تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد چهارم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص ۲۸۹-۲۷۷

مقاله پژوهشی

تأثیر آبیاری جزئی ریشه و مدیریت کوددهی بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در باقلا

کامیار کاظمی[1*]، سیدنادر موسویان[1]

۱- گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

* مسئول مکاتبه: kamyar.kazemi@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳ **DOI: 10.22034/CSRAR.2022.310804.1148**

چکیده

در یک آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در شهرستان شادگان، تأثیر روش آبیاری و مدیریت کوددهی بر عملکرد و بهره‌وری آب در باقلا مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول روش آبیاری (آبیاری کامل و آبیاری جزئی سیستم ریشه‌ای) و عامل دوم نوع کود (بدون کود، کود شیمیایی، کود دامی، کود کمپوست) بود. بیشترین عملکرد دانه با استفاده از کود شیمیایی و آبیاری کامل ریشه بدست آمد. عملکرد دانه باقلا در شرایط آبیاری جزئی ریشه و کاربرد کود شیمیایی ۹/۲ درصد بیشتر از آبیاری کامل ریشه و عدم کوددهی بود. استفاده از کود، عملکرد دانه باقلا را در شرایط آبیاری جزئی ریشه افزایش داد. با این‌حال، در شرایط آبیاری جزئی ریشه، عملکرد دانه باقلا تنها به شرط استفاده از کود شیمیایی بهتر از آبیاری کامل و عدم کوددهی بود. بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به ترتیب با کاربرد کود شیمیایی در شرایط آبیاری جزئی ریشه و عدم استفاده از کود در شرایط آبیاری کامل ریشه بدست آمد. استفاده از کمپوست در شرایط آبیاری جزئی ریشه، باعث شد که بهره‌وری آب نسبت به تمامی تیمارهای کوددهی در آبیاری کامل ریشه بیشتر شود. بیشترین میزان بهره‌وری آب در شرایط آبیاری جزئی ریشه بیش از ۴۰ درصد بالاتر از بیشترین بهره‌وری آب در شرایط آبیاری کامل بود. با توجه به تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه، مصرف کود شیمیایی برای تولید عملکرد دانه مطلوب قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری محدود، عملکرد، کمپوست، کود دامی، مصرف آب

مقدمه

از آنجا که آب در فرایندهای مختلف گیاهی نقش مهمی دارد، در تولید بیوماس و عملکرد گیاهان زراعی نیز بیشترین نقش را ایفا می‌کند. به همین دلیل در طول دوره رشد گیاهان زراعی، در محدوده ریشه باید به میزان مناسب تأمین شود. با این‌حال، از آنجا که در سال‌های اخیر تأمین منابع آبی دچار محدودیت شده است، ضروری است که استفاده از آب برای تولید در گیاهان زراعی با بیشترین بهره‌وری همراه باشد به طوری که با مصرف هر واحد آب، عملکرد بیشتری بدست بیاید و هم‌چنین صدمات کمتری به محیط زیست وارد شود. این موضوع، نشان می‌دهد که استفاده از فعالیت‌های زراعی مناسب جهت افزایش بهره‌وری آب توسط گیاهان زراعی دارای اهمیت زیادی است (Adu *et al*., 2018).

یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر برای بهبود بهره‌وری آب در سیستم‌های زراعی مورد توجه قرار گرفته است، آبیاری محدود گیاهان زراعی با استفاده از روش آبیاری جزئی ریشه است (Eskandari and Alizadeh-Amraie, 2018). در این روش، تنها یک سمت سیستم ریشه‌ای آبیاری می‌شود به‌طوری‌که سیستم ریشه‌ای با شرایط نیمی مرطوب-نیمی خشک مواجه می‌شود. هر چند ممکن است که در طول فصل زراعی قسمت‌هایی از ریشه که با خاک مرطوب و خشک مواجه می‌شوند به طور متناوب جایگزین هم شوند اما آبیاری به گونه‌ای انجام می‌شود که همواره نیمی از سیستم ریشه‌ای با خاک مرطوب و نیمی دیگر با خاک خشک مواجه باشد (Yang *et al*., 2011). در گوجه‌فرنگی گزارش شده است که اعمال آبیاری جزئی ریشه می‌تواند به افزایش ۵۰ درصدی بهره‌وری آب منجر شود به‌طوری‌که عملکرد میوه به ازای مصرف هر متر مکعب آب از ۱/۴ کیلوگرم به ۲/۱ کیلوگرم افزایش یافت (Kasa and Rouphael, 2014). در کلزا نتیجه گرفته شد که آبیاری جزئی ریشه با توسعه سیستم ریشه می‌تواند به افزایش جذب عناصر غذایی و درنهایت بهبود بهره‌وری آب منجر شود (Mousavim *et al*., 2010). در ذرت نیز مشاهده شد که استفاده از آبیاری جزئی ریشه باعث افزایش بهره‌وری آب شد (Fu *et al*., 2017).

باقلا، به عنوان یک لگوم دانه‌ای زمستانه، یک منبع غذایی مهم برای انسان می‌باشد که با برخورداری از ۲۳/۴ درصد پروتئین تعادل مناسبی از پروتئین‌های غنی از اسیدآمینه لیزین، کربوهیدرات‌ها و فیبر را در اختیار انسان قرار می‌دهد (Eskandari and Kazemi, 2019). از نظر تولید دانه، باقلا یک گیاه حساس به تنش خشکی گزارش شده است به‌طوری‌که تنش خشکی ناشی از افزایش فاصله آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد دانه باقلا را حدود ۴۰ درصد کاهش داد (Rezaei- chiyaneh *et al*., 2017). با این‌حال، نشان داده شده است که حساسیت ارقام مختلف باقلا به تنش کمبود آب متفاوت می‌باشد (Abdellatif *et al*., 2012). در یک مطالعه دیگر مشاهده شد که تنش خشکی به دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای باعث کاهش تولید بیوماس ریشه و اندام‌های هوایی در باقلا می‌شود (Belachew *et al*., 2019). همچنین نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه باقلا می‌شود ولی واکنش ارقام مختلف باقلا به تنش خشکی متفاوت بوده است (Ammar *et al*., 2015). علی‌رغم مطالعات مختلف در مورد اثر تنش کمبود آب بر باقلا، تاکنون تنش خشکی ناشی از آبیاری جزئی ریشه بر عملکرد دانه باقلا مورد بررسی قرار نگرفته است و این موضوع به تحقیق بیشتر نیاز دارد.

