مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۱۹۵-۲۱۰
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18961.3443

مقایسه عملکرد لوبیا در سیستم‌های آبیاری شیاری، تیپ و رین‌فلت

جهانگیر رودبارانی[۱]، جواد مظفری*[۲] و سید اسدا... محسنی موحد[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، [۲]دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: سیستم آبیاری بارانی رین‌فلت یک سیستم نوین آبیاری بوده که کارایی آن می‌تواند در عملکرد محصولات موردبررسی قرار گیرد. با توجه به این‌که سطح قابل‌توجهی از اراضی استان مرکزی به کشت لوبیا اختصاص داده می‌شود و از طرفی تأثیر آبیاری روی لوبیا به روش قطره‌ای تیپ و بارانی رین‌فلت در این منطقه ناشناخته است، بنابراین هدف از این پژوهش، تعیین مناسب‌ترین سیستم آبیاری با هدف افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف آب برای کشت لوبیا است. هم‌چنین در این پژوهش، آبیاری شیاری به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته می‌شود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور مقایسه بهره‌وری مصرف آب در کشت لوبیا تحت سیستم‌های آبیاری شیاری، بارانی رین‌فلت و قطره‌ای تیپ، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هم‌چنین وضعیت توزیع کود ازته در عمق خاک، بین دو سیستم آبیاری بارانی رین‌فلت و قطره‌ای تیپ مورد مقایسه قرار گرفت. کود اوره در سه نوبت شامل مرحله ظهور سه برگچه سوم، شروع گلدهی و مرحله پر شدن دانه‌ها استفاده گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه TDR استفاده شد. عملکرد بیولوژیک محصول، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در تیمارهای آزمایشی تعیین گردید. نهایتاً قبل از کشت و بعد از برداشت، از عمق‌های صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری صورت پذیرفت و به‌وسیله دستگاه کجلدال خودکار میزان ازت خاک تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر روش‌های مختلف آبیاری بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۵ درصد و بر مقدار آب مصرفی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. روش آبیاری رین‌فلت موجب افزایش در عملکرد دانه به میزان حداکثر ۲۹/۵ درصد و افزایش عملکرد بیولوژیک به میزان حداکثر ۲۷/۸ نسبت به روش آبیاری تیپ و شیاری گردید؛ اما این افزایش معنی‌دار نبود. اختلاف بهره‌وری آب در روش‌های رین‌فلت و تیپ اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما اختلاف آن‌ها با سیستم شیاری معنی‌دار بود. بیش‌ترین بهره‌وری فیزیکی آب با میانگین ۳۶۰ گرم ماده خشک به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی به روش آبیاری تیپ تعلق داشت؛ اما این برتری نسبت به روش

* مسئول مکاتبه: javad_370@yahoo.com

آبیاری رین‌فلت تنها ۲/۸ درصد بود. میزان آبشویی ازت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در روش آبیاری رین‌فلت بیش‌تر از روش آبیاری تیپ بود؛ اما آبشویی قابل‌توجهی از این عنصر در اعماق ۶۰ سانتی‌متر و بیش‌تر خاک مشاهده نشد. با توجه به نسبت هزینه‌های اجرای هر یک از روش‌های آبیاری در مقایسه با محصول تولیدی، مشخص گردید که هزینه اجرای سیستم آبیاری تیپ نسبت به هر کیلوگرم لوبیای تولیدشده، در حدود ۲/۷ برابر سیستم آبیاری رین‌فلت بود.

نتیجه‌گیری: بهره‌وری فیزیکی آب در آبیاری رین‌فلت با آبیاری قطره‌ی تیپ اختلاف معنی‌داری ندارد، اما اختلاف آن با آبیاری شیاری معنی‌دار است. بااین‌حال، کشت لوبیا با استفاده از روش آبیاری بارانی رین‌فلت به دلیل بهره‌وری اقتصادی مناسب‌تر در مقایسه با سیستم‌های آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری سطحی شیاری، توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری اقتصادی، توزیع ازت، روش‌های آبیاری، کارایی مصرف آب

