم و چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) افزایش معنی‌داری پیدا کردند. به‌طوری‌که بیشترین میزان قند محلول در هر دو گیاه زراعی به غلظت ۲۰ درصد عصاره تعلق داشت (Hatami Hampa *et al.*, 2018). در پژوهش دیگری، نتایج نشان داد محلول‌پاشی عصاره زنجبیل باعث افزایش قند محلول کل در گیاه مرزنجوش گردید (Shabana *et al.*, 2017). افزایش میزان قندهای محلول در گیاه تربچه بر اثر کاربرد عصاره آبی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) را به کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های تنفسی و کاهش مصرف قند در شرایط تنش آللوپاتی می‌دانند (Mahdavikia *et al.*, 2017). با این‌حال نتایج پژوهش دایزی و همکاران (Daizy *et al.*, 2007) نشان داد که مواد دگرآسیب فنلی آزاد شده از گیاه سلمه تره (*Chenopodium album* L.) باعث کاهش قندهای محلول در نخود (*Cicer arietinum* L.) و نخود سبز (*Pisum sativum* L.) شدند.

پایداری غشاء پلاسمایی برگ

نتایج نشان داد اثر متقابل محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با عصاره مرزنجوش بر پایداری غشاء پلاسمایی برگ (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود (جدول ۲). مقادیر بالایی از میزان پایداری غشا، در پیش‌تیمار بذر با غلظت ۶۰ درصد به مدت زمان ۹ ساعت توأم با غلظت ۶۰ درصد محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش به‌دست آمد که این ترکیب تیماری میزان پایداری غشاء پلاسمایی برگ را به‌طور معنی‌دار و به میزان ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اگرچه اکثر ترکیبات تیماری مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند با این وجود توأم شدن محلول‌پاشی با بالاترین غلظت عصاره مرزنجوش (۶۰ درصد) با کلیه سطوح پیش‌تیمار بذر، وضعیت بهتری از پایداری غشاء را به نمایش گذاشت (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین پایداری غشاء پلاسمایی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش

Figure 3- Mean comparison of membrane stability affected by the combination of seed pretreatment and foliar application of Marjoram extract

محققان اظهار داشتند محلول‌پاشی با دو غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد آویشن کوهی پایداری غشاء پلاسمایی برگ را نسبت به شاهد در گیاه لوبیا چشم بلبلی بهبود بخشید (Alinejad, 2014). در پژوهشی که به منظور بررسی عصاره آبی بقایای کینوا بر گندم انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که با افزایش غلظت تا سطح ۲۵ درصد، درصد نشت الکترولیت‌ها در گیاهچه‌های گندم کاهش یافت. اما با افزایش غلظت عصاره آبی میزان نشت افزایش یافت (Mansouri *et al.*, 2020). در بررسی عصاره آبی برگ و پودر برگ اکالیپتوس بر گیاه ذرت (*Zea mays*) و علف هرز ارزن وحشی (*Panicum miliaceum*)، نتایج نشان داد ضریب پایداری غشا در گیاه زراعی ذرت متأثر از کلیه غلظت‌های عصاره آبی و تیمار ۵ درصد پودر برگ اکالیپتوس افزایش یافت ولی در علف هرز ارزن وحشی متأثر از همه تیمارها کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین کاهش مشاهده شده مربوط به ارزن وحشی تیمار شده با عصاره آبی ۲۰ گرم در لیتر بود (Asiaee *et al.*, 2020). با افزایش غلظت عصاره آبی گلرنگ (*Carthamus tintorius*) افزایش نشتی غشاء سلولی و غلظت مالون دی آلدهید برگ در ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) دیده شد (Farhoudi, 2014).

آنتوسیانین برگ

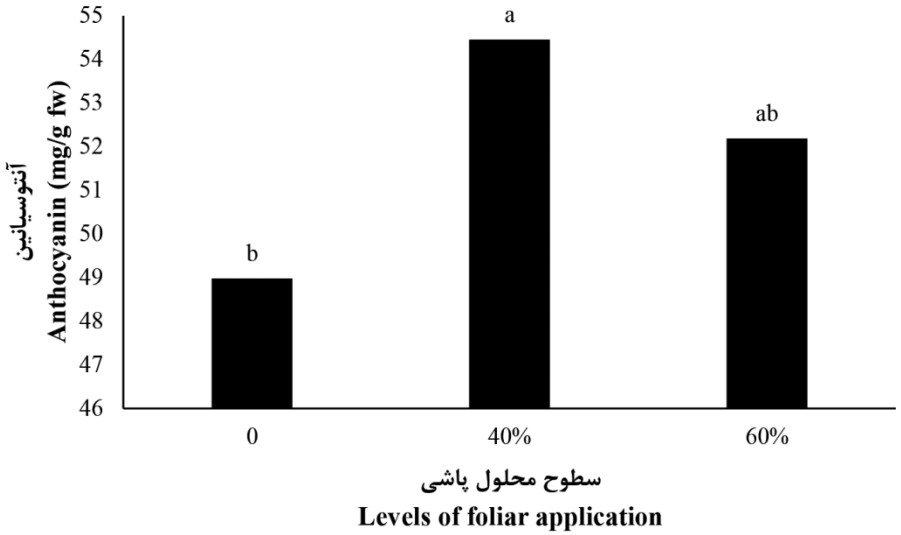
مطابق با نتایج تجزیه واریانس، میزان آنتوسیانین برگ تنها از محلول‌پاشی برگی با عصاره مرزنجوش در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). گیاهانی که با عصاره مرزنجوش محلول‌پاشی شده بودند از آنتوسیانین بالاتری در برگ خود برخوردار بودند. به این‌ترتیب‌که میزان این صفت در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد محلول‌پاشی، ۱۱/۲ و ۶/۵ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۴).

در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد عصاره برگ کینوا تا غلظت ۷۵ درصد باعث افزایش میزان آنتوسیانین گندم نسبت به شاهد شد (۳/۱ برابر بیشتر) اما با افزایش غلظت روند نزولی پیدا کرد. عصاره‌های ریشه و ساقه در غلظت ۵ و ۲۵ درصد باعث کاهش محتوای آنتوسیانین در گیاهچه گندم شدند. اما با افزایش غلظت عصاره ساقه و ریشه میزان محتوای آنتوسیانین افزایش یافت (Mansouri *et al.*, 2020). در پژوهش دیگری، نتایج نشان داد تمشک‌های تیمار شده با اسانس‌های گیاهی سطوح بالای مواد فنلی، محتوای آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نسبت به تمشک‌های تیمار نشده داشتند (Jin *et al.*, 2012). محققان دریافتند اسانس آویشن باغی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز شده و از طرف دیگر سبب بهبود در کیفیت و کمیت میوه آووکادو گردید (Sellamuthu *et al.*, 2013).

محتوای نسبی آب برگ

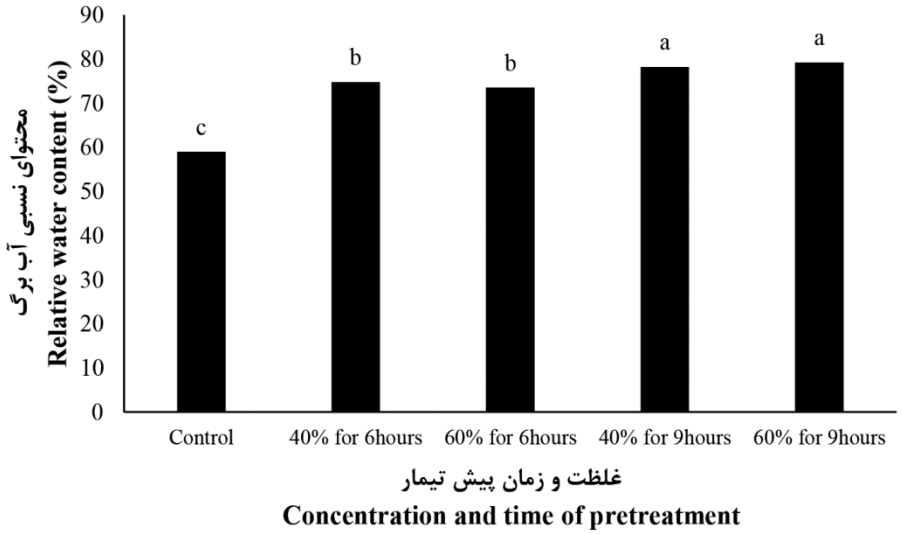
نتایج تجزیه واریانس نشان داد از بین منابع تغییر، تنها اثر پیش‌تیمار بذر با عصاره مرزنجوش (در سطح احتمال یک درصد) بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). پیش‌تیمار بذر نسبت به عدم پیش‌تیمار (شاهد) افزایش معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ ایجاد کرد. به‌طورکلی اثر افزایش زمان پیش‌تیمار بر این صفت بسیار چشمگیرتر از اثر افزایش غلظت پیش‌تیمار بود. کمترین میزان آب نسبی برگ معادل ۵۸/۲

درصد در گیاهان شاهد ثبت شد. پیش‌تیمار با عصاره ۴۰ و ۶۰ درصد به مدت زمان ۹ ساعت، محتوای نسبی آب برگ را حدود ۳۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در مدت زمان ۶ ساعت نیز بین ۱۵/۸ تا ۱۷/۸ درصد افزایش در این صفت به‌دست آمد. غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ درصد در مدت زمان‌های ۶ و ۹ ساعت اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۵).



شکل ۴- مقایسه میانگین آنتوسیانین برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش

Figure 4- Mean comparison of leaf anthocyanin affected by foliar application with marjoram extracts



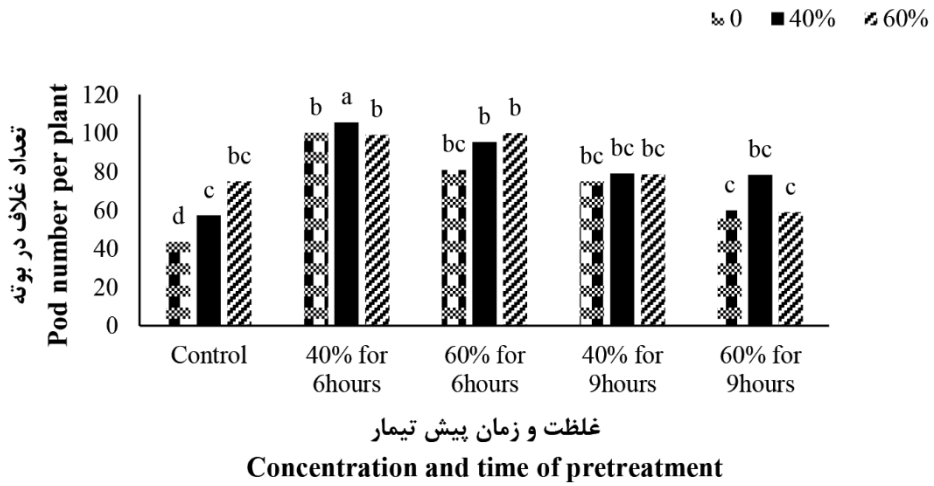
شکل ۵- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش تیمار با عصاره مرزنجوش

Figure 5- Mean comparison of leaf relative water content affected by pre-treatment with marjoram extract

در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد ۲۰ ساعت پیش‌تیمار بذر لوبیا چشم بلبلی با غلظت ۱۰ درصد عصاره آویشن کوهی محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد (Alinejad, 2014). در پژوهش دیگری که به‌منظور بررسی عصاره اندام‌های مختلف علف‌های هرز پیچک (*Convolvulus arvensis*) و پنیرک صحرایی (*Malva sylvestris*) بر سه رقم کنجد انجام شد، نتایج نشان داد غلظت ۵ درصد عصاره ریشه علف هرز پیچک صحرایی بر محتوای رطوبت نسبی رقم یلوواپت اثر افزایشی داشت و رطوبت نسبی بالاتری نسبت به سایر ارقام نشان داد (Alipour *et al.*, 2019).

تعداد غلاف در بوته

نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش توانست اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد ایجاد نماید (جدول ۲). تعداد غلاف شمارش شده در بوته‌هایی که هیچ تیماری دریافت نکردند (شاهد) به‌طور متوسط ۴۵ عدد بود که کمترین مقدار در ترکیبات تیماری مورد مطالعه بود. نتایج نشان داد همه تیمارها، تعداد غلاف در بوته را به‌طور معنی‌دار و بین ۳۵ تا ۱۴۲ درصد افزایش دادند. در این بین، اثر پیش‌تیمار بذر با غلظت ۴۰ درصد به‌مدت ۶ ساعت و نیز همراه شدن آن با محلول‌پاشی، بیشتر از سایر تیمارها بود. به‌طور مشخص ۶ ساعت پیش‌تیمار بذر با عصاره مرزنجوش ۴۰ درصد توأم با محلول‌پاشی با غلظت ۴۰ درصد، بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد غلاف در بوته داشت. ترکیب تیماری مذکور تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد ۱۴۲درصد افزایش داد (شکل ۶).



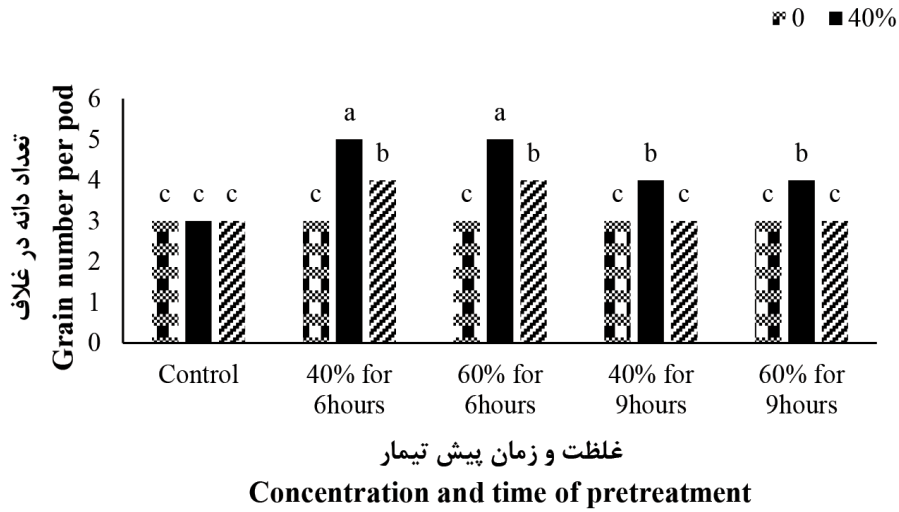
شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش
Figure 6- Mean comparison of pods number per plant affected by the combination of seed pretreatment and foliar application of Marjoram extract

در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد که استفاده از تیمار عصاره مرزنجوش تحت شرایط بدون تنش تعداد کپسول در بوته کنجد را افزایش داد (Ansar *et al.*, 2019). افزایش تعداد کپسول در بوته در نتیجه استفاده از عصاره گیاهی در هر دو شرایط تنش و عدم تنش را شاید بتوان به اثرگذاری این عصاره بر ارتفاع بوته نسبت داد و از آنجایی‌که استفاده از این عصاره‌ها سبب افزایش ارتفاع در بوته‌ها خواهد شد و رشد گیاه بیشتر می‌باشد در نتیجه تعداد اندام‌های زایشی در بوته بیشتر خواهد شد (Ansar *et al.*, 2019). محققان دریافتند ۲۰ ساعت پیش‌تیمار بذر با غلظت ۱۰ درصد عصاره آویشن کوهی تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم‌بلبلی را بهبود می‌بخشد (Alinejad, 2014). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که کاربرد عصاره آبی تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) تأثیر معنی‌داری روی تعداد گل‌های تلقیح شده و نیام‌های تولید شده ارقام لوبیا نداشت (Amini and Namdarei, 2013).

تعداد دانه در غلاف

بر اساس نتایج به دست آمده، اثر متقابل پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش، در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طور متوسط تعداد ۳ دانه در غلاف گیاهان شاهد ثبت شد. انجام محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با عصاره مرزنجوش به‌تنهایی نتوانست موجب تغییر در این عدد شود. در حالی‌که توأم شدن این دو تیمار با هم، اثر مثبت و قابل توجهی بر تعداد دانه در غلاف داشت. بالاترین مقادیر ثبت شده برای تعداد دانه در غلاف، متعلق به گیاهانی بود که به مدت ۶ ساعت با غلظت ۴۰ و ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش پیش‌تیمار شدند و همزمان عصاره ۴۰ درصد را از طریق برگ‌ها

دریافت نمودند به‌طوریکه تعداد دانه در غلاف در این شرایط ۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (شکل ۷). مرزنجوش به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی با گونه‌های فعال اکسیژن مقابله و سیستم دفاعی اکسیداتیو را تقویت می‌کند. لذا در چنین شرایطی، افزایش تولید و توزیع مواد فتوسنتزی به دور از انتظار نمی‌باشد. در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد که، استفاده از عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی تعداد دانه در کپسول کنجد را افزایش داد (Ansar *et al.*, 2019). در پژوهش دیگری، محققان اظهار داشتند محلول‌پاشی با عصاره برگی *Moringa oleifera* باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک، اجزای عملکرد و شاخص برداشت در گندم گردید (Yasmeen *et al.*, 2012).



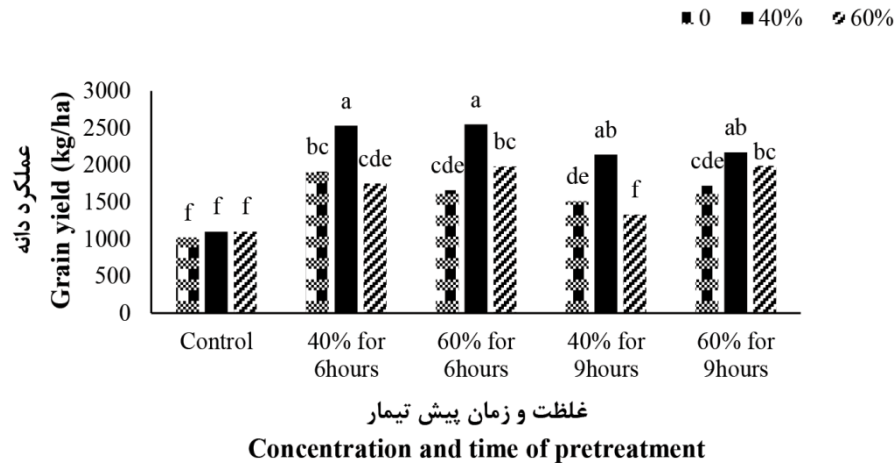
شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش
Figure 7- Mean comparison of grains number per pod affected by the combination of seed pretreatment and foliar application of Marjoram extract

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کلیه منابع تغییر بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). نتایج برهمکنش عوامل مورد بررسی حاکی از آن بود که بالاترین مقادیر عملکرد دانه در گیاهانی مشاهده شد که ابتدا به مدت زمان ۶ ساعت با غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ درصد پیش‌تیمار و سپس با غلظت ۴۰ درصد عصاره مرزنجوش محلول‌پاشی شدند. عملکرد دانه در این تیمارها ۱۳۱ درصد بیشتر از شاهد بود. عملکرد به‌دست آمده از ۹ ساعت پیش‌تیمار و همین سطح از محلول‌پاشی نیز قابل‌توجه بود و اختلاف معنی‌داری با دو ترکیب تیماری یاد شده نداشت. به‌جز انجام محلول‌پاشی در سطح صفر پیش‌تیمار که هیچ اثر مثبتی بر عملکرد دانه نداشت، سایر ترکیبات تیماری این صفت را به‌طور معنی داری افزایش دادند. به‌طور نسبی افزایش غلظت محلول‌پاشی اثر منفی و افزایش غلظت پیش‌تیمار اثر مثبت بر عملکرد دانه داشت (شکل ۸).

یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و استقرار گیاهچه‌های حاصل از بذور کشت شده است. به‌طور طبیعی هرچه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای جوانه‌زده در مزرعه بیشتر باشد، استفاده از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی نیز بهتر خواهد بود (Foti *et al.*, 2002). با توجه به اینکه عصاره مرزنجوش باعث تسریع در جوانه‌زنی و سبز شدن بذور می‌گردد، لذا افزایش رشد و عملکرد بذور پرایم شده با عصاره مرزنجوش به دور از انتظار نمی‌باشد. در همین راستا، محققان دریافتند استفاده از عصاره ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن کوهی تحت شرایط آبیاری مناسب سبب افزایش ۲۷/۵ درصدی و در شرایط کم‌آبی سبب افزایش ۵۸ درصدی عملکرد دانه کنجد نسبت به تیمار شاهد شد (Ansar *et al.*, 2019). در پژوهش دیگری، نتایج حاکی از آن بود که مصرف عصاره برگی *Moringa oleifera* باعث افزایش ۲۰ تا ۳۵ درصدی عملکرد در بادام زمینی (*Arachis*

hypogaea L.)، پیاز (*Allium cepa* L.)، گوجه (*Lycopersicon esculentum* [L.] Mill.)، ذرت و نیشکر (*Saccharum offcinarum* L.) گردید (Foidle *et al.*, 2001). استفاده از عصاره‌های گیاهی به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و دارا بودن موادی از قبیل متانول تحت شرایط تنش میزان تنفس نوری را کاهش خواهد داد و به‌دنبال آن میزان فتوسنتز را افزایش و از خسارت به گیاه جلوگیری می‌کند و سبب افزایش فتوسنتز و به دنبال آن انتقال بیشتر مواد پرورده گیاهی به اندام‌های زایشی خواهد شد و از این طریق تحت شرایط تنش تعداد اندام‌های زایشی افزایش یافته و به دنبال آن عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد (Ansar *et al.*, 2019).



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش

Figure 8- Mean comparison of grain yield affected by the combination of seed pretreatment and foliar application of Marjoram extract

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد کاربرد عصاره مرزنجوش به‌صورت پیش‌تیمار و محلول‌پاشی، موجب بهبود خصوصیات کیفی و عملکرد دانه در سویا گردید. علت این امر را می‌توان به عدم وجود ترکیبات دگرآسیب‌زا و وجود ترکیبات محرک رشد در عصاره مرزنجوش نسبت داد. همچنین مرزنجوش به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی با گونه‌های فعال اکسیژن مقابله و سیستم دفاعی اکسیداتیو را تقویت می‌کند و در نتیجه خطر اکسیداسیون را کاهش می‌دهد. بر اساس نتایج، محلول‌پاشی ۴۰ درصد عصاره مرزنجوش همراه با ۶ ساعت پیش‌تیمار بذر با عصاره ۴۰ درصد، مناسب‌ترین ترکیب تیماری در جهت بهبود خصوصیات کیفی و عملکرد دانه سویا می‌باشد.

References

Alipour, S., Amini Dehaghi, M. and Gholami, Sh. 2019. Allelopathic effect of different weeds extracts on germination and biochemical composition of three varieties of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Seed Research*, 9(3): 68-81. (In Persian).

Amini, R. and Namdarei, T. 2013. Allelopathic effects of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) aqueous extract on common bean yield and yield components. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(1): 129-140. (In Persian).

Andi, S.A., Nazeri, V., Hadian, J. and Zamani, Z. 2012. A comparison of the essential oil chemical composition of *Origanum vulgare* L. Ssp. vulgare collected in its flowering and seed stages from southern region of Chalus. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 43(2): 153-159. (In Persian).

Ansar, Z., Baradaran Firouzabadi, M., Galeshi, S., Gholami, A. and Parsaeian, M. 2019. The effect of *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract on yield, yield components, and antioxidant enzymes of *Sesamum indicum* L. under water deficit. *Journal of Crops Improvement,* 21(2): 149-166. (In Persian).

Ansar, Z., Baradaran Firouzabadi, M., Galeshi, S., Gholami, A. and Parsaeian, M. 2020. Effect of *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* extract spraying on some of growth and quality characteristics of sesame under irrigation levels. *Journal of Crop Production,* 12(4): 93-110. (In Persian).

Asiaee, F., Cheniany, M. and Lahouti, M. 2020. Comparative allelopathic potential of Eucalyptus globulus leaf aqueous extract and leaf mulch on seedling growth of corn (*Zea mays* L.) and prosomillet (*Panicum miliaceum* L.). *Journal of Plant Process and Function,* 9(35): 377-394. (In Persian).

Bozin, B., Mimica Dukik, N., Simin, N. and Anackov, G. 2006. Characterization of the Volatile composition of essential oils of some lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant active of the entire oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 54: 1822-1828.

Daizy, R.B., Lavanya, K., Singh, H.P. and Kohli, R.K. 2007. Phenolic allelochemicals released by *Chenopodium murale* affect the growth nodulation and macromolecule content in chickpea and pea. *Plant Growth Regulation,* 51: 119-128.

Farhoudi, R. 2014. Effect of safflower aqueous extracts foliar application on peroxidase enzyme activity and cell membrane leakage of hairy vetech. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi),* 102: 45-53. (In Persian).

Foidle, N., Makkar, H.P.S. and Becker, K. 2001. The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses. p. 45-76. In L.J. Fuglie (ed.) The miracle tree: The multipurpose attributes of Moringa. CTA Publications, Wageningen, The Netherlands.

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. 2017. FAOSTAT Production Statistics of Crops. Available: http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Foti, S., Cosentino, S., Patane, C. and Agosta, G. 2002. Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low temperatures. *Seed Technology,* 30: 521-533.

Hatami Hampa, A., Javanmard, A., Alebrahim, M.T. and sofalian, O. 2018. Allelopathic Effects of aqueous extracts from sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and Russian knapweed (*Acroptilon repens* L.) on seedling growth and enzymes activity of wheat, sugar beet, common lambsquarters and redroot pigweed. *Journal of Plant Protection,* 32(1): 101-119. (In Persian).

Hosseini, Ch., Asghari, M.R. and Khezri, M. 2019. Evaluation of Oregano essential oil effects on quality and biochemical attributes of sweet cherry (*Prunus avium* L. cv. 'Takdaneh Mashhad'). *Pomology Research,* 3(2): 55-69. (In Persian).

Jin, P., Wang, S.Y., Gao, H., Zheng, Y. and Wang, C.Y. 2012. Effect of cultural system and essential oil treatment on antioxidant capacity in raspberries. *Food Chemistry,* 132: 399-405.

Mahdavikia, F., Saharkhiz, M.J. and Karami, A. 2017. Defensive response phenolic compounds of radish seedlings to the oxidative stress arising from in the extract of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Scientia Horticulturae,* 214: 133-140.

Mansouri, A., Amraie, N. and Omidi, H. 2020. Allopathic effects of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) residues on electrolyte leakage, biochemical content, antioxidants and photosynthetic pigments of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Process and Function,* 9(39): 15-28. (In Persian).

Omidbeigi, R. 1997. Approaches Processing Medicinal Plants. Vol. 2, Trahan Nashr publication, Tehran, Iran 196 pp. (In Persian).

PourGhasemian, N., Shamsoddin Saied, M. and Ilkhani, N. 2019. The Effect of medicinal plant extracts on some growth parameters and biochemical indices of sesame (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 5(4): 71-85. (In Persian).

Rady, M.M., Bhavya Varma, C. and Howladar, S.M. 2013. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings overcome NaCl stress as a result of presoaking in *Moringa oleifera* leaf extract. *Scientia Horticulture*, 162: 63–70.

Rostami Ajirloo, A.A. and Amiri, E. 2018. Soybean response to different levels of nano-potassium under cutting irrigation conditions in Mugan Plain. *Crops Improvement*, 20(2): 503-516. (In Persian).

Saraei, R., Lahouti, M. and Ganjeali, A. 2012. Evaluation of allelopathic effects of eucalyptus (*Eucalyptus globules* Labill.) on germination, morphological and biochemical criteria of barley (*Hordeum vulgare* L.) and flixweed (*Descurainia Sophia* L.). *Journal of Agroecology*, 4(3): 215-222. (In Persian).

Sellamuthua, P.S., Sivakumara, D., Soundy, P. and Korsten, L. 2013. Essential oil vapors suppress the development of anthracnose and enhance defense related and antioxidant enzyme activities in avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 81: 66-72.

Semidaa, W.M. and Rady, M.M. 2014. Presoaking application of propolis and maize grain extracts alleviates salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Horticulture*, 168: 210-217.

Shabana, M.H., Balbaa, L.K. and Talaat, I.M. 2017. Effect of foliar applications of *zingiber officinale* extracts on *Origanum majorana*. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 23(2): 89-97.

Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A. and Cliver, D.O. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in Food. *Food Control*, 21: 1199-1218.

Vakili Shahrbabaki, M.A. 2008. Identification of Medicinal and Aromatic Plants. Islamic Azad University of Jiroft. 3: 89. (In Persian).

Yadegari, M. 2015. Foliar application of micronutrients on essential oils of borage, thyme and marigold. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(4): 949-964.

Yasmeen, A., Basra, S.M.A., Ahmad, R. and Wahid, A. 2012. Performance of late sown wheat in response to foliar application of *Moringa oleifera* Lam. leaf extract. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1): 92-97.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 305-317

Evaluation of qualitative characteristics and grain yield of soybean (*Glycine max* L.) in response to pretreatment and foliar application of marjoram (*Origanum majorana* L.) extract

Parvaneh Estekhdami[1*], Mehdi Baradaran Firouz Abadi[2], Hassan Makarian[2], Abbas Nasiri Dehsorkhi[3], Hassan Ghorbani Ghoojdi[4]

[1]Postgraduate in Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[3]PhD. Student of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[4]Department of Agricultural Engineering, University of Gonabad, Gonabad, Iran

[*]Corresponding Author: Estkhdami11942@gmail.com

Received: 17 February 2021 Accepted: 25 April 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.273689.1088**

Abstract

An experiment was conducted in the research field of Shahroud University as a factorial based on completely randomized blocks in three replications to study the effects of marjoram extract on some qualitative characteristics and grain yield of soybean. The first factor was foliar application of extract in three levels (distilled water spraying, extract spraying of 40 and 60%) and the second factor was marjoram extract in five levels (no pretreatment, pretreatment with extract of 40 and 60% each for 6 and 9 hours). Foliar applications of 40% and 60% marjoram extract increased leaf anthocyanin by 11.2 and 6.5%, respectively, when compared to the control. The highest grain number per pod and grain yield were observed after a 6-hour pre-treatment with concentrations of 40 and 60% extract, followed by a foliar application of 40% extract. Pre-treatment with concentrations of 40% and 60% for 9 hours increased relative water content by 34% when compared to the control. Foliar application of 40 and 60% marjoram extract increased leaf flavonoid content by 1.56 and 1.71%, respectively, when compared to the control. According to the findings, a pre-treatment with a 40% concentration for 6 hours followed by a foliar application of a 40% extract is the best treatment combination for improving the quality characteristics and grain yield of soybean.

Key words: Anthocyanin, Flavonoid, Medicinal plants, Soluble sugars

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۳۷-۳۱۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر محلول‌پاشی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ارقام جو تحت شرایط تنش خشکی

رامین روشنی[۱]، علی سلیمانی[۲*]، مهرداد محلوجی[۳]، محمدرضا نادری[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد خوراسگان اصفهان، اصفهان، ایران
۲- مرکز تحقیقات اصلاح و تولید بذر ، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۳- بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۴- گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد خوراسگان اصفهان، اصفهان، ایران

* مسئول مکاتبه: A_soleymani@khuisf.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2022.297001.1111**

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک رشد ارقام جو مطالعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد اصفهان در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی در ۵ سطح: شاهد (آب)، سولفات روی، سولفات پتاسیم، اسید سالیسیلیک و سوپراکسید دیسموتاز در مرحله پنجه‌زنی با فاصله ۷ روز و در ۳ نوبت در کرت‌های اصلی و فاکتور ارقام شامل گوهران، مهر و ارمغان در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سولفات روی سبب افزایش شاخص سطح برگ (۵۰٪)، سرعت رشد نسبی (۱۱٪)، نسبت سطح برگ (۵۴٪) و عملکرد دانه (۱۸٪) نسبت به شاهد شد و بیشترین شاخص سطح برگ و نسبت سطح برگ توسط رقم ارمغان حاصل شد. بالاترین میزان ماده خشک کل (۱۰۲۷ گرم بر مترمربع) و سرعت رشد محصول (۲۴/۱۷ گرم بر مترمربع در روز) توسط اسید سالیسیلیک و بیشترین سرعت جذب خالص (۱۰/۹۹ گرم بر مترمربع در روز) توسط شاهد حاصل شد. در طی فصل رشد بیشترین میزان ماده خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی را رقم گوهران نسبت به سایر ارقام تولید نمود که نشان از استفاده بهینه از شرایط محیطی و تولید عملکرد بالاتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، سوپر اکسید دیسموتاز، سولفات پتاسیم، سولفات روی

مقدمه

جو زراعی (*Hordeum vulgar* L.) از خانواده گندمیان است که بزرگ‌ترین خانواده گیاهان زراعی تک‌لپه می‌باشد. جو یکی از قدیمی‌ترین و با اهمیت‌ترین غلات دانه‌ای است که رتبه چهارم را بعد از ذرت، گندم و برنج در تولید ماده خشک در دنیا دارد. جو برای تولید محصول اقتصادی در مقایسه با گندم به آب کمتری نیاز دارد و در مناطقی با حداقل بارندگی، یعنی از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر و شوری تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر قابل کشت می‌باشد؛ بنابراین جو گیاهی تا حدودی مقاوم به خشکی و شوری است که نسبت به شرایط آب و هوایی مختلف سازگاری دارد (Samarah, 2005).