به دلیل اثرات منفی کودهای شیمیایی بر محیط طبیعی سیستم‌های تولید زراعی از جمله کاهش نفوذپذیری خاک، تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و درنهایت کاهش قابلیت نفوذ ریشه گیاهان در خاک (Goldani and Kakhki, 2014) در کشاورزی پایدار تلاش بر این است که مصرف این نوع کودها کاهش پیدا کند. با این‌حال، نیاز گیاهان، ایجاب می‌کند که مواد غذایی مورد نیاز آن‌ها از راه‌های دیگری تأمین شود که ازجمله این منابع می‌توان به کود دامی و کمپوست اشاره کرد. در این مورد در گیاه کنجد مشاهده شد که در شرایط کمبود آب می‌توان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، کود دامی را جایگزین کود شیمیایی کرد و عملکرد دانه را ۳۴ درصد نسبت به شرایط عدم مصرف کود بهبود بخشید (Eskandari and Kazemi, 2019). با این‌حال، تحقیقی نشان داده است که در شرایط تنش خشکی، کودهای زیستی نتوانستند اثرات نامطلوب کمبود آب بر عملکرد دانه باقلا را افزایش چشم‌گیری دهند (Rezaei- chiyaneh *et al*., 2017).

برای صرفه‌جویی در مصرف آب در سیستم‌های زراعی اعمال روش‌های کم‌آبیاری همواره به عنوان یک راهکار مدیریتی مهم در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه در عمده مناطق کشور، کاهش بارش‌های آسمانی در طول دوره رشد زایشی گیاهان زراعی رخ می‌دهد و دوره پر شدن دانه این گیاهان را با محدودیت آب مواجه می‌کند، پژوهش‌های مرتبط با آبیاری محدود که بر اساس آن بتوان به صورت بهینه، مصرف آب در سیستم‌های زراعی را کاهش داد در اولویت می‌باشد. بر همین اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر آبیاری جزئی ریشه و اثر منابع مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در گیاه باقلا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان شادگان در استان خوزستان (عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. بافت خاک مزرعه از نوع سیلتی-لوم و اسیدیته، هدایت الکتریکی و مواد آلی آن به ترتیب برابر ۷/۳ و ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۵۱ درصد بود. اقلیم منطقه از نوع گرم و خشک بوده که متوسط دما و بارندگی سالیانه آن به ترتیب ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد. برخی خصوصیات آب و هواشناسی در طول دوره اجرای پژوهش در جدول ۱ آمده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول رژیم‌های آبیاری بود که بعد از استقرار گیاه‌چه در مزرعه اعمال گردید. تیمارهای آبیاری به دو روش آبیاری کامل سیستم ریشه‌ای و آبیاری جزئی سیستم ریشه-ای اعمال گردید. در تیمار آبیاری کامل، جوی و پشته‌ها به صورت کامل آبیاری شدند، به‌طوری‌که هر دو طرف سیستم ریشه‌ای گیاهان در معرض خاک مرطوب قرار گرفت. در روش آبیاری جزئی سیستم ریشه‌ای، جوی و پشته‌های به صورت یک در میان ثابت (بدون تغییر در جوی و پشته‌هایی که آبیاری شدند) آبیاری شدند و در نتیجه نیمی از سیستم ریشه در معرض خاک خشک و نیمی دیگر در معرض خاک مرطوب قرار گرفت. عامل دوم، تیمار کودی بود که شامل بدون کود (شاهد)، کود شیمیایی، کود دامی (گاوی کاملا پوسیده) و کود کمپوست بود. برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی کود حیوانی و کمپوست مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۲ ذکر شده است. کود شیمیایی مورد استفاده در آزمایش شامل کود اوره (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود.

جدول ۱- برخی خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

Table 1- Some climatic properties of the experimental site during 2018-19 growing season

ماه Month	حداقل دمای ماهانه Monthly minimum temperature (°C)	حداکثر دمای ماهانه Monthly maximum temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	میزان بارندگی Precipitation (mm)
آذر December	11.5	20.5	79.2	55
دی January	11.6	15.8	71	4.5
بهمن February	9.1	19.4	61.9	5.8
اسفند March	14.3	25.5	60.4	11
فرودین April	17.8	29.1	50.9	13.7

جدول ۲- برخی خصوصیات کود دامی و کمپوست مورد استفاده در پژوهش

Table 2- Some properties of animal manure and compost applied in the experiment

نوع کود آلی Organic fertilizer type	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorous (mg/kg)	پتاسیم Potassium (mg/kg)
کمپوست Compost	7.4	7.8	1/0	0.81	0.67
کود حیوانی (گاوی) Animal manure (cow)	6.8	7.3	0.55	0.38	0.31

محل اجرای آزمایش در فصل قبل زراعی (کشت تابستانه) در آیش قرار داشت. برای تهیه زمین، ابتدا مزرعه آبیاری و سپس در مرحله گاورو با استفاده از گاوآهن بشقابی شخم زده شد. کلیه مقادیر کودهای کمپوست (۳۰ تن در هکتار) و کود دامی (گاوی) (۳۰ تن در هکتار) قبل از کاشت به زمین اضافه شد و با خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. قبل از کاشت کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در تیمار کود شیمیایی به خاک اضافه و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردیدند. در ادامه جوی پشته‌ها ایجاد و کرت‌ها به صورت دستی آماده شدند به‌طوری‌که هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر بود. جهت اطمینان از سبز شدن بوته‌ها، کشت باقلا با تراکم بالا (۲۰ بوته در مترمربع) و در تاریخ ۲۵ آبان انجام شد.