مقدمه

پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد آبیاری قطره‌ای تیپ باعث افزایش کیفیت و کمیت عملکرد محصول می‌شود. مهرپویان و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی اثر روش‌های آبیاری جوی و پشته و قطره‌ای تیپ بر راندمان مصرف آب و برخی خصوصیات عملکرد در سه رقم لوبیا چیتی پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از آبیاری قطره‌ای میانگین عملکرد دانه را ۲۸ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی افزایش داد (۸). خرمیان (۲۰۱۴) اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ بر عملکرد گوجه‌فرنگی در استان خوزستان را بررسی کرد (۶). نتایج نشان داد متوسط کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری تیپ تقریباً ۲/۳ برابر آبیاری جویچه‌ای بود. عبدالواحد و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثر کم‌آبیاری در گیاه لوبیا بر مصرف آب و شوری خاک در آبیاری قطره‌ای پرداختند. آن‌ها بیان کردند بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در آبیاری کامل و کم‌ترین مقدار در آبیاری ۷۰ درصد رخ‌داده است (۱). صالحی و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی آرایش کاشت انواع لوبیا در شرایط آبیاری قطره‌ای نواری پرداختند و نتایج را با آبیاری شیاری و کرتی مقایسه کردند. نتایج نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه از آرایش کاشت کرتی با آبیاری معمولی به‌دست‌آمده است (۱۱). خرمیان و ظریفی‌نیا (۲۰۱۸) اثر مقادیر آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری سطحی برنامه‌ریزی‌شده را بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب دو رقم هندوانه در خوزستان بررسی کردند. نتایج کلی این مطالعه نشان داد که آبیاری قطره‌ای با تأمین ۱۲۵ درصد نیاز آبی برای کشت هندوانه در شرایط بدون محدودیت آب و ۷۵ درصد نیاز آبی در شرایط محدودیت آب برای اراضی با بافت نیمه‌سنگین و شرایط اقلیمی مشابه با محل انجام پژوهش قابل‌توصیه است (۷). دارابی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثر کم‌آبیاری بر اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برای گیاه لوبیا در آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری سطحی جوی و پشته‌ای پرداختند. نتایج نشان داد عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، در آبیاری سطحی نسبت به آبیاری تیپ، ۱۸ درصد بیش‌تر بود (۲). گانکالوز و همکاران (۲۰۱۹) در برزیل میزان بهره‌وری محصول نیشکر در سه سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، بارانی و قطره‌ای زیرسطحی را مورد ارزیابی قراردادند. نتایج بیانگر آن

بود که در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیش‌ترین میزان صرفه‌جویی آب و کود نسبت به سایر روش‌ها وجود داشته است. هم‌چنین میزان غلظت کود مصرفی مشاهده‌شده در پروفیل خاک در این سیستم آبیاری، کم‌تر از دو روش دیگر بوده است (٤). نصرالهی و همکاران (۲۰۲۰) به مقایسه تغییرات شاخص تنش آبی گیاه لوبیاچیتی در شرایط آبیاری سطحی و تیپ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد تأثیر روش‌های آبیاری روی مقادیر شاخص تنش آبی گیاه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارد، اما تأثیر ارقام مختلف معنی‌داری نیست (۹). فیروزآبادی و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی تعیین بهره‌وری مصرف آب محصول لوبیا در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که سیستم آبیاری بارانی نسبت به سیستم آبیاری سطحی با کاهش ۳۹/۸ درصدی در مصرف آب باعث افزایش ۱۰٦ درصدی در بهره‌وری مصرف آب لوبیا شده است (۳). نیاز به کاهش مصرف آب و هم‌چنین کاهش هزینه‌ها سبب شده است که روش‌های نوین ابداعی برای آبیاری موردبررسی قرار گیرد. آبیاری بارانی رین‌فلت[1]، یک سیستم ابداعی بارانی بوده که با استفاده از لوله‌های لی‌فلت انجام می‌گیرد. در این پژوهش برای اولین بار کشت لوبیا با آبیاری بارانی رین‌فلت موردبررسی قرارگرفته است. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی عملکرد مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی در سیستم آبیاری بارانی رین‌فلت و مقایسه آن با سیستم‌های آبیاری سطحی شیاری و قطره‌ای تیپ است.

مواد و روش‌ها

محل اجرای طرح در مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی حومه شهر اراک با طول جغرافیایی ″۱۳ ′٤٤ °٤۹ شرقی و عرض جغرافیایی ″٤۳ ′۰۷ °۳٤ شمالی، متوسط دمای سالانه ۱۳/۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی ۳٤۱/۷ میلی‌متر است (۵). خاک منطقه دارای بافت لومی‌رسی است که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