خشکی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که تولید گیاهان زراعی را در جهان با محدودیت روبرو ساخته است. اکثر محصولات زراعی در مراحل مختلف رشد و نمو با نوعی تنش آب مواجه می‌شوند و تغییرات روزانه وضعیت داخلی آب خود را حتی در شرایط آبیاری معمولی نیز نشان می‌دهند (Slafer, 1994). به نظر می‌رسد ارقامی‌که در شرایط آبیاری مطلوب و آبیاری محدود عملکرد یکسانی داشته باشند و یا حداقل تفاوت عملکرد آن‌ها در این دو وضعیت زیاد نباشد دارای تحمل نسبی بیشتری به خشکی می‌باشند. شناخت و بررسی شاخص‌های رشد گیاه در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد کمک زیادی می‌کند. همچنین با استفاده از این روش چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در اندام‌های مختلف و تجمع آن‌ها از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در دوره رشد گیاه بهتر شناخته می‌شود (Koocheki *et al*.,1991).

محلول‌پاشی برگی به عنوان یک ابزار مهم جهت اصلاح کمبودهای مواد غذایی و بهبود کیفیت گیاه به کار برده می‌شود که عناصر غذایی را مستقیماً و در اسرع وقت در اختیار شاخه، برگ و میوه قرار می‌دهد. محلول‌پاشی برگی با عناصر کم‌تحرک در خاک (پتاسیم) و یا عناصر کم‌تحرک در گیاه (روی) سبب افزایش کارآیی و جذب آن عناصر در گیاه می‌گردد. امروزه تغذیه برگی به عنوان یک تأمین‌کننده تکمیلی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، هورمون‌های گیاهی، محرک‌های رشد و سایر عناصر مفید استفاده وسیعی دارد (Gholami *et al*., 2018).

نقش فیزیولوژیک پتاسیم شامل فعال کردن آنزیم‌ها، متعادل کردن سنتز ترکیبات آلی، روابط آبی گیاه و کنترل روزنه‌ها، فتوسنتز، انتقال مواد زیستی، پاسخ گیاه به تنش‌های خشکی، شوری، سرما و تنش‌های زیستی (Oosterhuit *et al*., 2013) جلوگیری از پیری گیاه، حفظ ظرفیت مقصد در گیاه (Lv *et al*., 2017) و تسریع در بهبود اثرات تنش خشکی در گیاهان می‌باشد (Zahoor *et al*., 2017). تحقیقات نشان داده است که پتاسیم دارای نقش مهمی در انتقال و متابولیسم قندها و اسیدهای آمینه به مقصد بوده (Hu *et al*., 2018) و با افزایش ظرفیت مقصد به‌طور مستقیم در پر شدن دانه غلات مؤثر می‌باشد (Lv *et al*., 2017; Arif *et al*., 2017). روی یک عنصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که به عنوان یک جزء فلزی آنزیم‌های مختلف و یا به صورت یک کوفاکتور ساختاری برای سنتز پروتئین، DNA، RNA، فتوسنتز، سنتز اکسین، تقسیم سلولی و لقاح جنسی عمل می‌کند (Kobraee *et al*., 2011). سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد نقش مهمی در جوانه‌زنی، استقرار نهال‌ها، رشد سلول، تنفس، بستن روزنه‌ها، پیری، افزایش فعالیت آنزیم‌ها و فتوسنتز تحت شرایط تنش ایفاء می‌کند (Al-Whaibi *et al*., 2011). آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز آنزیم‌هایی هستند که واکنش دیسموتاسیون آنیون سوپر اکسید به اکسیژن و پراکسید هیدروژن را کاتالیز می‌کنند. دیسموتاسیون نوع خاصی از واکنش‌های ردوکس است که در آن یک گونه هم‌زمان اکسیده و کاهنده شده و دو محصول متفاوت ایجاد می‌کند؛ بنابراین سوپر اکسید دیسموتازها، آنتی‌اکسیدان‌های دفاعی مهم تقریباً در تمام سلول‌ها هستند (Hussain *et al*., 2018). از آنجائی‌که تنش‌های محیطی تولید گیاهان زراعی را با محدودیت روبرو می‌سازد ضرورت محلول‌پاشی به عنوان یک ابزار مهم جهت اصلاح کمبودهای مواد غذایی و بهبود کیفیت گیاه به‌کار برده می‌شود (Gholami *et al*., 2018)؛ لذا هدف از این مطالعه بررسی تغییرات حاصل از محلول‌پاشی بر برخی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی رشد ارقام جو در طول دوره رشد شامل شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص که اجزای تشکیل‌دهنده رشد محصول است و نیز ارزیابی تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر این شاخص‌ها و روند تجمع ماده خشک کل بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۴۱ متر از سطح دریا که طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های نیمه‌سرد و متوسط بارندگی و درجه حرارت سالانه به ترتیب ۱۲۲ میلی‌متر و ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد و بافت خاک رسی لومی است، اجرا گردید.

این تحقیق بر اساس آزمایش اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی در ۵ سطح شاهد (آب)، سولفات روی (۰/۵ درصد)، سولفات پتاسیم (۰/۵ درصد)، اسید سالسیلیک (۱/۵میلی‌مولار) و سوپراکسید دیسموتاز (۳ در هزار) در مرحله پنجه‌زنی با فاصله ۷ روز و در ۳ نوبت در کرت‌های اصلی و فاکتور ارقام شامل گوهران (مقاوم به خشکی)، مهر (مقاوم به شوری) و ارمغان در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. آبیاری به‌صورت محدود (۱۴ روز یک‌بار) انجام شد. پس از شخم زمین با گاوآهن برگردان‌دار، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح، مساحت هر کرت ۷/۲ متر مربع (۱/۲×۶) و متشکل از ۶ ردیف کاشت تهیه شد. بذرهای یکنواخت گیاه جو در ردیف‌هایی به طول ۶ متر و با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر کاشته شد تا تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع حاصل شود. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ با علف‌کش توفوردی به میزان یک لیتر در هکتار و قبل از ساقه‌دهی گیاه انجام شد. سولفات روی، سولفات پتاسیم و اسید سالیسیلیک تولید شرکت مرک آلمان و سوپر اکسید دیسموتاز تولید شرکت روتی گرین بود. برداشت به‌وسیله کمباین مخصوص انجام شد.

در هر بار نمونه‌گیری پنج بوته با حذف دو خط کناری از خطوط کاشت ۲ و ۳ با رعایت حاشیه برداشت شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. سطح برگ بوته‌های جدا شده با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل AM-300 اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. برای تعیین تغییرات میزان شاخص سطح برگ، روند تجمع ماده خشک کل، سرعت جذب خالص، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و نسبت سطح برگ از روابط رگرسیونی طبق معادلات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ استفاده شد (Soleymani, 2003).

(1) $LAI=e^{a_1+b_1t+c_1t2}$

(2) $TDM=e^{a_2+b_2t+c_2t2}$

(3) $NAR=(b_2+2c_2t)\ e^{(a_2-a_1)+(b_2+b_1)\,t+(c_2-c_1)\,t\,2}$

(4) $CGR=NAR*LAI$

(5) $RGR=(b_2+2c_2t)$

(6) $LAR=RGR/NAR$

در روابط فوق، TDM ماده خشک کل بر حسب گرم بر متر مربع، t زمان بر حسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAI شاخص سطح برگ، NAR سرعت جذب خالص، CGR سرعت رشد محصول، RGR سرعت رشد نسبی، LAR نسبت سطح برگ و a_1، b_1، c_1 و a_2، b_2، c_2 ضرایب رگرسیونی می‌باشند. به منظور تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی در مرحله رسیدگی، به طور تصادفی برداشت و با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار آماری Mstat-C انجام گردید. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil characteristics in site of experiment

اسیدیته	نیتروژن	منگنز	روی	مس	پتاسیم	فسفر	شوری
pH	Nitrogen (%)	Manganese ($mg.kg^{-1}$)	Zinc ($mg.kg^{-1}$)	Copper ($mg.kg^{-1}$)	Potassium ($mg.kg^{-1}$)	Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	Salinity($ds.m^{-1}$)
6.8	0.075	7.66	1	1.12	360	23.2	7.62

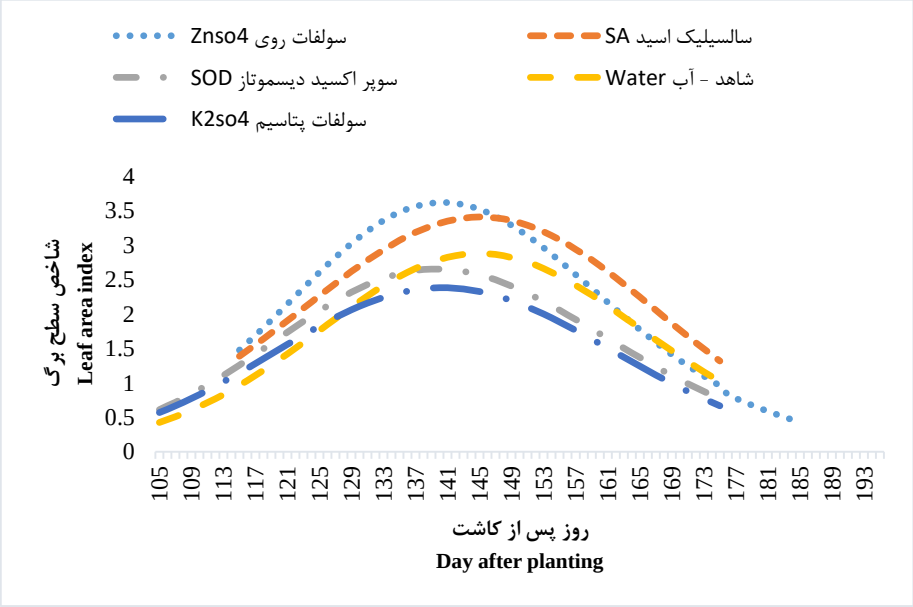
جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری استفاده شده در آزمایش
Table 2- Chemical characteristics of the water used in the experiment

اسیدیته	منیزیم + کلسیم	سولفات	کلر	بی کربنات	سدیم	نسبت جذب سدیم	شوری
pH	$Mg^{2+} + Ca^{2+}$	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Na^+	SAR	
	($meq.l^{-1}$)	($meq.l^{-1}$)	($meq.l^{-1}$)	($meq.l^{-1}$)	($meq.l^{-1}$)	($meq.l^{-1}$)	Salinity($ds.m^{-1}$)
7.6	24.6	15.9	36.2	3.5	30.7	8.8	4.2

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: اثر محلول‌پاشی‌ها بر حداکثر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۳/۷۶۷ در تیمار سولفات روی حاصل شد و کمترین شاخص سطح برگ به میزان ۲/۵ در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شدند که به نظر می‌رسد بالا بودن شاخص سطح برگ ناشی از تأثیر تیمارها بر افزایش محتوای کلروفیل و راندمان فتوشیمیائی باشد (Torabian, 2013). روند تغییرات شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد نیز حاکی از آن است که تا ۱۲۵ روز پس از کاشت اختلاف بارزی در محلول-پاشی‌ها وجود نداشت ولی پس از آن سولفات روی در مقایسه با سایر محلول‌ها با سرعت بیشتری شاخص سطح برگ را افزایش داد تا در ۱۴۱ روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید و پس از آن با نزدیک شدن به آخر فصل و زرد شدن برگ‌های مسن شاخص سطح برگ کاهش یافت. عکس‌العمل شاخص سطح برگ تیمارهای محلول‌پاشی حاکی از آن است که با توجه به اثر

محلول‌پاشی‌ها بر محتوای کلروفیل و راندمان فتوشیمیائی شاخص سطح برگ با سرعت متفاوتی افزایش و سپس کاهش داشت که به‌طور نسبی بیشترین اثر بر افزایش شاخص سطح برگ مربوط به سولفات روی و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به سولفات پتاسیم بود (شکل ۱). اثر رقم بر حداکثر میزان شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ توسط رقم ارمغان به میزان ۳/۴۰۰ حاصل شد. کمترین شاخص سطح برگ توسط رقم گوهران به میزان ۲/۷۰۰ حاصل شد. نتایج حاکی از آن است که رقم ارمغان از پتانسیل ژنتیکی ویژه‌ای در مقایسه با سایر ارقام در تولید شاخص سطح برگ برخوردار است. توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذائی در دسترس و خصوصیات ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌ها بستگی دارد کـه این عوامل باعـث به وجود آمدن تفاوت‌هایـی در شاخص سطـح برگ می‌گردد (OuzuniDouji *et al.*, 2008). روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام مختلف جو حاکی از آن است که تا ۱۳۰ روز پس از کاشت اختلاف بارزی بین ارقام وجود نداشت ولی پس از آن بیشترین میزان شاخص سطح برگ را به‌دست آوردند و با نزدیک شدن به آخر فصل رشد و زرد شدن برگ‌های مسن به دلیل پیری و فرآیند انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به بخش‌های زایشی گیاه شاخص سطح برگ کاهش یافت. رقم ارمغان در مقایسه با سایر ارقام از شاخص سطح برگ بیشتری در طی فصل رشد برخوردار بود (شکل ۲).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد

Figure 1- The trend of leaf area index (LAI) changes under different foliar spraying treatments during the growing season

اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که کمترین اثر مربوط به شاهد و بیشترین اثر توسط اسید سالیسیلیک حاصل شد. در رقم ارمغان سولفات پتاسیم سبب افزایش شاخص سطح برگ شد در حالی‌که سایر محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش شاخص سطح برگ شدند. در رقم مهر اسید سالیسیلیک سبب افزایش شاخص سطح برگ شد در حالی‌که سایر محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش شاخص سطح برگ شدند که از نظر مقایسه میانگین تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد کاهش سطح برگ ممکن است به‌دلیل کاهش تعداد برگ و یا کاهش مساحت برگ و یا اثر توأم تنش بر هر دو صفت باشد. گویا ارقامی که در اثر تنش‌های محیطی، سرعت زوال برگ در آنها کمتر است پتانسیل بیشتری در استفاده از تشعشع خورشیدی دارند و بخش بیشتری از نور دریافتی را برای تأمین آسیمیلات‌های لازم برای پرکردن دانه استفاده می‌کنند.

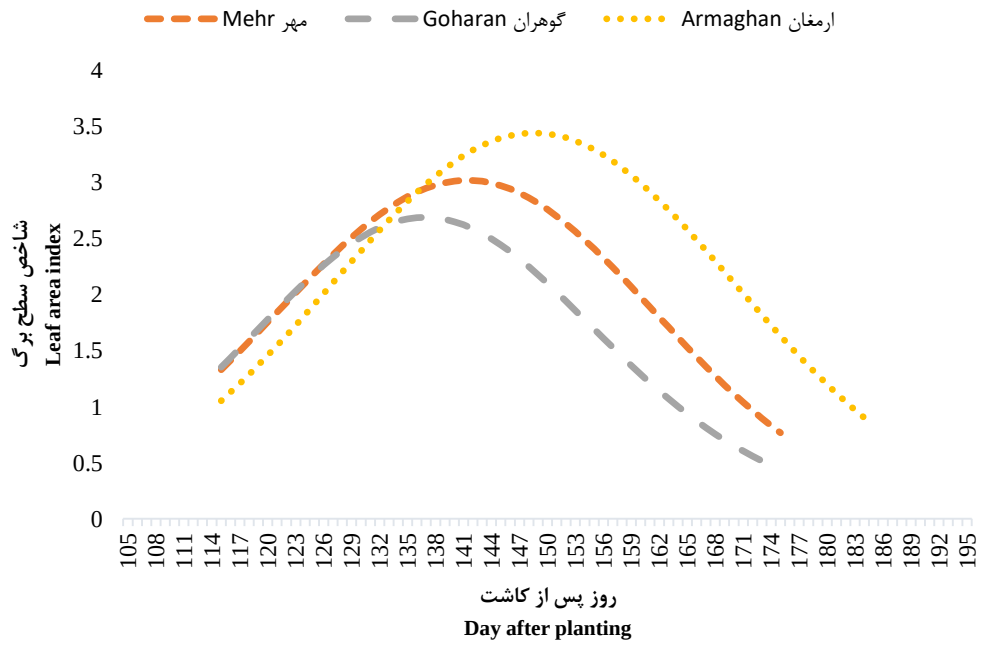
جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد ارقام مختلف جو

Table 3- Analysis of variance of growth indicators of different barley cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک کل Total dry matter	سرعت رشد محصول Crop growth rate	سرعت جذب خالص Net assimilation rate	سرعت رشد نسبی Relative growth rate	نسبت سطح برگ Leaf area ratio	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield
بلوک Block	2	0.451*	4399.845 ns	0.48	31.62 ns	0.00000001ns	0.0000001*	5596.2	777128.89
محلول‌پاشی Foliar	4	2.617**	21237.81**	109.7**	31.52*	0.00000001*	0.0000001**	1385188.56**	25878945.97**
خطا Error	8	0.062	1675.7	1.04	10.57	0.00000001	0.0000001	157169.08	679935.96
رقم Cultivar	2	2.102*	9772.6*	151.31**	97.31**	0.00000001**	0.0000001*	5205835.98**	1746532.98**
رقم * محلول‌پاشی * Foliar Cultivar	8	1.364*	105231.05**	88.47**	24.39*	0.00000001**	0.0000001*	180536.98**	182103898.98**
خطا Error	20	0.540	2139.210	0.86	10.59	0.00000001	0.0000001	90150.698	115891.09
ضریب تغییرات C.V (%)		23.50	5.11	4.22	41.51	7.3	27.64	7.81	7.87

*،** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

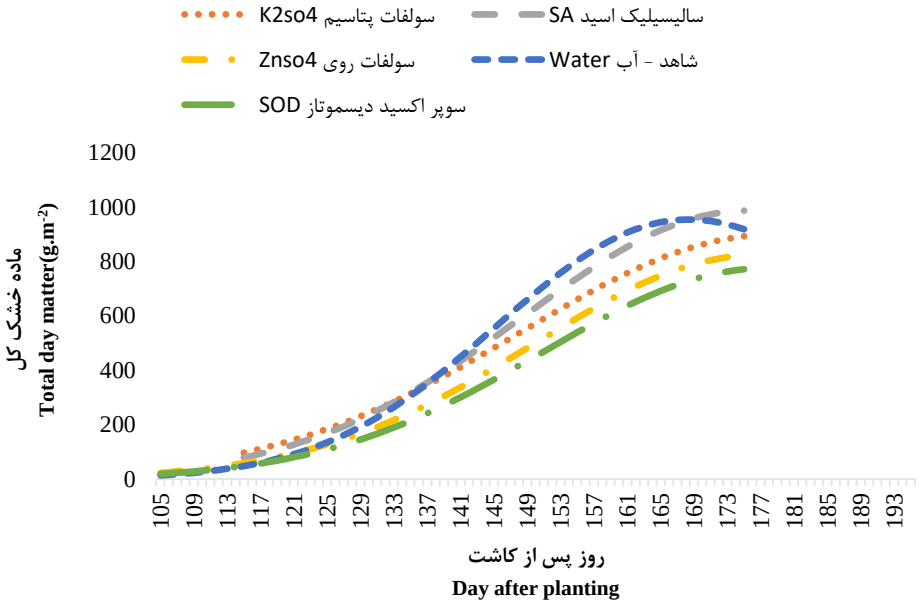
*،** and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively



شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام مختلف جو در طی فصل رشد

Figure 2- The trend of changes in the leaf area index of different barley cultivars during the growing season

ماده خشک کل: اثر محلول‌پاشی‌ها بر حداکثر ماده خشک کل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین ماده خشک کل به میزان ۱۰۲۷ گرم در متر مربع توسط اسید سالیسیلیک حاصل شد که به‌جزء سولفات پتاسیم با سایر محلول‌پاشی‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین ماده خشک کل به میزان ۶۵۰/۶ گرم در متر مربع توسط محلول‌پاشی سوپر اکسید دیسموتاز حاصل شد. نتایج حاکی از آن است که سطح فتوسنتزی حاصل شده در اثر محلول‌پاشی‌های سولفات روی و سوپر اکسید دیسموتاز نتوانسته‌اند ماده خشک مناسبی را تولید نمایند به‌نحوی‌که محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش معنی‌دار ماده خشک کل نسبت به شاهد شدند (جدول ۴). بر اساس مطالعات (Pereira *et al.*, 2016; Ren *et al.*, 2016) با افزایش تنش خشکی از توان فتوسنتزی گیاه کاسته می‌شود و این امر موجب کاهش تولیدات فتوسنتزی و در نهایت کاهش ماده خشک کل می‌گردد. روند تجمع ماده خشک کل در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی (شکل ۳) حاکی از آن است که تا ۱۳۵ روز پس از کاشت تجمع ماده خشک کل سرعت بطئی صورت گرفته است ولی پس از آن تا ۱۷۰ روز پس از کاشت اثر تیمارها بر تجمع ماده خشک کل به‌صورت متفاوت‌تری با سرعت بیشتری افزایش یافت و پس از مرحله رسیدگی تا برداشت نهائی به دلیل پیری و زرد شدن برگ‌های پائینی وزن خشک اندکی کاهش یافت.



شکل ۳- روند تغییرات ماده خشک کل تحت تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد

Figure 3- The trend of total dry matter (TDM) changes under different foliar spraying treatments during the growing season

اثر رقم بر ماده خشک کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین ماده خشک کل توسط رقم گوهران به میزان ۹۲۴/۲ گرم بر متر مربع حاصل شد. کمترین ماده خشک کل توسط رقم ارمغان به میزان ۸۷۵/۹ گرم بر متر مربع حاصل شد. نتایج حاکی از آن است که رقم گوهران علی‌رغم برخورداری از شاخص سطح برگ پایین‌تر توانسته است با برخورداری از سرعت رشد مناسب‌تر از ماده خشک تولید شده بهتری برخوردار باشد که این امر منجر به تولید بیشترین ماده خشک کل در مقایسه با سایر ارقام شد. روند تغییرات ماده خشک کل ارقام جو (شکل ۴) در طی فصل رشد نیز حاکی از آن است که تا ۱۲۵ روز پس از کاشت اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین ارقام در تجمع ماده خشک کل مشاهده نشد ولی پس از آن رقم گوهران از سرعت بیشتری در تجمع ماده خشک نسبت به سایر ارقام برخوردار بود و این امر موجب شد که تا آخر فصل رشد ماده خشک کل بیشتری را نسبت به سایر ارقام تولید نماید.

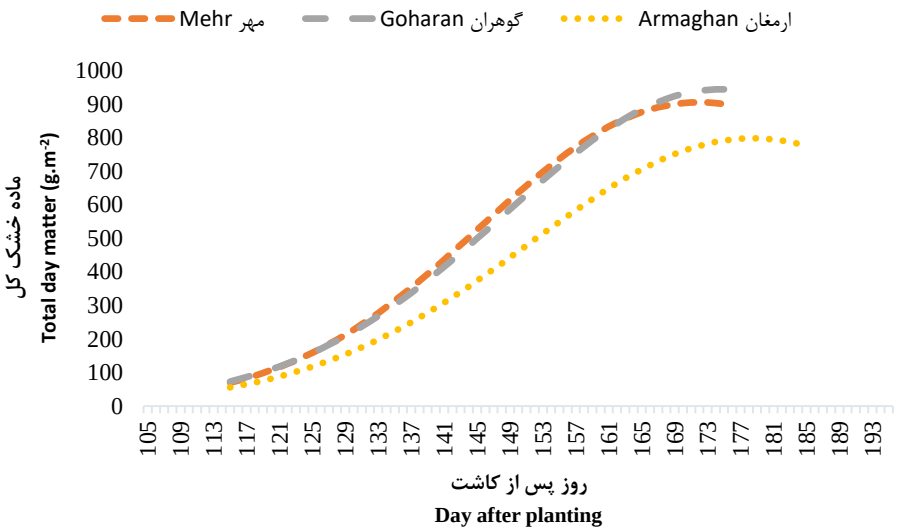
جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی محلول‌پاشی و ارقام جو

Table 4- Comparisons of the mean effects foliar spraying and barley cultivars in the drought environment

	تیمار Treatment	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک کل Dry total matter($g.m^{-2}$)	سرعت رشد محصول Crop growth rate($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت جذب خالص Net assimilation rate($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت رشد نسبی growth Relative rate ($g.g.day^{-1}$)	نسبت سطح برگ Leaf area ratio	عملکرد دانه Grain yield($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield($kg.ha^{-1}$)
محلول پاشی Foliar spraying	شاهد (آب) Control	2.5 c	939.6 b	22.57 b	10.99 a	0.02384 b	0.002844 c	3811 b	12660 c
	سولفات روی Zinc sulfate	3.767 a	886.6 c	23.60 ab	6.293 b	0.02654 a	0.004389 a	4493 a	13800 b
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	3.4 b	1021 a	23.67 ab	7.154 b	0.02338 b	0.003344 abc	3852 b	16130 a
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	2.633 c	650.6 d	15.80 c	6.754 b	0.02438 b	0.004133 ab	3599 b	11630 d
	سالیسیلیک اسید SA	3.333 b	1027 a	24.17 a	8.069 ab	0.02366 b	0.003256 bc	3478 b	14190 b
	LSD (5%)	0.2707	44.5	1.127	3.535	0.001087	0.001087	431	896.4
رقم Cultivar	گوهران Goharan	2.7 b	924.2 a	25.50 a	10.75 a	0.02800a	0.003087 b	4400 a	14070 a
	ارمغان Armaghan	3.4 a	875.9 b	19.36 c	5.959 b	0.02195 c	0.004013 a	3227 c	12460 b
	مهر Mehr	3.28 a	914.2 a	21.02 b	6.848 b	0.02313 b	0.003680 ab	3913 b	14510 a
	LSD (5%)	0.5597	35.23	0.7068	2.479	0.000762	0.0007617	228.7	820

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

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



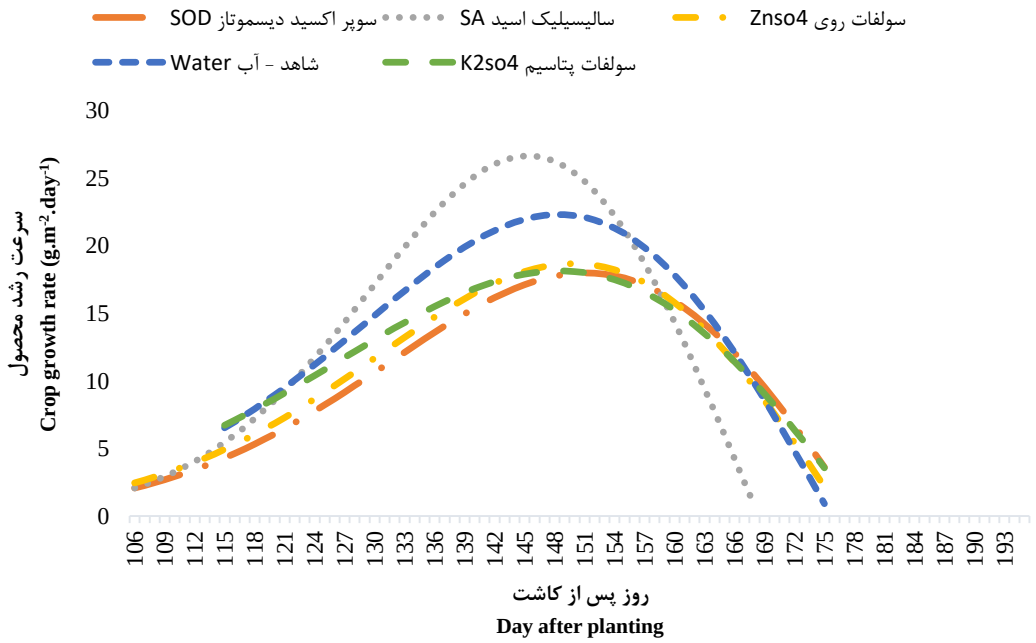
شکل ۴- روند تغییرات تجمع ماده خشک ارقام مختلف جو در طی فصل رشد

Figure 4- The trend total dry matter accumulation changes in different barley cultivars during the growing season

اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر تجمع ماده خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش ماده خشک کل شدند که کمترین ماده خشک کل مربوط به سولفات روی بود. در رقم ارمغان اسید سالیسیلیک سبب کاهش ماده خشک شد و سایر محلول‌پاشی‌ها سبب

افزایش ماده خشک کل شدند که بیشترین ماده خشک کل مربوط به سوپر اکسید دیسموتاز بود. در رقم مهر تمام محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش ماده خشک کل شدند که بیشترین میزان مربوط به سولفات پتاسیم بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد سطح فتوسنتزی حاصل‌شده در اثر برخی عناصر توانسته است در شرایط خشکی در مرحله رسیدگی ماده خشک مناسبی تولید نماید و سبب افزایش ماده خشک کل گردد و یا به‌عبارتی با افزایش شاخص سطح برگ ماده خشک کل نیز افزایش یابد.

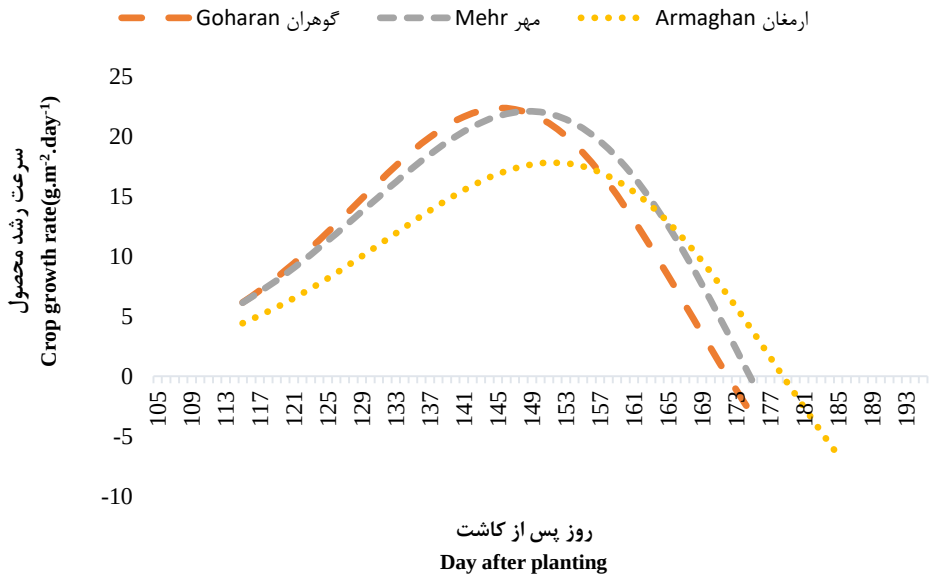
سرعت رشد محصول: سرعت رشد محصول به بهترین شکل، مفهوم رشد را می‌رساند و با بیان سرعت در واحد سطح زمین اثر متقابل تنفس و فتوسنتز نشان داده می‌شود (Rahimi, 2011). اثر محلول‌پاشی‌ها بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین سرعت رشد محصول به میزان ۲۴/۱۷ گرم بر متر مربع در روز توسط اسید سالیسیلیک حاصل شد که اختلاف آن با سایر محلول‌پاشی معنی‌دار بود. کمترین سرعت رشد محصول توسط سوپر اکسید دیسموتاز به میزان ۱۵/۸ گرم بر متر مربع در روز حاصل شد (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که به‌جزء سوپر اکسید دیسموتاز سایر محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش سرعت رشد محصول نسبت به شاهد شدند که این امر نشانگر هم‌روندی سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ و ماده خشک کل می‌باشد. روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی حاکی از آن است که تا ۱۲۰ روز پس از کاشت اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین محلول‌پاشی‌ها مشاهده نشد ولی پس از آن اسید سالیسیلیک در مقایسه با سایر محلول‌پاشی‌ها بیشترین میزان سرعت رشد محصول را طی فصل رشد حاصل نمود در صورتی‌که سوپر اکسید دیسموتاز در طی فصل رشد از کمترین میزان سرعت رشد محصول برخوردار بود (شکل ۵). در آزمایشی نشان داده شد که بالا بودن شاخص سطح برگ موجب تولید ماده خشک کل بالا نمی‌شود و میزان تولید مواد فتوسنتزی نقش ویژه‌ای دارد زیرا برگ‌های پائینی حالت مصرف‌کننده پیدا می‌کنند که در نتیجه آن ماده خشک کل افزایش نمی‌یابد (Joel *et al*., 1997). ضمن اینکه به‌نظر می‌رسد سوپراکسید دیسموتاز تولیدات فتوسنتزی را کاهش داده که در نتیجه سرعت رشد محصول کاهش یافته است.