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت پذیرفت. بعد از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها در مزرعه، بوته‌ها تا تراکم مطلوب (۱۰ بوته در مترمربع) تنک شدند و سپس کرت‌ها آبیاری شدند. آبیاری‌های بعدی بر اساس تیمارهای آزمایش انجام شد. روش آبیاری باقلا در این آزمایش به صورت جوی و پشته (نشت آب از داخل جوی به سمت محل قرارگیری بذر روی پشته) بود. میزان آب ورودی به هر کرت با استفاده از یک کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. در طول آزمایش با استفاده از وجین دستی با علف‌های هرز مبارزه گردید. زمان کاشت تا برداشت نهایی باقلا (۳۰ فروردین ۱۳۹۸) در مجموع در ۱۴ مرحله آبیاری اعمال گردید. مراحل اعمال آبیاری و مراحل رشدی باقلا در جدول ۳ آورده شده است.

در مرحله برداشت (۳۰ فروردین) در کلیه تیمارها، اثرات حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و یک متر ابتدایی و انتهایی هر کرت) حذف و بقیه کرت از نزدیک‌ترین ارتفاع از سطح زمین (تقریباً دو سانتی‌متری) برداشت و عملکرد و اجرای عملکرد دانه باقلا ثبت گردید. از تقسیم عملکرد دانه بر حجم آب ورودی به کرت، بهره‌وری آب[1] (کیلوگرم بر متر مکعب) اندازه‌گیری شد (Eskandari and Alizadeh-Amraie, 2018):

$$WP = [Y / I_g]$$

1. WP = Water productivity

جدول ۳- مراحل انجام آبیاری در کشت خالص باقلا بر اساس تیمارهای آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

Table 3- Stages of irrigation in sole cropping of faba bean based on experimental treatments during 2018-19 growing season

مرحله آبیاری Irrigation stage	تاریخ Date	مرحله رشد باقلا Faba bean growth stage
مرحله اول	۵ آذر	کاشت
First stage	26November	Planting
مرحله دوم	۱۵ آذر	رشدگیاهچه
Second stage	6 December	Seedling growth
مرحله سوم	۲۵ آذر	استقرار گیاهچه (۴ برگی)
Third stage	16 December	Seedling establishment (4 leaves)
مرحله چهارم	۳ دی	رشد رویشی
The fourth stage	24 December	Vegetative growth
مرحله پنجم	۱۵ دی	رشد رویشی
The fifth stage	5 January	Vegetative growth
مرحله ششم	۲۵ دی	رشد رویشی
The sixth stage	15 January	Vegetative growth
مرحله هفتم	۱۱ بهمن	رشد رویشی
The seventh stage	31 January	Vegetative growth
مرحله هشتم	۲۵ بهمن	شروع گلدهی
The eighth stage	14 February	Early stages of flowering
مرحله نهم	۴ اسفند	گلدهی
The ninth stage	23 February	Flowering
مرحله دهم	۱۵ اسفند	گلدهی و غلاف‌دهی
The tenth stage	6 March	Flowering and podding
مرحله یازدهم	۲۶ اسفند	غلاف دهی و شروع دانه‌بندی
The eleventh stage	17 March	Podding and early stages of grain formation
مرحله دوازدهم	۵ فروردین	دانه‌بندی
The twelfth stage	25 March	Grain formation
مرحله سیزدهم	۱۳ فروردین	تکمیل دانه‌بندی
The thirteenth stage	2 April	Completion of grain formation
مرحله چهاردهم	۲۱ فروردین	تکمیل دانه‌بندی و شروع رسیدگی دانه
The fourteenth stage	10 April	Completion of grain formation and starting of grain maturing

که در آن WP بهره‌وری آب، Y عملکرد دانه باقلا بر حسب کیلوگرم در هکتار و I_g حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها، در هر سطحی که صفت مورد نظر معنی‌دار شد از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تیمار روش آبیاری و کود بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار ($P\leq0.01$) است (جدول ۴). اثر متقابل آبیاری× کود بر صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. با این‌حال، اثر متقابل آبیاری× کود بر صفات تعداد دانه و تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک و بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

باقلا در شرایط آبیاری کامل سیستم ریشه‌ای ارتفاع بوته بیشتری داشت به‌طوری‌که اعمال آبیاری جزئی ریشه باعث کاهش ۱۴ درصدی ارتفاع بوته باقلا شد (شکل ۱). هم‌چنین استفاده از کود شیمیایی به عنوان منبع تغذیه باعث شد که باقلا بیشترین ارتفاع بوته را تولید کند که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر منابع کودی (به ترتیب ۲۴/۵، ۱۴/۵ و ۶/۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد، کمپوست و کود دامی) بود. در شرایط عدم استفاده از کود، باقلا کمترین ارتفاع بوته (۴۵/۵ سانتی‌متر) را داشت (شکل ۱).

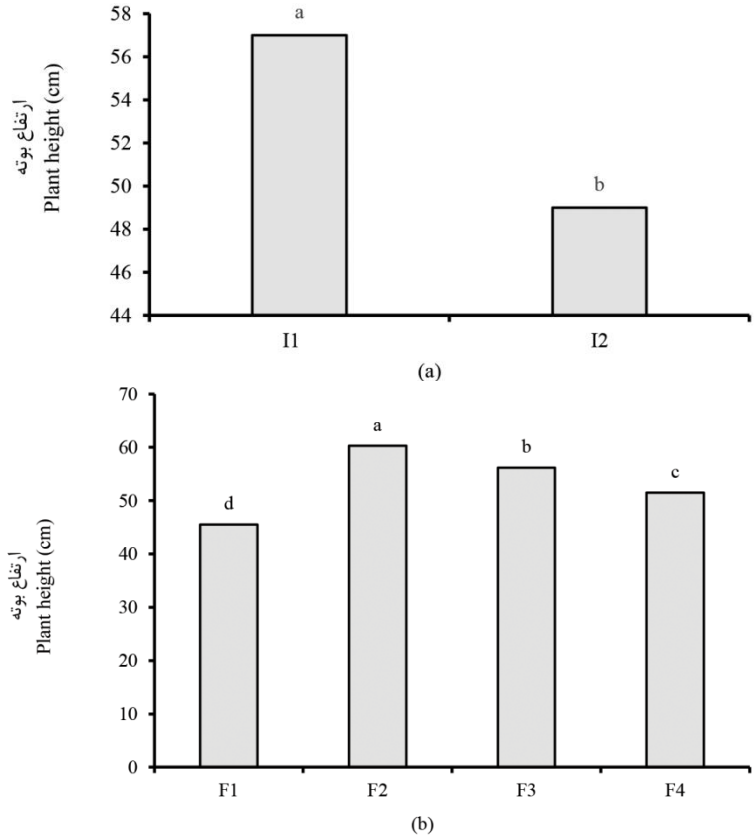
جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد دانه باقلا در تیمارهای مختلف کودی در شرایط آبیاری کامل و جزئی ریشه