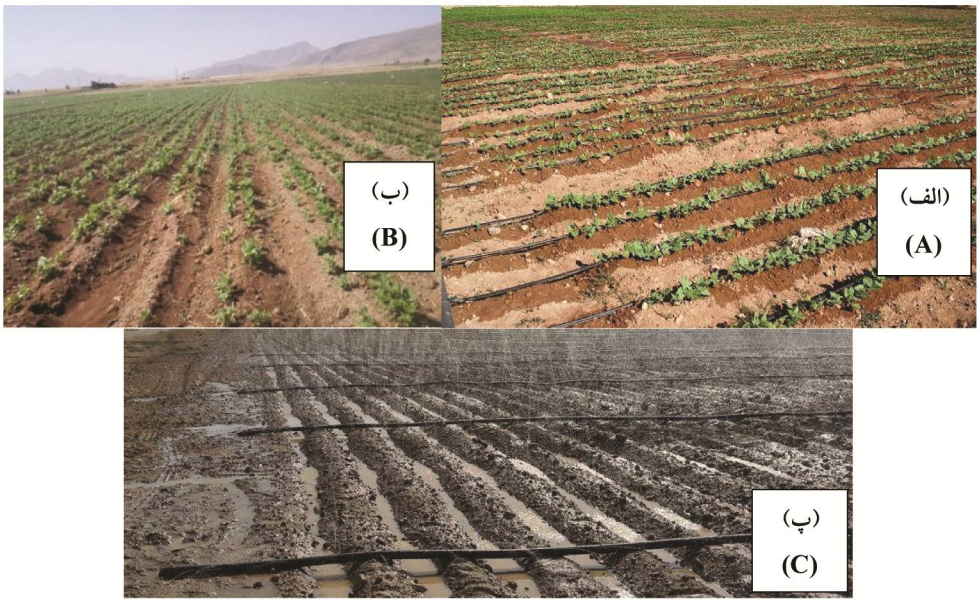
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the test site soil.

بافت خاک Soil Pattern	کربن آلی Organic Carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)
لومی رسی	0.49	0.9	8.1	0.05	8	233	2.26	4	1.3	1.2

پژوهش برای تیمارهای آبیاری شامل روش قطره‌ای تیپ، روش بارانی رین‌فلت با لوله‌های لی‌فلت[2] و روش آبیاری سطحی شیاری در مساحت‌های ۵۰۰ مترمربع و هرکدام در سه تکرار احداث گردید. فاصله تکرارها از یکدیگر پنج‌متر در نظر گرفته شد. زمان انجام کشت با توجه به ادامه بارندگی‌های بهاری تا انتهای اردیبهشت، نیمه اول خرداد است. شکل ۱ نمایی از تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهد. فاصله پشته‌ها از یکدیگر را ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده و روی هر پشته دو ردیف کشت شد.

1- Rain flat
2- Lay flat



شکل ۱- نمایی از تیمارهای آزمایشی آبیاری الف) قطره‌ای تیپ، ب) شیاری و پ) بارانی رین فلت.

Figure 1. View of experimental treatments of irrigation a) drip irrigation, b) furrow and c) rain flat sprinkler.

دلیل فاصله ۷۵ سانتی‌متر سهولت و امکان تردد ماشین‌آلات جهت وجین، سمپاشی و کوددهی می‌باشد. پس از کاشت لوبیا چیتی رقم تلاش با تراکم بذر ۴۰ بوته در هر مترمربع، عملیات نصب لوله‌های فرعی، لوله‌های تیپ، کنتور و مخزن کود انجام شد. لوله‌های لی‌فلت عمود بر ردیف‌های کشت در فواصل ۳ متر از یکدیگر نصب گردید. در صورتی‌که لوله‌های لی‌فلت هم جهت با ردیف‌های کشت نصب شوند، پس از پوشش کانوپی، آبیاری مزرعه به‌طور یکسان و مطلوب انجام نمی‌شود اما درصورتی‌که لوله‌های لی‌فلت عمود بر جهت شیارها نصب شوند، روان آب حاصل درون شیارها جاری شده و تمام سطح مزرعه به طور یکسان آبیاری می شود. بر اساس توصیه‌ها، کوددهی با کود اوره در سه مرحله انجام گردید: ۱- هم‌زمان با ظهور برگچه سوم به میزان ۳۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار، ۲- هم‌زمان با تشکیل غلاف به‌میزان ۳۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار و ۳- زمان پر شدن دانه‌ها به میزان ۳۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار.

جهت تعیین حجم آب مصرفی در هر آبیاری از کنتور استفاده شد. جهت انجام آبیاری بعدی رطوبت خاک به صورت روزانه با دستگاه TDR[1] تا عمق ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد و هر زمان مزرعه نیاز به آبیاری داشت، عملیات آبیاری انجام شد. دستگاه TDR استفاده شده از نوع Trase مدل 6050X1 ساخت شرکت Moisture Soil می‌باشد. تا قبل از مرحله گلدهی لوبیا، زمانیکه رطوبت خاک به ۵۵٪ رطوبت مزرعه‌ای می‌رسید آبیاری انجام می‌شد. در مرحله گلدهی و تشکیل غلاف به‌دلیل تأثیر منفی تنش بر عملکرد لوبیا، در نقطه ۶۵٪ رطوبت مزرعه‌ای آبیاری انجام گردید. عمق آب مورد نیاز آبیاری از رابطه زیر تعیین شد:

$$I_n = (\theta_{FC} - \theta_{TDR}) * Z \qquad (۱)$$

که در آن، I_n عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، Z عمق خاک (عمق توسعه ریشه لوبیا) که در ابتدا ۱۰۰