شکل ۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد

Figure 5- The trend crop growth rate (CGR) changes under different foliar spraying treatments during the growing season

اثر رقم بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳) بیشترین سرعت رشد محصول توسط رقم گوهران به میزان ۲۵/۵۰ گرم بر متر مربع به روز حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر ارقام داشت (جدول ۴). روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام جو در طی فصل رشد حاکی از آن است که ارقام گوهران و مهر از سرعت رشد محصول مناسب‌تری برخوردار بوده که این امر باعث شد ارقام گوهران و مهر ماده خشک کل بیشتری تولید نمایند و رقم ارمغان از میزان کمتری سرعت رشد محصول برخوردار باشد (شکل ۶). عکس‌العمل ارقام مختلف آفتابگردان در تولید سرعت رشد محصول به دلیل طول دوره رشد یکسان و پتانسیل ژنتیکی مشابه ممکن است خیلی نزدیک به هم باشد که اختلاف ناچیز در میزان ماده خشک تولیدی نمایان می‌گردد (Karimzadeh *et al*., 2004). سرعت رشد محصول در انتهای فصل رشد به دلیل انتقال مواد از اندام‌های رویشی به دانه‌ها به سرعت کاهش یافته و منفی نیز می‌گردد (Khalilvand *et al*., 2009). محققان بیان نمودند که تفاوت در سرعت رشد ارقام با توجه به اختلافات ژنتیکی خاصی است که ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک آنها را تعیین می‌کند (Elberse *et al*., 2004).

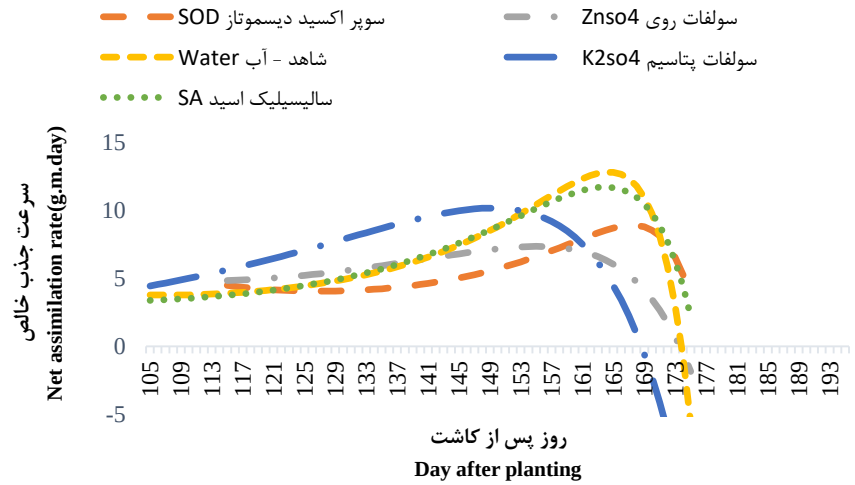


شکل ۶- روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام مختلف جو در طی فصل رشد
Figure 6- The trend crop growth rate changes in different barley cultivars during the growing season

اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که به‌جزء سوپراکسید دیسموتاز، سایر محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش سرعت رشد محصول نسبت به شاهد شدند؛ به‌طوری‌که بین محلول‌پاشی‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). در رقم ارمغان اسید سالیسیلیک سبب کاهش سرعت رشد محصول شد در حالی‌که سایر محلول‌پاشی سبب افزایش سرعت رشد محصول شدند که بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به سولفات روی بود. در رقم مهر در تمام محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش سرعت رشد محصول شدند که بیشترین میزان افزایش مربوط به سولفات پتاسیم بود (جدول ۵).

سرعت جذب خالص: اثر محلول‌پاشی‌ها بر حداکثر سرعت جذب خالص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین سرعت جذب خالص مربوط به شاهد بود که اختلاف آن با سایر محلول‌پاشی‌ها معنی‌دار بود. کمترین سرعت جذب خالص مربوط به سولفات روی بود (جدول ۴). روند سرعت جذب خالص محلول‌پاشی‌ها نشان می‌دهد که شاهد بیشترین میزان سرعت جذب خالص را در مقایسه با سایر محلول‌پاشی‌ها در طی فصل رشد دارد (شکل ۷). به‌نظر می‌رسد پائین بودن شاخص

سطح برگ می‌تواند علت افزایش سرعت جذب خالص در رقم شاهد باشد و کاهش سرعت جذب خالص به دلیل ریزش زودتر برگ‌ها باشد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین سرعت جذب خالص با شاخص سطح برگ به میزان (r=-۰/۶۳۹**) مشاهده شد (جدول ۶) که نشان‌دهنده آن است که با افزایش شاخص سطح برگ، سرعت جذب خالص کاهش می‌یابد. با مسن شدن برگ‌ها، راندمان تولید هر برگ کاهش یافته و در نتیجه سرعت جذب خالص شروع به کاهش می‌کند که موجب بروز همبستگی منفی می‌گردد (Cox and Jollif, 1986).



شکل ۷- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد

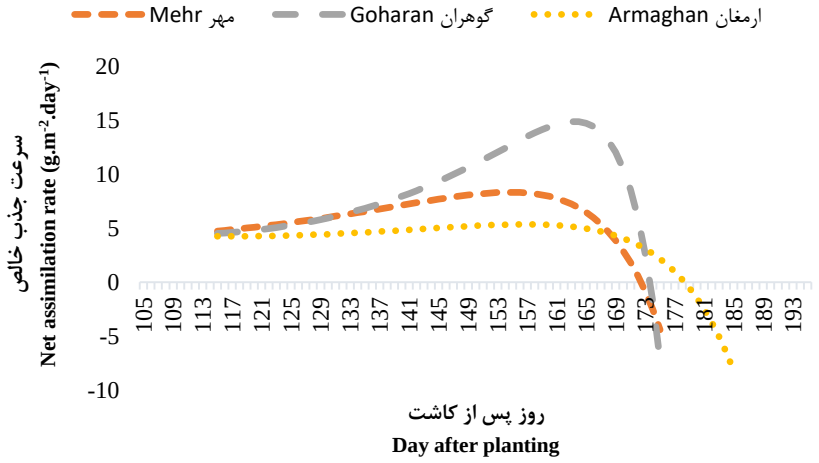
Figure 7- The trend of net assimilation rate (NAR) changes under different foliar spraying treatments during the growing season

اثر رقم بر حداکثر سرعت جذب خالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین سرعت جذب خالص توسط رقم گوهران حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود. کمترین سرعت جذب خالص توسط رقم ارمغان حاصل شد که اختلاف آن با رقم مهر معنی‌دار نبود (جدول ۴). روند تغییرات سرعت جذب خالص ارقام جو در ابتدای فصل رشد روند افزایشی و از ۱۵۵ روز پس از کاشت روند نزولی داشت و کاهش پیدا کرد به‌طوری‌که رقم ارمغان به دلیل شاخص سطح برگ بیشتر (شکل ۸) و سایه‌اندازی برگ‌های بالائی بر روی برگ‌های پائینی دارای سرعت جذب خالص کمتری نسبت به سایر ارقام بود. میزان سرعت جذب خالص با توجه آرایش برگ‌های گیاه و شرایط محیطی برای گیاهان مختلف یکسان نیست؛ اما عمدتاً پیشروی رشد گیاه به علت سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها و کاهش راندمان فتوسنتزی برگ‌های پیرتر تنفس در برگ‌های پائینی یا فتوسنتز در برگ‌های بالائی به حال تعادل در می‌آیند به همین جهت سرعت جذب خالص به صفر سقوط می‌کند (Abdi *et al*., 2007).

اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر سرعت جذب خالص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که کمترین اثر مربوط به سولفات روی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر محلول‌پاشی‌ها نداشت. بیشترین اثر توسط شاهد حاصل شد. در رقم ارمغان تمام محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش سرعت جذب خالص شدند در حالی‌که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، بیشترین اثر مربوط به اسید سالیسیلیک بود. در رقم مهر تمام محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش سرعت جذب خالص شدند. بیشترین و کمترین اثر به ترتیب مربوط به سولفات پتاسیم و اسید سالیسیلیک بود (جدول ۵).

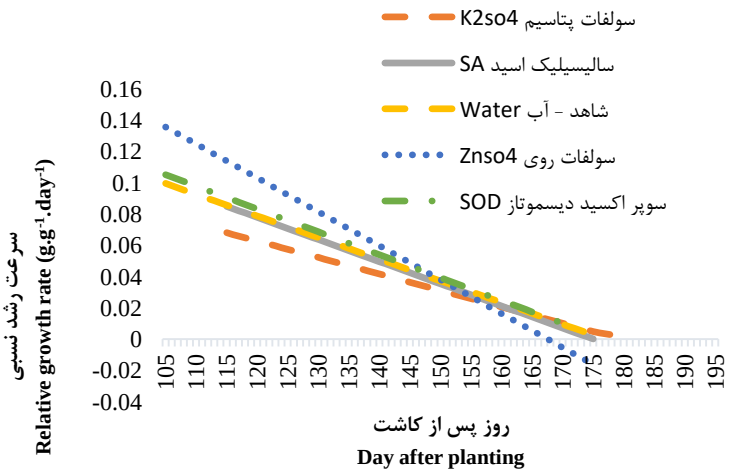
سرعت رشد نسبی: اثر محلول‌پاشی‌ها بر سرعت رشد نسبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین سرعت رشد نسبی به میزان ۰/۰۲۶۵۴ گرم بر گرم در روز توسط سولفات روی حاصل شد که اختلاف آن با سایر محلول‌پاشی‌ها معنی‌دار بود. کمترین سرعت رشد نسبی به میزان ۰/۰۲۳۳۸ گرم بر گرم در روز توسط سولفات پتاسیم حاصل شد که تفاوت

معنی‌داری با سایر محلول‌پاشی‌ها نداشت (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و اسید سالیسیلیک سرعت رشد نسبی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همبستگی منفی و بدون معنی بین حداکثر سرعت رشد نسبی با شاخص سطح برگ ($r=-۰/۱۶۳^{ns}$) ماده خشک کل ($r=-۰/۰۹۰$) و مثبت با سرعت رشد محصول ($r=۰/۵۲۷^{**}$) مشاهده شد (جدول ۶) که نشان‌دهنده آن است که با افزایش شاخص سطح برگ و ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد در حالی‌که سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد. روند تغییرات سرعت رشد نسبی در محلول‌پاشی‌ها حاکی از آن است که در طی فصل رشد سولفات روی نسبت به سایر محلول‌پاشی‌ها از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار بود. از ۱۶۵ روز پس از کاشت در سولفات روی و ۱۷۴ روز پس از کاشت در سایر محلول‌پاشی‌ها سرعت رشد نسبی منفی شد (شکل ۹). سرعت رشد نسبی با تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل با گذشت زمان رشد گیاه با افزایش تعداد تنفس در اواخر دوره رشد منفی می‌گردد (Karimi 1991 and Siddique,). نتایج حاصل از مطالعات متعددی حاکی از آن است که پیری زودرس برگ‌های گیاه موجب کاهش هرچه بیشتر در سرعت رشد نسبی می‌شود (Abdi *et al*., 2007; 2002 Chimenti *et al*.,).



شکل ۸- روند تغییرات سرعت جذب خالص ارقام مختلف جو در طی فصل رشد

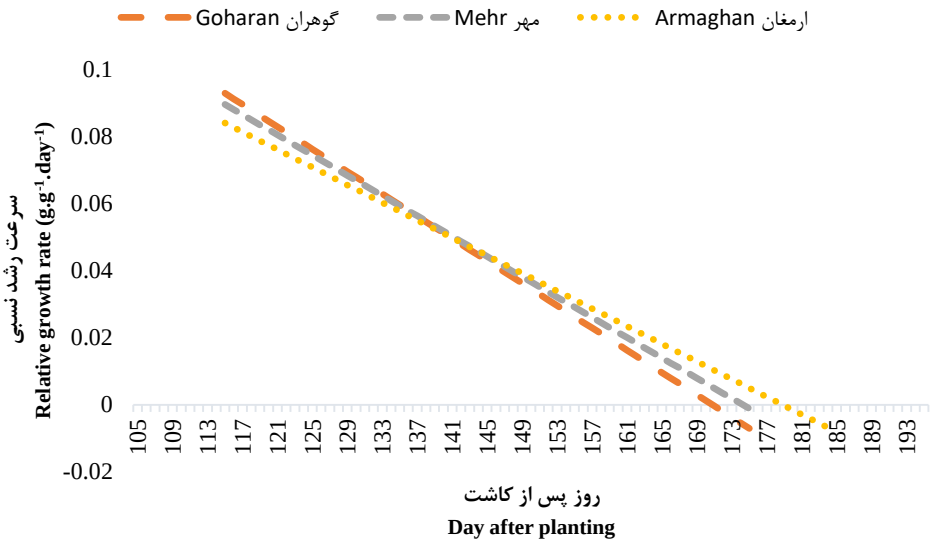
Figure 8- The trend of net absorption rate changes in different barley cultivars during the growing season



شکل ۹- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد

Figure 9- The trend relative growth rate (RGR) changes under different foliar spraying treatments during the growing season

اثر رقم بر سرعت رشد نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین سرعت رشد نسبی توسط رقم گوهران حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام داشت. کمترین سرعت رشد نسبی نیز توسط رقم ارمغان حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشتر بودن سرعت رشد نسبی رقم گوهران نسبت به سایر ارقام به طور معنی‌داری وزن خشک بیشتری را تولید می‌نماید (جدول ۴). روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف نشان داد که رقم گوهران در طی فصل رشد نسبت به سایر ارقام از سرعت رشد نسبی بالاتری برخوردار بود و رقم ارمغان نیز کمترین سرعت رشد نسبی را در طی فصل رشد داشت (شکل ۱۰). بیشتر بودن سرعت رشد نسبی گوهران سبب شد که بیشترین ماده خشک کل را نسبت به سایر ارقام تولید نماید (جدول ۴). در مطالعات متعدد نیز نشان داده شده است ارقامی که از سرعت رشد نسبی بالاتری برخوردار باشند ماده خشک بیشتری نیز تولید می‌نمایند (Chimenti *et al*., 2002).

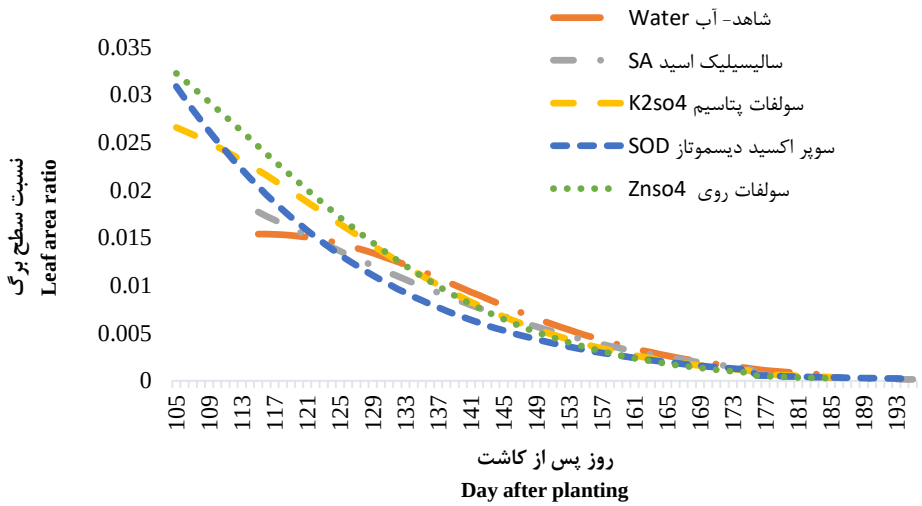


شکل ۱۰- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ارقام مختلف جو در طی فصل رشد

Figure 10- The trend of relative growth rate changes in different barley cultivars during the growing season

اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر سرعت رشد نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که کمترین اثر مربوط به سولفات پتاسیم و بیشترین اثر توسط سوپر اکسید دیسموتاز حاصل شد (جدول ۴). در رقم ارمغان سالیسیلیک اسید سبب افزایش سرعت رشد نسبی گردید در حالی‌که محلول‌پاشی سولفات پتاسیم سبب کاهش سرعت رشد نسبی شد. در رقم مهر تمام محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش سرعت رشد نسبی شدند که بیشترین اثر توسط سولفات روی حاصل شد (جدول ۵).

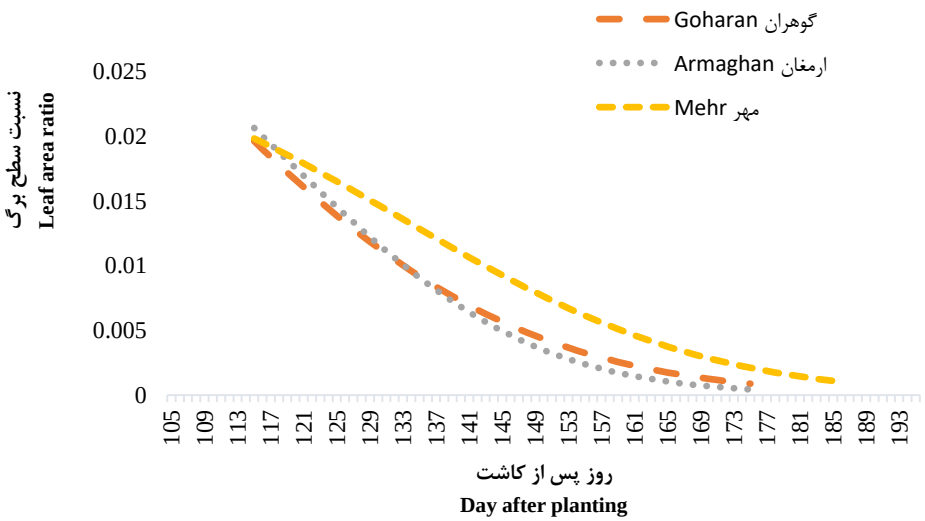
نسبت سطح برگ: اثر محلول‌پاشی‌ها بر نسبت سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین نسبت سطح برگ توسط سولفات روی حاصل شد که اختلاف آن با سایر محلول‌پاشی معنی‌دار بود. کمترین نسبت سطح برگ توسط شاهد حاصل شد که اختلاف آن با سایر محلول‌پاشی‌ها معنی‌دار بود. نتایج حاکی از آن است که با محلول‌پاشی نسبت سطح برگ به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. همبستگی معنی‌داری بین نسبت سطح برگ با سرعت جذب خالص ($r=-۰/۷۴۵^{**}$)، سرعت رشد نسبی ($r=-۰/۱۴۸$) مشاهده شد (جدول ۶) که این امر نشان‌دهنده آن است که با کاهش سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ افزایش می‌یابد. روند تغییرات نسبت سطح برگ در محلول‌پاشی‌ها حاکی از آن است که در طی فصل رشد شاهد نسبت به سایر محلول‌پاشی‌ها از نسبت سطح برگ کمتری برخوردار بود در حالی‌که سولفات روی از بیشترین نسبت سطح برگ برخوردار بود و سایر محلول‌پاشی‌ها تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ – روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در طی فصل رشد

Figure 11- The trend of leaf area ratio (LAR) changes under different foliar spraying treatments during the growing season

اثر رقم بر نسبت سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین نسبت سطح برگ توسط رقم ارمغان حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود. کمترین نسبت سطح برگ نیز توسط رقم گوهران حاصل شد (جدول ۴). روند تغییرات نسبت سطح برگ در ارقام مختلف نشان داد که رقم ارمغان در طی فصل رشد نسبت به سایر ارقام از نسبت سطح برگ بالاتری به‌دلیل شاخص سطح برگ بالاتر برخوردار بود و رقم گوهران نیز به دلیل وزن خشک بالا، کمترین نسبت سطح برگ را در طی فصل رشد داشت (شکل ۱۲). همچنین بین نسبت سطح برگ و ماده خشک کل ارتباط معکوسی وجود دارد.



شکل ۱۲– روند تغییرات نسبت سطح برگ ارقام مختلف جو در طی فصل رشد

Figure 12- The trend of leaf area ratio changes in different barley cultivars during the growing season

اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر نسبت سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که تمام محلول‌پاشی سبب افزایش نسبت سطح برگ شدند که بیشترین اثر توسط سوپر

اکسید دیسموتاز حاصل شد. کمترین اثر مربوط به شاهد بود که اختلاف معنی‌داری با سایر محلول‌پاشی‌ها داشت. در رقم ارمغان بیشترین اثر توسط شاهد حاصل شد در حالی‌که سوپر اکسید دیسموتاز سبب کاهش نسبت سطح برگ شد. در رقم مهر بیشترین اثر توسط شاهد حاصل شد در حالی‌که کمترین اثر مربوط به سولفات پتاسیم بود (جدول ۵).

عملکرد بیولوژیکی: اثر محلول‌پاشی‌ها بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیکی به میزان ۱۶۱۳۰ کیلوگرم در هکتار توسط سولفات پتاسیم حاصل شد که اختلاف آن با سایر محلول‌پاشی‌ها معنی‌دار بود. کمترین عملکرد بیولوژیکی به میزان ۱۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار توسط سوپر اکسید دیسموتاز حاصل شد (جدول ۴).

نتایج حاکی از آن است که به‌جز سوپراکسید دیسموتاز سایر محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی شدند که به‌نظر می‌رسد این امر به دلیل کاهش شاخص سطح برگ در اثر محلول‌پاشی با سوپر اکسید دیسموتاز بود. اثر رقم بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیکی توسط رقم مهر به میزان ۱۴۵۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و کمترین عملکرد بیولوژیکی توسط رقم ارمغان حاصل شد.

نتایج حاکی از آن است که رقم مهر به دلیل پتانسیل ژنتیکی ویژه‌ای در مقایسه با سایر ارقام در تولید شاخص سطح برگ از عملکرد بیولوژیکی بالاتری برخوردار است. اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که به‌جز سوپر اکسید دیسموتاز سایر محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی شدند که کمترین عملکرد بیولوژیکی توسط سولفات روی حاصل شد. در رقم ارمغان به‌جز اسید سالیسیلیک سایر محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی شدند که بیشترین عملکرد بیولوژیکی توسط سولفات پتاسیم حاصل شد. در رقم مهر تمام محلول‌پاشی‌ها سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی شدند که بیشترین عملکرد بیولوژیکی توسط اسید سالیسیلیک حاصل شد. گزارش داده شد که سولفات پتاسیم بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اثر معنی‌داری داشت (Yaghoobi *et al*., 2018).

عملکرد اقتصادی: اثر محلول‌پاشی بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد اقتصادی به میزان ۴۴۹۳ کیلوگرم در هکتار توسط سولفات روی حاصل شد. کمترین عملکرد اقتصادی توسط اسید سالیسیلیک به میزان ۳۴۷۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که سولفات روی و سولفات پتاسیم سبب افزایش عملکرد اقتصادی و سوپراکسیددیسموتاز و سالیسیلیک اسید سبب کاهش عملکرد اقتصادی شدند. تعدادی از محققین اعلام داشتند که سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ، وزن هزاردانه، عملکرد و اجزای عملکرد اثر مثبت و معنی‌داری دارد (Ebrahimi and Jafari Haghighi, 2012; Tohidi and Fallahi, 2016).

اثر رقم بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد اقتصادی به میزان ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط رقم گوهران حاصل شد در حالی‌که رقم ارمغان کمترین عملکرد اقتصادی به میزان ۳۲۲۷ کیلوگرم در هکتار را حاصل کرد که با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری داشت. اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم گوهران نشان داد که به‌جز سوپراکسیددیسموتاز سایر محلول‌پاشی سبب کاهش عملکرد اقتصادی شدند که کمترین عملکرد اقتصادی به میزان ۲۷۳۲ کیلوگرم در هکتار توسط سولفات روی حاصل شد. در رقم ارمغان تمام محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش عملکرد اقتصادی شدند که کمترین عملکرد اقتصادی به میزان ۳۲۷۷ کیلوگرم در هکتار توسط اسید سالیسیلیک حاصل شد. در رقم مهر سولفات پتاسیم به میزان ۴۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش عملکرد اقتصادی شد در حالی‌که سایر محلول‌پاشی‌ها سبب کاهش عملکرد اقتصادی شدند که کمترین عملکرد مربوط به اسید سالیسیلیک به میزان ۲۹۴۸ کیلوگرم در هکتار بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اثر متفاوتی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ارقام جو داشت. رقم‌های مورد استفاده به محلول‌های بکار برده شده واکنش‌های متفاوتی داشتند. محلول‌پاشی سولفات روی نسبت به سایر محلول‌پاشی‌ها نتیجه مطلوب‌

تری را از خود نشان داد که احتمال داده می‌شود به جهت تأثیرگذاری سریع بر مکانیسم‌های مختلف مؤثر در رشد و نمو گیاه باشد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی‌ها سبب گردیده که رقم گوهران نسبت به سایر ارقام بیشترین میزان ماده خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی را تولید نماید که نشان از استفاده بهینه از شرایط محیطی و تولید عملکرد بالاتر می‌باشد. پس بهتر است که تحت شرایط تنش خشکی رقم گوهران مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی و رقم بر صفات مورد ارزیابی جو

Table 5- Comparisons of the mean effect of foliar spraying and cultivar on evaluated traits of barley

رقم Cultivar	محلول‌پاشی Foliar	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک کل Total dry matter($g.m^{-2}$)	سرعت رشد محصول Crop growth rate($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سرعت جذب خالص Net assimilation rate($g.m^{-2}.day^{-1}$)
گوهران Goharan	شاهد (آب) Control	2.1 de	1161 a	30.70 a	18.56 a
	سولفات روی Zinc sulfate	3 bcde	745.9 f	17.20 g	5.82 bc
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	2.4 de	912.3 de	19.80 f	8.59 bc
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	3.8 abc	927.5 de	31.90 a	8.44 bc
	سالیسیلیک اسید SA	4.2 ab	1085 ab	24.10 bcd	5.86 bc
ارمغان Armaghan	شاهد (آب) Control	3.3 bcd	647.2 g	14.80 h	4.57 bc
	سولفات روی Zinc sulfate	3.2 bcd	953 cd	25.60 b	8.10 bc
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	3.8 abc	1021 bc	21.40 e	5.76 bc
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	3.2 bcd	1088 ab	24.00 cd	7.61 bc
	سالیسیلیک اسید SA	1.8 e	480.7 h	13.90 h	8.56 bc
مهر Mehr	شاهد (آب) Control	3.3 bcd	613.6 g	10.80 i	3.37 c
	سولفات روی Zinc sulfate	2.8 cde	857.5 e	22.70 de	8.34 bc
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	2.6 cde	1099 ab	25.40 bc	10.08 b
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	2.7 cde	914 de	23.30 d	8.99 b
	سالیسیلیک اسید SA	4.7 a	1066 b	23.80 d	5.14 bc
LSD (5%)		1.252	78.77	1.580	5.543

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

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

ادامه جدول ۵
Table 5- Continued

رقم Cultivar	محلول‌پاشی Foliar	سرعت رشد نسبی Relative growth rate(g.g.day^{-1})	نسبت سطح برگ Leaf area ratio	عملکرد دانه Grain yield(kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیکی Biological yield(kg.ha^{-1})
گوهران Goharan	شاهد (آب) Control	0.02647 c	0.001800 e	5242 a	15360 bc
	سولفات روی Zinc sulfate	0.02337 d	0.004100 abcd	2732 i	9937 g
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	0.02170 de	0.002633 cde	3460 defg	12690 de
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	0.03443 a	0.004133 abc	5262 a	17480 a
	سالیسیلیک اسید SA	0.02230 de	0.003867 abcd	2955 ghi	10040 g
ارمغان Armaghan	شاهد (آب) Control	0.02290 d	0.005167 a	5261 a	13870 cde
	سولفات روی Zinc sulfate	0.02703 c	0.003367 bcde	3969 bcd	15380 bc
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	0.02100 e	0.003733 abcd	3413 efgh	16660 ab
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	0.02210 de	0.002933 bcde	4174 bc	16360 ab
	سالیسیلیک اسید SA	0.02897 b	0.003733 abcd	3277 fgh	9582 g
مهر Mehr	شاهد (آب) Control	0.01760 f	0.005433 a	3799 bcde	10830 fg
	سولفات روی Zinc sulfate	0.02657 c	0.003233 bcde	3722 cdef	14490 cd
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	0.02310 d	0.002400 de	4250 b	12570 ef
	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	0.02550 c	0.002933 bcde	3237 fghi	14840 bc
	سالیسیلیک اسید SA	0.02237 de	0.004433 ab	2948 hi	15150 bc
LSD (5%)		0.001703	0.001703	511.4	1834

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to LSD test.

جدول ۶- همبستگی شاخص‌های رشد ارقام مختلف جو
Table 6- Correlation of growth indices of different barley cultivars

	LAI	TDM	CGR	NAR	RGR	LAR	GY	BY
شاخص سطح برگ LAI	1							
ماده خشک کل TDM	0.235^{ns}	1						
سرعت رشد محصول CGR	0.119	0.787**	1					
سرعت جذب خالص NAR	-0.639**	0.336*	0.502**	1				
سرعت رشد نسبی RGR	-0.164^{ns}	-0.090^{ns}	0.527**	0.356*	1			
نسبت سطح برگ LAR	0.665**	0.527**	-0.498**	-0.745**	-0.148	1		
عملکرد دانه GY	-0.124*	0.087	0.348*	0.289*	0.358*	-0.098	1	
عملکرد بیولوژیکی BY	0.264*	0.488**	0.595**	0.120	0.254*	-0.133	0.463**	1

References

Abdi, S., Moghadam, A.G. and Ghadimzadeh, M. 2007. Effects of different levels defoliation in reproductive stages on grain yield and oil content in two sunflower cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 40: 245-255. (In Persian).

Al-Whaibi, M.H., Siddiqui, M.H. and Basalah, M.O. 2011. Salicylic acid and calcium-induced protection of wheat against salinity. *Protoplasma*, 249: 769-778.

Arif, M., Tasneem, M., Bashir, F., Yahseen, G. and Anwar, A. 2017. Evaluation of different levels of potassium and zinc fertilizer on growth and yield of wheat. *International Journal of Biosensors and Bioelectronics*, 3(2): 57-62.

Chimenti, C.A., Pearson, J. and Hall, D. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crop Research*, 75: 235-246.

Cox, W.J. and Jolliff, G.D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*, 78(2): 226-230.

Ebrahimi, M. and Jafari Haghghi, B. 2012. The effect of salicylic acid application on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in drought stress condition. *Journal of Plant Ecophysiology*, 4(1): 1-13. (In Persian).

Elberse, I.A., Vanhala, M.T.K., Turin, J.H.B., Stam, P., Van Damme, J.M.M. and Van Tienderen, P.H. 2004. Quantitative trait loci affecting growth-related traits in wild barley (*Hordeum spontaneum*) grown under different levels of nutrient supply. *Heredity*, 93(1): 22-33.

Gholami, R., Moalemi, N.A., Khaleghi, E. and Sayed Nejad, S.M. 2018. The effect of potassium, boron and zinc foliar application on fruit characteristics of some Olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Sciences*, 32(3): 459-470. (In Persian).

Hu, W., Loka, D.A., Fitzsimons, T.R., Zhou, Z. and Oosterhuit, D.M. 2018. Potassium deficiency limits reproductive success by altering carbohydrate and protein balances in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 145: 87-94.

Hussain, H., Fasih Khalid, M., Hussain, M., Arif Ali, M., Nawaz, A., Zakir, I., Fatima, Z. and Ahmad, S. 2018. Plant nutrients and abiotic stress tolerance. *Springer Nature Singapore Pte Ltd. Chapter 15, Role of micronutrients in salt stress tolerance to plants*. p. 363-376.

Joel, G., Gamon, G.A. and Field, H. 1997. Production efficiency in sunflower: The role of water and nitrogen stress. *Remote Sensing of Environment*, 62(2): 176-188.

Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research*, 42: 13-20.

Karimzadeh-Asl, KH., Mazaheri, D. and Peyghambari, S.A. 2004. Effect of four irrigation cycles on yield and quantitative traits of three sunflower cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 34(2): 293-301. (In Persian).

Khalilvand, E., Yarnia, M. and Aghami, A. 2009. Effects of drought stress and plant density on yield and some morphological traits and Sunflower physiological. *The first national conference on oilseeds*. (In Persian).

Kobraee, S., Shamsi, K. and Rasekhi, B. 2011. Effect of micronutrients application on yield and yield components of soybean. *Annals of Biological Research*, 2: 476-482.

Koochaki, A.R., Rashed Mohasel, M.H., Nasiri, M. and Sadrabadi, R. 1991. Physiological foundations of crop growth and development. *Astane Ghodse Razavi Press*, 404pp. (In Persian).

Lv, X., Li, T., Wen, X., Liao, Y. and Liu, Y. 2017. Effect of potassium foliage application post-anthesis on grain filling of wheat under drought stress. *Field Crops Research*, 206: 95-105.

Oosterhuit, D.M., Loka, D.A. and Raper, T.B. 2013. Potassium and stress alleviation: Physiological functions and management of cotton. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3): 331-343.

Ouzuni Douji, A.A., Esfahani, M., Samizadeh Lahiji, H.A. and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous and petalled flowers rapeseed (*Brassica Bapus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9(4): 382-400. (In Persian).