Table 4- Analysis of variance (Mean Square) for grain yield and yield components of faba bean in different treatments of fertilizer under conventional irrigation and partial root zone condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	تعداد دانه در غلاف Grain per pod	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در بوته Grain per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	بهره وری آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	70.9**	9517**	0.202**	0.502**	16.2**	1339091**	489120**	0.159**
آبیاری Irrigation(I)	1	376**	40017**	1.65**	2.04**	234.4**	10354320**	2585297**	2.01**
کود Fertilizer(F)	3	244**	1978**	0.568**	2.54**	121.4**	2463090**	1060663**	0.247**
I× F	3	2.40ns	650ns	0.025ns	0.212**	7.3**	158531**	23036*	0.065**
خطا Error	14	731	250	0.019	0.015	1.02	12744	7246	0.006
ضریب تغییرات CV(%)		2.47	1.33	4.54	2.01	5.34	2.44	3.79	6.74

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

* and ** indicate significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively. ns: not significant



F_1: بدون کود، F2: کود شیمیایی، F3: کود گاوی، F4: کود کمپوست، I1: آبیاری کامل، I2: آبیاری جزیی

حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد.

F1, F2, F3 and F4 are control, chemical fertilizer, animal manure and compost, respectively.

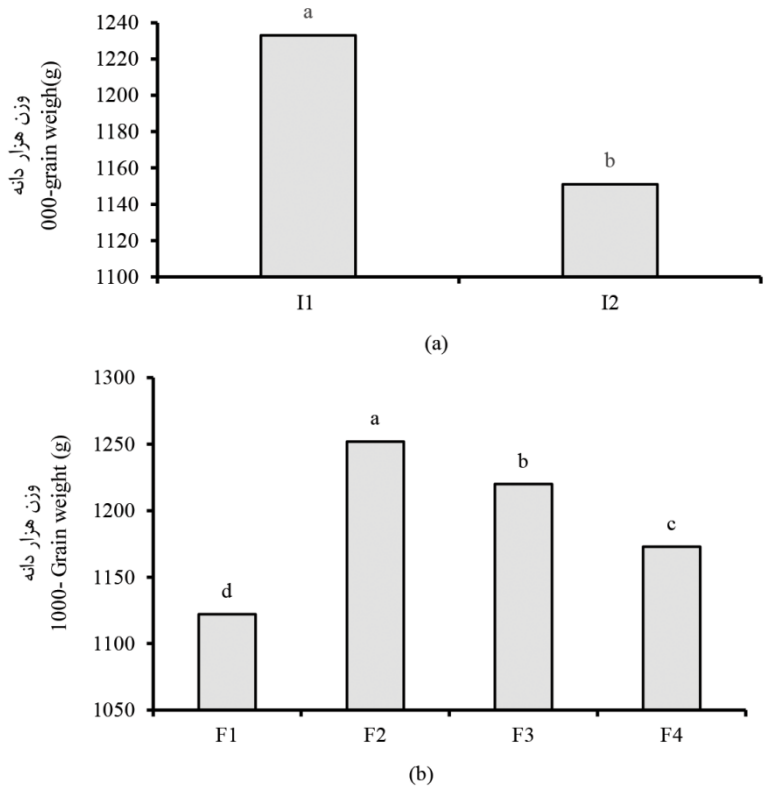
I1: conventional irrigation, I2: partial root zone irrigation.

Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple test.

شکل ۱- اثر روش آبیاری (a) و نوع کود (b) بر ارتفاع بوته باقلا

Figure 1- Effect of irrigation method (a) and fertilizer type (b) on plant height of faba bean

آبیاری محدود باعث تولید دانه‌های کوچک‌تر توسط باقلا شد به‌طوری‌که آبیاری جزئی ریشه حدود ۷ درصد وزن هزار دانه را کاهش داد (شکل ۲). آبیاری جزئی ریشه هم‌چنین باعث شد که باقلا تعداد دانه کمتری در غلاف داشته باشد (شکل ۳). با اعمال آبیاری جزئی ریشه تعداد دانه در غلاف باقلا از ۳/۳ به ۲/۸ (کاهش ۱۵ درصدی) دانه رسید (شکل ۳). از نظر تأثیر مدیریت کود نیز نتایج نشان داد که عدم استفاده از کود (تیمار شاهد) باعث تولید کوچک‌ترین دانه‌ها (کمترین وزن هزار دانه) و کمترین تعداد دانه در غلاف می‌شود، به‌طوری‌که وزن هزار دانه باقلا در تیمار شاهد (عدم کوددهی) (۱۱۲۲ گرم) بیش از ۱۰ درصد کمتر از بیشترین وزن هزار دانه مشاهده شده در تیمار کود شیمیایی (۱۲۵۲ گرم) بود. استفاده از کود شیمیایی اگرچه باعث تولید دانه‌های سنگین‌تر (وزن هزار دانه بالاتر) نسبت به سایر تیمارهای کودی شد ولی از نظر تولید تعداد دانه در غلاف، اختلاف معنی‌داری با تیمار کود دامی نداشت. با این‌حال، اختلاف بین تیمار کود شیمیایی (تیماری که بیشترین تعداد دانه در غلاف را تولید کرد) و تیمار شاهد (عدم کوددهی) (تیماری که کمترین تعداد دانه در غلاف را تولید کرد) بیش از ۲۰ درصد بود که نشان می‌دهد کوددهی بر تولید تعداد دانه بیش از وزن دانه اثر دارد (شکل ۳).



F_1: بدون کود، F2: کود شیمیایی، F3: کود گاوی، F4: کود کمپوست، I1: آبیاری کامل، I2: آبیاری جزیی

حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد.

F1, F2, F3 and F4 are control, chemical fertilizer, animal manure and compost, respectively.