1- Time-Domain Reflectometry

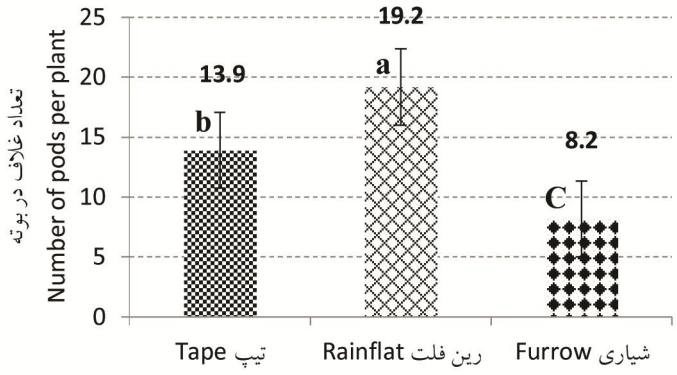
میلی‌متر و بعد از ظهور سه برگچه برابر ۳۰۰ میلی‌متر، θ_{TDR} درصد رطوبت حجمی قرائت شده به وسیله دستگاه TDR، θ_{fc} درصد رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی می‌باشند. پس از رسیدن لوبیا از هر کرت به طور تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته اندازه‌گیری شد. سپس عملکرد بیولوژیک محصول، عملکرد دانه، شاخص برداشت (عملکرد دانه/ عملکرد بیولوژیک) و کارآیی مصرف آب تعیین گردید. کارآیی مصرف آب از مقدار ماده خشک تولید شده به ازای هر واحد آب مصرفی توسط گیاه با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$WP=\frac{Y}{W} \qquad (۲)$$

که در آن، WP کارایی مصرف آب (٪)، Y جرم ماده خشک تولید شده (کیلوگرم) و W جرم آب مصرف شده توسط گیاه (کیلوگرم) می‌باشد. برای اندازه‌گیری میزان آبشویی کود و هم‌چنین میزان نفوذ کود در اعماق خاک، پس از آخرین آبیاری مزرعه، در هر یک از کرت‌ها یک پروفیل تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری خاک حفر کرده و از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری کرده و درصد ازت موجود در خاک در هر یک از نمونه‌ها به روش کجلدال اندازه‌گیری گردید. ویژگی‌های مورد بررسی لوبیا در این پژوهش عبارت از تعداد غلاف و دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و مصرف آب و بهره‌وری فیزیکی آب می‌باشد. با توجه به این‌که طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید، بنابراین به منظور بررسی و آنالیز صفات و ویژگی‌های دانه لوبیا و هم‌چنین بهره‌وری فیزیکی آب و تغییرات ازت در خاک، از تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و برای مقایسه میانگین صفات و تعیین تأثیر سیستم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین اجزاء عملکرد در لوبیا محسوب می‌شود و نقش تعیین‌کننده‌ای در تولید نهایی محصول دارد. تغییرات تعداد غلاف در بوته در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ۲ نشان داده‌شده است. بر اساس نتایج میانگین تعداد غلاف در بوته در لوبیا چیتی رقم تلاش، در سیستم شیاری ۸/۲ غلاف در هر بوته بود؛ اما میانگین این صفت در تیمار آبیاری به روش رین‌فلت ۱۹/۲ و در روش آبیاری تیپ ۱۳/۹ غلاف در هر بوته می‌باشد. بر طبق جدول ۲، اختلاف بین روش‌های مختلف آبیاری از نظر تعداد غلاف در بوته، در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بوده است. لازم به ذکر است که بین تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در بوته ($r=۰/۹٦٤^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ٦).



شکل ۲- تغییرات تعداد غلاف در بوته.

Figure 2. Changes in the number of pods per plant.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی از صفات مورد آزمون.

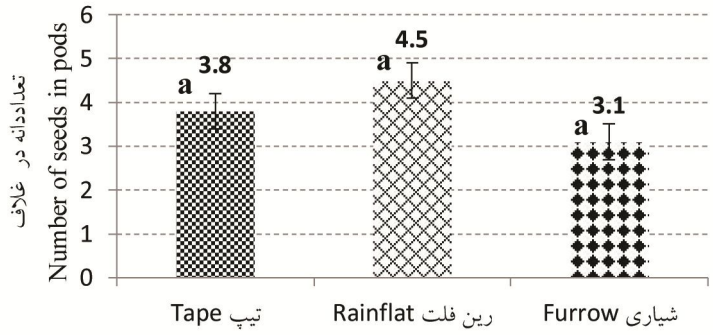
Table 2. Results of analysis of variance of some tested traits.