Pereira, S.I.A., Moreira, H., Argyras, K. and Castro, P.M.L. 2016. Promotion of sunflower growth under saline water irrigation by the inoculation of beneficial microorganisms. *Applied Soil Ecology*, 105: 36-47.

Rahimi, A. 2011. Effect of salinity stress on growth analysis of isabgul, french psyllium and great plantain. *Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture*, 2(4): 27-39. (In Persian).

Ren, D., Xu, X., Hao, Y. and Huang, G. 2016. Modeling and assessing field irrigation water use in a canal system of Hetao, upper Yellow River basin: application to maize, sunflower and watermelon. *Journal of Hydrology*, 532: 122-139.

Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 145-149.

Slafer, G.A. 1994. Genetic improvement of field crops. *Marcel Dekker Publication. New York*. 470pp.

Soleymani, A., Khajepour, M.R., Noormohamadi, G.H. and Sadeghyian, Y. 2003. Effect of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet. *Journal of Agricultural Science*, 9(1): 105-123. (In Persian).

Tohidi, M. and Fallahi, R. 2016. Evaluation of yield and yield components of maize by foliar application of salicylic acid. *Journal of Crop Ecology*, 10(3): 645-656. (In Persian).

Torabian, **SH. and Zahedi, M.** 2013. Effects of foliar application of common and nano-sized of iron sulphate on the growth of sunflower cultivars under salinity. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(1): 109-118. (In Persian).

Yaghoobi, S.R., Roozbahani, A. and Akhavn Mohseni, M.R. 2018. Evaluating of the role of soluble potassium sulfate and chelated iron on corn yield and yield components under water deficit stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 12(4): 599-614. (In Persian).

Zahoor, R., Zhao, W., Dong, H., Snider, J.L., Abid, M., Iqbal, B. and Zhou, **Z.** 2017. Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 119: 21-32.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 319-337

Evaluation of the effect of foliar application on some physiological indicators affecting the growth and yield of barley cultivars under drought stress conditions

Ramin Rowshani[1], Ali Soleymani[2*], Mehrdad Mahlooji[3], Mohammad Reza Naderi[4]

[1]Ph. D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
[2]Plant Improvement and Seed Production Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
[3]Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
[4]Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan(Khorasgan) Branch,Islamic Azad University, Isfahan,Iran.

[*]Corresponding Author: A_soleymani@khuisf.ac.ir

Received: 31 July 2021 Accepted: 16 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2022.297001.1111**

Abstract

In order to investigate the effect of foliar application on some physiological indicators of growth of barley cultivars, a study in the form of split plots in the form of complete randomized block design with three replications was performed at Kabutar Abad Agricultural Research Station in Isfahan in 2017-2018 cropping year. Treatments included five levels of foliar application ie: no foliar application, zinc sulfate, potassium sulfate, salicylic acid and superoxide dismutase in the tillering phase with an interval of seven days and in three turns, in the main plots and cultivar factor including Goharan, Mehr and Armaghan were placed in the sub-plots. Irrigation was complete and limited. The results showed that foliar application of zinc sulfate increased the leaf area index (50%), relative growth rate (11%), leaf area ratio (54%) and grain yield (18%) compared to the control and the highest leaf area index and leaf area ratio were obtained by the Armaghan cultivar. The highest total dry matter (1027 $g.m^{-2}$) content and crop growth rate (24.17 $g.m^{-2}.day^{-1}$) were obtained by salicylic acid and the highest net absorption rate (10.99 $g.m^{-2}.day^{-1}$) was obtained by control solution. During the growing season, the highest amount of total dry matter, crop growth rate, net absorption rate and relative growth rate were produced by Goharan cultivar compared to other cultivars, which indicates the optimal use of environmental conditions and higher yield production.

Keywords: Potassium sulfate, Salicylic acid, Superoxide dismutase, Zinc sulfate

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۵۷-۳۳۹

مقاله پژوهشی

تاثیر مدیریت آبیاری، کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.)

زینب خشوعی[۱] مجید عاشوری[۲*]، حمیدرضا دورودیان[۲]، ابراهیم امیری[۳]، ناصر محمدیان روشن[۲]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۳- گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

* مسئول مکاتبه: Majidashouri69@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.296728.1109**

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک بادام‌زمینی در دو شرایط آبیاری و بدون آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. کرت اصلی شامل آبیاری در دو سطح فاریاب و بدون آبیاری، تیمار کمپوست در دو سطح عدم مصرف (C1) و مصرف پنج تن در هکتار (C2) به عنوان کرت فرعی و کود نیتروژن (در چهار سطح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که کاربرد پنج تن کمپوست در هکتار بر طول غلاف، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۹/۶۵، ۱۰/۳ و ۱۶/۱ درصدی گردید. بیشترین طول غلاف و عملکرد دانه در تیمارهای اعمال آبیاری و کاربرد ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده گردید و اعمال کمپوست توأم با ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. با افزایش مصرف نیتروژن، میزان کلروفیل‌های a و b و قرائت کلروفیل‌متر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار این صفات با کاربرد ۶۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در شرایط عدم آبیاری و عدم کاربرد نیتروژن، در سال دوم نسبت به سال اول، عملکرد دانه به میزان ۲۱ درصد بیشتر بود. به نظر می‌رسد که کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری در زراعت بادام‌زمینی می‌تواند در بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانهٔ آن، خصوصاً در شرایط بدون آبیاری مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، طول غلاف، عملکرد دانه، کاروتنوئید، کلروفیل برگ

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از منابع تأمین روغن خوراکی در جهان به شمار می‌رود. این محصول سیزدهمین گیاه زراعی مهم دنیا و چهارمین دانه روغنی مهم در جهان محسوب می‌شود (Belel *et al.*, 2014; Dinh *et al.*, 2013). بیش از ۹۵ درصد تولید بادام‌زمینی دنیا در کشورهای آسیایی و آفریقایی متمرکز شده است (Dinh *et al.*, 2013). در کشور، استان گیلان یکی از قطب‌های تولید بادام‌زمینی محسوب شده و این محصول نقش مؤثری در ارتقای رونق اقتصادی این استان دارد. در سال ۱۳۹۶، سطح زیر کشت بادام‌زمینی در استان گیلان، ۲۸۶۰ هکتار بوده و بیشترین سهم را در تولید این محصول، کشاورزان منطقه آستانه با ۹۵۲۹ تن پیله خشک از سطح ۲۵۰۷ هکتار داشتند (Anonymous, 2018). وجود بارندگی‌های کم در طول دوره رشد گیاه، عامل مهمی در کاهش عملکرد این محصول به شمار می‌رود (Kumar, 2007). چرا که بادام‌زمینی، گیاهی است که به خشکی چندان مقاوم نیست و عدم تأمین آب کافی در زراعت این محصول، یکی از عوامل محدودکننده عملکرد آن محسوب می‌شود (Reddy *et al.*, 2003). از این‌رو، چنانچه بتوان با استفاده از موادی مانند کمپوست، راندمان مصرف آب را بالا برد، می‌توان گام مثبتی در جهت تولید گیاه بادام‌زمینی در شرایط بدون آبیاری برداشت.

امروزه استفاده از موادی نظیر ضایعات کشاورزی، مواد زائد صنعتی و زباله‌های شهری، به عنوان منابع تأمین کننده مواد آلی خاک رو به گسترش است. البته برخی از این مواد زائد قبل از استفاده در زمین‌های کشاورزی، به منظور کاهش خطرات زیست محیطی آنها، بایستی مورد تجزیه و سم‌زدایی قرار گیرند

(Abbott *et al.*, 2018; Sirousmehr *et al.*, 2014). انجام این فرآیند سبب تغییر شکل مواد زائد و شکل‌گیری ماده جدیدی تحت عنوان کمپوست می‌گردد. کاربرد کمپوست بر عوامل اقتصادی و محیطی از جمله کاهش هزینه انتقال و دفن زباله، حمایت از قوانین محیط زیست، کاهش استفاده از کودهای معدنی و بهبود ویژگی‌های خاک‌های زراعی مؤثر است (Hargreaves *et al.*, 2008). استفاده از کمپوست، ساختمان خاک را ارتقاء داده، محتوی مواد معدنی خاک را تقویت کرده و سبب می‌شود تا خاک مدت زمان بیشتری رطوبت را در خود نگه دارد، چرا که کمپوست می‌تواند چندین برابر حجم خود آب را نگهداری نموده و از هدر رفتن آن جلوگیری کند (Waqas *et al.*, 2014; Kranz *et al.*, 2020). کاربرد کمپوست در کشاورزی، بواسطهٔ تأثیر آن بر افزایش کارایی گیاه در استفاده از آب و همچنین رهاسازی عناصر غذایی، می‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شود (Governog *et al.*, 2003). محققین طی بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاه دانه تحت شرایط تنش خشکی نتیجه گرفتند که کاربرد ۳۰ تن کمپوست در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کمپوست) به‌طور معنی‌داری سبب بهبود میزان کلروفیل-های a، b، کل و کاروتنوئیدها در شرایط تنش خشکی شدید گردید (Ariafar and Sirousmehr, 2017). در تحقیقی دیگر، پژوهشگران، بیان داشتند که کمپوست، بواسطهٔ داشتن ترکیبات آلی و همچنین ظرفیت نگهداری آب بالا، توانایی افزایش حاصلخیزی زمین‌های زراعی دیم را دارد (Abbott *et al.*, 2018).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در بین عناصر ضروری برای رشد، نیتروژن تأثیر بیشتری در افزایش سطح برگ و سرعت رشد قسمت‌های هوایی گیاه دارد. نیتروژن یکی از اجزاء تشکیل-دهنده بسیاری از مولکول‌های حیاتی گیاه از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها و کلروفیل است. کمبود نیتروژن، چه به‌طور مستقیم و چه به‌طور غیرمستقیم، همواره به عنوان یک عوامل محدودکننده رشد گیاهان به شمار می‌رفته است، چون‌که به‌طور مستقیم در تولید سلول‌های جدید، ساخت ترکیبات نیتروژنی سلول‌ها، ساخت آنزیم‌ها و اجزاء دیواره غشاء سلول‌ها نقش داشته و به‌طور غیرمستقیم در گسترش سطح برگ و رشد و نمو گیاه مؤثر است (Arshadi and Asgharipour, 2011; Hopkins, 2004). متخصصین علم فیزیولوژی گیاهی بیان داشتند که دو عامل تنش نیتروژن و آب به ترتیب سبب کاهش کلروفیل و تورژسانس سلول‌ها می‌گردند. آنها همچنین بیان کردند که فراهمی نیتروژن سبب افزایش محتوی نسبی آب در گیاهان می‌شود و در گیاهانی که از درصد آب بیشتری برخوردارند محتوی کلروفیل هم بیشتر است (Schlemmer *et al.*, 2005). در پژوهشی دیگر، محققین به تأثیر مثبت نیتروژن بر رشد و نمو ریشه خصوصاً در شرایط کمبود آب اشاره کردند (Tran *et al.*, 2014).

بر این اساس، این پژوهش با هدف تأثیر کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه بادام‌زمینی در دو شرایط آبیاری و بدون آبیاری صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه‌ای واقع در روستای پرکاپشت از توابع شهرستان آستانه اشرفیه در استان گیلان به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. در این آزمایش، کرت اصلی شامل آبیاری در دو سطح فاریاب (مطابق با عرف منطقه) و بدون آبیاری بود. تیمار کاربرد کمپوست در دو سطح عدم مصرف کمپوست (C1) و مصرف پنج تن در هکتار (C2) به عنوان کرت فرعی و مصرف کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شدند.

قبل از آماده‌سازی زمین، از شش نقطه به‌طور تصادفی و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری از خاک به عمل آمد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). خاک محل آزمایش از نوع سیلتی بود. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت در دو سال آزمایش در هفتهٔ سوم اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. قبل از کاشت بذور، کمپوست زباله شهری، تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن آنالیز گردید (جدول ۲) و سپس مطابق با مقدار تعیین شده به‌طور یکسان در تیمارهای مربوطه اعمال شد. همچنین کود نیتروژن از منبع کود اوره، بر اساس مقدار در نظر گرفته شده، به‌صورت تقسیط در دو مرحله (نیمی قبل از کاشت و نیمی یک ماه پس از

جوانه‌زنی) به کرت‌ها اضافه شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول پنج متر با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف و عمق کاشت نیز به ترتیب ۲۰ و شش سانتی‌متر بود و بر این اساس، تراکم بوتهٔ ۸/۳ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد.

پس از انجام کاشت، عملیات زراعی نظیر آبیاری و اِعمال کود نیتروژن (در تیمارهای مربوطه)، مبارزه با علف‌های هرز و سله‌شکنی اعمال شد. در هر دو سال، در تیمار فاریاب، میزان آبیاری از طریق نصب کنتور حجمی در مزرعه مورد پایش قرار گرفت. بدین‌صورت که هشت مرتبه آبیاری و در هر مرتبه ۳۰۰ متر مکعب در هکتار آب (در مجموع ۲۴۰۰ متر مکعب در هکتار)، اِعمال شد. همچنین میزان بارندگی در طول فصل رشد در دو سال آزمایش، به ترتیب ۱۳۸ و ۲۱۹ میلی‌متر بود (جدول ۳).

جدول ۱- خصوصیات خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experiment site

سال آزمایش Year of experiment	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی OC (%)	آهن Fe (ppm)	روی Zn (ppm)	گوگرد S (%)	کلسیم Ca (ppm)
2018	7.32	0.60	195	12.0	0.11	1.08	98.6	3.2	2.2	38.1
2019	7.29	0.55	218	10.8	0.09	0.81	39.4	2.1	0.14	42.1

جدول ۲- خصوصیات کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Characteristics of used compost in experiment

سال آزمایش Year of experiment	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی OC (%)	رطوبت Humidity (%)
2018	2.35	0.60	0.72	1.25	1.58	20.31	18.77
2019	2.75	0.50	0.31	1.60	1.66	21.32	18.14

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی منطقه انجام آزمایش در طول فصل رشد

Table 3- Meteorological information of e experiment site during the growing season

ماه‌های فصل رشد (از زمان کاشت تا برداشت) Months of growing season (from planting up to harvest)	سال آزمایش Year of experiment	میزان بارندگی Rate of rainfall (mm)	میانگین رطوبت Mean of humidity (%)	میانگین دما Mean of temperature (ºC)
اردیبهشت	2018	12.0	75	19.0
April-May	2019	61.3	77	19.1
خرداد	2018	16.4	74	23.4
May-June	2019	1.3	72	25.0
تیر	2018	14.0	74	28.4
June-July	2019	54.6	76	26.7
مرداد	2018	88.6	78	27.2
July-August	2019	22.1	76	25.9
شهریور	2018	7.0	77	25.1
August-September	2019	79.7	83	23.3

در هر دو سال، در اواسط گلدهی، میزان کلروفیل‌های a و b برگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ تعیین شدند (Lichtenthaler, 1987). بدین ترتیب که ابتدا ۰/۱ گرم برگ با چهار میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی سائیده و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل‌ها توسط اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن

دستگاه اسپکتروفتومتر از استون ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کلروفیل‌های a و b (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از طریق معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند.

معادله ۱: $Chl_a = 12.25A_{664} - 2.79A_{647}$

معادله ۲: $Chl_b = 21.21A_{647} - 5.1A_{664}$

در این معادله‌ها: $A_{۶۴۷}$ میزان جذب نوری در طول موج ۶۴۷ نانومتر، $A_{۶۶۴}$ میزان جذب نوری در طول موج ۶۶۴ نانومتر و $A_{۴۷۰}$ میزان جذب نوری در طول موج ۴۷۰ نانومتر هستند.

در همان زمان، جهت تخمین میزان کلروفیل کل برگ‌ها، از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 استفاده شد. بدین‌صورت که قرائت‌گیری از برگچه نوک در اولین برگ کاملاً توسعه یافته از قسمت بالای کانوپی انجام شد و به ازای هر برگ فقط یک قرائت‌گیری انجام گردید. اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه مرکزی روی برگچه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام شدند (Gianquinto *et al.*, 2000). همچنین مقدار نیتروژن کل به روش عیارسنجی بعد از تقطیر و با استفاده از سیستم اتوماتیک کجلدال تعیین تعیین گردید (Smart, 1994).

در هر دو سال، در انتهای دوره رشد، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و پس از پایش ارتفاع، بوته‌ها برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل و طول و وزن خشک غلاف آنها اندازه‌گیری شدند. در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف حاشیه برداشت و پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها، عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. شایان ذکر است که برداشت محصول در هر دو سال، در هفتهٔ آخر شهریورماه صورت پذیرفت.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شدند و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. شایان ذکر است داده‌ها بصورت تجزیه مرکب آنالیز شدند و قبل از انجام تجزیه مرکب داده‌ها، به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی، از آزمون بارتلت استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و کمپوست بر عملکرد دانه بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین ترتیب که بیشترین عملکرد دانه از اعمال آبیاری و کاربرد پنج تن کمپوست در هکتار (C2) به میزان ۱۵۷۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. (جدول ۵). در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری عملکرد دانه نسبت به سطوح مشابه کمپوست و شرایط عدم آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود؛ به عبارت دیگر، در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری، عملکرد دانه به بیش از ۱۴۹۵ کیلوگرم در هکتار رسید. در حالی‌که عملکرد دانه در هر دو سطح کمپوست و شرایط عدم آبیاری، ۱۱۰۹ و ۱۳۴۴ کیلوگرم در هکتار بود و بر این اساس کمترین عملکرد دانه در تیمار عدم اعمال آبیاری و عدم کاربرد کمپوست به میزان ۱۱۰۹ کیلوگرم در هکتار وجود داشت (جدول ۵).

اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۴). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار C2 و کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود داشت و تنها در این تیمار بود که عملکرد دانه به بیش از ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید. عملکرد دانه این تیمار در مقایسه با شرایط مشابه کاربرد کود نیتروژن و C1 حدود ۱۰ درصد بیشتر بود. به‌طور کلی هر یک از سطوح کود نیتروژن در شرایط C2، نسبت به سطوح مشابه خود در شرایط C1، به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه بیشتری را نشان دادند. کمترین عملکرد دانه نیز به میزان ۱۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به تیمار C1 و عدم کاربرد کود نیتروژن اختصاص داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که کاربرد کمپوست بواسطهٔ داشتن اثرات مثبتی همچون رهاسازی تدریجی عناصر غذایی (Governog *et al.*, 2003)، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (Kranz *et al.*, 2020) و افزایش ذخیره رطوبت خاک (Waqas *et al.*, 2014)، در افزایش عملکرد بادام‌زمینی مؤثر بوده و کاربرد آن توأم با کود نیتروژن، می‌تواند سبب افزایش قابل توجه عملکرد دانه گردد.

اثر متقابل سال، آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌ترتیب که در هر دو سال، بالاترین عملکرد دانه به تیمارهای اعمال آبیاری و کاربرد ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت و تنها در این تیمارها بود که عملکرد دانه به بیش از ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید. در سایر تیمارها عملکرد دانه کمتر از ۱۵۳۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک بادام‌زمینی

Table 4- ANOVA for yield and traits of morhpo-physiologic of peanut

منابع تغییر S.o.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	طول غلاف Pod length	وزن خشک غلاف Dry weight of pod	ارتفاع بوته Plant height	نیتروژن کل Total nitrogen	قرائت اسپد SPAD reading	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b
سال Year (Y)	1	63860 ns	0.098 ns	40.20 ns	57.04 **	4.67 ns	2.34 ns	1.66 ns	0.661 ns
تکرار × سال Replication * Y	2	25345	0.286	636.1	49.70	0.056	195.8	20.59	8.09
آبیاری Irrigation (I)	1	2317574 **	10.36 **	16357 **	4401 **	9.98 *	1060 **	128.7 **	54.82 **
سال × آبیاری Y × I	1	28635 ns	0.0001 ns	0.011 ns	0.021 ns	0.0007 ns	3.76 ns	0.001 ns	0.0002 ns
خطای (الف) Error (a)	2	7145	0.062	90.8	0.090	0.324	4.39	0.189	0.307
کمپوست Compost (C)	1	586875 **	2.49 **	5207 **	1120 **	3.07 **	123.7 ns	25.81 **	7.71 *
سال × کمپوست Y × C	1	5400 ns	0.0002 ns	1.20 ns	0.041 ns	0.0001 ns	3.01 ns	0.001 ns	0.005 ns
آبیاری × کمپوست I × C	1	148208 *	0.002 ns	479.1 *	30.37 **	1.61 **	11.34 ns	3.93 *	1.06 ns
سال × آبیاری × کمپوست Y × I × C	1	8702 ns	0.0001 ns	1.30 ns	0.011 ns	0.0001 ns	1.76 ns	0.004 ns	0.005 ns
خطای (ب) Error (b)	2	5952	0.009	19.3	0.032	0.005	23.57	0.311	0.243
نیتروژن Nitrogen (N)	3	484472 **	0.898 **	1474 **	316.7 **	3.49 **	43.68 **	3.28 **	1.54 **
سال × نیتروژن Y × N	3	9475 *	0.0001 ns	0. 700 ns	0.120 ns	0.0007 ns	3.09 ns	0.002 ns	0.003 ns
آبیاری × نیتروژن I × N	3	22875 **	0.041 **	153.8 **	11.01 ns	0.253 **	5.87 ns	0.164 ns	0.085 ns
کمپوست × نیتروژن C × N	3	20186 **	0.018 ns	289.1 **	33.42 **	0.145 ns	8.62 ns	0.187 ns	0.150 ns
سال × آبیاری × نیتروژن Y × I × N	3	8964 *	0.0001 ns	0.001 ns	0.031 ns	0.0004 ns	1.73 ns	0.001 ns	0.003 ns
سال × کمپوست × نیتروژن Y × C × N	3	2159 ns	0.0001 ns	0.001 ns	0.070 ns	0.0004 ns	1.20 ns	0.001 ns	0.012 ns
آبیاری × کمپوست × نیتروژن I × C × N	3	6210 ns	0.019 ns	137.9 *	9.62 ns	0.038 ns	0.430 ns	0.689 ns	0.223 ns
سال×آبیاری×کمپوست×نیتروژن Y × I × C × N	3	1074 ns	0.0001 ns	0.001 ns	0.080 ns	0.0004 ns	4.51 ns	0.002 ns	0.013 ns
خطای (پ) Error (c)	58	2838	0.009	33.7	6.96	0.057 ns	3.24	0.255	0.130
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	3.85	2.64	5.16	3.71	3.96	10.73	5.55	6.19

ns، * و **: به ترتیب، غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant, significant in 5 and 1% level, respectively

در شرایط عدم آبیاری و عدم کاربرد کود نیتروژن، در سال دوم نسبت به سال اول، عملکرد دانه به میزان ۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۷). احتمالاً این موضوع ناشی از وقوع بارندگی بیشتر در طول فصل رشد در سال دوم، نسبت به سال اول بوده باشد (جدول ۳). با این وجود، در هر دو سال، در شرایط عدم آبیاری، اثر منفی کمبود آب، بواسطهٔ کاربرد نیتروژن کاهش یافت (جدول ۷). نقش کود نیتروژن در کاهش اثرات منفی کم‌آبی توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (Tran *et al.*, 2014). نتایج پژوهشی نشان داد که رشد سلول‌ها وابستگی زیادی به فراهمی آب و حفظ آماس سلولی دارد و کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش سرعت رشد و نمو سلول‌ها می‌شود (Khalid *et al.*, 2019). به نظر می‌رسد که با انجام اقداماتی همچون کاربرد کود نیتروژن می‌توان اثرات منفی تنش کم‌آبی را روی بادام‌زمینی تا حدی خنثی کرد و از این طریق، به عملکردهای قابل قبولی در این گیاه دست یافت. ضمن آنکه فراهمی نیتروژن بواسطهٔ تأثیر مثبت آن بر ساخت کلروفیل و پروتئین‌های گیاهی و توسعهٔ برگ‌های گیاه (Arshadi and Asgharipour, 2011)، می‌تواند در تولید ماده خشک بیشتر و حصول عملکردهای بالاتر مؤثر باشد.

جدول ۵- مقایسات میانگین اثر متقابل آبیاری و کمپوست بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، کلروفیل a و نیتروژن کل بادام‌زمینی

Table 5- Mean comparisons of interaction of irrigation and compost on seed yield, plant height, chlorophyll a and total nitrogen of peanut

آبیاری Irrigation	کمپوست Compost (ton/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/gFW)	نیتروژن کل Total N (%)
عدم آبیاری Non-irrigation	C1	1109 d	61.41 d	7.21 d	5.38 c
	C2	1344 c	67.12 c	8.65 c	6.00 b
اِعمال آبیاری Applying irrigation	C1	1498 b	73.83 b	9.93 b	6.29 a
	C2	1576 a	81.79 a	10.56 a	6.38 a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means that have a same letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

C1 و C2 به ترتیب عدم مصرف و مصرف ۵ تن در هکتار کمپوست هستند.

C1 and C2 are non-consumption and consumption of 5 tons compost per hectare, respectively.

جدول ۶- مقایسات میانگین اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته بادام‌زمینی

Table 6- Mean comparisons of interaction of compost and nitrogen on seed yield, plant height of peanut.

کمپوست Compost (ton/ha)	نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
C1	0	1160 f	64.58 f
	20	1256 e	66.50 ef
	40	1356 d	69.25 cd
	60	1443 c	70.16 c
C2	0	1233 e	67.91 de
	20	1450 c	74.00 b
	40	1555 b	77.50 a
	60	1603 a	78.41 a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means that have a same letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

C1 و C2 به ترتیب عدم مصرف و مصرف ۵ تن در هکتار کمپوست هستند.

C1 and C2 are non-consumption and consumption of 5 tons compost per hectare, respectively.

جدول ۷- مقایسات میانگین اثر متقابل سال، آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه بادام‌زمینی
Table 7– Mean comparisons of interaction of year, irrigation and nitrogen on seed yield of peanut

سال Year	آبیاری Irrigation	نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	عملکرد دانه seed yield (kg/ha)
2018	عدم آبیاری (Non-irrigation)	0	920 g
	عدم آبیاری (Non-irrigation)	20	1144 f
	عدم آبیاری (Non-irrigation)	40	1270 de
	عدم آبیاری (Non-irrigation)	60	1401 c
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	0	1367 c
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	20	1507 b
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	40	1618 a
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	60	1623 a
2019	عدم آبیاری (Non-irrigation)	0	1114 f
	عدم آبیاری (Non-irrigation)	20	1235 e
	عدم آبیاری (Non-irrigation)	40	1305 d
	عدم آبیاری (Non-irrigation)	60	1424 c
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	0	1385 c
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	20	1526 b
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	40	1630 a
	اِعمال آبیاری (Applying irrigation)	60	1643 a

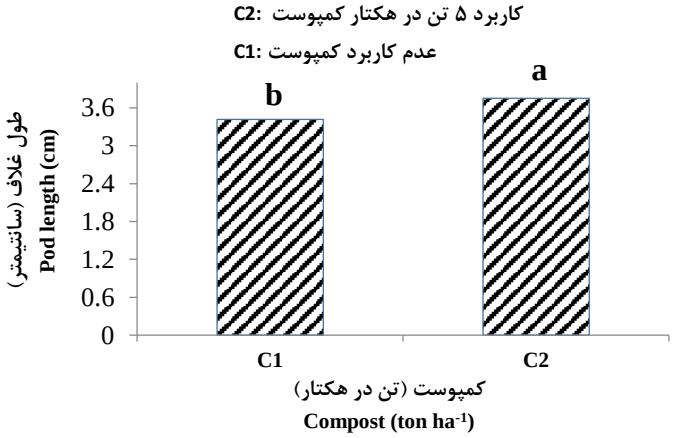
میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.
Means that have a same letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

طول غلاف

اثر کمپوست بر طول غلاف بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که کاربرد کمپوست در مقایسه با عدم مصرف آن، سبب افزایش ۹/۶۵ درصدی طول غلاف گردید (شکل ۱). به نظر می‌رسد که تیمار C2 بواسطهٔ افزایش حاصلخیزی خاک و فراهمی بهتر آب و عناصر غذایی برای گیاه، توانسته است در افزایش طول غلاف بادام‌زمینی مؤثر باشد. در همین راستا، پژوهشگران در مطالعه‌ای اظهار داشتند که با کاربرد کمپوست می‌توان محتوی مواد غذایی خاک را افزایش داد و خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشید و بدین طریق در افزایش ماده خشک قسمت‌های مختلف گیاه مؤثر بود (Kranz *et al.*, 2020). در تحقیقی دیگر، اثر مثبت کاربرد کمپوست زباله شهری بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، خصوصاً در خاک‌هایی که ساختمان نامناسبی داشته و محتوی مواد آلی آن‌ها کم است، گزارش گردید (Sánchez-Monedero *et al.*, 2019).

اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر طول غلاف بادام‌زمینی معنی-دار شد (جدول ۴). بدین‌ترتیب که بیشترین طول غلاف در تیمارهای اعمال آبیاری و کاربرد ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد و تنها در این دو تیمار بود که طول غلاف به بیش از چهار سانتی‌متر رسید. در سایر تیمارها طول غلاف کمتر

از ۳/۸۵ سانتی‌متر بود (جدول ۸). طول غلاف در سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن و شرایط اعمال آبیاری نسبت به سطوح مشابه کود نیتروژن و شرایط عدم آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و هر یک از سطوح کود نیتروژن در شرایط اعمال آبیاری، نسبت به سطوح مشابه خود در شرایط عدم آبیاری، به‌طور معنی‌داری طول غلاف بیشتری را نشان دادند. کمترین طول غلاف نیز در تیمار عدم اعمال آبیاری و عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده گردید. به‌طوری‌که طول غلاف در این تیمار حتی به سه سانتی‌متر هم نرسید و طول غلاف در این تیمار نسبت به سطح مشابه کودی و اعمال آبیاری، به‌طور معنی‌داری و به میزان ۲۵/۴ درصد کمتر بود (جدول ۸). به نظر می‌رسد که فراهمی رطوبت کافی در طول دوره زایشی بادام‌زمینی می‌تواند سبب افزایش طول غلاف آن گردد. محققین در گزارشی بیان نمودند که تنش رطوبتی بواسطهٔ کاهش رشد گیاه و به دنبال آن، کاهش طول غلاف، باعث کاهش طول دانهٔ بادام‌زمینی شده و از این طریق می‌تواند سبب اُفت عملکرد دانهٔ این گیاه گردد (Abdzad Gohari and Amiri, 2018). در مطالعه‌ای دیگر، وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول غلاف و عملکرد دانه بادام‌زمینی عنوان و اظهار گردید که افزایش طول غلاف بادام-زمینی می‌تواند در افزایش عملکرد دانهٔ آن نقش بسزایی داشته باشد (Haghpanah *et al.*, 2018).



شکل ۱- اثر کمپوست بر طول غلاف بادام‌زمینی
Figure 1- Effect of compost on pod length of peanut

جدول ۸- مقایسات میانگین اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر طول غلاف و نیتروژن کل بادام‌زمینی
Table 8– Mean comparisons of interaction of irrigation and nitrogen on pod length and total nitrogen of peanut.

آبیاری Irrigation	نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	طول غلاف Pod length (cm)	نیتروژن کل Total N (%)
عدم آبیاری Non-irrigation	0	2.95 g	5.00 d
	20	3.26 f	5.72 c
	40	3.35 e	5.97 b
	60	3.46 d	6.07 b
اِعمال آبیاری Applying irrigation	0	3.70 c	5.93 b
	20	3.84 b	6.39 a
	40	4.06 a	6.47 a
	60	4.06 a	6.56 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.
Means that have a same letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

وزن خشک غلاف

اثر متقابل سه‌گانهٔ آبیاری، کمپوست و نیتروژن بر وزن خشک غلاف بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که کمترین میزان وزن خشک غلاف در تیمار عدم آبیاری و C1 و عدم کاربرد کود نیتروژن ملاحظه شد و تنها در این تیمار بود که وزن خشک غلاف کمتر از ۸۹ گرم در متر مربع بود. در سایر تیمارها میزان وزن خشک غلاف بیش از ۹۲/۶ درصد بود. در هر دو شرایط اعمال آبیاری و عدم انجام آن، کاربرد کمپوست و کود نیتروژن سبب افزایش وزن خشک غلاف گردید. حتی در شرایط عدم آبیاری، تیمار C2 و کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شرایط C1 و کود نیتروژن باعث افزایش ۲۶/۲ درصدی میزان وزن خشک غلاف شد (جدول ۹). با این وجود، وزن خشک غلاف در شرایط C2 و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط عدم آبیاری نسبت به سطوح مشابه کمپوست و نیتروژن در شرایط انجام آبیاری، به‌طور معنی‌داری و به میزان ۳۲/۹ درصد کمتر بود. بیشترین میزان وزن خشک غلاف نیز در تیمارهای اعمال آبیاری و C2 و کاربرد ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ملاحظه شد و تنها در این دو تیمار بود که وزن خشک غلاف به بیش از ۱۴۸ گرم در متر مربع رسید (جدول ۹). به نظر می‌رسد که انجام آبیاری سبب شد تا نیتروژن جذب شده توسط گیاه، کمتر در ساقه و برگ بادام‌زمینی تجمع پیدا کرده و بیشتر به غلاف‌ها منتقل شود و این موضوع سبب افزایش وزن خشک غلاف در شرایط انجام آبیاری نسبت به شرایط عدم آبیاری گردید. محققین طی بررسی اثر مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام‌زمینی گزارش کردند که انجام آبیاری در دوره رشد گیاه بادام‌زمینی، تأثیر بسزایی در افزایش وزن غلاف دارد (Baba Zadeh *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر، محققین طی بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و اسید آسکوربیک بر رشد و عملکرد بادام‌زمینی در شرایط دیم، دریافتند که کاربرد متانول و اسید آسکوربیک در مقایسه با شرایط عدم کاربرد آنها، سبب افزایش معنی‌دار وزن غلاف‌ها در بادام‌زمینی گردید. آنها این موضوع را به تأثیر متانول و اسید آسکوربیک بر افزایش تعداد پِگ‌های بادام‌زمینی و همچنین افزایش وزن غلاف‌ها در واحد سطح نسبت دادند (Moradi Tochaie *et al.*, 2017).