I1: conventional irrigation, I2: partial root zone irrigation.

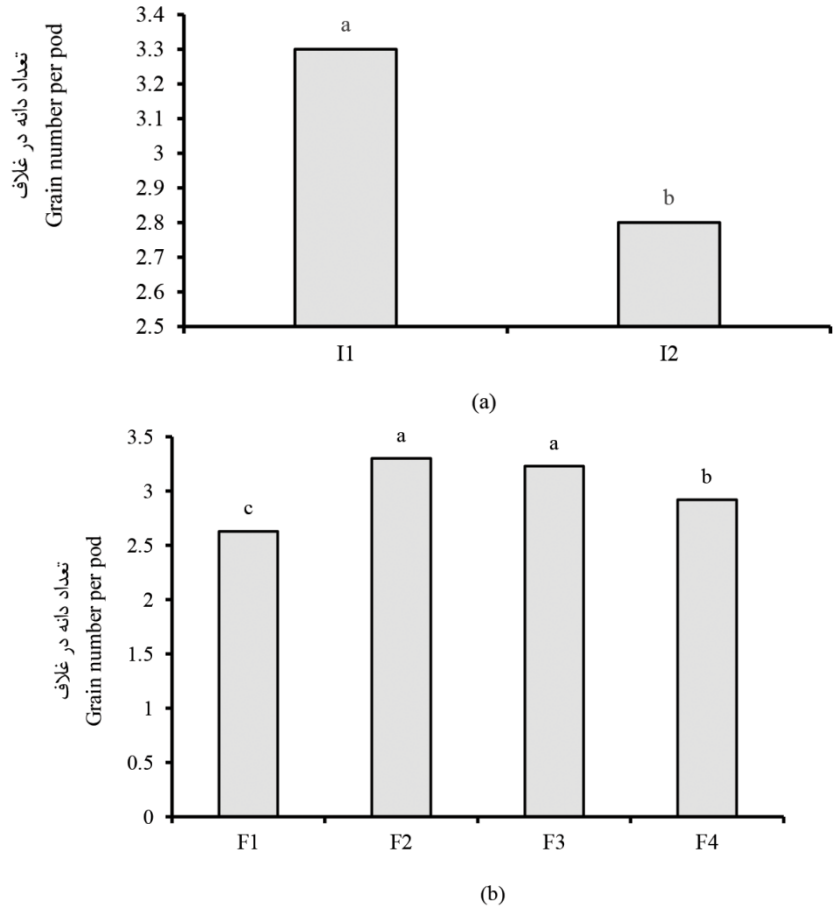
Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple test.

شکل ۲- اثر روش آبیاری (a) و نوع کود (b) بر وزن هزار دانه باقلا

Figure 2- Effect of irrigation method (a) and fertilizer type (b) on 1000-grain weight of faba bean

استفاده از کود شیمیایی در شرایط آبیاری کامل سیستم ریشه‌ای باعث تولید بیشترین تعداد غلاف در بوته شد که ۳۳ درصد بیشتر از تیمار عدم کوددهی در شرایط آبیاری جزئی ریشه بود. با این‌حال، استفاده از کود شیمیایی و کود دامی در شرایط آبیاری جزئی ریشه می‌تواند از نظر تعداد غلاف در بوته با اعمال تیمارهای کود دامی و کمپوست در شرایط آبیاری کامل ریشه برابری کند

(جدول ۵). روند تقریباً مشابهی در مورد تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک نیز مشاهده شد به‌طوری‌که استفاده از کود شیمیایی و آبیاری کامل ریشه بیشترین تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد و عدم استفاده از کود و آبیاری جزئی ریشه به تولید کمترین تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک منجر شد (جدول ۵).



F_1: بدون کود، F2: کود شیمیایی، F3: کود گاوی، F4: کود کمپوست، I1: آبیاری کامل، I2: آبیاری جزیی

حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد.

F1, F2, F3 and F4 are control, chemical fertilizer, animal manure and compost, respectively.

I1: conventional irrigation, I2: partial root zone irrigation.

Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple test.

شکل ۳- اثر روش آبیاری (a) و نوع کود (b) بر تعداد دانه در غلاف باقلا

Figure 3- Effect of irrigation method (a) and fertilizer type (b) on grain number per pod of faba bean

بیشترین عملکرد دانه (۳۰۵۱ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از کود شیمیایی و آبیاری کامل ریشه بدست آمد که بیش از دو برابر تیمار بدون کوددهی و ۲۵ درصد بیشتر از تیمار کود شیمیایی در شرایط آبیاری جزئی ریشه بود (جدول ۵). عملکرد دانه بدست آمده از باقلا در شرایط بکارگیری آبیاری جزئی ریشه و کود شیمیایی ۹/۲ درصد بیشتر از آبیاری کامل ریشه و عدم کوددهی بود (جدول ۵). استفاده از کود، به طور معنی‌داری عملکرد دانه باقلا را در شرایط آبیاری جزئی ریشه افزایش داد (در تیمارهای کود شیمیایی، کود دامی و کمپوست به ترتیب ۴۲، ۴۰ و ۳۱ درصد بیشتر از عدم کوددهی). با این‌حال، در شرایط آبیاری جزئی ریشه، عملکرد دانه باقلا تنها به شرط استفاده از کود شیمیایی بهتر از آبیاری کامل و عدم کوددهی بود و سایر تیمارهای کودی نتوانستند اثرات کمبود آب بر کاهش عملکرد دانه باقلا را جبران کنند (جدول ۵).