منابع تغییرات Sources of Changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of squares			
		تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Repetition	2	3.717 ns	0.01 ns	53.783 ns	60211.262 ns
تیمار Treatment	2	43.807 *	0.712 ns	1654.435 *	336412.1 ns
خطا Error	2	2.127	0.621	72.305	118657.7
ضریب تغییرات Coefficient of change	-	20.7%	12.4%	23.1%	16.8%

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیرمعنی‌دار

*, **, ns Significant at the level of 0.05, 0.01 and non-significant, respectively

از فاکتورهای مهم دیگر در افزایش عملکرد در گیاهان زراعی که تولید غلاف می‌کنند، تعداد دانه در غلاف می‌باشد. تغییرات تعداد دانه در غلاف در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بین روش‌های مختلف آبیاری از نظر تعداد دانه در غلاف، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با این حال آبیاری به روش رین‌فلت با میانگین ۴/۵ دانه در غلاف، نسبت به روش آبیاری تیپ (با میانگین ۳/۸ دانه در غلاف) دارای برتری ۱۸/۵ درصدی و نسبت به روش شیاری (با میانگین ۳/۱ دانه در غلاف) دارای برتری ۴۵ درصدی بود. هم‌چنین بین این صفت با تعداد دانه در بوته ($r=0/852^{*}$) و عملکرد دانه ($r=0/929^{**}$)، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۶).



شکل ۳- تعداد دانه در غلاف.

Figure 3. Number of seeds in pods.

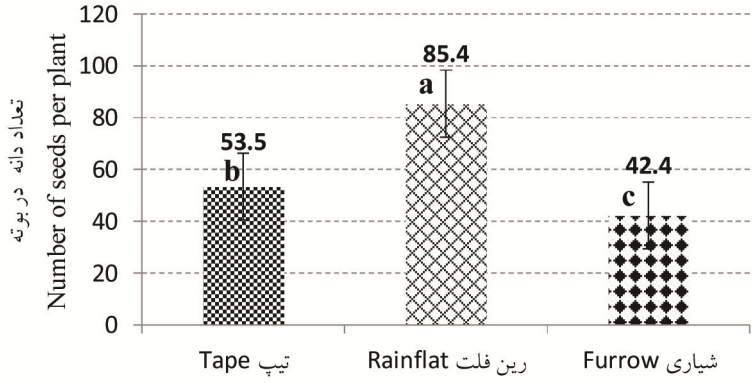
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در روش‌های آبیاری مورد بررسی.

Table 3. Comparison of the mean of studied traits in the studied irrigation methods.

روش‌های آبیاری Irrigation methods	صفات مورد بررسی Examined Traits			
	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)
تیپ Tape	13.9 [b]	3.83 [a]	53.5 [b]	2456.7 [a]
رین فلت Rainflat	19.2 [a]	4.46 [a]	85.4 [a]	2930.0 [a]
شیاری Furrow	8.2 [c]	3.1 [a]	42.4 [c]	2063.0 [a]

* تیمارهای آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵٪ با یکدیگر هستند

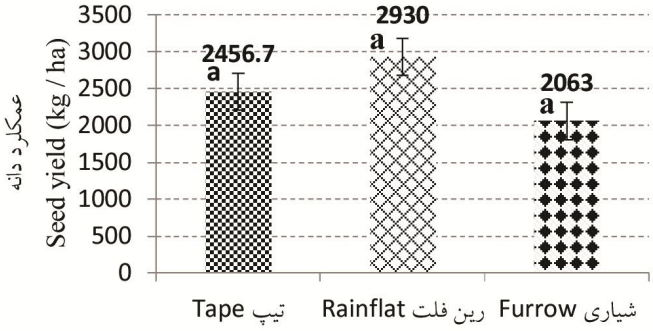
تغییرات تعداد دانه در بوته در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ٤+ نشان داده شده است. در این پژوهش اختلاف بین روش‌های مختلف آبیاری از نظر تعداد دانه در بوته، در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طورکلی میانگین این صفت در روش‌های آبیاری مورد آزمون، ٦۰/٤ دانه در هر بوته بود. در این بین روش آبیاری رین‌فلت با میانگین ۸۵/٤ دانه در هر بوته، دارای برتری ۵۹ درصدی نسبت به روش آبیاری تیپ با میانگین ۵۳/۵ دانه در هر بوته و ۵۰/۳ درصدی نسبت به روش آبیاری شیاری بود (جدول ۳). هم‌چنین بین این صفت با تعداد غلاف در بوته ($r=۰/۹٦٤^{**}$)، تعداد دانه در غلاف ($r=۰/۸۵۲^{*}$) و عملکرد دانه ($r=۰/۸۲٦^{*}$)، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ٦).



شکل ٤- تعداد دانه در بوته.

Figure 4. Number of seeds per plant.