جدول ۹- مقایسات میانگین اثر متقابل آبیاری، کمپوست و نیتروژن بر وزن خشک غلاف بادام‌زمینی

Table 9– Mean comparisons of interaction of irrigation, compost and nitrogen on dry weight of pod of peanut

آبیاری Irrigation	کمپوست Compost (ton/ha)	نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	وزن خشک غلاف dry weight of pod (g/m^2)
عدم آبیاری Non-irrigation	C1	0	88.58 h
		20	92.77 gh
		40	96.94 g
		60	99.48 fg
	C2	0	92.87 gh
		20	105.7 ef
		40	108.1 de
		60	111.8 de
اعمال آبیاری Applying irrigation	C1	0	111.6 de
		20	113.3 cd
		40	118.9 bc
		60	120.1 b
	C2	0	119.8 bc
		20	124.1 b
		40	148.2 a
		60	148.6 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

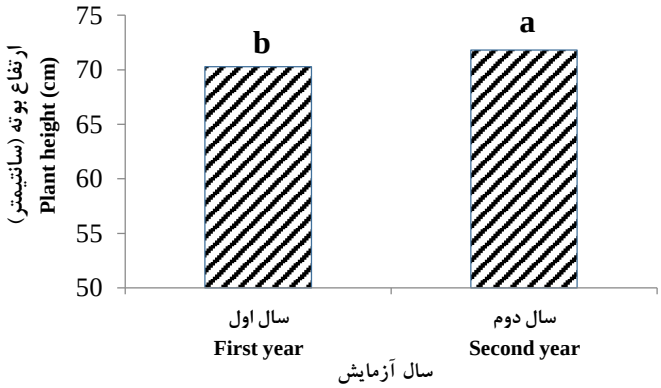
Means that have a same letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

C1 و C2 به ترتیب عدم مصرف و مصرف ۵ تن در هکتار کمپوست هستند.

C1 and C2 are non-consumption and consumption of 5 tons compost per hectare, respectively.

ارتفاع بوته

اثر سال آزمایش بر ارتفاع بوته بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که در سال اول در مقایسه با سال دوم، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری و به میزان ۲/۱۹ درصد کمتر بود (شکل ۲). به نظر می‌رسد که وقوع بارندگی بیشتر و فراهمی شرایط دمایی مناسب در طول فصل رشد در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول (جدول ۳)، باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در سال دوم و تولید ماده خشک بیشتر و به دنبال آن، افزایش ارتفاع بوته در سال دوم شده است. سایر محققین نیز در مطالعه‌ای طی بررسی بهره‌وری مصرف آب در گیاه بادام‌زمینی تحت مدارهای مختلف آبیاری، دریافتند که با افزایش فراهمی آب، ارتفاع بوته نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌گونه‌ای که در مدار آبیاری شش روز نسبت به شرایط بدون آبیاری، ارتفاع بوته به میزان ۲۰ درصد بیشتر بود (Abdzad Gohari and Amiri, 2018).



شکل ۲- اثر سال آزمایش بر ارتفاع بوته بادام‌زمینی

Figure 2- Effect of year of experiment on plant height of peanut

اثر متقابل آبیاری و کمپوست بر ارتفاع بوته بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین ترتیب که بالاترین ارتفاع بوته در تیمار اعمال آبیاری و C2 به میزان ۸۱/۷۹ سانتی‌متر مشاهده شد و فقط در این تیمار بود که ارتفاع بوته به بیش از ۸۰ سانتی‌متر رسید. در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری ارتفاع بوته نسبت به سطوح مشابه کمپوست و شرایط عدم آبیاری بطور معنی‌داری بیشتر بود. به بیان دیگر، در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری، ارتفاع بوته به بیش از ۷۳ سانتی‌متر رسید. در حالی‌که ارتفاع بوته در هر دو سطح کمپوست و شرایط عدم آبیاری، حتی به ۶۸ سانتی‌متر هم نرسید (جدول ۵). کمترین ارتفاع بوته نیز در تیمار عدم اعمال آبیاری و C1 مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که ارتفاع بوته در این تیمار کمتر از ۶۲ سانتی‌متر بود (جدول ۵). عموماً تحت شرایط تنش‌هایی همچون خشکی و شوری، ارتفاع بوته بواسطهٔ از بین رفتن آماس سلولی و تخصیص مواد فتوسنتزی به ساز و کارهای مقابله با تنش و همچنین گرایش گیاه به استفاده از مکانیسم فرار از خشکی و به دنبال آن، کوتاه شدن طول دوره رشد گیاه کاهش می‌یابد (Jose, 2002). در پژوهشی طی بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام عدس تحت تنش شوری، کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته تحت تیمارهای شوری گزارش شد (Kayad Nezami *et al.*, 2012).

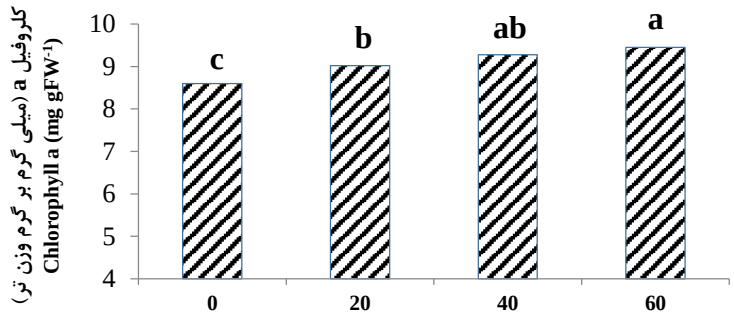
اثر متقابل کمپوست و نیتروژن بر ارتفاع بوته بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌ترتیب که بیشترین ارتفاع بوته در تیمارهای C2 و کاربرد ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود داشت و تنها در این دو تیمار بود که ارتفاع بوته به بیش از ۷۷ سانتی‌متر رسید. به‌طور کلی هر یک از سطوح کود نیتروژن در شرایط C2، نسبت به سطوح مشابه خود در شرایط C1، به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته بیشتری داشتند. کمترین ارتفاع بوته نیز به دو تیمار C1 و عدم کاربرد کود نیتروژن و نیز C1 و

کاربرد ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که کاربرد کمپوست بواسطهٔ افزایش ذخیره رطوبت خاک (Waqas *et al.*, 2014)، در افزایش ارتفاع بوته بادام‌زمینی مؤثر بوده و کاربرد آن به همراه کود نیتروژن که محرک رشد رویشی در گیاه است (Arshadi and Asgharipour, 2011)، می‌تواند سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته بادام‌زمینی گردد. محققین دیگر نیز طی بررسی واکنش کمی و کیفی بادام‌زمینی به کاربرد کود نیتروژن، افزایش معنی-دار ارتفاع بوته را طی افزایش مقادیر کود نیتروژن از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. البته در پژوهش آنها، بین مقادیر ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی-داری وجود نداشت (Mostafavi Rad *et al.*, 2016).

کلروفیل a

نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و کمپوست بر میزان کلروفیل a بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). به‌گونه‌ای که بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار اعمال آبیاری و C2 به میزان ۱۰/۵۶ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد. در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری میزان کلروفیل a نسبت به سطوح مشابه کمپوست و شرایط عدم آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود؛ به عبارت دیگر، در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری، میزان کلروفیل a به بیش از ۹/۹ میلی‌گرم بر گرم رسید. در حالی‌که میزان کلروفیل a در هر دو سطح کمپوست و شرایط عدم آبیاری، حتی به ۸/۷ میلی‌گرم بر گرم هم نرسید. کمترین میزان کلروفیل a نیز در تیمار عدم اعمال آبیاری و C1 مشاهده گردید. بدین ترتیب که میزان کلروفیل a در این تیمار حتی به ۷/۳ میلی‌گرم بر گرم هم نرسید (جدول ۵). به نظر می‌رسد که عدم فراهمی آب، بر روی فرایند ساخت کلروفیل a تأثیر منفی گذاشته و این موضوع سبب کاهش میزان کلروفیل a شده است. نتایج تحقیقی حاکی از آن است که اندازه‌گیری غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منابع اصلی فتوسنتزی (برگ‌ها) در گیاه، یک روش شناخته شده و قابل استناد است (Mansoorifar *et al.*, 2012). برخی فیزیولوژیست‌ها نیز در پژوهش‌های خود روی بررسی اثرات تنش خشکی بر مقدار کلروفیل و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در برگ‌های سه رقم گندم، افزایش مقدار کلروفیل را در ابتدای وقوع تنش خشکی و در ادامه، کاهش میزان کلروفیل را در زمان تداوم تنش گزارش کردند (Nikolaeva *et al.*, 2010). علاوه بر این، در پژوهش حاضر، کاربرد کمپوست در سطوح مختلف آبیاری نسبت به عدم کاربرد آن، سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a گردید. به نظر می‌رسد که کاربرد کمپوست توانسته است بواسطهٔ تأمین آب و مواد غذایی لازم برای ساخت کلروفیل (مانند نیتروژن) باعث افزایش مقدار آن گردد. این نتایج با یافته‌های پژوهش‌گران دیگر در توافق است. محققین دیگر نیز طی بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاه دانه تحت شرایط تنش خشکی نتیجه گرفتند که کاربرد ۳۰ تن کمپوست در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کمپوست) به‌طور معنی‌داری سبب بهبود میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها در شرایط تنش خشکی شد (Ariafar and Sirusmehr, 2017).

اثر کود نیتروژن بر میزان کلروفیل a بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که با افزایش مصرف نیتروژن، میزان کلروفیل a نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار کلروفیل a به میزان ۹/۴۵ و ۹/۲۸ میلی‌گرم بر گرم در دو تیمار ۶۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۳). کمترین میزان کلروفیل a نیز در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید. بدین ترتیب که در این تیمار، میزان کلروفیل a حتی به ۸/۷ میلی‌گرم بر گرم هم نرسید (شکل ۳). نیتروژن جزء لاینفک مولکول‌های کلروفیل بوده و فراهمی آن به میزان کافی، می‌تواند در افزایش ساخت کلروفیل مؤثر باشد (Koocheki and Sarmad Nia, 2013). در همین ارتباط، پژوهشگری در گزارش‌های خود، افزایش معنی‌دار کلروفیل a را در نخود، طی کاربرد توأم کودهای زیستی ریزوبیوم و میکوریزا گزارش کرد. وی این موضوع را به فراهمی عناصر مورد نیاز ساخت کلروفیل a (خصوصاً نیتروژن) توسط ریزوبیوم و میکوریزا نسبت داد (Arshadi, 2016).



شکل ۳- اثر نیتروژن بر روی میزان کلروفیل a بادام‌زمینی

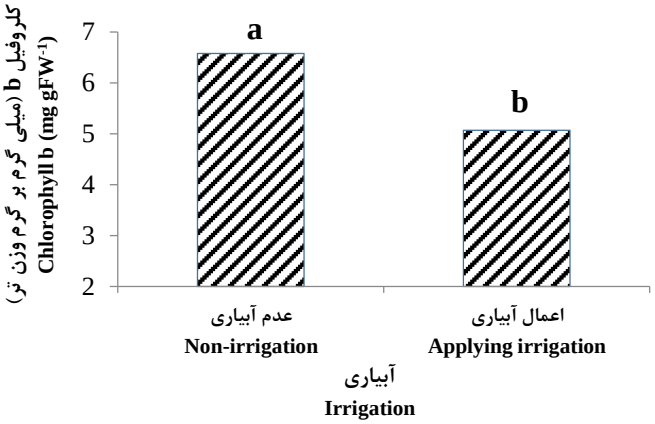
Figure 3– Effect of nitrogen on chlorophyll a of peanut

کلروفیل b

اثر آبیاری بر میزان کلروفیل b بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). به‌طوری‌که انجام آبیاری در مقایسه با عدم انجام آن، سبب افزایش ۲۲/۹ درصدی میزان کلروفیل b گردید (شکل ۴). به نظر می‌رسد که انجام آبیاری در مقایسه با عدم انجام آن، سبب ساخت بیشتر کلروفیل b و افزایش مقدار آن در برگ‌های بادام‌زمینی شده است. متخصصین علم فیزیولوژی گیاهی در آزمایشی به بررسی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام نخود زراعی در شرایط تنش خشکی پرداختند. آنها نیز کاهش محتوی کلروفیل‌های a، b و کل را طی افزایش شدت تنش گزارش کردند که این کاهش، در مقدار کلروفیل b شدیدتر بود. این پژوهشگران کاهش محتوی کلروفیل‌ها را به افزایش کاتابولیسم آنها و تخریب ساختمان رنگریزه‌های فتوسنتزی خصوصاً کلروفیل و فراهم نبودن شرایط لازم جهت سنتز کلروفیل نسبت دادند. آنها بیان نمودند که در همه ارقام مورد بررسی، با افزایش شدت تنش خشکی از مقدار کلروفیل b کاسته شد. لیکن بیشترین کاهش در تنش خشکی شدید بود (Mansoorifar *et al.*, 2012).

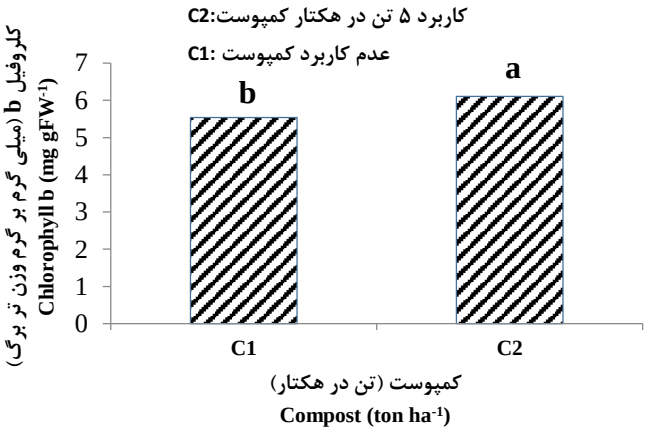
اثر کمپوست بر میزان کلروفیل b بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که تیمار C2 در مقایسه با C1، سبب افزایش معنی‌دار ۱۰/۳ درصدی در میزان کلروفیل b برگ گردید (شکل ۵). به نظر می‌رسد که کاربرد کمپوست بواسطهٔ تأمین آب و عناصر غذایی (Abbott *et al.*, 2018) توانسته است در ساخت بیشتر کلروفیل b مؤثر بوده و مصرف آن سبب افزایش قابل توجه کلروفیل b در بادام‌زمینی گردد. محقق دیگری نیز طی بررسی اثرات کمپوست پسماند شهری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک چمن تال فسکیو (*Festuca arundinaceae* Schreb) در شرایط تنش خشکی، اظهار داشت که تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار با میزان کلروفیل کلِ ۱۶/۹ میکرومول بر گرم در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در شرایط تنش خشکی شدید، به‌طور معنی‌داری در رتبه بالاتر قرار داشت و در این تیمار نسبت به سطوح مشابه، میزان کلروفیل کل کاهش کمتری از خود نشان داد (Sadat Farizani, 2019).

اثر کود نیتروژن بر میزان کلروفیل b بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که با افزایش مصرف نیتروژن، میزان کلروفیل b نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار کلروفیل b به میزان ۶/۰۷ و ۵/۹۸ میلی‌گرم بر گرم در دو تیمار ۶۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد). کمترین میزان کلروفیل b نیز در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید. بدین‌ترتیب که در این تیمار، میزان کلروفیل b حتی به ۵/۶ میلی‌گرم بر گرم هم نرسید (شکل ۶). با توجه به نقش حیاتی نیتروژن در ساختمان مولکول کلروفیل (Koocheki and Sarmad Nia, 2013)، تأثیر کاهش فراهمی آن در کاهش ساخت کلروفیل b منطقی به نظر رسیده و چنین تفسیر می‌گردد که افزایش فراهمی آن، می‌تواند در ارتقای سطح کلروفیل b در گیاه مؤثر باشد. پژوهشگر دیگری در مطالعات خود، افزایش معنی‌دار کلروفیل b را در گیاه نخود، طی کاربرد توأم کودهای زیستی ریزوبیوم و میکوریزا گزارش کرد (Arshadi, 2016).



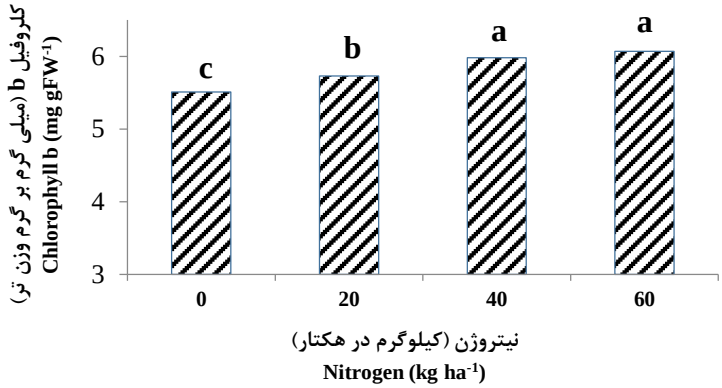
شکل ۴- اثر آبیاری بر روی میزان کلروفیل b بادام‌زمینی

Figure 4– Effect of irrigation on chlorophyll b of peanut



شکل ۵- اثر کمپوست بر روی میزان کلروفیل b بادام‌زمینی

Figure 5– Effect of compost on chlorophyll b of peanut



شکل ۶- اثر نیتروژن بر روی میزان کلروفیل b بادام‌زمینی

Figure 6– Effect of nitrogen on chlorophyll b of peanut

نیتروژن کل

بر اساس نتایج بدست آمده، نیتروژن کل تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کمپوست قرار گرفت (جدول ۴). بدین‌ترتیب که بیشترین نیتروژن کل در تیمارهای اعمال آبیاری، در شرایط C1 و C2 وجود داشت و در این دو تیمار نیتروژن کل به بیش از ۶/۲۸ درصد رسید. در دو تیمار دیگر نیتروژن کل کمتر از ۶/۰۵

درصد بود در هر دو سطح کمپوست و شرایط اعمال آبیاری نیتروژن کل نسبت به سطوح مشابه کمپوست و شرایط عدم آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در شرایط اعمال آبیاری، بین C1 و C2 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در حالی‌که در شرایط عدم آبیاری، کاربرد کمپوست نسبت به وضعیت عدم کاربرد آن، سبب افزایش معنی‌دار و ۱۱/۵ درصدی نیتروژن کل گردید. کمترین میزان نیتروژن کل نیز در تیمار عدم اعمال آبیاری و C1 مشاهده گردید. به‌طوری‌که نیتروژن کل در این تیمار کمتر از ۵/۴ درصد بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد که فراهمی آب، در جذب بیشتر نیتروژن و افزایش تجمع آن در پیکرهٔ گیاه مؤثر بوده است.

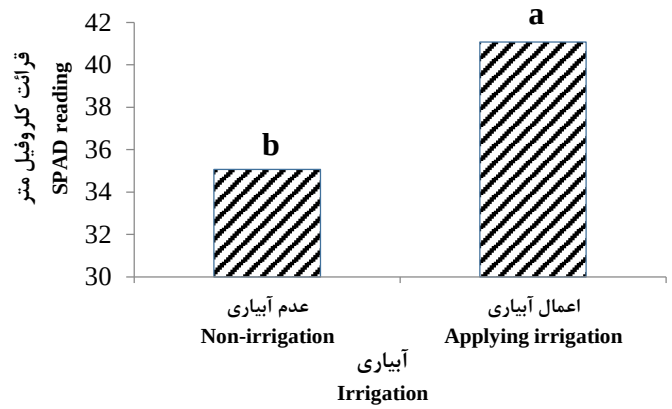
اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر میزان نیتروژن کل بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌ترتیب که بیشترین مقدار نیتروژن کل در شرایط اعمال آبیاری و کاربرد ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد و در این سه تیمار نیتروژن کل به بیش از ۶/۳۸ درصد رسید. در سایر تیمارها نیتروژن کل کمتر از ۶/۰۸ درصد بود. نیتروژن کل در سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن و شرایط اعمال آبیاری نسبت به سطوح مشابه کود نیتروژن و شرایط عدم آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و هر یک از سطوح کود نیتروژن در شرایط اعمال آبیاری، نسبت به سطوح مشابه خود در شرایط عدم آبیاری، به‌طور معنی‌داری نیتروژن کل بیشتری را نشان دادند (جدول ۸). کمترین نیتروژن کل نیز در تیمار عدم اعمال آبیاری و عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده گردید. به گونه‌ای که نیتروژن کل در این تیمار حتی به ۵/۱ درصد هم نرسید (جدول ۸). در همین راستا، پژوهشگران بیان نمودند که هنگامی‌که آب عامل محدودکننده برای رشد گیاه نیست، مصرف مقادیر زیادتر نیتروژن برای رشد گیاه سودمند خواهد بود (Zakia *et al.*, 2010). محققین دیگر گزارش کردند که با افزایش فراهمی نیتروژن برای گیاه مقدار جذب نیتروژن توسط گیاه نیز افزایش پیدا می‌کند و این موضوع می‌تواند افزایش نیتروژن کل در گیاه را به دنبال داشته باشد (Mohsennia and Jalilian, 2012).

قرائت کلروفیل‌متر

اثر آبیاری بر قرائت کلروفیل‌متر برگ بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). به‌طوری‌که انجام آبیاری در مقایسه با عدم انجام آن، سبب افزایش ۱۸/۹ درصدی قرائت کلروفیل‌متر گردید (شکل ۷). با توجه به برتری تیمار آبیاری در مقادیر کلروفیل‌های a و b نسبت به شرایط عدم آبیاری، برتری این تیمار در قرائت کلروفیل‌متر منطقی به نظر می‌رسد. عدد دستگاه کلروفیل‌متر شاخصی از میزان کلروفیل موجود در گیاه بوده و در واقع نوعی سنجش میزان سبزینگی گیاه می‌باشد (Todd *et al.*, 2005). در پژوهشی طی مطالعه اثرات تنش خشکی بر جذب و تحلیل نیتروژن در گیاه یونجه عنوان گردید که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش یافته، ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش پیدا کرد (Antolin *et al.*, 1995). ضمن اینکه افزایش، کاهش و یا عدم تغییر میزان کلروفیل برگ تحت شرایط خشکی با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، طول دوره تنش و شدت تنش خشکی متفاوت بوده و به همین دلیل گزارش‌های موجود در مورد تأثیر خشکی بر میزان کلروفیل برگ (و به دنبال آن، عدد کلروفیل‌متر) متفاوت است (Arshadi, 2016; Antolin *et al.*, 1995).

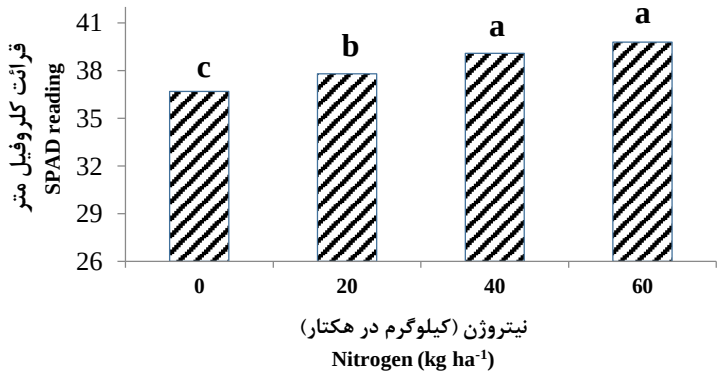
اثر کود نیتروژن بر قرائت کلروفیل‌متر بادام‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۴). بدین‌صورت که با افزایش مصرف نیتروژن، قرائت کلروفیل‌متر نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین قرائت کلروفیل‌متر به میزان ۳۹/۸ و ۳۹/۱ در دو تیمار ۶۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. کمترین میزان قرائت کلروفیل‌متر نیز در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن ملاحظه گردید. به‌طوری‌که در این تیمار، میزان قرائت کلروفیل‌متر حتی به ۳۷ هم نرسید (شکل ۸). نیتروژن جزء جداناپذیر ساختمان مولکول کلروفیل بوده و کلروفیل‌مترِ SPAD-502 نیز مقدار کلروفیل پهنک برگ را که تخمینی از مقدار نیتروژن برگ است نشان می‌دهد (Arshadi, 2016). پژوهش‌ها نشان داده است که بین قرائت‌های SPAD با مقدار کلروفیل و محتوی نیتروژن برگ رابطه خطی و مستقیمی وجود دارد (Todd *et al.*, 2005). محققین دیگر در پژوهش‌های خود طی بررسی اثر کاربرد چهار ترکیب کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود گزارش کردند که مصرف تلفیقی باکتری‌های باسیلوس (*Bacillus lentus*) و سدوموناس (*Pseudomonas putida*) و قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) سبب افزایش معنی‌دار شاخص سبزینگی که معیاری از کلروفیل برگ است، گردید. آنها این موضوع را به تأثیر مثبت باکتری‌های باسیلوس و

سدوموناس و قارچ تریکودرما بر فعالیت ریزوبیوم در محیط ریزوسفر نخود و فراهمیِ بیشتر عناصر مؤثر در ساختمان و تشکیل کلروفیل مانند منیزیم و خصوصاً نیتروژن نسبت دادند (Ghalavand *et al.*, 2012).



شکل ۷- اثر آبیاری بر روی قرائت کلروفیل‌متر بادام‌زمینی

Figure 7– Effect of irrigation on SPAD reading of peanut



شکل ۸- اثر نیتروژن بر روی قرائت کلروفیل‌متر بادام‌زمینی

Figure 8– Effect of nitrogen on SPAD reading of peanut

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های این پژوهش، کاربرد نیتروژن تا حدی اثرات منفی تنش خشکی را بر عملکرد دانه خنثی کرد و در شرایط عدم تنش، باعث بهبود عملکرد دانه شد. هرچند که بین اثربخشیِ سطوح ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این موضوع احتمالاً ناشی از توانایی گیاه بادام‌زمینی در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بوده است؛ به عبارت دیگر، احتمالاً تأمین نیتروژن مورد نیاز بادام‌زمینی تا حد ۴۰ کیلوگرم در هکتار، بواسطهٔ کاربرد نیتروژن و مابقی نیاز گیاه از طریق تثبیت بیولوژیکی آن صورت گرفته است. از این‌رو، به نظر می‌رسد که کاربرد کود نیتروژن، بیشتر از این مقدار، مازاد بر نیاز بادام‌زمینی بوده باشد. همچنین کاربرد کمپوست زباله شهری در شرایط تنش خشکی اثرات منفی کم‌آبی را کاهش داد و در شرایط عدم تنش، باعث بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه گردید؛ بنابراین به نظر می‌رسد که کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری در زراعت بادام‌زمینی می‌تواند در بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه این گیاه، خصوصاً در شرایط بدون آبیاری مؤثر باشد.

References

Abbott, L.K., Macdonald, L.M., Wong, M.T.F., Webb, M.J., Jenkins, S.N. and Farrell, M. 2018. Potential roles of biological amendments for profitable grain production-A review. *Agriculture, Ecosystem and Environment,* 256: 34-50.

Abdzad Gohari, A. and Amiri, E. 2018. Evaluations of production function and water productivity of peanut plant (*Guil cv.*) under irrigation conditions and nitrogen fertilizer. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sciences),* 32 (1): 55-66. (In Persian).

Anonymous. 2018. Information bank of database and statistic of agricultural Jihad organization of Guilan province. Ministry of Agriculture. (In Persian).

Antolin, M.C., Yoller, J. and Sanchez, M. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Science,* 107: 159-165.

Ariafar, S. and Sirusmehr, A.R. 2017. Effect of municipal waste compost on yield, essential oil percentage and some physiological characteristics of fennel flower under drought stress conditions. *Journal of Crop Improvement,* 19 (1): 42-31. (In Persian).

Arshadi, J. and Asgharipour, M.R. 2011. The Effects of seed size on germination and early seedling growth of pelleted seeds of sugar beet. *Journal of Applied Sciences Research,* 7(8): 1257-1260.

Arshadi, M.J. 2016. Investigation of the effect of seeds inoculation of chickpea (*Cicer arietinium* L.) with arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza in response to drought stress. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

Baba Zadeh, H., Abdzad Gohari, A. and Khonak, A. 2017. Effect of different amounts of water and nitrogen fertilizer on yield and yield components of peanut. *Journal of Water Research in Agriculture,* 31 (4): 571-583. (In Persian).

Belel, M.D., Halim, R.A., Rafii, M.Y. and Saud, H.M. 2014. Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: A Review. *Journal of Agricultural Science,* 6 (3): 48-62.

Dinh, H.T., Kaewpradit, W., Jogloy, S., Vorasoot, N. and Patanothai, A. 2013. Biological nitrogen fixation of peanut genotypes with different levels of drought tolerance under mid-season drought. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics,* 45 (3): 491-503.

Ghalavand, A., Mohammadi, Kh., Aghaalikhani, M., Sohrabi, Y. and Heydari, Gh. 2012. Effects of different organic and biological fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi),* 94: 41-49. (In Persian).

Gianquinto, G., Sambo, P. and Pimpini, F. 2000. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the Nitrogen supply in potato crop. International Symposium on Timing of Field Production in vegetable crops. University of Podova, Legnaro, Italy.

Governog, J., Gaskin, J., Faucette, B. and Borden, D. 2003. The compost white paper (large-scale composting in Georgia). Prepared for the Pollution Pre-Ventation Assistance Division. Department of Natural Resource Atlanta, Georgia.

Haghpanah, M., Hassanzadeh, A., Mirabadi, Z.A., Foroozan, K. and Talaee. S. 2018. Evaluation of the relationship between yield and yield components by sequential path analysis in peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 19 (2): 168-179. (In Persian).

Hargreaves, J.C., Adl, M.S. and Warman, P.R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Journal of Agriculture Ecosystem and Environment,* 123: 1-14.

Hopkins, W.G. 2004. Introduction to Plant Physiology (3rd ed.). Published in the U.S. with John Wiley and Sons. New York. 557 pp.

Jose, A.I. 2002. Package of Practices Recommendations: Crops. 12th Edition. Kerala Agricultural University, Trichur, Kerala, India. 278p.

Kayad Nezami, R., Baluchi, H.R. and Yadavi, A. 2012. Effect of foliar application of salicylic acid on yield and yield components and some physiological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik) cultivars under salinity stress. *Iranian Journal of Pulses Research*, 3 (2): 97-110. (In Persian).

Koocheki, A.R. and Sarmad Nia, Gh. 2013. Crop physiology. Ferdowsi University of Mashhad Publications. (In Persian).

Khalid, M.F., Hussain, S., Ahmad, S., Ejaz, S., Zakir, I., Ali, M.A., Ahmed, N. and Anjum, M.A. 2019. Impacts of Abiotic Stresses on Growth and Development of Plants. In Plant Tolerance to Environmental Stress. CRC Press: Boca Raton, FL, USA. P 1-8.

Kranz, C.N., Mc Laughlin, R.A., Johnson, A., Miller, G. and Heitman, L. 2020. The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils. A concise review. *Journal of Environmental Management*, 261 (110209): 1-10.

Kumar, V. 2007. Agro meteorology and Groundnut Production. WMO/CAgM Guide to Agricultural Meteorological Practices (GAMP). Interaction of water stress and mineral nutrition on growth and yield. In: Turner NC, Kramer PJ, eds., Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. John Wiley and Sons, New York.

Lichtenthaler, H. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.

Mansoorifar, S., Shaban, M. Ghobadi, M. and Sabaghpoor, S.H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. *Iranian Journal of Pulses Research*, 3 (1): 101-110. (In Persian).

Mohsennia, O. and Jalilian, J. 2012. Response of safflower seed quality characteristics to different soil fertility systems and irrigation disruption. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 5 (3): 968-976.

Moradi Tochaie, M., Seyf Zadeh, S., Zakerin, H.R. and Valad Abadi, A.R. 2017. Invisitation of the effect of foliar application of methanol and ascorbic acid on the growth and yield of peanut. *Journal of Plant Physiology*, 9 (36): 65-82. (In Persian).