جدول ۵- عملکرد و اجزای عملکرد دانه باقلا در تیمارهای مختلف کودی در شرایط آبیاری کامل و جزئی ریشه

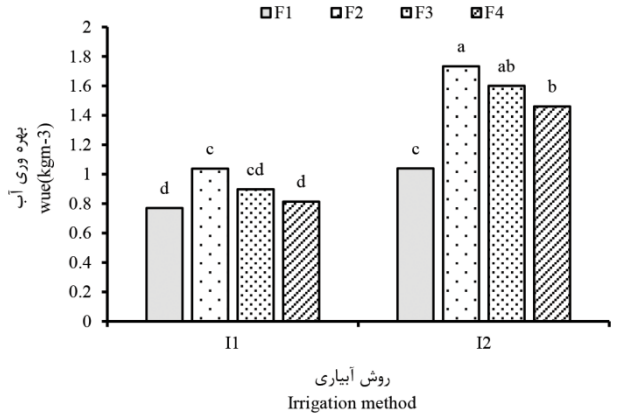
Table 5- Grain yield and yield components of faba bean at different fertilizer treatments under conventional and partial root zone irrigation conditions

روش آبیاری Irrigation method	نوع کود Fertilizer type	غلاف در بوته Pod per plant	دانه در بوته Grain per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})
آبیاری کامل Conventional irrigation	F1	5.77c	18.0c	4773c	2067e
	F2	7.0a	28.7a	6130a	3051a
	F3	6.5b	22.7b	5220b	2724b
	F4	6.33b	19.0c	5030bc	2458c
آبیاری جزیی Partial root zone irrigation	F1	4.67d	10.7e	3130f	1316g
	F2	6.47b	20.0c	4557c	2276d
	F3	6.30b	19.0c	4363d	2187de
	F4	5.83c	13.7d	3657e	1896f

F1: بدون کود، F2: کود شیمیایی، F3: کود گاوی، F4: کود کمپوست. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد (برای عملکرد دانه در سطح پنج درصد) می‌باشد.

F1, F2, F3 and F4 are control, chemical fertilizer, animal manure and compost, respectively. In each column, different letters indicate significant difference at P≤0.01 (for grain yield at P≤0.05) according to Duncan's test.

نتایج نشان داد که بالاترین بهره‌وری آب باقلا در شرایط آبیاری جزئی ریشه بدست آمد (شکل ۴). بیشترین (تولید ۱/۷۳ کیلوگرم دانه به ازای مصرف یک متر مکعب آب) و کمترین (تولید ۰/۸۱۳ کیلوگرم دانه به ازای مصرف یک متر مکعب آب) بهره‌وری آب به ترتیب با کاربرد کود شیمیایی در شرایط آبیاری جزئی ریشه و عدم استفاده از کود در شرایط آبیاری کامل ریشه بدست آمد (شکل ۴). هم‌چنین در شرایط آبیاری کامل استفاده از کود کمپوست نتوانست بهره‌وری آب را بهبود ببخشد و باعث تولید بیشتر دانه به ازای مصرف هر واحد آب شود درحالی‌که در شرایط آبیاری جزئی ریشه، استفاده از کود کمپوست نه‌تنها توانست بهره‌وری آب را نسبت به عدم مصرف کود در شرایط آبیاری جزئی ریشه افزایش دهد، بلکه باعث شد که بهره‌وری آب نسبت به تمامی تیمارهای آبیاری کامل ریشه با عدم مصرف و یا مصرف هر نوع کود به عنوان منبع تغذیه باقلا بیشتر شود (شکل ۴). بیشترین میزان بهره‌وری آب در شرایط آبیاری جزئی ریشه (۱/۷۳ کیلوگرم دانه به ازای مصرف یک متر مکعب آب) بیش از ۴۰ درصد بالاتر از بیشترین میزان بهره‌وری آب در شرایط آبیاری کامل (۱/۰۳۷ کیلوگرم دانه به ازای مصرف یک متر مکعب آب) بود (شکل ۴).



F_1: بدون کود، F2: کود شیمیایی، F3: کود گاوی، F4: کود کمپوست، I1: آبیاری کامل، I2: آبیاری جزیی

حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد.

F1, F2, F3 and F4 are control, chemical fertilizer, animal manure and compost, respectively.

I1: conventional irrigation, I2: partial root zone irrigation.

Different letters indicate significant difference at P≤0.01 according to Duncan's multiple test

شکل ۴- بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف آزمایش

Figure 4- Water productivity in different experimental treatments.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هر دو جزء عملکرد دانه (شامل تعداد دانه در واحد سطح و وزن دانه) بر عملکرد دانه باقلا تأثیر دارند، به‌طوری‌که وزن دانه و تعداد دانه در واحد سطح (متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف) در شرایط آبیاری جزئی ریشه به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) کاهش پیدا کردند. ضریب همبستگی بین صفات مرتبط با عملکرد دانه شامل تعداد دانه در غلاف (۰/۹۶۵)، وزن هزاردانه (۰/۹۵۲)، ارتفاع بوته (۰/۹۳۸) و تعداد غلاف در بوته (۰/۹۰۶) با عملکرد دانه تأییدکننده‌ی این موضوع می‌باشد. نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات در مورد اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه باقلا مبنی بر اثر تنش کمبود آب بر هر دو جزء عملکرد دانه باقلا شامل تعداد دانه و وزن دانه، مشابه است (Katerji *et al.*, 2019). با این‌حال، در سیستم کشت مخلوط گندم-باقلا، مشاهده شد که آبیاری جزئی ریشه اگر چه بر تعداد دانه در بوته باقلا تأثیر دارد ولی این اثر را از طریق تعداد غلاف در بوته (و نه تعداد دانه در غلاف) دارد (Eskandari and Kazemi, 2020) که با نتایج تحقیق حاضر هماهنگی ندارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل شرایط متفاوت کشت و اثرات احتمالی گندم بر باقلا در شرایط کشت مخلوط باشد. هم‌چنین یکی از عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد دانه باقلا در شرایط آبیاری جزئی ریشه را می‌توان به کاهش ارتفاع بوته نسبت داد (شکل ۱)، چرا که با توجه به همبستگی مثبت بین تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته (۰/۹۴۵)، ارتفاع بوته از طریق تأثیر بر تعداد غلاف در بوته، بر تعداد دانه در بوته و درنهایت عملکرد دانه اثر می‌گذارد نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج بدست آمده در تحقیقات مطابقت داشت (Purcell *et al.*, 2002).