بر طبق جدول ۲، اختلاف بین روش‌های مختلف آبیاری از نظر عملکرد دانه غیرمعنی‌دار بود. به‌طور کلی میانگین این صفت در روش‌های آبیاری مورد آزمون، ۲٤٥٦/۷ کیلوگرم در هر هکتار بود و روش آبیاری رین‌فلت با میانگین ۲۹۳۰ کیلوگرم در هکتار، دارای برتری ۱۹/۳ درصدی از نظر عملکرد دانه نسبت به روش آبیاری تیپ و ۲۹/۵ درصدی نسبت به روش شیاری بود (جدول ۳ و شکل ۵). بین عملکرد دانه با تعداد دانه در غلاف ($r=۰/۹۲۹^{**}$) و تعداد دانه در بوته ($r=۰/۸۲٦^{*}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ٦). دارابی و همکاران (۲۰۱۹) در مقایسه اثر سطوح و روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه در لوبیا بیان کردند که بیش‌ترین مقدار این صفت با میانگین ۳۰۵۳ کیلوگرم در هکتار، از تیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی و روش آبیاری جوی و پشته‌ای حاصل گردید (۲). مهرپویان و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که عملکرد دانه در آبیاری قطره‌ای ۲۸ درصد بیش‌تر از آبیاری سطحی بوده است (۸) که با نتایج دارابی و همکاران (۲۰۱۹) متفاوت و با نتایج صالحی و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد (۱۱). بهرحال، عملکرد دانه در این پژوهش تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها نشان نمی‌دهد، گرچه در روش رین فلت تا حدودی عملکرد بیش‌تری وجود داشته است.



شکل ٥- عملکرد دانه.

Figure 5. Seed yield.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس برخی از صفات مورد آزمون.

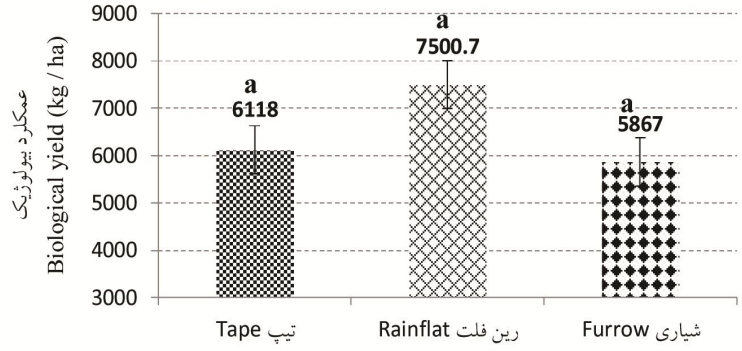
Table 4. Results of analysis of variance of some tested traits.

منابع تغییرات Sources of Changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of Square			
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	میزان مصرف آب Water consumption	بهره‌وری فیزیکی آب Physical Efficiency of water
تکرار Repetition	2	192745.7 ns	0.00062 ns	127451.0 ns	0.0025 ns
تیمار Treatment	2	2868512.6 ns	45 ns	1561872.0*	0.0017*
خطا Error	2	192231.7	0.007	31245.0	0.0075
ضریب تغییرات Coefficient of change	-	14.8%	11.4%	17.4%	14.3%

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیرمعنی‌دار

*, **, ns Significant at the level of 0.05, 0.01 and non-significant, respectively

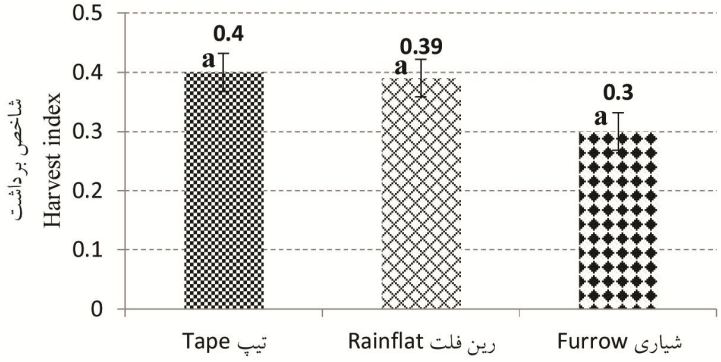
میزان عملکرد بیولوژیک در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ٦ نشان داده شده است. بر اساس این عملکرد، نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این صفت در جدول ٤ نشان داد که اختلاف بین روش‌های مختلف آبیاری از نظر عملکرد بیولوژیک غیر معنی‌دار بود؛ با این حال سیستم آبیاری رین‌فلت با میانگین ۷۵۰۰/۷ کیلوگرم در هکتار، دارای برتری ۲۲/٦ درصدی نسبت به روش آبیاری تیپ (با میانگین ٦۱۱۸ کیلوگرم در هکتار) و ۲۷/۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری شیاری (۵۸٦۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). بین عملکرد بیولوژیک با میزان مصرف آب (r=۰/۸۱۷*) و وزن صد دانه (r=۰/۸۵۷*) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ٦).



شکل ٦- عملکرد بیولوژیک در روش‌های آبیاری.