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): 59-75. (In Persian).

Nikolaeva, M.K., Maevskaya, S.N. Shugaev, A.G. and Bukhov, N.G. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57 (1): 87–95.

Reddy, T.Y., Reddy, V.R. and Anbumozhi, V. 2003. Physiological responses of peanut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: A critical review. *Plant Growth Regulation*, 41: 75-88.

Sadat Farizani, M. 2019. Effect of mixing different amounts of municipal solid waste (MSW) compost with soil for improving of tolerance moisture stress in tall fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) cultivar. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

Sánchez-Monedero, M.A., Cayuela, M.L., Sánchez-García, M., Vandecasteele, B., D'Hose, T., López, G., Martínez-Gaitán, C., Kuikman, P.J., Sinicco, T. and Mondini, C. 2019. Agronomic evaluation of bio char, compost and bio char-blended compost across different cropping systems: Perspective from the European project Fertiplus. *Agronomy Journal*, 9 (5): 225.

Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F. and Schepers, J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, 97: 106-112.

Sirousmehr, A., Arbabi, J. and Asgharipour, M.R. 2014. Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Advances in Environmental Biology*, 8 (4): 880-885.

Smart, J. 1994. The groundnut crop: A scientific basis for improvement. London. Chapman and Hall. P 734.

Todd, A., Peterson, T.M., Blackmer, D.D., Francis, J. and Schepers, S. 2005. Using a chlorophyll meter to improve N management; *Soil Scientist*, G93-1171-A.

Tran, T.T., Kano-Nakata, M., Takeda, M., Menge, D., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Yamauchi, A. 2014. Nitrogen application enhanced the expression of developmental plasticity of root systems triggered by mild drought stress in rice. *Plant and Soil*, 378: 139-152.

Waqas, M., Ahmad, B., Arif, M., Munsif, F., Khan, A.L., Amin, M., Kang, S.M., Kim, Y.H. and Lee, I.J. 2014. Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mung bean. *American Journal of Plant Sciences*, 5: 2269-2276.

Zakia, I.A., Dawelbeit, S.E. and Salih, A.A. 2010. Effect of water stress and nitrogen application on grain yield of wheat. http://www.arcsudan.sd/proceedings/.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 339-357

Effect of irrigation management, municipal waste compost and nitrogen fertilizer on seed yield and some morpho-physiological traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.)

Majid Ashouri[1*], Zeinab Khoshouei[2], Hamid Reza Doroudian[1], Ebrahim Amiri[3], Naser Mohammadian Rowshan[1]

[1]Department of Agronomy, Lahijan branch, Islamic, Azad University, Lahijan, Iran
[2]PhD student of Agronomy, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
[3]Department of Water Engineering. Lahijan Branch, Islamic Azad Uneversity, Lahijan, Iran

[*]Corresponding Author: Majidashouri69@gmail.com

Received: 26 July 2021 Accepted: 22 August 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.296728.1109**

Abstract

In order to investigate the effect of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on yield and some physiological traits of peanut in both irrigated and non-irrigated conditions, an experiment was conducted as a split-split plot based on the randomized complete block design with two levels of irrigation (irrigation and non-irrigation conditions) as the main plot, two levels of compost (0.0 and 5 t/ha) as the sub plot and four levels of nitrogen fertilizer (0.0, 20, 40, and 60 kg N/ha) as sub-sub plot factor during 2018 and 2019. The results showed, application of 5 t/ha compost caused significant increase in pod length, chlorophyll b and carotenoids by 9.65%, 10.3% and 16.1%, respectively. The highest values of pod length and seed yield were observed under irrigated conditions and application of 40 and 60 kg N/ha and seed yield was increased by interaction of 5 t/ha compost × 60 kg N/ha. With increasing nitrogen consumption, the amount of chlorophyll a, chlorophyll b and SPAD reading increased significantly and the highest amount of these traits was obtained by using 60 and 40 kg N/ha. In addition, seed yield in the second year (under non-irrigation conditions and no application of nitrogen fertilizer) had a significant increase (equal to 21%) compared to the same conditions in the first year. In general, it seems that the application of 40 kg N/ha and 5 t/ha of municipal solid waste compost can improve morpho-physiological traits and seed yield in the peanut, especially under non-irrigation conditions.

Keywords: Carotenoids, Druoght stress, Leaf chlorophyll, Pod length, Seed yield

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۷۳-۳۵۹

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی بر پارامترهای ژنتیکی عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

محمد عابدینی اسفهلانی[1*]، رضا فتوت[2]

۱- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

* مسئول مکاتبه: M.abedini@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱ **DOI: 10.22034/CSRAR.2022.319815.1167**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر پارامترهای ژنتیکی عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی آفتابگردان، هیبریدهای حاصل از تلاقی هشت لاین بازگردان باروری با سه لاین نرعقیم در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه لاین × تستر نشان داد که در شرایط نرمال اثر لاین‌ها و تسترها از نظر تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. در شرایط تنش اثر لاین در مورد صفات شاخص کلروفیل، سرعت رشد اولیه و ارتفاع بوته و اثر تستر از لحاظ صفات سرعت رشد اولیه، قطر ساقه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار شد. اثر متقابل لاین × تستر فقط در مورد صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال معنی‌دار گردید. برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی صفات نشان داد که لاین‌های C122 و C123 و تستر A19 در هر دو شرایط دارای بیشترین مقدار مثبت ترکیب‌پذیری عمومی از لحاظ عملکرد دانه بودند و به عنوان والدین مطلوب برای تولید هیبریدهای مناسب در برنامه‌های اصلاحی قابل استفاده می‌باشند. برآورد هتروزیس صفات مورد بررسی نشان داد که بیشترین میزان هتروزیس عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش به ترتیب به میزان ۱۲۶/۶ و ۱۲۳/۹ درصد مربوط به هیبرید A112×C41 بود. از بین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال دو صفت قطر ساقه و قطر طبق و در شرایط تنش علاوه بر این دو صفت، صفات سرعت رشد اولیه و ارتفاع بوته هم همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند.

واژه‌های کلیدی: اثر ژن، ترکیب‌پذیری، وراثت‌پذیری، هتروزیس، هیبرید

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در جهان است که با داشتن پتانسیل سازگاری بالا در شرایط مختلف محیطی ازجمله کم‌آبی و تولید روغن با کیفیت عالی می‌تواند بخشی از نیاز شدید ایران به روغن‌های خوراکی را تأمین کند (Nezami *et al.*, 2008).

عملکرد گیاهان زراعی از جمله آفتابگردان تحت تأثیر شرایط محیطی، خصوصیات ژنتیکی گیاه و مدیریت مزرعه قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین مدیریت‌های مزرعه برای دستیابی به شرایط مطلوب رشد، تأمین آب کافی برای گیاه است تا گیاه در مراحل حساس رشد دچار تنش رطوبتی نگردد (Stone *et al.*, 2001). آب، محیط مناسبی برای فعالیت‌های بیوشیمیایی و حرکت مواد آلی و معدنی را در گیاه فراهم می‌نماید و با ایجاد آماس و تورم در سلول‌های گیاهی موجب بزرگ‌تر شدن آن‌ها و نهایتاً باعث رشد و تولید محصول می‌گردد (Blum, 2010).

آزمایش‌های به‌نژادی در زمینه افزایش عملکرد در شرایطی که محدودیت آب وجود دارد به کندی پیش می‌رود، علت آن تغییرات سال به سال میزان بارش و پراکنش فصلی آن در مناطق خشک است. به همین دلیل به نظر می‌رسد که مطالعات به‌نژادی باید بر روی صفات خاص فنولوژیکی، مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و یا مولکولی که اثر آن در افزایش عملکرد در مناطق کم آب محرز شده صورت گیرد (Kafi *et al.*, 2009).

در رابطه با تنش خشکی در آفتابگردان سه مرحله مهم پیدایش و تشکیل طبق، گرده‌افشانی و مرحله پر شدن دانه بایستی مدنظر قرار گیرند. تنش در مرحله گرده‌افشانی و پر شدن دانه‌ها سهم عمده‌ای از کاهش عملکرد دانه آفتابگردان را باعث می‌شود (Göksoy *et al.*, 2004). بروز تنش خشکی طی مرحله

گلدهی باعث خشک شدن دانه‌های گرده و کلاله مادگی و اختلال در گرده‌افشانی توسط حشرات و عدم جوانه‌زنی دانه‌های گرده بر روی کلاله می‌شود (Roshdi *et al.*, 2006).

صفت شاخص کلروفیل در آفتابگردان در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Seyed sharifi and Seyed sharifi, 2019) و ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی آفتابگردان نسبت به ارقام حساس از شاخص کلروفیل بالاتری برخوردارند (Ghaffari *et al.*, 2012). کاهش در میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌ها موجب پراکسیداسیون و تجزیه رنگیزه کلروفیل می‌شوند. در شرایط محدودیت آبی، گیاه در طی روز با بسته نگه داشتن روزنه‌ها، سعی در حفظ محتوی آب نسبی خود دارد، در این زمان انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و در این وضعیت الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، موجب تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشاء سلولی از طریق پراکسید شدن چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش محتوی کلروفیل گیاه می‌گردد (Brevedan and Egli, 2003).

ارتفاع بوته که نشانه‌ای از میزان رشد رویشی است به‌طور قابل توجهی در اثر تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد (Pekcan *et al.*, 2016). کاهش در رشد رویشی منجر به کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز می‌گردد. در این صورت، به دلیل کاهش معنی‌دار تعداد دانه و وزن آن‌ها، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Gomez-Sanchez *et al.*, 1998).

قطر ساقه از جمله صفاتی است که با عملکرد تحت شرایط تنش خشکی همبستگی بالایی دارد. قطر بیشتر ساقه، امکان تشکیل بیوماس بیشتر را تا زمان گل‌دهی به وجود می‌آورد. با افزایش بیوماس در شرایط تنش، امکان نقل و انتقال سریع‌تر و مؤثرتر مواد فتوسنتزی در حال تولید و یا ذخیره شده به دانه‌ها فراهم شده و در نهایت عملکرد دانه‌ی بیشتری حاصل می‌شود (Azarinasrabad *et al.*, 2021).

تنش خشکی در بین صفات زراعی آفتابگردان بیشترین تأثیر را بر قطر طبق دارد (Pekcan *et al.*, 2016). در پژوهشی، با در نظر گرفتن سه مرحله ظهور جوانه گل، آغاز و پایان گلدهی به عنوان مراحل بحرانی و انجام آبیاری در یک، دو یا هر سه مرحله، نتیجه‌گیری شده که عدم آبیاری در زمان آغاز گل‌دهی سبب کاهش معنی‌داری در قطر طبق می‌شود و علت حساسیت این صفت به تنش در مرحله‌ی گلدهی، به رشد تدریجی گل‌های سطح طبق در طی این دوره مرتبط بوده است (D'Andria *et al.*, 1995).

ارقام هیبرید در آفتابگردان به دلیل یکنواختی در صفات زراعی مثل رسیدگی و ارتفاع بوته، عملکرد بالا ناشی از پدیده هتروزیس کافی و مقاومت به خوابیدگی، آفات و بیماری‌ها از محبوبیت بالایی برخوردار هستند (Rezaeizad and Siahbidi, 2015). یافتن والدین مناسب برای تولید ارقام هیبرید در شرایط تنش خشکی از اهمیت بالایی برخوردار است. برای شناسایی والدین مناسب، ابتدا باید جمعیتی از لاین‌های اینبرد با قابلیت ترکیب عمومی بالا تولید شده، سپس برای شناسایی لاین‌های اینبرد دارای قابلیت ترکیب خصوصی بالا برای صفات مهم زراعی اقدام گردد (Rezaeizad *et al.*, 2018). در واقع برآورد قابلیت ترکیب لاین‌های اینبرد جدید از لحاظ صفات زراعی مهم، پیش‌شرط اصلاح هیبریدهای امیدبخش جدید است. در تحقیقی، تجزیه داده‌های حاصل از ارزیابی نتاج حاصل از تلاقی ۲۰ لاین اینبرد نرعقیم سیتوپلاسمی آفتابگردان با چهار تستر، نشان داد که درصد روغن، ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه، بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی متناسب با لاین‌های اینبرد نرعقیم و تسترها را داشتند و نشان‌دهنده برتری اجزای افزایشی برای این صفات بود (Ortis *et al.*, 2005). درصورتی‌که در پژوهش دیگری واریانس ناشی از ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و ارتفاع گیاه بسیار معنی‌دار بوده و بیانگر تأثیر ژن‌های با اثرات غالبیت در این صفات بود؛ و برای قطر طبق و وزن هزار دانه واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار نبود و بیشتر واریانس ژنتیکی در این صفات ناشی از اثرات اپیستازی بود (Göksoy and Turan, 2005). در تحقیق دیگر در شرایط مزرعه‌ای و گلدانی، عمل غیر افزایشی را برای ژن‌های کنترل‌کننده صفت محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش گزارش کرده و وراثت‌پذیری عمومی این صفت در شرایط نرمال و تنش خشکی به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۶۵ برآورده شد (Rauf *et al.*, 2009). در بررسی ژنتیک صفات فیزیولوژیک آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی ملایم و شدید، مشخص شده که در شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم، صفات دمای برگ، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و مقدار پرولین توسط ژن‌های افزایشی کنترل می‌شوند و در شرایط تنش

شدید، دمای برگ و مقدار پرولین توسط اثرات افزایشی و شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ به‌وسیله هر دو اثر افزایشی و غالبیت کنترل می‌شود (Pourmohammad *et al.*, 2014). همچنین در بررسی صفات مختلف فیزیولوژیکی در شرایط نرمال و تنش در آزمایش گلدانی، مشخص شده که سطح برگ، دمای برگ، فلورسانس کلروفیل و شاخص کلروفیل به‌عنوان صفات فیزیولوژیک کارآمد جهت انتخاب لاین‌های متحمل به خشکی قابل استفاده می‌باشند (Ghaffari *et al.*, 2012).

با توجه به اینکه زمینه ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی تأثیر قابل توجهی بر برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات دارد؛ این پژوهش به‌منظور بررسی پارامترهای ژنتیکی و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد دانه آفتابگردان در دو شرایط نرمال و تنش آبی و با استفاده از لاین‌های جدید انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بسطام واقع در ۳ کیلومتری شهرستان شاهرود (۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی، ۵۴ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ۱۳۶۶ متر ارتفاع از سطح دریا) انجام شد. بر اساس آمار بلندمدت هواشناسی میانگین حداقل، متوسط و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۸/۷، ۱۴/۷ و ۲۰/۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه بلندمدت در این منطقه ۱۵۲ میلی‌متر بود. این ایستگاه در پهنه‌بندی اقلیمی جزو اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. خاک اراضی این ایستگاه جزو خاک‌های لومی، دارای pH برابر ۷/۹ و EC برابر ۱/۴ دسی زیمنس بر متر است. در سال ۱۳۹۲، تعداد ۲۰ لاین اینبرد آفتابگردان دریافتی از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس عملکرد، اجزای عملکرد و نیز برخی صفات فیزیولوژیک، هشت لاین (جدول ۱) که از لحاظ تحمل تنش خشکی واکنش متفاوتی (حساس تا متحمل) را نشان دادند به‌منظور دورگ‌گیری‌های بعدی انتخاب شدند. در سال ۱۳۹۳ دورگ‌گیری بین هشت لاین انتخابی با سه لاین نرعقیم (CMS) به صورت طرح تلاقی لاین × تستر انجام شد. در سال بعد، ۲۴ دورگ حاصله از تلاقی به همراه ۱۱ والد و هیبرید برزگر به‌عنوان شاهد در آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. فاکتور آبیاری در کرت‌های اصلی در دو سطح نرمال (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و تنش (قطع آبیاری از مرحله ستاره‌ای شدن) و ۳۶ ژنوتیپ آفتابگردان در کرت‌های فرعی قرار داشتند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، تهیه جوی و پشته انجام و تغذیه بر اساس نتایج آزمون خاک اعمال شد. کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، یک‌سوم قبل از کاشت، بقیه طی دو تقسیط (۸-۶ برگی و قبل از مرحله ستاره‌ای) به صورت سرک مصرف شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول پنج متر، فاصله ردیف‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و تاریخ کاشت ۲۰ خرداد بود. برآورد نیاز آبی با توجه به پارامترهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار OPTIWAT مبتنی بر روش پنمن مانتیث فائو انجام و اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری با استفاده از کنتور حجمی انجام شد (Alizadeh and Kamali, 2008). روش آبیاری در این تحقیق، آبیاری قطره‌ای سطحی به فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی ۱/۶ لیتر در ساعت بوده و آبیاری هر سه روز یک بار با توجه به مقدار برآورد شده انجام گردید. حجم آب مصرفی برای تیمار نرمال و تنش به ترتیب ۶۴۲۰ و ۳۴۳۵ مترمکعب در هکتار بود. در طی آزمایش دو صفت فیزیولوژیک شاخص کلروفیل و سرعت رشد اولیه (EGR[1])، سه صفت مورفولوژیک ارتفاع بوته، قطر ساقه و قطر طبق اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها از هر کرت آزمایشی از دو خط میانی با حذف دو بوته از ابتدا و انتهای هر خط انجام شد. شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل‌متر (SPAD-502, Minolta, Japan) بر روی پنج برگ بالایی توسعه‌یافته در پایان گلدهی اندازه‌گیری و میانگین قرائت شد. به‌منظور تعیین سرعت رشد اولیه، ارتفاع پنج بوته در هر کرت، دو و چهار هفته بعد از کاشت اندازه‌گیری شد. اختلاف ارتفاع در این مقطع زمانی نمودی از سرعت رشد اولیه است. سرعت رشد اولیه از رابطه ۱ به دست آمد (Veisi-Mal-Amiri *et al.*, 2009):

1. Early Growth Rate

$$EGR = \frac{(H_2 - H_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (۱)$$

در این رابطه، H_1 و H_2 به ترتیب اندازه ارتفاع بوته در نوبت‌های اول و دوم، t_1 و t_2 زمان اندازه‌گیری ارتفاع بوته بود. قطر ساقه در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک با استفاده از کولیس و ارتفاع بوته از سطح خاک (محل طوقه) تا انتهای ساقه (زیر طبق) بر روی پنج بوته تصادفی در هر کرت اندازه‌گیری و میانگین آن ثبت شد. در زمان رسیدگی، قطر پنج طبق در هر کرت به‌صورت تصادفی توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه، بعد از رسیدگی فیزیولوژیک و تغییر رنگ (قهوه‌ای شدن) براکته‌ها، عملیات برداشت از دو خط وسط با حذف بوته‌های ابتدایی و انتهایی انجام گرفت. برداشت در دهه آخر مهرماه انجام شد. پس از خشک شدن، دانه‌ها از طبق جدا و توزین گردید. عملکرد دانه با توجه به مشخص بودن تراکم گیاهی برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. تجزیه لاین × تستر بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت (Kempthorne, 1957). برآورد درصد هتروزیس صفات نسبت به میانگین والدین (MPH[1]) با استفاده از رابطه ۲ انجام شد (Darvishzadeh, 2012):

$$MPH(\%) = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100 \quad (۲)$$

در رابطه ۲، F_1 و MP به ترتیب میانگین صفت در هیبرید مورد نظر و میانگین والدین آن هیبرید بود. در انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای EXCEL، SPSS و R استفاده شد.

جدول ۱- عملکرد دانه و کاهش عملکرد دانه لاین‌های آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی در سال ۱۳۹۲

Table 1- Grain yield and grain yield decrease of sunflower lines under non stress and water stress conditions in 2013

ردیف No.	کد لاین Line Code	عملکرد دانه Grain yield ($kgha^{-1}$)		کاهش عملکرد دانه Grain yield decrease (%)
		عدم تنش Non stress	تنش Stress	
1	R217	2816	1309	54
2	C41	516	256	50
3	C111	2147	1335	38
4	C122	1493	978	34
5	C123	1736	224	87
6	C148	2371	1143	52
7	LR32	1706	579	66
8	LR59	1391	866	38

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده ۳۶ ژنوتیپ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش آبی روی صفات شاخص کلروفیل، ارتفاع بوته، قطر طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بود ولی اثر تنش بر دو صفت سرعت رشد اولیه و قطر ساقه معنی‌دار نشد. معنی‌دار نشدن اثر تنش روی سرعت رشد اولیه منطقی به نظر می‌رسد چرا که سرعت رشد اولیه قبل از اعمال تنش اندازه‌گیری شده بود. اثر ژنوتیپ‌ها در تمام صفات و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش × ژنوتیپ برای صفات شاخص کلروفیل، ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل به این مفهوم است که صفت مذکور تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفته ولی میزان تأثیر تنش بر ژنوتیپ‌ها یکسان نبوده است. این یافته با نتایج پژوهشگران دیگر مطابقت داشت (Alavi *et al.*, 2014; Arefi *et al.*, 2015).

به منظور بررسی اثر تنش بر پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی، تجزیه لاین × تستر برای دو سطح تنش به‌صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد (جدول ۳). در تجزیه لاین × تستر، اثر لاین‌ها و تسترها در شرایط نرمال از نظر همه صفات به‌جز قطر ساقه معنی‌دار شد. در شرایط تنش اثر لاین در مورد صفات شاخص کلروفیل، سرعت رشد اولیه و ارتفاع بوته و اثر تستر از لحاظ صفات سرعت رشد اولیه، قطر ساقه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار شد. معنی‌دار بودن اثر لاین‌ها و تسترها در مورد این صفات نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی آن‌ها و وجود اثر افزایشی ژن‌ها است. اثر متقابل لاین × تستر فقط در شرایط نرمال و در مورد صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود؛ که بیانگر نقش اثر غالبیت ژن‌ها در تبیین این صفت است.

1. Mid-Parent Heterosis

جدول ۲- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی
Table 2- Analysis of variance of sunflower genotypes under normal and water stress conditions

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		شاخص کلروفیل Chlorophyll content	سرعت رشد اولیه Early growth rate	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	قطر طبق Head diameter	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	9.53	15.50	3512.75	15.78	55.00	6833074
تنش Stress (A)	1	941.67*	11.34	109606.65**	223.26	1076.91**	330328999**
خطای a Error a	2	11.28	1.71	672.85	21.24	9.08	1797351
ژنوتیپ Genotypes (B)	35	51.42**	2.39**	2977.78**	13.66**	3.97**	2123427**
تنش × ژنوتیپ A × B	35	4.45**	0.06	326.45**	1.62	1.65	630046**
خطای b Error b	140	2.43	0.07	145.23	2.13	1.46	179770
ضریب تغییرات CV (%)		3.99	10.58	7.86	7.52	8.78	17.10

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

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

در مورد صفت شاخص کلروفیل، در شرایط آبیاری کامل هر دو میانگین مربعات لاین و تستر معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی در شرایط تنش فقط میانگین مربعات لاین معنی‌دار بود و اثر لاین × تستر در هیچ کدام از شرایط معنی‌دار نبود. لذا می‌توان نتیجه گرفت که اثرات افزایشی در کنترل این صفت نقش مهمی دارند. وراثت‌پذیری عمومی این صفت در دو شرایط نرمال و تنش به ترتیب ۷۸/۸ و ۵۹/۹ درصد محاسبه شد. بر اساس تحقیقی اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت در شرایط نرمال و تنش آبی نقش داشته (Pourmohammad *et al.*, 2014) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. نقش بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت شاخص کلروفیل در گیاه نخودفرنگی نیز گزارش شده است (Hobbs and Mahon, 1985)

معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین و تستر در هر دو شرایط از نظر صفت سرعت رشد اولیه (جدول ۳) نیز بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و نقش تعیین‌کننده اثرات افزایشی در کنترل این صفت است. معنی‌دار نبودن اثر متقابل لاین × تستر بیانگر این است که اثرات غیر افزایشی در کنترل این صفت نقش بارزی ندارند. وراثت‌پذیری عمومی در دو شرایط عدم تنش و تنش به ترتیب ۷۰/۱ و ۷۹/۱ برآورد شد.

از لحاظ صفت ارتفاع بوته، میانگین مربعات لاین و تستر در هر دو شرایط نرمال و تنش معنی‌دار بود (جدول ۳) و این گویای نقش واریانس افزایشی در کنترل این صفت است. وراثت‌پذیری خصوصی این صفت در دو شرایط نرمال و تنش به ترتیب ۸۲/۹ و ۷۰/۸ برآورد گردید. محققان دیگر نیز اثر افزایشی را به‌عنوان اثر اصلی کنترل‌کننده ارتفاع بوته در شرایط آبیاری نرمال گزارش کردند (Rezaizad *et al.*, 2018; Zohdi Aghdam *et al.*, 2019). البته گزارش مبنی بر کنترل ارتفاع بوته توسط اثرات غیر افزایشی و فوق غالبیت نیز وجود دارد (Memon *et al.*, 2015).

در مورد قطر ساقه، میانگین مربعات تستر در هر دو شرایط معنی‌دار بود (جدول ۳)، لذا در هر دو شرایط تسترها از ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌داری برخوردار بودند که بیانگر نقش اثرات افزایشی در کنترل این صفت است. در تحقیق مشابهی در شرایط نرمال میانگین مربعات لاین × تستر معنی‌دار نبود و اثرات افزایشی ژن‌ها مهم‌ترین نقش را در صفت قطر ساقه داشتند (Taheri *et al.*, 2013). گزارش مبنی بر نقش هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل این صفت وجود دارد (Tabrizi *et al.*, 2012) و در بررسی دیگری واریانس افزایشی برای صفت قطر ساقه غیر معنی‌دار بود و اثرات غالبیت بیشترین نقش را در کنترل این صفت داشت (Hassanzadeh *et al.*, 2016).

قطر طبق در مقایسه با سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه در آفتابگردان، بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی و به‌ویژه تراکم بوته و طول دوره رشد قرار می‌گیرد و نقش اثر ژنتیکی در آن کمتر است (Fick, 1978). از نظر این صفت در شرایط آبیاری نرمال اثرات لاین و تستر معنی‌دار بود (جدول ۳)، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها در شرایط آبیاری نرمال معنی‌دار بود. وراثت‌پذیری خصوصی این صفت در شرایط آبیاری کامل ۴۱/۸ درصد برآورد شد (جدول ۳). در گزارشی، نقش اثرات افزایشی در کنترل این صفت نتیجه‌گیری شده (Machikowa *et al.*, 2011) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در تحقیق دیگری نقش اثرات غیر افزایشی در کنترل این صفت مهم بود (Hlandi *et al.*, 2014). در بررسی‌های دیگر هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی معنی‌دار شده است (Memon *et al.*, 2015; Rezaeizad and Siahbidi, 2015).

در شرایط آبیاری نرمال میانگین مربعات لاین، تستر و لاین × تستر و در شرایط تنش فقط اثر تستر در مورد عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳)؛ بنابراین در شرایط آبیاری نرمال تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و تسترها وجود داشته درحالی‌که در شرایط تنش تفاوت معنی‌دار فقط در ترکیب‌پذیری عمومی تسترها بود. وراثت‌پذیری عمومی عملکرد دانه در دو شرایط به ترتیب ۷۳/۹ و ۶۳/۷ درصد و وراثت‌پذیری خصوصی در شرایط عدم تنش ۳۷/۵ درصد برآورد شد (جدول ۳). کاهش وراثت‌پذیری عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به نرمال با نتایج دیگران مطابقت داشت (Awaad *et al.*, 2016; Saremi-Rad and Mostafavi, 2020). درجه غالبیت در شرایط نرمال بیانگر برتری اثرات غیر افزایشی به اثرات افزایشی ژن‌های دخیل در عملکرد دانه بود. وجود اثرات غالبیت در کنترل این صفت در شرایط بدون تنش با نتایج دیگران همخوانی داشت (Memon *et al.*, 2015). البته در پژوهش دیگری، در شرایط نرمال اثرات افزایشی ژن‌ها بیشترین نقش را در تبیین عملکرد داشته در صورتی در شرایط تنش شدید اثرات غالبیت نقش بیشتری را داشتند (Pourmohammad *et al.*, 2014). تغییرات اجزای ژنتیکی از غالبیت در شرایط نرمال به افزایشی در شرایط تنش بیانگر این است که در شرایط متفاوت رطوبتی می‌بایست از روش‌های متفاوت اصلاحی در مورد صفت عملکرد دانه استفاده کرد و با توجه به سهم بیشتر اثرات غالبیت ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه، اعمال روش‌های مبتنی بر دورگ‌گیری و تولید ارقام هیبرید با استفاده از والدین مناسب در شرایط نرمال توجیه‌پذیر است.

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی صفات مختلف لاین‌ها و تسترها در جدول ۴ درج شده است. لاین‌های C111، LR32 و LR59 در شرایط آبیاری کامل و دو لاین R217 و LR59 در شرایط تنش دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت ازلحاظ شاخص کلروفیل بودند. درحالی‌که ازنظر این صفت، تستر A196 دارای بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بود.

رشد اولیه بالا یکی از صفات مؤثر در تحمل به خشکی است (Richards, 1997). لاین R217 در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت ازنظر صفت سرعت رشد اولیه بود، در مورد تسترها نیز این مقدار به A19 اختصاص داشت (جدول ۴).

امروزه معرفی دورگ‌های آفتابگردان با ارتفاع کم برای کشت در سیستم‌های متراکم و همچنین کشت دوم، یکی از اهداف به‌نژادی آفتابگردان محسوب می‌شود (Rezaeizad and Siahbidi, 2015). از طرف دیگر به دلیل اینکه با کاهش ارتفاع مقاومت گیاه به ورس افزایش می‌یابد و برای برداشت مکانیزه نیز شرایط مناسب‌تر می‌گردد، بنابراین مقادیر منفی ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت ارتفاع بوته در شرایط نرمال مطلوب است. درحالی‌که در شرایط تنش مقادیر مثبت مطلوبیت دارد (Pourmohammad *et al.*, 2014). بررسی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها (جدول ۴) نشان داد که لاین C41 و تستر A196 دارای بهترین ترکیب‌پذیری ازنظر ارتفاع بوته در شرایط نرمال بود. ولی در شرایط تنش لاین LR32 و تستر A19 که دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بودند و به عنوان والدین مطلوب از نظر این صفت می‌باشند. در پژوهش دیگری نیز ترکیب‌پذیری عمومی مثبت ارتفاع بوته و پابلند شدن هیبریدهای حاصل از لاین نرعقیم A19 گزارش شده (Rezaeizad and Siahbidi, 2015) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها در شرایط نرمال از لحاظ صفت قطر ساقه اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی بین تسترها اختلاف معنی‌دار بود. دو تستر A19 و A196 دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بودند. در شرایط تنش لاین C123 و تستر A19 دارای ترکیب‌پذیری عمومی مطلوب از لحاظ صفت قطر ساقه بودند (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه لاین × تستر برای صفات گیاهی آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

Table 3- Line × tester analysis of variance for plant traits of sunflower under non stress and water stress conditions

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares											
		شاخص کلروفیل Chlorophyll content		سرعت رشد اولیه Early growth rate		ارتفاع بوته Plant height		قطر ساقه Stem diameter		قطر طبق Head diameter		عملکرد دانه Grain yield	
		عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress
تکرار Replication	2	9.64*	11.03*	13.57**	3.46**	155.10	1763.28**	19.71**	16.91**	40.59**	24.08**	7671669**	855269**
ژنوتیپ Genotypes	34	32.81**	23.75**	1.58**	0.92**	2541.16**	847.93**	10.29**	4.92**	3.60*	2.18**	2366543**	414244**
والدین Parents (P)	10	44.04**	37.48**	0.35**	0.28**	978.87**	791.80**	7.43**	2.74	1.81	4.47**	1169395**	631972**
والدین در مقابل دورگ‌ها P vs. C	1	398.06**	302.85**	42.14**	24.60**	49158.21**	11664.43**	107.93**	37.31**	16.99**	0.03	45818689**	2800489**
دورگ‌ها Crosses (C)	23	12.05**	5.65**	0.36**	0.17**	1193.59**	402.05**	7.28**	4.46**	3.80*	1.28	997818**	215830**
لاین Lines (L)	7	23.93**	15.23**	0.41**	0.21**	998.94**	377.90**	4.75	3.01	5.58*	1.55	1107066**	119997
تستر Testers (T)	2	24.68**	0.61	1.94**	0.90**	8864.51**	2926.68**	50.59**	29.02**	8.82*	0.88	2672145**	1525610**
لاین × تستر L × T	14	4.30	1.57	0.10	0.04	195.07	53.46	2.36	1.67	2.19	1.20	704004**	76634
خطا Error	68	2.57	2.34	0.10	0.03	152.14	123.09	2.74	1.53	1.96	1.00	293440	74909
واریانس افزایشی Additive variance		2.609	1.168	0.079	0.040	314.51	99.52	3.988	2.291	0.53	-	140778.271	43326.88
واریانس غالبیت Dominance variance		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136854.63	-
درجه غالبیت Degree of dominance		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.39	-
وراثت‌پذیری عمومی Broad sense heritability (%)		78.8	59.9	70.1	79.1	86.6	70.8	81.4	81.8	48.1	-	73.9	63.7
وراثت‌پذیری خصوصی Narrow sense heritability (%)		64.5	59.9	69.8	76.0	82.9	70.8	81.4	81.8	41.8	-	37.5	62.9

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

*and**: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

قطر طبق از عوامل مؤثر بر عملکرد دانه در آفتابگردان محسوب می‌شود. افزایش قطر طبق از طریق بالا بردن تعداد دانه‌های طبق، عملکرد را افزایش می‌دهد (Göksoy *et al.*, 2004). در هر دو شرایط نرمال و تنش لاین C122 و تستر A19 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت برای صفت قطر طبق بودند (جدول ۴) و جهت افزایش این صفت به‌عنوان والدین مناسب قابل‌استفاده می‌باشند.