عملکرد دانه باقلا در شرایط استفاده از کود شیمیایی بیشتر از کودهای دامی و کمپوست بود (جدول ۵). این در حالی است که میزان عناصر غذایی کودهای دامی و کمپوست نسبت به کود شیمیایی بیشتر بود (جدول ۲). بر این اساس به نظر می‌رسد همه عناصر غذایی که در کودهای دامی و کمپوست وجود دارد در همان اولین سال استفاده آزاد نشده و در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد. در این مورد نتیجه گرفته شده است که به حداقل سه سال برای اینکه همه عناصر غذایی کودهای دامی و کمپوست آزاد و در اختیار گیاه قرار بگیرد، نیاز هست (Varavi Poor, 2010). در گیاه کنجد نیز مشاهده شد که در شرایط تنش خشکی ناشی از افزایش فاصله آبیاری، عملکرد دانه در شرایط استفاده از کودهای شیمیایی بیشتر از کودهای دامی و کمپوست بود و علت آن به آزاد نشدن همه عناصر غذایی موجود در کودهای دامی و کمپوست در سال اول نسبت داده شد (Eskandari and Kazemi, 2019). هم‌چنین در آزمایش حاضر مشاهده شد که علی‌رغم بیشتر بودن عناصر غذایی موجود در کود کمپوست نسبت به کود دامی (جدول ۲)، عملکرد دانه باقلا در شرایط استفاده از کمپوست به عنوان منبع تأمین عناصر غذایی، در همه تیمارهای آبیاری کمتر از کود دامی بود (جدول ۵). بر این اساس، اینکه آیا استفاده از کودهای دامی یا کمپوست می‌تواند برای کاهش اثرات تنش خشکی ناشی از آبیاری جزئی ریشه جایگزین کودهای شیمیایی شوند نیاز به تحقیقات بیشتر (حداقل سه ساله) دارد تا اثرات آزاد شدن تمامی عناصر غذایی این کودها بر عملکرد دانه باقلا به طور دقیق‌تری ارزیابی شود ولی همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نشان داد، استفاده یک‌ساله از کودهای دامی و کود کمپوست نمی‌تواند در شرایط آبیاری جزئی ریشه، جایگزین کودهای شیمیایی شود. با این‌حال، می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به عملکرد دانه بالاتر، استفاده از ترکیب آبیاری جزئی ریشه و کود حیوانی بر آبیاری کامل سیستم ریشه و عدم استفاده از کود ارجحیت دارد (جدول ۵).

اگر چه اعمال آبیاری محدود از طریق آبیاری جزئی ریشه به کاهش عملکرد دانه منجر شد، ولی از آنجا که کاهش مصرف آب در تیمارهای آبیاری جزئی ریشه بیش از کاهش عملکرد دانه بود، بهره‌وری آب نسبت به شرایط آبیاری کامل سیستم ریشه‌ای بهبود پیدا کرد. به عبارت دیگر، آبیاری جزئی ریشه توانست علاوه بر کاهش قابل توجه در مصرف آب، تولید دانه را در وضعیت مطلوب نگه دارد. در پژوهش‌های مختلف بهبود بهره‌وری آب با اعمال آبیاری جزئی ریشه گزارش شده است (Eskandari and Kazemi, 2020; Eskandari and Alizadeh-Amraie, 2018; Du *et al.*, 2006). یکی از دلایل بهبود بهره‌وری آب در شرایط آبیاری جزئی ریشه افزایش سهم تعرق از کل آب مصرف شده عنوان شده است (Gholinezhad, 2010). در مورد باقلا گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی سهم مواد فتوسنتزی اختصاص داده شده با ریشه افزایش پیدا می‌کند (Belachew *et al.*, 2019) که می‌تواند تا حدودی رشد ریشه را تحریک و سهم آب تعرق شده را در مقایسه با آب تبخیر شده افزایش داده و درنهایت به افزایش بهره‌وری آب منجر شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر این موضوع را که اعمال آبیاری جزئی سیستم ریشه‌ای می‌تواند ضمن حفظ عملکرد دانه، با کاهش مصرف آب به بهبود بهره‌وری آب کمک کند را مورد تأیید قرار دارد. هم‌چنین استفاده از کودهای دامی و کمپوست به دلیل کند بودن آزاد شدن عناصر غذایی آن‌ها نمی‌تواند برای کاهش اثرات تنش خشکی ناشی از آبیاری جزئی ریشه جایگزین کود شیمیایی شود. تحقیقات تکمیلی چندساله برای بررسی کامل برآیند نهایی استفاده از کودهای دامی و کمپوست در شرایط آبیاری جزئی ریشه پیشنهاد می‌شود.

References

Abdellatif, K.F., El-Absawy, E.A. and Zakaria, A.M. 2012. Drought stress tolerance of faba bean as studied by morphological traits and seed storage protein pattern. *Journal of Plant Studies*, 1: 1-12.

Adu, M.O., Yawson, D.O., Armah, F.A. and Asare, P.A. 2018. Meta-analysis of crop yields of full, deficit and partial root zone drying irrigation. *Agricultural Water Management*, 197: 79-90.

Ammar, M.H., Anwar, F., El-Harty, E.H., Migdadi, H.M., Abdel-Khalik, S.M., Al-Faifi, S.A., Farooq, M. and Alghamdi, S.S. 2015. Physiological and yield responses of faba bean to drought stress in managed and open field environments. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201: 280-287.

Belachew, K., Nagel, K.A., Poorter, H. and Stoddard, F.L. 2019. Association of shoot and root responses to water deficit in young faba bean plants. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1-10.

Du, T.S., Kang, S.Z., Zhang, J.H. and Li, F.S. 2006. Yield and physiological responses of cotton to partial root-zone irrigation in the oasis field of northwest china. *Agricultural Water Management*, 84: 41-52.

Eskandari, H. and Alizadeh-Amraie, A. 2018. Effect of planting pattern and alternate furrow irrigation on productivity of water and land under wheat intercropping. *Journal of Water Research in Agriculture*, 32(2): 179-187. (In Persian).

Eskandari, H. and Kazemi, K. 2016. The ecological role and importance of faba bean in agronomical systems. Proceedings of the 3th national conference on new findings in environmental and agricultural ecosystems. Tehran, Iran, Pp. 1-6. (In Persian).

Eskandari, H. and Kazemi, K. 2019. Evaluation of irrigation levels and soil fertility management on seed and oil yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1): 111-122. (In Persian).