Figure 6. Biological yield in the irrigation methods.

بررسی تغییرات شاخص برداشت در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ۷) نشان داده شده است. بر طبق شکل، مشخص می‌گردد علی‌رغم این‌که روش آبیاری تیپ با میانگین ۰/٤ نسبت به روش آبیاری رین‌فلت و شیاری دارای برتری بود؛ اما این برتری به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ٤). به نظر می‌رسد که لوبیا در شرایط کمبود منابع آبی، سهم بیش‌تری از آسمیلات‌ها و مواد فتوسنتزی ساخته شده را به اندام‌های زایشی و دانه‌ها اختصاص می دهد تا اندام رویشی و همین موضوع موجب افزایش شاخص برداشت در روش آبیاری تیپ نسبت به رین‌فلت شده است.



شکل ۷- شاخص برداشت در روش‌های آبیاری.

Figure 7. Harvest index in irrigation methods.

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی از صفات مورد مطالعه در روش‌های مختلف آبیاری.

Table 5. Comparison of the average of some studied traits in different irrigation methods.

روش‌های آبیاری Irrigation methods	صفات مورد بررسی Examined Traits			
	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	میزان مصرف آب Water consumption	بهره‌وری فیزیکی آب Physical Efficiency of water
تیپ Tape	6118.0 [a]	0.4 [a]	6800.0 [c]	0.36 [a]
رین فلت Rainflat	7500.7 [a]	0.39 [a]	8200.0 [b]	0.35 [a]
شیاری Furrow	5867.0 [a]	0.3 [a]	9321.0 [a]	0.22 [b]

* تیمارهای آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ با یکدیگر هستند

میزان آب مصرفی در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ٤ نیز مشاهده می‌گردد، اختلاف بین روش‌های مختلف آبیاری ازنظر میزان آب مصرفی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. روش آبیاری رین‌فلت با متوسط مصرف آب ۸۲۰۰ مترمکعب در

هر هکتار طی فصل رشد، به میزان ۲۰/٦ درصد بیش‌تر از روش آبیاری تیپ منجر به مصرف آب گردیده بود، اما نسبت به روش شیاری به میزان ۱۳/٦ درصد کم‌تر آب مصرف کرده بود. با توجه به بالاتر بودن میزان تبخیر در روش آبیاری رین‌فلت، این موضوع دور از انتظار نبود. هم‌چنین براساس آن‌چه در جدول ٦ مشاهده می‌گردد، بین میزان مصرف آب با وزن صد دانه ($r=۰/۹۰۳^{*}$) و عملکرد بیولوژیکی ($r=۰/۸۱۷^{*}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد فیروزآبادی و همکاران (۲۰۲۰)، بیان کردند که سیستم آبیاری بارانی نسبت به سیستم آبیاری سطحی دارای کاهش ۳۹/۸ درصدی در مصرف آب است. بر طبق پژوهش مهرپویان و همکاران (۲۰۱۳) در روش آبیاری قطره‌ای ۳۲ درصد مصرف آب کم‌تری نسبت به جوی و پشته به‌وجود آمد (۸). صفرزاده و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سامانه آبیاری بارانی و سطحی به‌ترتیب باعث ۹۱ و ۵۸ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شده است (۱۰). تمام این پژوهش‌ها با پژوهش حاضر همخوانی دارد. البته باید درنظر گرفت که آبیاری بارانی به روش رین فلت برای لوبیا برای اولین بار به کار رفته است اما بهرحال به عنوان یک نوع آبیاری بارانی دارای نتایج مشابهی با پژوهش صفرزاده و همکاران (۲۰۲۱) می‌باشد (۱۰).

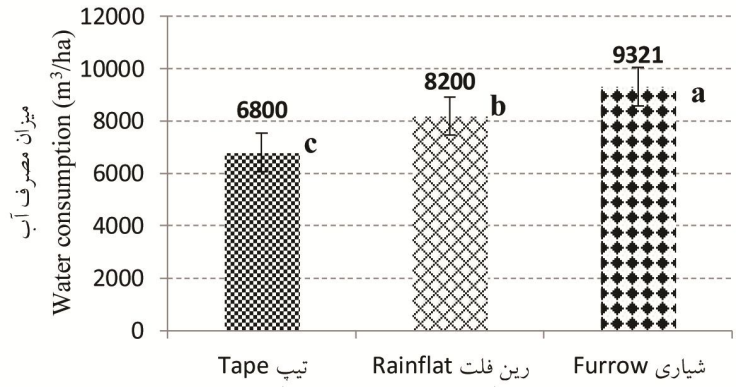
جدول ٦- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش.

Table 6. Correlation coefficients between the traits measured in the experiment.