در مورد عملکرد دانه، لاین‌های C122 و C123 و تستر A19 در هر دو شرایط دارای بیشترین مقدار مثبت ترکیب‌پذیری عمومی بودند (جدول ۴) و جهت افزایش این دو صفت به‌عنوان والدین مطلوب برای تولید هیبریدهای مناسب در برنامه‌های اصلاحی قابل‌استفاده می‌باشند. برتری لاین نرعقیم A19 به‌عنوان یک تستر با ترکیب‌پذیری عمومی بالا جهت استفاده در برنامه‌های تولید هیبرید در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Khani *et al.*, 2005; Arefi *et al.*, 2015).

همان‌طوری که در جدول تجزیه لاین تستر (جدول ۳) مشاهده شد در مورد پنج صفت مورفوفیزیولوژیک اندازه‌گیری شده، اثرات لاین × تستر که بیانگر اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی است معنی‌دار نشد؛ بنابراین ترکیب‌پذیری خصوصی برای آن‌ها برآورد نشد. برآورد و آزمون ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدها از نظر عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که دامنه ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای آفتابگردان در شرایط آبیاری نرمال بین ۱۰۳۸/۲۵- برای تلاقی A196×C41 تا ۷۴۹/۹۷ برای تلاقی A196×C41 متغیر بود. در شرایط تنش، تلاقی A112×C111 تنها هیبرید دارای ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار بود؛ بنابراین استفاده از دو هیبرید A196×C41 و A112×C111 به ترتیب در شرایط نرمال و تنش که دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت معنی‌داری بودند می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی سبب افزایش واریانس غیر افزایشی ژن‌ها شده و به تهیه‌ی هیبرید برتر کمک کنند.

جدول ۴- ترکیب‌پذیری عمومی صفات گیاهی لاین‌های آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

Table 4- General combining ability of lines and testers for plant traits of sunflower under non stress and water stress conditions

لاین/تستر Lines/testers	شاخص کلروفیل Chlorophyll content		سرعت رشد اولیه Early growth rate		ارتفاع بوته Plant height		قطر ساقه Stem diameter		قطر طبق Head diameter		عملکرد دانه Grain yield	
	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress
R217	0.36	1.84**	0.23*	0.19**	-4.41	0.61	-1.28	-0.45	-1.25**	-0.51	-134.20	63.59
C41	-0.80	-0.99	-0.22*	-0.05	-10.85**	-8.94*	0.58	0.03	0.33	0.21	215.68	-14.61
C111	1.96**	0.65	0.00	-0.02	2.07	0.83	-0.59	-0.41	0.80	0.08	-134.92	66.00
C122	-0.89	0.37	0.20	0.15*	-4.96	-0.39	-0.32	-0.29	0.84	0.50	355.43	85.79
C123	-0.64	0.84	-0.28*	-0.22**	-8.41*	-7.17	0.66	0.97**	0.06	-0.24	345.43	81.48
C148	-2.92**	2.10**	-0.19	-0.21**	-5.30	-1.94	0.74	0.30	0.60	0.45	294.53	39.21
LR32	1.52**	0.62	0.00	0.07	17.48**	11.06**	0.45	0.58	-0.78	0.12	-437.34*	-67.14
LR59	1.40**	1.19*	0.26*	0.09	14.37**	5.94	-0.24	-0.73	-0.60	-0.62	-504.62**	-254.31**
SE(GCA)	0.53	0.51	0.11	0.06	4.11	3.70	0.55	0.41	0.47	0.33	180.57	91.23
SE(gi-gj)	0.76	0.72	0.15	0.09	5.81	5.23	0.78	0.58	0.66	0.47	255.36	129.02
A112	-1.16**	0.13	-0.14*	-0.10**	-2.35	-2.47	0.09	0.06	-0.40	-0.17	21.49	-117.90*
A19	0.44	0.05	0.33**	0.022**	20.29**	12.07**	1.41**	1.07**	0.70*	0.21	322.41**	289.48**
A196	0.72*	-0.18	-0.18**	-0.12**	-17.93**	-9.60**	1.49**	-1.13**	-0.29	-0.04	-343.90**	-171.58**
SE(GCA)	0.33	0.31	0.06	0.04	2.52	2.26	0.34	0.25	0.29	0.20	110.57	55.87
SE(gi-gj)	0.46	0.44	0.09	0.05	3.56	3.21	0.48	0.36	0.40	0.29	156.38	79.01

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

*and**: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

میانگین مربعات والدین در مقابل دورگ‌ها برای صفات مختلف در دو شرایط آبیاری (جدول ۳) معنی‌دار بود که گویای وجود هتروزیس (اعم از مثبت یا منفی) است. وجود هتروزیس در مورد صفات مختلف آفتابگردان در پژوهش‌های متعدد گزارش شده است (Darvishzadeh, 2012; Kulkarni and Supriya, 2017). درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین صفات

مختلف هیبریدهای آفتابگردان در شرایط آبیاری نرمال و تنش در جدول ۶ آورده شده است. بررسی میانگین هتروزیس صفات نشان داد که کمترین و بیشترین هتروزیس صفات به ترتیب مربوط به قطر طبق در شرایط تنش (۰/۰ درصد) و سرعت رشد اولیه در شرایط نرمال (۷۳/۳ درصد) بود. در مورد همه صفات مورد بررسی میانگین هتروزیس صفات در شرایط تنش نسبت به نرمال کاهش داشت که با نتایج پژوهش دیگران مطابقت دارد (Darvishzadeh, 2012). برای صفت شاخص کلروفیل هتروزیس‌های معنی‌دار در هر دو شرایط رطوبتی مثبت بوده و بیانگر این است که در نتاج F_1، شاخص کلروفیل بیشتر از میانگین والدین بوده است. بیشترین مقدار هتروزیس مربوط به هیبرید A112×C41 به میزان ۲۱/۸ درصد در شرایط نرمال بود. هتروزیس مثبت شاخص کلروفیل نشان دهنده برتری هیبریدها نسبت به والدین از لحاظ میزان کلروفیل بوده که باعث افزایش میزان فتوسنتز و تجمع بیشتر آسیمیلات در هیبریدها می‌گردد (Ali *et al.*, 2014). در بررسی گلخانه‌ای هیبریدهای آفتابگردان نیز هتروزیس مثبت شاخص کلروفیل گزارش شده است (Darvishzadeh, 2012).

جدول ۵- ترکیب‌پذیری خصوصی عملکرد دانه هیبریدهای آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

Table 5- Specific combining ability of hybrids in sunflower for grain yield under non stress and water stress conditions

هیبرید Hybrid	A112		A19		A196	
	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress
R217	-214.48	-106.52	-10.57	173.40	225.04	-66.88
C41	288.28	-185.99	-1038.25**	-38.40	749.97*	224.39
C111	228.38	316.50*	67.79	-24.88	-296.17	-291.63
C122	-372.21	3.94	402.10	17.80	-29.89	-21.75
C123	-46.61	5.02	258.17	-77.89	-211.56	72.86
C148	-208.21	-105.01	-91.00	55.05	299.21	49.96
LR32	64.47	12.71	-31.12	-30.50	-33.34	17.79
LR59	260.38	59.34	442.89	-74.60	-703.27*	15.25
SE(SCA)	312.752	158.018				
$SE(s_{ij}-s_{kl})$	442.298	223.471				

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

*and**: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

پابلند شدن هیبریدهای آفتابگردان نسبت به والدین در پژوهش‌های متعدد گزارش شده است (Darvishzadeh, 2012; Kulkarni and Supriya, 2017). در این تحقیق نیز هتروزیس دو صفت سرعت رشد اولیه و ارتفاع بوته در مورد همه هیبریدها مثبت بود (جدول ۶) بنابراین ارتفاع بیشتر به خصوص در مراحل اولیه رشدی در تمام هیبریدها نسبت به والدین محرز گردید.

میانگین هتروزیس عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش به ترتیب ۵۰/۲ و ۳۹/۷ درصد برآورد شد (جدول ۶) که نشان دهنده کاهش هتروزیس در شرایط تنش نسبت به نرمال بود. کاهش هتروزیس عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به نرمال با نتایج دیگران مطابقت داشت (Awaad *et al.*, 2016). بیشترین میزان هتروزیس عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش به ترتیب به میزان ۱۲۶/۶ و ۱۲۳/۹ درصد، مربوط به هیبرید A112×C41 بود (جدول ۶).

در برنامه‌های به‌نژادی عدم توجه به ارتباط بین صفات مختلف و انتخاب برای یک صفت بدون توجه به سایر صفات نتایج مطلوبی در بر نخواهد داشت و برای گزینش بهتر، توجه به همبستگی‌های بین صفات مورد تأکید قرار گرفته است (Bhatt, 1973). با توجه به ماتریس ضرایب همبستگی صفات بررسی‌شده در شرایط نرمال و تنش (جدول ۷)، از بین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال دو صفت قطر ساقه و قطر طبق و در شرایط تنش چهار صفت سرعت رشد اولیه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و قطر طبق همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه داشت. قطر ساقه با ارتفاع بوته در هر دو شرایط رطوبتی همبستگی بالایی را نشان داد. معنی‌دار بودن همبستگی ارتفاع بوته با قطر ساقه در بررسی دیگران نیز گزارش شده است (Safavi *et al.*, 2011).

جدول ۶- درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین صفات مختلف هیبریدهای آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

Table 6- Percentage of mid-parent heterosis of different traits of sunflower hybrids under non stress and water stress conditions

تلاقی Cross	شاخص کلروفیل Chlorophyll content		سرعت رشد اولیه Early growth rate		ارتفاع بوته Plant height		قطر ساقه Stem diameter		قطر طبق Head diameter		عملکرد دانه Grain yield	
	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress	عدم تنش Non stress	تنش Stress
A112×R217	9.0	17.2*	78.7**	66.9**	39.3**	13.3	4.9	7.3	- 2.5	-4.3	28.2	8.5
A112×C41	21.8**	19.1**	77.5**	92.1**	53.3**	26.0**	28.5**	10.4	14.0	11.7	126.6**	123.9**
A112×C111	15.2**	9.0*	65.4**	59.6**	31.2**	15.9	9.9	12.2	7.8	0.6	48.2**	76.8*
A112×C122	21.3**	19.5**	100.5**	81.0**	43.7**	22.5	16.2	9.2	3.9	- 3.5	31.1	21.3
A112×C123	14.8**	18.3**	77.5**	60.9**	49.9**	25.6**	17.0*	23.8**	10.0	2.2	84.3**	108.2
A112×C148	13.3**	19.7**	60.0**	58.4**	30.6**	19.6*	12.3	9.1	10.6	- 1.5	55.8**	9.9
A112×LR32	16.4**	13.9**	61.6**	64.3**	41.6**	30.6**	10.7	4.9	-1.4	0.3	42.5*	28.7
A112×LR59	16.8**	10.7**	100.2**	87.3**	48.1**	29.0**	19.11*	8.3	5.5	1.4	58.8**	65.2
A19×R217	3.8	11.6**	56.0**	43.4**	28.9**	11.2	0.1	- 0.8	- 1.5	-2.7	36.9*	21.6
A19×C41	11.8*	12.0**	92.1**	80.0**	43.2**	24.0**	19.0*	12.0	8.4	11.3	64.1**	90.0
A19×C111	8.4	5.7	66.7**	48.2**	38.1**	15.5	8.3	8.1	10.1	3.8	48.9**	27.6
A19×C122	20.2**	10.0*	79.9**	73.2**	31.9**	15.3	15.6	7.6	24.3**	-1.7	57.2**	19.4
A19×C123	11.3*	8.3*	69.7**	60.5**	39.6**	15.4	16.4	10.7	12.1	-14.0	96.9**	67.5*
A19×C148	13.2**	7.1	65.0**	46.0**	31.3**	14.2	15.4	7.3	8.6	- 1.4	60.4**	21.1
A19×LR32	17.2**	10.9**	58.5**	62.3**	45.2**	21.8*	6.2	12.6	1.8	- 4.4	38.8*	21.8
A19×LR59	10.3*	7.1	78.0**	64.8**	51.0**	21.3*	15.5	7.9	14.2	- 2.8	61.6**	29.1
A196×R217	5.7	11.5**	64.3**	59.2**	13.3	4.0	4.3	- 1.4	-5.2	-11.2	20.7	- 9.6
A196×C41	15.6**	10.7*	107**	114.3**	29.5**	28.5**	17.6*	7.0	10.9	18.2	100.3**	107.5**
A196×C111	8.1	2.4	50.5**	53.8**	5.8	2.1	- 3.5	2.3	0.3	-12.1	6.4	-19.1
A196×C122	-1.2	-0.1	74.3**	69.5**	12.6	12.7	6.5	0.7	2.7	15.3	46.1*	54.3
A196×C123	6.6	11.8**	53.8**	48.1**	15.0	18.0*	20.1*	8.9	-3.6	-4.0	45.9*	56.6
A196×C148	16.4**	9.5*	70.5**	45.5**	17.8*	12.7	12.3	6.9	6.5	-6.3	47.0*	0.4
A196×LR32	21.0**	9.7*	76.8**	63.2**	20.6*	20.9*	2.8	3.4	- 0.4	3.7	12.9	1.5
A196×LR59	7.1	2.3	74.8**	61.9**	16.8*	13.0	- 2.3	- 10.6	- 5.9	2.4	-9.2	19.1
میانگین Mean	12.7	10.8	73.3	65.2	32.5	18.1	11.4	7.0	5.5	0.0	50.2	39.7
LSD 5%	9.74	8.03	32.49	24.25	16.27	17.17	16.50	14.98	15.93	18.62	35.95	62.76
LSD 1%	12.99	10.72	43.35	32.35	21.71	22.91	22.02	19.99	21.26	24.84	47.97	83.74

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

*and**: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

ضریب همبستگی عملکرد دانه با ارتفاع بوته در شرایط آبیاری نرمال معنی‌دار نبود درصورتی‌که در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه وجود داشت؛ و این ضرورت استفاده از ارقام پابلند را در شرایط تنش نشان می‌دهد. با توجه به معنی‌دار بودن ضریب همبستگی بین سرعت رشد اولیه با ارتفاع بوته، می‌توان استنباط کرد که ژنوتیپ‌هایی که با استفاده از شرایط رطوبتی مطلوب در اوایل فصل، سرعت رشد اولیه بیشتری دارند با افزایش ارتفاع و بیومس تولیدی نهایی، از طریق مکانیسم‌هایی مثل انتقال مجدد، تولید عملکرد دانه بیشتری را خواهند داشت. این یافته با نتایج بر روی گندم مطابقت داشت (Slafer and Araus, 1998). وقتی خشکی آخر دوره رشد، تولید محصول گندم را تهدید می‌کند، گزینش ارقام و لاین‌هایی با قدرت رشد اولیه زیاد که بتوانند از رطوبت کافی مراحل اولیه رشد استفاده کنند، می‌تواند به تولید عملکرد دانه بیشتری منجر شود.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات گیاهی آفتابگردان در شرایط آبیاری معمول (بالای قطر جدول) و تنش خشکی (پایین قطر جدول)
Table 7- Simple correlation coefficients between traits of sunflower under non stress (above diameter) and water stress (under diameter) conditions

	شاخص کلروفیل Chlorophyll content	سرعت رشد اولیه Early growth rate	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	قطر طبق Head diameter	عملکرد دانه Grain yield
شاخص کلروفیل Chlorophyll content	1.00	0.39	0.30	- 0.17	0.06	- 0.25
سرعت رشد اولیه Early growth rate	0.47*	1.00	0.71**	0.28	0.17	0.13
ارتفاع بوته Plant height	0.38	0.74**	1.00	0.65**	0.20	0.22
قطر ساقه Stem diameter	- 0.08	0.36	0.57**	1.00	0.44*	0.62**
قطر طبق Head diameter	- 0.35	0.00	0.23	0.20	1.00	0.71**
عملکرد دانه Grain yield	- 0.12	0.50*	0.57**	0.60**	0.47*	1.00

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

*and**: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به برآورد پارامترهای ژنتیکی در شرایط آبیاری نرمال صفات شاخص کلروفیل، سرعت رشد اولیه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و قطر طبق تحت کنترل اثر افزایشی ژن‌ها و صفت عملکرد دانه تحت کنترل اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌ها بودند. در شرایط تنش خشکی، همه صفات مورد مطالعه تحت کنترل اثر افزایشی ژن‌ها بودند. با توجه به نتایج ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و وراثت‌پذیری صفات می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای اصلاح صفات سرعت رشد اولیه، ارتفاع بوته و قطر طبق که در شرایط تنش با عملکرد نیز همبستگی معنی‌داری را نشان دادند می‌توان از روش‌های گزینش استفاده کرد و برای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش از روش هیبرید بهره برد. برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها از لحاظ صفات مورد بررسی نشان داد که لاین‌های C122 و C123 و تستر A19 در هر دو شرایط آبیاری، دارای بیشترین مقدار مثبت ترکیب‌پذیری عمومی از لحاظ عملکرد دانه بود و به عنوان والدین مطلوب برای تولید هیبریدهای مناسب در برنامه‌های اصلاحی قابل استفاده می‌باشند. با بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی ۲۴ هیبرید جدید از لحاظ عملکرد دانه می‌توان دو هیبرید A196×C41 و A112×C111 را به ترتیب برای شرایط نرمال و تنش، به عنوان مطلوب‌ترین ترکیب معرفی کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) به خاطر ایجاد تسهیلات و مساعدت در انجام این پژوهش و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به جهت تأمین بذر، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Alavi, S.R., Darvishzadeh, R., Valizadeh, M., Moghadam, M., Farrokhib, I., Basirnia, A. and Pirzad, A. 2014. Evaluation of drought tolerance indices in various sunflowers cultivars (*Helianthus annuus* L.). *Research in Field Crops*, 2: 16-27. (In Persian).

Ali, Q., Ahsan, M., Ali, F., Ali, A., Kanwal, N., Naseem, Z., Zahid, K.R., Nasir, I.A. and Husnain, T. 2014. Genetic correlation and hybrid vigor for physiological traits of *Zea mays*. *Nature and Science*, 12: 50-59.

Alizadeh, A. and Kamali, G.A. 2008. Crops Water Requirements in Iran. Emam Reza University Press, Mashhad, Iran. (In Persian).

Arefi, S., Nabipour, A. and Samizadeh, H. 2015. Evaluation of combining ability of sunflower lines based on line× tester analysis under water stress and non-stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 7: 115-25. (In Persian).

Awaad, H.A., Salem, A.H., Ali, M.M.A. and Kamal, K.Y. 2016. Expression of heterosis, gene action and relationship among morpho-physiological and yield characters in sunflower under different levels of water supply. *Journal of Plant Production*, 7(12): 1523-1534.

Azarinasrabad, A., Mousavinik, S., Galavi, M., Beheshti, S. and Siroosmehr, A. 2021. Effect of drought stress at different growth stages on dry matter remobilization in grain sorghum genotypes. *Crop Science Research in Arid Regions*, 2(2): 167-177. (In Persian).

Bhatt, G. 1973. Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character association. *Euphytica*, 22: 338-343.

Blum, A. 2010. Plant Breeding for Water Limited Environments. New York: Springer-Verlag

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: 2083-2088.

D'Andria, R., Chiaranda, F.Q., Magliulo V. and Mori, M. 1995. Yield and soil water uptake of sunflower sown in spring and summer. *Agronomy Journal*, 87: 1122-1128.

Darvishzadeh, R. 2012. Phenotypic and molecular marker distance as a tool for prediction of heterosis and F1 performance in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 6(4): 732-738.

Fick, G.N. 1978. Breeding and genetics. *Sunflower Science and Technology*, 19: 279-338.

Ghaffari, M., Toorchi, M., Valizadeh, M. and Shakiba, M.R. 2012. Morpho-physiological screening of sunflower inbred lines under drought stress condition, *Turkish Journal of Field Crops*, 17: 185-190.

Göksoy, A. and Turan, Z. 2005. Combining abilities of certain characters and estimation of hybrid vigour in sunflower (*Helianthus annuus* L). *Acta Agronomica Hungarica*, 52: 361-368.

Göksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Dagusta, N. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*, 87: 167-178.

Gomez-Sanchez, D., Vannozzi, G.P., Baldini, M., Tahmasebi Enferadi, S. and Delle Vedove, G. 1998. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. *Italian Journal of Agronomy*, 2(2): 101-110.

Hassanzadeh, F., Toorchi, M., Moghadam Vahed, M., Aharizad, S. and Ghaffari, M. 2016. Evaluation of the combining abilities and gene effects of agronomic traits in sunflower inbred lines (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 6(20): 97-109.

Hladni, N., Miklič, V., Jocić, S., Kraljević-Balalić, M. and Škorić, D. 2014. Mode of inheritance and combining ability for plant height and head diameter in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genetika*, 46: 159-168.

Hobbs, S.L.A. and Mahon, J.D. 1985. Inheritance of chlorophyll content, ribulose-l, 5-bisphosphate carboxylase activity, and stomatal resistance in peas 1. *Crop Science*, 25(6): 1031-1034.

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A. and Nabati, J. 2009. Environmental Stress on Plant Physiology. Jihad Daneshgahi Publication, Iran. (In Persian).

Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics, John Wiley and Sons Inc., New York, NY.

Khani, M., Daneshian, J., Zeinali Khaneghah, H. and Ghannadha, M.R. 2005. Genetic analysis of yield and its components using line× tester cross design in sunflower inbred lines under the stress and non-stress drought conditions. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36(2): 435-445. (In Persian).

Kulkarni, V.V. and Supriya, S. 2017. Heterosis and combing ability studies for yield and yield component traits in sunflower (*Helianthus annuus*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6: 3346-3357.

Machikowa, T., Saetang, C. and Funpeng, K. 2011. General and specific combining ability for quantitative characters in sunflower. *Journal of Agricultural Science*, 3: 91-95.

Memon, S., Baloch, M.J., Baloch, G.M. and Jatoi, W.A. 2015. Combining ability through line × tester analysis for phenological, seed yield, and oil traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*, 204: 199-209.

Nezami, A., Boroumand Rezazadeh, Z. and Hosseini, A. 2008. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. *Desert*, 12: 99-104.

Ortis, L., Nestares, G., Frutos, E. and Machado, N. 2005. Combining ability analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 28: 125-134.

Pekcan, V., Evci, G., Yilmaz, M.I., Nalcaiyi, A.S.B., Erdal, Ş.Ç., Cicek, N., Ekmekci, Y. and Kaya, Y. 2016. Effects of drought on morphological traits of some sunflower lines. *Ekin Journal of Crop Breeding*, 2: 54-68.

Pourmohammad, A., Toorchi, M., Alavikia, S.S. and Shakiba, M.R. 2014. Genetic analysis of yield and physiological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under irrigation and drought stress. *Notulae Scientia Biologicae*, 6: 207-213.

Rauf, S., Sadaqat, H.A., Khan, I.A. and Ahmed, R. 2009. Genetic analysis of leaf hydraulics in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. *Plant, Soil and Environment*, 55(2): 62-69.

Rezaeizad, A. and Siahbidi, A.Z. 2015. Combining ability of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines for important agronomic traits. *Seed and Plant Improvement Journal*, 31(2): 293-306. (In Persian).

Rezaizad, A., Parvin, S. and Shoshtari, L. 2018. Genetic analysis of yield and its components in sunflower lines under normal and drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1): 93-105. (In Persian).

Richards, R.A. 1997. Defining selection criteria to improve yield under drought. pp. 79-88. In: Belhassen, E. (ed.). Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

Roshdi, M., Heidari, S.H., Karimi, M., Nourmohammadi, G. and Darvish, F. 2006. A survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1): 109-121. (In Persian).

Safavi, A., Pourdad, S.S. and Moghaddam, M.J. 2011. Identification of drought resistant genotypes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed and Plant Improvement Journal*, 27-1(2): 129-148. (In Persian).

Saremi-Rad, A. and Mostafavi, K. 2020. Genetic diversity study of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes for agro-morphological traits under normal and drought stress conditions. *Journal of Plant Productions*, 43(2): 227-240. (In Persian).

Seyed sharifi, R. and Seyed sharifi, R. 2019. Effects of bio fertilizers application on yield, oil content and antioxidant enzymes activity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in different irrigation withholding levels. *Journal of Plant Process and Function*, 8(29): 97-107. (In Persian).

Slafer, G. and Araus, J. 1998. Improving wheat responses to abiotic stresses. In: Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium, 1: 201-213.

Stone, L.R., Goodrum, D.E., Jaafar, M.N. and Khan, A.H. 2001. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal*, 93: 1105-1111.

Tabrizi, M., Hassanzadeh, F., Moghaddam, M., Alavikia, S., Aharizad, S. and Ghaffari, M. 2012. Combining ability and gene action in sunflower using line tester method. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 2: 35-44.

Taheri, M.T., Alavikia, S., Moghaddam Vahed, M., Aharizad, S. and Ghaffari, M. 2013. Study of the inheritance of agronomic characters using line × tester crosses in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Applied Crop Breeding*, 1(2): 131-144. (In Persian).

Veisi-Mal-Amiri, I., Haghparast, R., Aghaei-Sarbarzeh, M., Farshadfar, E. and Rajabi, R. 2009. Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgar*) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. *Journal of Seed and Plant Breeding*, 1-26(1): 43-60. (In Persian).

Zohdi Aghdam, M., Darvish Kojouri, F., Ghaffari, M. and Ebrahimi, A. 2019. Genetic analysis of morpho-physiological characteristics of sunflower under optimum and limited irrigation conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(2): 331-346. (In Persian).

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 359-373

The effect of drought stress on genetic parameters of yield and some morphophysiological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

Mohammad Abedini Esfahlani[1*], Reza Fotovat[2]

[1]Field and Horticultural Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province (Shahrood), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran
[2]Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

[*]Corresponding Author: M.abedini@areeo.ac.ir

Received: 14 December 2022 Accepted: 21 January 2022 **DOI: 10.22034/CSRAR.2022.319815.1167**

Abstract

To study the effect of drought stress on genetic parameters of yield and some morphophysiological traits of sunflower, the hybrids obtained from the cross of eight restorer lines with three sterile male lines and two normal irrigation and drought stress conditions were evaluated in a split-plot experiment based on randomized complete block design with three replications. The results of line × tester analysis showed that under normal conditions, line and tester effects were significant for all studied traits. Under stress conditions, the effect of lines was significant in chlorophyll index, initial growth rate, and plant height and the effects of tester were significant in early growth rate, plant height, stem diameter, and grain yield. Estimation of the effects of general combining ability of traits showed that two lines, C122, C123, and A19 tester had the highest positive combining ability in grain yield and could be used as good parents for producing suitable hybrids in breeding programs. Estimation of heterosis of the studied traits showed that the highest rate of heterosis of grain yield under normal and stress conditions were 126.6% and 123.9%, respectively, for the A112×C41 hybrid. Two traits stem diameter, and head diameter showed a significant correlation with grain yield under normal conditions, while four traits, initial growth rate, plant height, stem diameter, and head diameter, was correlated positively with grain yield under stress conditions.

Key words: Combining ability, Gene effect, Heritability, Heterosis, Hybrid

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۳۸۳-۳۷۵

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر دگرآسیبی عصاره آبی پنیرک روی خصوصیات جوانه‌زنی گندم

محسن موسوی‌نیک[۱]، مسلم حیدری[۲]، بهمن فاضلی‌نسب[۳،۴]*

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳- گروه پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۴- گروه پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: Bfazeli@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.272186.1086**

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر دگرآسیبی عصاره آبی علف هرز پنیرک (*Malva sylvestris*) بر خصوصیات جوانه‌زنی گندم رقم هامون (*Triticum aestivum*)، آزمایشی در سال ۱۳۹۸ در پژوهشکده زیست‌فناوری دانشگاه زابل انجام شد. این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. غلظت‌های مختلف عصاره آبی پنیرک شامل شاهد (صرفاً آب)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر بودند. نتایج آزمایش نشان داد که عصاره آبی پنیرک بر طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، کلروفیل b و فنل اثر معنی‌داری داشته است. نتایج حاکی از آن است که غلظت‌های متفاوت عصاره آبی پنیرک دارای روند متفاوت بر صفات مورد اندازه‌گیری بوده است. اگرچه به‌موازات افزایش غلظت عصاره پنیرک، از درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاسته شده است ولی سنتز کلروفیل و فنل در گندم تیمار یافته با غلظت ۵۰ میلی‌لیتر عصاره آبی پنیرک به حداکثر میزان خود رسیده است. در غلظت ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره آبی پنیرک، طول ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی، به ترتیب، ۶۵ و ۸۵ درصد در مقایسه با شاهد، کاهش داشته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره آبی پنیرک بر خصوصیات رشدی گندم تأثیر منفی داشته است.

واژه‌های کلیدی: آللوپاتی، کلروفیل، فنل، *Malva sylvestris*، *Triticum aestivum*

مقدمه

گندم، معمولاً در محدوده‌ی وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند. جزء سازگارترین گونه غلات و همچنین غذای اصلی انسان است. زمین‌های زیادی در سرتاسر جهان به کشت آن اختصاص یافته است. از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران بوده و سطح زیر کشت گندم در ایران در سال ۲۰۱۵ در حدود ۱۲/۲ میلیون هکتار و تولید آن به ترتیب در کشت آبی و دیم ۳۶۲۹ و ۱۱۸۱ کیلوگرم در هکتار بوده است (Baghestani-Meibodi *et al.*, 2004; Fazeli-Nasab *et al.*, 2012). رشد و عملکرد گندم نیز همانند سایر گیاهان زراعی وابسته به عوامل محیطی است. علف‌های هرز با گیاهان زراعی رقابت کرده و دسترسی این گیاهان را به منابع و آب محدود می‌نمایند. ضمناً رقابت بین گیاهان زراعی و علف‌های هرز، تجمع ماده خشک در آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در بین عوامل دخیل در رقابت، تراکم گونه زراعی و نوع علف‌های هرز از جمله عواملی هستند که جذب و تخصیص مناسب را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Baghestani-Meibodi *et al.*, 2004).

دگرآسیبی عبارت از تأثیر بازدارندگی و یا تحریک مستقیم یا غیرمستقیم یک گیاه بر روی گیاه دیگر که از طریق تولید ترکیبات شیمیایی توسط گیاهان و آزاد شدن آن‌ها در محیط اعمال می‌شود (Pramanik and Sikder, 2020). دگرآسیبی به‌صورت ترکیبات شیمیایی متعددی (فنل‌ها، ترپن‌ها، فلاونوئیدها، پلی استیلن، اسیدهای چرب، استروئیدها و ...) در طول دوره رشد و نمو گیاهان می‌توانند از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جوانه‌زنی و یا رشد گیاهان ممانعت کنند (Mushtaq *et al.*, 2020b). این ترکیبات توازن هورمونی را تخریب و مسیرهای تولید کلروفیل را متوقف و یا اینکه مسیرهای مصرف کلروفیل را تحریک می‌نمایند و یا هر دو واکنش را باعث شوند که منجر به کاهش تجمع کلروفیل، کاهش فتوسنتز و درنهایت کاهش رشد و وزن خشک گیاه می‌گردند (Yang *et al.*, 2002).

علف‌های هرز از مشکلات جدی در کشاورزی می‌باشند که به دلیل رقابت با محصولات کشاورزی برای آب، مواد غذایی، دی‌اکسید کربن، نور، فضا، تولید مواد آللوشیمیایی و عوامل دیگر، هرساله باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد می‌شوند (Oerke and Dehne, 1997). یکی از موارد شناخته‌شده دگرآسیبی، اثر بازدارندگی علف هرز تاج‌خروس وحشی است که ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک ذرت را در همه مراحل رشد کاهش می‌دهد (Cheema *et al.*, 2013). مواد دگرآسیبی موجود در اندام‌های گیاهی پس از آزاد شدن می‌توانند بر روی پدیده‌های حیاتی نظیر فتوسنتز (Yang *et al.*, 2002)، تنفس سلولی (Maver *et al.*, 2020)، تقسیم سلولی (Mushtaq *et al.*, 2020c) تأثیرگذار باشند.