Eskandari, H. and Kazemi, K. 2020. Response of grain yield and water use efficiency of wheat and faba bean to partial root-zone irrigation in intercropping. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 13(3): 777-792. (In Persian).

Fu, F., Li, F. and Kang, S. 2017. Alternate partial root-zone drip irrigation improves water and nitrogen use efficiencies of sweet waxy maize with nitrogen fertigation. *Scientific Reports*, 7: 1-10.

Gholinezhad, E., Ayenehband, A., Hassanzadeh Ghourt tapeh, A., Noormohammadi, G. and Bernousi, I. 2010. Effect of irrigation regime on water and nitrogen use efficiency in sunflower at various levels of n-application and plant density under Urmia climate conditions. *Journal of Soil and Water Science*, 1(20): 27-45. (In Persian).

Goldani, M. and Fazeli Kakhki, F. 2014. Evaluation of effect of chemical and organic fertilizers on growth characteristics, yield and yield components of three sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1): 127-136. (In Persian).

Kasa, R. and Rouphael, Y. 2014. Effects of partial root zone drying irrigation on yield fruit quality and water use efficiency in processing tomato. *Horticultural Science & Biotechnology*, 89: 389-396.

Katerji, N., Mastrorilli, M., Lahmer, F.Z., Maalouf, F. and Oweis, F. 2011. Faba bean productivity in saline-drought conditions. *European Journal of Agronomy*, 35: 2-12.

Mousavim, S.F., Soltani-Gerdefaramarzi, S. and Mostafazadeh-Fard, B. 2010. Effects of partial root-zone drying on yield, yield components and irrigation water use efficiency of canola. *Paddy and Water Environment*, 8: 157-163.

Purcell, L.C., Rosalind, A.B., Reaper, D.J. and Vories, E.D. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. *Crop Science*, 42: 172-177.

Rezaei- chiyaneh, R., Rahimi, A., SHaigh, F. and Mohaigi, M. 2017. Responses of some agronomical characteristics of faba bean (*Vicia Faba* L.) to biofertilizers under water deficit stress. *Journal of Crop Production*, 10(4): 107-120. (In Persian).

Varavi Poor, M. 2010. General Soil Science, Payam Noor University Press. (In Persian).

Yang, C., Huang, G., Chai, Q. and Luo, Z. 2011. Water use and yield of wheat/maize intercropping under alternate irrigation in the oasis field of northwest China. *Field Crops Research*, 124: 426-432.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 4, Issue 1, Spring and Summer 2022, P. 277-289

Effect of partial root zone irrigation and fertilizing management on grain yield and water productivity of faba bean

Kamyar Kazemi[1*], Seyed Nader Mosavian[1]

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

[*]Corresponding Author: kamyar.kazemi@pnu.ac.ir

Received: 21 October 2021 Accepted: 14 March 2022 **DOI: 10.22034/CSRAR.2022.310804.1148**

Abstract

Introduction: Water is essential for the production of biomass and grain by plants. In recent years, deficit irrigation induced by partial root zone irrigation has been one of the methods used to increase water productivity in agronomic systems. In this method, only a portion of the root system is irrigated and is exposed to semi- moistened and semi dried conditions. In sustainable agriculture , on the other hand, efforts are made to reduce the use of chemical fertilizers due to their negative impact on agronomic systems, such as reducing water and plant root penetration into soil and causing soil degradation. However, plants should be supplied with nutrients through other means, such as manure and compost. In order to reduce water consumption in agricultural systems, low-intensity irrigation has always been regarded as an essential management strategy. Due to the fact that, in the majority of the country, a decrease in precipitation occurs during the reproductive growth period of crops, resulting in a limitation of grain filling, research on limited irrigation techniques that can optimally reduce water consumption in agricultural systems is a top priority.

Materials and Methods: The research was carried out in Shadegan, Khuzestan during 2018-19. A two-factor factorial experiment based on randomized complete block design and three replications were employed to compare the treatments. The first factor was the irrigation regime applied after seedling establishment. The twoirrigation treatments were total root zone irrigation (I1) and partial root zone irrigation (I2). In complete irrigation, furrows were completely irrigated. In the partial root zone irrigation method, alternate furrow irrigation was used. The control (no fertilizer), chemical fertilizer, animal manure (cow manure), and compost comprised the second factor. Urea (100 kg ha^{-1}), triple super phosphate (100 kg ha^{-1}) and potassium sulfate (100 kg ha^{-1}) were used as chemical fertilizers (50 kg ha^{-1}). Before planting, the entire amount of compost (30 t ha^{-1}) and cow manure (30 t ha^{-1}) was applied. Each plot's incoming water volume was measured.

Results and Discussion: The interaction between irrigation and fertilizer had a significant effect on grain number per plant, biological yield, and water productivity ($P\leq0.01$) and grain yield ($P\leq0.05$). With the application of chemical fertilizer and thorough irrigation, the highest grain yield (3051 kg ha^{-1}) was achieved. Grain yield of faba bean under partial root zone irrigation and chemical fertilizer was 9.2% more than that of complete irrigation and control (no fertilizer) treatment. The application of fertilizer increased the grain yield of faba bean under partial root zone irrigation (in chemical fertilizer, animal manure and compost was 42%, 40% and 31% more than that of control (no fertilizer), respectively). However, only when chemical fertilizer was used was the grain yield of faba bean greater under partial root zone irrigation than under full irrigation and no fertilization. Other fertilizer treatments were unable to compensate for deficit irrigation's negative effects on faba bean grain yield. The highest (1.73) and lowest (0.83) of water productivity (kg grain m^{-3}) were achieved with the application of chemical fertilizer under partial root zone irrigation and no fertilizer application under full irrigation regime, respectively. Compost did not improved water productivity under full irrigation. However, under partial root zone irrigation, compost resulted in higher water productivity compared with all fertilizer treatments under full irrigation. The highest water productivity under partial root zone irrigation (1.73) was more than 40% more than the

highest water productivity under full irrigation (1.037).
Conclusion: The results of the present research confirm that partial root zone irrigation can help improve water productivity by reducing water consumption while maintaining grain yield. Furthermore, animal manure and compost cannot be used as a replacement of chemical fertilizers because slow release of nutrients.
Keywords: Animal manure, Compost, Deficit irrigation, Grain yield, Water use