ترکیبات دگر آسیب گیاهان تیره کلم سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذرهای شب بو و تاج‌خروس شده است (Monaco *et al.*, 2002). همچنین مشاهده کردند که تأثیر منفی عصاره گیاهان تیره چلیپائیان بر جوانه‌زنی بذر شب بو بارزتر از بذر تاج‌خروس بود که ناشی از ماهیت مواد دگر آسیب تیره چلیپائیان و حساسیت بیشتر بذر شب‌بو به این ترکیبات بود. اضافه نمودن بقایای نخود سیاه به خاک سبب کاهش رشد گیاه چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی سورگوم، سویا و آفتابگردان شده و حتی کاهش رشد چچم تحت تأثیر عصاره آبی گندم نیز گزارش شده است (Chaichi and Edalati-Fard, 2005). رشد گیاه چه خردل وحشی تحت تأثیر عصاره آبی جو کاهش یافته (Rawat *et al.*, 2017) و حتی کاهش رشد خردل وحشی تحت تأثیر عصاره آبی آفتابگردان را ناشی از تخریب غشا سلولی در گیاه چه خردل وحشی عنوان شده است (Monaco *et al.*, 2002; Norsworthy, 2003).

با عنایت به این نکته که گیاه پنیرک، یکی از علف‌های هرز مهم مزارع گندم جنوب و جنوب غرب ایران است لذا هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر آللوپاتیکی علف هرز پنیرک، بر شاخص‌های جوانه‌زنی در گیاه گندم رقم هامون تعیین شد تا میزان و نوع خسارت بر شاخص‌های جوانه‌زنی مشخص و در تحقیقات بعدی راه‌ها و روش‌های مختلف کنترل مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر دگرآسیبی عصاره آبی علف هرز پنیرک بر خصوصیات جوانه‌زنی گندم زراعی، آزمایشی در سال ۱۳۹۸ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در پژوهشکده زیست‌فناوری کشاورزی دانشگاه زابل انجام شد.

اندام‌های مختلف گیاه پنیرک نظیر ریشه، ساقه و برگ به تفکیک در مرحله گلدهی کامل (اواسط بهمن‌ماه) در زمین‌های زراعی واقع در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل جمع‌آوری و جهت جلوگیری از اختلال در عمل آللوشیمیایی نمونه‌ها برای مدت کوتاهی با آب مقطر برای برداشتن گردوغبار شست‌وشو گردید، سپس نمونه‌های موردنظر در نور غیرمستقیم برای مدت ۷ روز خشک‌شده و برای به دست آوردن عصاره یکنواخت به‌وسیله آسیاب به قطعات بسیار کوچک تبدیل گردید. جهت تهیه عصاره، ۱۰ گرم پودر خشک‌شده گیاه پنیرک در ارلن ریخته شده و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۲۴ و ۷۲ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفت و با استفاده از کاغذ صافی فیلتر گردید (Mutlu and Atici, 2009).

عصاره‌ها در غلظت ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر تهیه گردید. پس از ضدعفونی کردن بذر گندم رقم هامون (رقم اصلاح‌شده هامون از مرکز تحقیقات کشاورزی زابل تهیه گردید) با هیپوکلریت ۵ درصد، به مدت ۱۰ دقیقه، بذور توسط آب مقطر مجدداً شستشو داده شدند. تعداد ۲۵ عدد بذر گندم در ظرف پتری به قطر ۱۱ سانتی‌متر روی کاغذ صافی قرار داده شد. به هر ظرف پتری، ۱۰ میلی‌لیتر از هر یک از عصاره به‌طور جداگانه و برای نمونه شاهد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. ظرف‌های پتری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (کنترل‌شده و اندازه‌گیری شده با دماسنج در دمای ثابت آزمایشگاه) در محیط آزمایشگاه به مدت ۷ روز نگهداری و سپس مؤلفه‌های جوانه‌زنی گیاه اندازه‌گیری شدند.

شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

درصد جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی (تعداد بذرهای جوانه‌زده در تعداد بذرهای موجود در هر ظرف پتری ضربدر صد) محاسبه گردید به‌طوری‌که در هرروز تعداد بذرهای جوانه‌زده مورد شمارش قرار گرفت و این

روند تا زمانی که تعداد بذرهای جوانه‌زده در چهار روز پیاپی یکسان باشد ادامه یافت.

اندازه‌گیری کلروفیل a و b

به‌منظور تعیین کلروفیل گیاه‌چه‌های بذرهای مورد بررسی، ۱۰۰ میلی‌گرم از اندام سبز گیاه‌چه (برگ و ساقه‌چه) توسط ترازو دیجیتال (یک‌هزارم) توزین و توسط ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد (۸۰ درصد) در هاون چینی ساییده تا محلول شفاف گردد. محلول تهیه‌شده را به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ (دور در دقیقه) سانتریفیوژ و پس از جدا کردن فاز محلول از فاز جامد، محلول شفاف به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتر منتقل و پس‌ازآن محلول تهیه‌شده، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد (بلنک (محلول شاخص) برای قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، استون ۸۰ درصد است)(Azad *et al.*, 2017).

به‌منظور تخمین میزان کلروفیل a، b به ترتیب از روابط ۱ و ۲ استفاده گردید.

Chlorophyll **a** = (19.3*A663 – 0.86*A645) V/100W (۱)

Chlorophyll **b** = (19.3*A645 – 3.6*A663) V/100W (۲)

در روابط ۱ و ۲: A: جذب نوری در طول‌موج مدنظر؛ V: حجم محلول کلروفیل (میلی‌لیتر) و W: وزن برگ (برحسب گرم)

استخراج و اندازه‌گیری فنل

برگ گندم مورد آزمایش از هر تیمار، از بوته جدا و در کیسه فریزر با هم مخلوط و از این مخلوط مقدار یک گرم توزین و سپس به قطعات حدود ۲ سانتی‌متر تقسیم و در شیشه‌هایی در پیچ‌دار حاوی ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ ریخته و در دمای ۲۰ درجه زیر صفر تا زمان اندازه‌گیری نگه‌داری شد. در مورد تیمارهای شاهد نیز به همین ترتیب عمل شد.

جهت انجام عمل عصاره‌گیری، مواد داخل هر ظرف را به تفکیک در هاون چینی ریخته و پس از عمل کوبیدن برگ‌ها، عصاره حاصل، از پارچه سفید دولایه عبور و در بشر استریل ریخته شد (باقی‌مانده مواد در روی پارچه طی ۲ مرحله و هر بار توسط ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد شستشو و به عصاره داخل بشر اضافه گردید). عصاره صاف‌شده به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس رسوب حاصل حذف و از محلول رویی برای اندازه‌گیری فنل استفاده شد (Seevers and Daly, 1970; Taheri *et al.*, 2018).

مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست‌آمده را با ۷ میلی‌لیتر آب مقطر استریل در یک لوله آزمایش ریخته و کاملاً مخلوط شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین (واکنشگر فولین فنل یا روش تعیین هم‌ارزی گالیک اسید نیز می‌نامند مخلوطی از فسفومولبیدات و فسفو تنگستات است که برای سنجش آنتی‌اکسیدان‌های فنلی و پلی فنلی به روش رنگ سنجی[1] استفاده می‌شود) را به لوله اضافه کرده، مجدداً محتویات لوله باهم مخلوط شد. پس از ۳ دقیقه یک میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم اشباع به لوله اضافه و حجم مخلوط با آب مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. پس از یک ساعت مقدار جذب رنگ در طول‌موج ۷۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. لوله‌های شاهد شامل آب مقطر و معرف بود (Seevers and Daly, 1970; Taheri *et al.*, 2018).

تجزیه‌وتحلیل آماری

داده‌های حاصله از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) ارزیابی و همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی گندم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی پنیرک ($P<0/01$) قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که تمام غلظت‌های عصاره آبی پنیرک سبب کاهش درصد جوانه‌زنی گندم گردیده بود. اثر بازدارندگی آبی پنیرک بر درصد جوانه‌زنی در غلظت ۱۰۰ میلی‌لیتر به بیشترین میزان خود رسیده بود. به‌طوری

1. colorimetric

درصد جوانه‌زنی در گیاهان تیمار یافته به ۳۵ درصد کاهش یافته بود (جدول ۲).

کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی در گندم می‌تواند حاکی از وجود آللوکیمیکال‌های بسیار قوی در برگ پنیرک باشد. در برگ‌های پنیرک تانن یافت شده و به‌علاوه در حدود ۰/۰۱۸ یک

به نظر می‌رسد وجود ترکیب‌های بازدارنده جوانه‌زنی در عصاره آبی پنیرک دلیلی بر این امر (کاهش درصد جوانه‌زنی) باشد. همان‌طور که پیش از این نیز در بررسی اثر دگرآسیبی عصاره هیدرو الکلی گیاه دارویی شاهدانه بر جوانه‌زنی علف‌های هرز سلمه‌تره، تاج‌خروس و یولاف وحشی مشخص شد که با افزایش غلظت عصاره گیاه دارویی شاهدانه جوانه‌زنی علف‌های هرز کاهش می‌یابد (Makkizadeh Tafti *et al.*, 2012). وجود اثر آللوپاتی بنه زعفران بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تاج‌خروس و سلمه‌تره اثبات شده است (Elahifard and Rashed Mohassel, 2010) مطالعات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در تعیین اثرات بالقوه دگرآسیبی شش گونه علف هرز متداول در مزارع (آرتمیزیای یک‌ساله (*Artemisia scoparia*)، اینولا (*Inula royleana*)، تاجریزی (*Solanum nigrum*)، طوق (*Xanthium strumarium*)، کنیزان کرک‌دار (*Stachys lavandulifolia*) و تلخه (*Rhaponticum repens*)) با نتایج ارایه شده در تحقیق حاضر مشابهت داشت.

ریشه‌چه و ساقه‌چه

عصاره آبی پنیرک تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه گندم داشت ($P<۰/۰۱$)(جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی پنیرک متقابلاً از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه می‌کاهد؛ اما حساسیت ریشه نسبت به ساقه بیشتر بوده است (جدول ۲). با توجه به آنکه ریشه در ارتباط مستقیم با عصاره آبی پنیرک بوده است این نتیجه دور از ذهن به نظر نمی‌رسید. اختلاف ۷۲ و ۹۴ درصدی طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در تیمار شاهد و غلظت ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره آبی پنیرک مؤید نتیجه به‌دست‌آمده است (جدول ۲). این نتیجه به‌طور واضح بیانگر نقش منفی علف هرز پنیرک بر مقدار ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم است.

ترکیبات آللوشیمیایی، از طریق ممانعت از عمل جیبرلین و اندول استیک اسید، طویل شدن سلول‌ها را تحت تأثیر قرار داده ماده فعال و مقدار زیادی لعاب است که مانع رشد بذر بسیاری از گیاهان می‌گردد. از طرفی مواد آللوپاتیکی می‌توانند با ایجاد اختلال در روابط آب و جذب مواد غذایی توسط گیاه از تقسیم سلولی و طویل شدن سلول جلوگیری نمایند (Alipour *et al.*, 2019).

و باعث کاهش طول ریشه می‌شوند (Qasem, 2018). در نتیجه در تحقیق حاضر، کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را می‌توان به این ترکیبات نسبت داد. به‌طور واضح اثر منفی این عصاره بر ریشه‌چه رشد ساقه‌چه را نیز تحت تأثیر قرار داده و منجر به کاهش رشد ساقه‌چه نیز گردیده است. افزایش غلظت عصاره سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته سلمه‌تره شده، وزن خشک و وزن تر سلمه‌تره نیز تحت تأثیر افزایش غلظت عصاره اندام هوایی شاهدانه کاهش یافت (Makkizadeh Tafti *et al.*, 2011) که با تحقیق حاضر مشابهت داشت. اثر عصاره اندام‌های مختلف طوق، تلخه و کونیزا بر رشد بذر گندم بررسی و گزارش شده است که غلظت‌های پایین عصاره اندام‌های هوایی خشک‌شده تلخه و کونیزا وزن خشک ریشه‌ها را افزایش داده درحالی‌که در غلظت‌های بالاتر این صفت کاهش معنی‌داری نشان داده است (Bazrafshan *et al.*, 2010a; Bazrafshan *et al.*, 2010b). در طوق، این عصاره تنها در غلظت‌های بالا باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک‌ریشه شد. عصاره قسمت‌های هوایی خشک‌شده، موجب کاهش بیشتر رشد طولی و وزن خشک ریشه در مقایسه با رشد ساقه شد که با بخشی از نتایج این آزمایش که با افزایش عصاره پنیرک طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش پیدا کرد مطابقت داشت.

کلروفیل a و b

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر عصاره آبی پنیرک تأثیری بر کلروفیل a نداشته اما بر کلروفیل b معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$)(جدول ۱). نتایج مبنی بر آن است که غلظت‌های متفاوت عصاره آبی پنیرک از روند خاصی تبعیت ننموده است. کمترین و بیشترین میزان کلروفیل a و b در تیمارهای رشد کرده در غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر عصاره آبی پنیرک مشاهده گردید. شایان ذکر است که بین سایر غلظت‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در کلروفیل a مشاهده نشد؛ اما اثر عصاره آبی پنیرک بر سنتز کلروفیل b بارزتر بوده است.

غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌لیتر عصاره آبی پنیرک به ترتیب ۹ درصد، کلروفیل a و ۴۲ درصد، کلروفیل b را در گندم کاهش داده‌اند (جدول ۲).

از دیرباز مشخص گردیده است که ترکیبات مترشحه از گیاهان آللوپاتیک سبب بر هم زدن توازن هورمونی و توقف مسیرهای تولید کلروفیل می‌گردد. این عامل منجر به کاهش تجمع کلروفیل در گیاه می‌شود (Yang *et al.*, 2002). پژوهش‌های انجام شده در گیاه سویا نشان داده که عصاره استخراج شده از تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) مقدار کلروفیل را به میزان ۵۴/۵ درصد در این گیاه کاهش داده است (Fialho *et al.*, 2020). از دلایل احتمالی دیگر تأثیر ترکیبات مترشحه گیاهان بر کاهش رشد سایر گیاهان، می‌تواند به دلیل تأثیر منفی این مواد بر جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن در گیاه باشد (Reigosa *et al.*, 2002)؛ چرا که هر گونه اثرگذاری منفی بر جذب نیتروژن سبب کاهش تجمع کلروفیل در گیاه گردیده است (Togeiro de Alckmin *et al.*, 2020). با توجه به آنکه مواد آللوپاتیک، تأثیر منفی بر جذب عناصر غذایی می‌گذارند (Granéli and Hansen, 2006; Rashidi *et al.*, 2020). نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر در مورد کاهش کلروفیل a و b، می‌تواند ناشی از این امر باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی، فنل، کلروفیل a و b، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم، ناشی از تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره پنیرک

Table 1- Analysis of variance of germination percentage, phenol, chlorophyll a and b, root and stem length of wheat, due to the effect of different concentrations of Malva extract

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Sqaure					
		طول ریشه‌چه Radicle Length	طول ساقه‌چه Hypocotyl length	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll a	فنل Phenol	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage
تیمار Treatment	4	64.84**	30.94**	0.01 ns	0.20 **	44.91**	2196.70**
خطا Error	10	0.22	0.72	0.008	0.15	0.1096439	12.55
ضریب تغییرات C.V.(%)	-	8.74	13.53	4.34	19.46	5.07	5.47

ns غیر معنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns non-significat, ** significant at 1% level.

فنل

نتایج نشان داد که بین غلظت‌های مختلف در مقدار فنل تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که میزان فنل در گندم رشد کرده در غلظت ۵۰ میلی‌لیتر از عصاره آبی پنیرک به بالاترین میزان خود در گیاه رسیده است. این سطح با گیاهان رشد کرده در غلظت ۲۵ میلی-لیتر عصاره آبی پنیرک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

ترکیب‌های حلقوی نظیر فنل‌ها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، مشتقات سینامیک اسید و کوئینون‌ها به‌عنوان مهم‌ترین مواد دگرآسیبی مطرح می‌باشند، فلاونوئیدها، فنل‌ها، تانن‌ها و گلیکوزیدها را به‌عنوان ترکیب‌های بازدارنده جوانه‌زنی معرفی می‌کنند (Mushtaq *et al.*, 2020d). فلاونوئیدها اولین گروه از آللوکمیکال‌های بازدارنده جذب اکسیژن میتوکندریایی معرفی‌شده‌اند که تولید ATP را در میتوکندری متوقف کرده و بر تنفس اثر می‌گذارند (Bakhshayeshan-Agdam and Salehi-Lisar, 2020). کُند شدن سنتز سلولز توسط کومارین را در اپیکوتیل لوبیا اثبات کردند (Makkizadeh *et al.*, 2009). محققان نشان دادند کومارین و اسکوپولتین میتوز را در ریشه‌های چمن کاهش می‌دهند (Mushtaq *et al.*, 2020a). در تحقیقی محلول اشباع‌شده کومارین در ریشه پیاز و سوسن از انجام تقسیم میتوز حدود ۲ تا ۳ ساعت جلوگیری کرد و اثر ابتدایی آن شبیه به طرز عمل کلشی‌سین بود. همچنین کومارین مانع ورود سلول به مرحله میتوز شد (Bakhshayeshan-Agdam and Salehi-Lisar, 2020).

مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند اسیدهای فنلی آزاد شده از ریشه‌ها یا بقایای در حال تجزیه گیاه مسئول کاهش رشد و عملکرد گیاهان مختلف توسط گونه‌های جنس سورگوم است (Dille *et al.*, 2020). مقدار ۵ اسید فنلی (p-کوماریک،

فرولیک، هیدروبنزوئیک، سیرینژیک، وانیلیک و p-هیدروبنزوئیک را در سورگوم اندازه‌گیری شده (Mushtaq *et al.*, 2020c) و حتی وانیلیک اسید بنزالدئید، اسید کوماریک و اسید فرولیک از چهار گونه جنس سورگوم ازجمله قیاق جداسازی شده است (Bhat *et al.*, 2020; Cherney *et al.*, 1991). در بین این ترکیبات غلظت اسید کوماریک و اسید فرولیک در قیاق بیشتر از سایر ترکیبات بود. دو ترکیب دیگر شامل دیورین ۶ و سورگولئون ۷ نیز در ارتباط با خواص دگرآسیبی این سورگوم گزارش‌شده‌اند. برخی از محققین دگرآسیبی را در جنس سورگوم (گونه‌های زراعی و وحشی جنس سورگوم) عمدتاً به وجود سورگولئون در بقایا نسبت می‌دهند (Vyvyan, 2002).

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی، فنل، کلروفیل a و b، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم ناشی از تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره پنیرک
Table 2: Comparison of mean germination percentage, phenol, chlorophyll a and b, root and shoot length of wheat due to the effect of different concentrations of Malva extract

غلظت Concentration (ml/L)	طول ریشه‌چه Radicle Length (mm)	طول ساقه‌چه |Hypocotyl length (mm)	کلروفیل a Chlorophyll a (µl/gFW)	کلروفیل b Chlorophyll a(µl/gFW)	فنل Phenol (mg/gFW)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)
0	11.971 a	10.09 a	2.044 a	2.0609 b	0.1933 d	100 a
25	8.375 b	8.991 b	1.99 a	1.6754 c	9.5783 a	80.66 b
50	3.14 c	5.996 c	2.187 a	2.389 a	9.600 a	66.66 c
75	1.341 d	3.666 d	2.005 a	1.911 bc	5.9117 c	41 d
100	0.703 d	2.75 e	2.018 a	1.942 bc	7.3367 b	35.33 d

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است.

The same letters indicate no significant difference.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، افزایش غلظت عصاره پنیرک باعث کاهش طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی و فنل شد. این امر می‌تواند ناشی از افزایش مقدار مواد دگرآسیبی باشد. عصاره آبی پنیرک نه‌تنها پتانسیل بازدارندگی بر جوانه‌زنی گیاه زراعی گندم را دارد بلکه با توجه به تأثیر آن بر رشد ریشه‌چه قادر است بر رشد پس از سبز کردن گیاه زراعی گندم نیز تأثیر داشته باشد. به‌طورکلی این‌گونه می‌توان اذعان نمود که گیاه پنیرک و مواد آللوشیمیایی خارج شده از آن، نقش منفی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاه گندم داشته است، پس ضروری به نظر می‌رسد که در مزارع گندم قبل از کاشت این محصول به‌طور کامل با یکی از روش‌های مکانیکی، شیمیایی و یا مدیریتی با علف هرز پنیرک مبارزه شود.

قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی، معاونت پژوهشی دانشگاه زابل در قالب پژوهانه شماره IR-UOZ-GR-2735 انجام شده است.

References

Alipour, S., Dehaghi, M.A. and Gholami, S. 2019. Allelopathic effect of different weeds extracts on germination and biochemical composition of three varieties of sesame (*sesamum indicum* l.). *Seed Research (Journal of Seed Science and Technology)*, 9(32): 68-82.

Azad, H., Fazeli-Nasab, B. and Sobhanizade, A. 2017. A study into the effect of jasmonic and humic acids on some germination characteristics of rosselle (*hibiscus sabdariffa*) seed under salinity stress. *Iranian Journal of Seed Research*, 4(1): 1-18 (In Persian).

Baghestani-Meibodi, M.A., Atri, A., Mokhtari, M. and Akbari, G. 2004. Competitive effects of rye (*Secale cereale* L.) on growth indices, yield and yield components of wheat. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, 16(61 In Agronomy and Horticulture): 2-11.

Bakhshayeshan-Agdam, H. and Salehi-Lisar, S.Y. 2020. Agronomic crops response and tolerance to allelopathic stress. In *Agronomic Crops* (Springer), pp. 313-348.

Bazrafshan, F., Moosavinia, H., Moezi, A., Siadat, A. and Hamidy, R. 2010a. The effect of different densities of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) on yield and yield components of winter wheat. *Weed Research Journal*, 2(1): 15-29.

Bazrafshan, F., Sefahani Langrodi, A.R. and Moosavinia, H. 2010b. Study of allelopathy effects of several weeds on germination and seedling growth of wheat. *Weed Research Journal*, 2(2): 59-70.

Bhat, B.V., Venkateswarlu, R. and Tonapi, V.A. 2020. Breeding sorghum for forage and feed: status and approaches. In *Sorghum in the 21st century: food–fodder–feed–fuel for a rapidly changing world* (Springer), pp. 393-420.

Chaichi, M.R. and Edalati-Fard, L. 2005. Evaluation of allelopathic effects of chickpea root extracts on germination and early growth of sorghum (*Sorghum halepense*), soybean (*Glycine max* L.) and sunflower (*Helianthus annus*). *Journal of Crop Production*, 4(2): 247-255 (In persian).

Cheema, Z.A., Farooq, M. and Khaliq, A. 2013. Application of allelopathy in crop production: success story from Pakistan. In *Allelopathy* (Springer), pp. 113-143.

Cherney, D.J., Patterson, J.A., Cherney, J.H. and Axtell, J.D. 1991. Fibre and soluble phenolic monomer composition of morphological components of sorghum stover. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(4): 645-649.

Dille, J.A., Stahlman, P.W., Thompson, C.R., Bean, B.W., Soltani, N. and Sikkema, P.H. 2020. Potential yield loss in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) with weed interference in the United States. *Weed Technology*, 34(4): 624-629.

Elahifard, E. and Rashed Mohassel, m. 2010. Study of allelopathic potential of soybean (*glysine max*) on seed germination and seedling growth of some weed speciesand seedling growth of some weed species. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(2): 359-367 (In persian).

Fazeli-Nasab, B., Omidi, M. and Amiri-Tokaldani, M. 2012. Estimate of callus induction and volume via immature and mature embryo culture and response to in vitro salt resistance in presence of NaCl and ABA in salt tolerant wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 4(1): 8-16.

Fialho, C., Silva, A., Melo, C., Costa, M., Souza, M. and Reis, L. 2020. Weed interference in soybean crop affects soil microbial activity and biomass. *Planta Daninha*, 38(Epub June 15): e020221853.

Granéli, E. and Hansen, P. 2006. Allelopathy in harmful algae: a mechanism to compete for resources? In *Ecology of harmful algae* (Springer), pp. 189-201.

Makkizadeh, M., Salimi, M. and Farhoudi, R. 2009. Allelopathic effect of rue (*Ruta graveolens* L.) on seed germination of three weeds. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(4): 463-471.

Makkizadeh Tafti, M., Farhoudi, R., Rabii, M. and Rastifar, M. 2011. Evaluation allelopathic effect of hemp (cannabis sativa l.) on germination and growth of three kinds of weeds. *crop physiology journal*, 3(11): 79-88.

Makkizadeh Tafti, M., Farhoudi, R. and Rastifar, M. 2012. Effect of osmopriming on seed germination of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under salinity stresses. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(4): 573-586.

Maver, M., Miras-Moreno, B., Lucini, L., Trevisan, M., Pii, Y., Cesco, S. and Mimmo, T. 2020. New insights in the allelopathic traits of different barley genotypes: Middle Eastern and Tibetan wild-relative accessions vs. cultivated modern barley. *PloS one*, 15(4): e0231976.

Monaco, T.J., Weller, S.C. and Ashton, F.M. 2002. *Weed science: principles and practices* (John Wiley & Sons).

Mushtaq, W., Ain, Q., Siddiqui, M., Alharby, H. and Hakeem, K.R. 2020a. Allelochemicals change macromolecular content of some selected weeds. *South African Journal of Botany*, 130: 177-184.

Mushtaq, W., Siddiqui, M.B. and Hakeem, K.R. 2020b. *Allelopathy* (Springer).

Mushtaq, W., Siddiqui, M.B. and Hakeem, K.R. 2020c. *Allelopathy: potential for green agriculture* (Springer Nature).

Mushtaq, W., Siddiqui, M.B. and Hakeem, K.R. 2020d. Role of allelochemicals in agroecosystems. In *Allelopathy* (Springer), pp. 45-52.

Mutlu, S. and Atici, Ö. 2009. Allelopathic effect of Nepeta meyeri Benth. extracts on seed germination and seedling growth of some crop plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(1): 89-93.

Norsworthy, J.K. 2003. Allelopathic potential of wild radish (R*aphanus raphanistrum*). *Weed Technology*, 17(2): 307-313.

Oerke, E.-C. and Dehne, H.-W. 1997. Global crop production and the efficacy of crop protection-current situation and future trends. *European Journal of Plant Pathology*, 103(3): 203-215.

Pramanik, S. and Sikder, S. 2020. Germination and seedling leaf chlorophyll content of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under industrial wastewater condition. *The Agriculturists*, 18(1): 10-17.

Qasem, J.R. 2018. Competition of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and nettle-leaved goosefoot (*Chenopodium murale* L.) with tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93(6): 634-643.

Rashidi, S., Yousefi, A.R., Pouryousef, M. and Goicoechea, N. 2020. Total phenol, anthocyanin, and terpenoid content, photosynthetic rate, and nutrient uptake of *Solanum nigrum* L. and *Digitaria sanguinalis* L. as affected by arbuscular mycorrhizal fungi inoculation. *Weed Biology and Management*, 20(3): 95-108.

Rawat, L.S., Maikhuri, R., Bahuguna, Y.M., Jha, N. and Phondani, P. 2017. Sunflower allelopathy for weed control in agriculture systems. *Journal of crop science and biotechnology*, 20(1): 45-60.

Reigosa, M., Pedrol, N. and Gonzlez, L. 2002. .*Allelopathy: from molecules to ecosystems* (Enfield, NH: Science Publishers, Inc.).

Seevers, P. and Daly, J. 1970. Studies on wheat stem rust resistance control at sr6 locus. 1-The role of phenolic of stem rust and wheat containing resistance genes Sr5, Sr6, Sr8, Sr22. *Canadian Journal of Botany*, 57: 324-331.

Taheri, S., Arghavani, M. and Mortazavi, S.N. 2018. Effects of sodium nitroprusside and salicylic acid on morpho-physiological characteristics of common bermuda grass under water deficit stress. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 19(1): 63-74.

Togeiro de Alckmin, G., Kooistra, L., Rawnsley, R., De Bruin, S. and Lucieer, A. 2020. Retrieval of hyperspectral information from multispectral data for perennial ryegrass biomass estimation. *Sensors*, 20(24): 7192.

Vyvyan, J.R. 2002. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron*, 58(9): 1631-1646.

Yang, C.-M., Lee, C.-N. and Chou, C.-H. 2002. Effects of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedlings: I. Inhibition of supply-orientation. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 43: 299-304.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 375-383

Evaluation of the allelopathic effect of mallow aqueous extracts on wheat seed germination

Mohsen Mousavinik[1], Moslem Heidari[2], Bahman Fazeli-Nasab[3,4*]

[1]Department of Agronomy, Agricultural Compus, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]M.Sc. Graduated, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[3]Research Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Research Institute, University of Zabol, Zabol, Iran
[4]Research Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Research Institute, Research Center of Zabol, Zabol, Iran

[*]Corresponding Author: Bfazeli@uoz.ac.ir

Received: 6 February 2021 Accepted:4 April 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.272186.1086**

Abstract

An experiment was conducted in 2019 at the Biotechnology Research Institute, University of Zabol, to evaluate the allelopathic influence of aqueous extract of mallow (*Malva sylvestris*) weed on the germination characteristics of wheat (*Triticum aestivum*) Hamoon cultivar. With three replications, the experiment was carried out in a completely randomized design. The concentrations of mallow aqueous extracts were 0, 25, 50, 75, and 100 ml/L. The aqueous extract of mallow had a substantial effect on radicle length, hypocotyl length, germination percentage, chlorophyll b, and phenol, according to the data. The findings revealed that different concentrations of mallow aqueous extract have a distinct trend on the examined features. Although the percentage of germination, radicle, and hypocotyl length has dropped as the quantity of mallow extract has increased, the synthesis of chlorophyll and phenol in wheat treated with 50 ml of aqueous extract of mallow has achieved its peak. As 100 mL of mallow aqueous extract was used, root length and germination percentage dropped by 65 and 85 percent, respectively, when compared to the control. The findings of this investigation revealed that aqueous mallow extract had a negative impact on wheat growth characteristics.

Key words: Allelopathic, Chlorophyll, *Malva sylvestris*, Phenol, *Triticum aestivum*

Crop Science Research in Arid Regions

Vol. 3, No. 2, Autumn & Winter 2022

Publisher: University of Zabol

Editor-in-Chief: Dr. Mohammad Reza Asgharipour, Professor, Department of Agronomy, University of Zabol

Managing Editor: Dr. Esmaeel Seyedabadi, Assistant 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. 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, Associate 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, Abbas Nasiri Dehsorkhi

Typesetting: Maryam Alsharif

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.cropscience.uoz.ac.ir

Crop Science Research in Arid Regions

UNIVERSITY OF ZABOL

Volume 3, Number 2, Autumn & Winter, 2022

ISSN:2423-611X(print)
ISSN:2588-4603(online)

Investigating the role of humic acid in reducing the effects of drought stress of anise (*Pimpinella anisum* L.) 189
Mahdi Babaeian, Jalil Taghdisi, Mohammad Khairkhah, Mostafa Jafarian

Investigation of quantitative and qualitative traits (*Stachys inflate* Benth.) affected by altitude and soil in East Azerbaijan province 207
Saeed Yousefzadeh

Evaluation of diversity in the amount and composition of essential oils of different fennel ecotypes (*Foeniculum vulgare* Mill.) 221
Shahram Riahinia, Maryam Danesh Gilevaei

Competition indices of intercropping of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in different soil moisture conditions 237
Abolghasem Gharakhani-Beni, Abdollah Ghasemi Pirbalouti, Javanmard Hamid Reza, Ali Soleymani, Ahmadreza Golparvar

Agrophysiological response of cotton to foliar application of stress modulators in early and delayed planting date 253
Zeynab Borzuyi, Mohammad Armin, Hamid Marvi

The effect of nitrogen and phosphorous fertilizers on physiological and root characteristics of *Proveskia abrotanoides* 269
Zhaleh Haghighat Shishvan, Mohammad Kafi, Ahmad Nezami, Jafar Nabati

Investigation of some growth indices of two cultivars of autumn sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under the influence of planting method, different levels of nitrogen fertilizer by foliar application of zinc sulfate 281
Amene Haqshenas, Khosro Azizi, Soraya Ghasemi, Farhad Nazarian Firouzabadi

Evaluation of qualitative characteristics and grain yield of soybean (*Glycine max* L.) in response to pretreatment and foliar application of marjoram (*Origanum majorana* L.) extract 305
Parvaneh Estekhdami, Mehdi Baradaran Firouz Abadi, Hassan Makarian, Abbas Nasiri Dehsorkhi, Hassan Ghorbani Ghoojdi

Evaluation of the effect of foliar application on some physiological indicators affecting the growth and yield of barley cultivars under drought stress conditions 319
Ramin Roshani, Ali Solymani, Mehrdad Mahlooji, Mohammad Reza Naderi

Effect of irrigation management, municipal waste compost and nitrogen fertilizer on seed yield and some morpho-physiological traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.) 339
Majid Ashouri, Zeinab Khoshouei, Hamid Reza Doroudian, Ebrahim Amiri, Naser Mohammadian Rowshan

The effect of drought stress on genetic parameters of yield and some morphophysiological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) 359
Mohammad Abedini Esfahlani, Reza Fotovat

Evaluation of the allelopathic effect of mallow aqueous extracts on wheat seed germination 375
Mohsen Mousavinik, Moslem heidari, Bahman Fazeli-Nasab