صفات مورد ارزیابی Assessed traits	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	میزان مصرف آب Water consumption	بهره‌وری فیزیکی آب Physical Efficiency of water
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant								
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	0.686 ns							
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	0.964 **	0.852 *						
عملکرد دانه Seed yield	0.704 ns	**0.929	0.826 *					
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.711 ns	0.753 ns	0.733 ns	0.715ns				
شاخص برداشت Harvest index	0.056 ns	0.365ns	0.162 ns	0.500ns	-0.240 ns			
میزان مصرف آب Water consumption	0.730 ns	0.705 ns	0.793 ns	0.493ns	0.857 *	-0302 ns		
بهره‌وری فیزیکی آب Physical Efficiency of water	0.125 ns	0.385 ns	0.749 ns	0.649ns	0.817 *	0.806 ns	-0.341 ns	

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیرمعنی‌دار

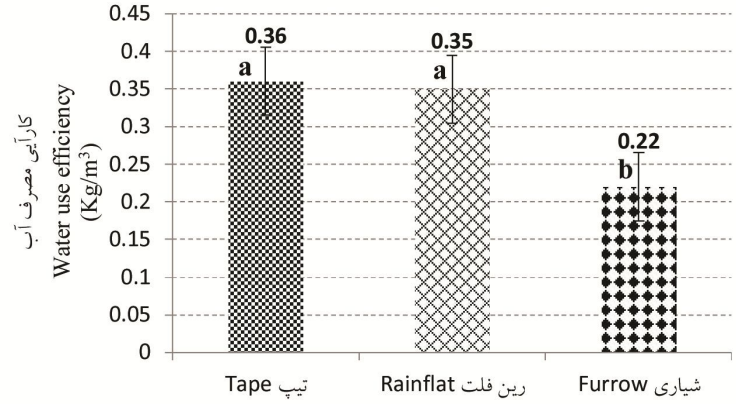
*, **, ns Significant at the level of 0.05, 0.01 and non-significant, respectively



شکل ۸- میزان آب مصرفی در روش‌های آبیاری.

Figure 8. Water consumption in irrigation methods.

بررسی تغییرات بهره‌وری فیزیکی آب در روش‌های مختلف آبیاری لوبیا در شکل ۹ نشان داده شده است. بین روش‌های آبیاری رین‌فلت و تیپ ازنظر بهره‌وری فیزیکی آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، اما اختلاف روش شیاری با سایر روش‌ها معنی‌دار بود (جدول ٤). بر این اساس، بیش‌ترین بهره‌وری فیزیکی آب با میانگین ۳٦۰ گرم ماده خشک به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی به روش آبیاری تیپ تعلق داشت؛ اما این برتری نسبت به روش آبیاری رین‌فلت تنها ۲/۸ درصد بود (شکل ۹).



شکل ۹- بهره‌وری فیزیکی آب در روش‌های آبیاری.

Figure 9. Water physical efficiency in irrigation methods.

بر طبق جدول ۷ با بررسی وضعیت ازت خاک در اعماق مختلف نمونه‌برداری و روش‌های مختلف آبیاری مشخص می‌گردد که درصد ازت خاک در روش آبیاری رین‌فلت نسبت روش آبیاری تیپ در اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متر و ٦۰-۳۰ سانتی‌متر، به‌طور معنی‌داری نسبت به میزان قبل از کشت افزایش یافته است که این افزایش تا عمق ۳۰ سانتی‌متر، ۸۱/٤ درصد و تا عمق ٦۰ سانتی‌متر، ٦۱/۵ درصد بوده است. این موضوع بیانگر میزان بالاتر آبشویی ازت در روش آبیاری رین‌فلت در مقایسه با روش آبیاری تیپ، در اعماق نمونه‌برداری فوق‌الذکر بوده است. بر طبق پژوهش گانکالوز و همکاران (۲۰۱۹) میزان

غلظت کود مصرفی مشاهده شده در پروفیل خاک در سیستم آبیاری قطره‌ای، کم‌تر از آبیاری سطحی و بارانی بوده است (٤). در این پژوهش نیز آبیاری قطره‌ای آبشویی کم‌تری را نسبت به بارانی رین‌فلت نشان داده است.

جدول ۷- بررسی وضعیت تغییرات ازت در خاک.

Table 7. Investigation of nitrogen changes in soil.

عمق نمونه برداری Sampling depth (cm)	صفات مورد بررسی Examined traits			
	درصد ازت قبل از کاشت Percentage of nitrogen before planting		درصد ازت بعد از برداشت Percentage of nitrogen after harvesting	
	روش تیپ Tape method	روش رین فلت Rainflat method	روش تیپ Tape method	روش رین فلت Rainflat method
0-30	0.0467 [b]	0.0533 [b]	0.0867 [ab]	0.0967 [a]
30-60	0.03 [b]	0.033 [b]	0.0333 [b]	0.0533 [a]
60-90	0.01 [a]	0.01 [a]	0.01 [a]	0.01 [a]
90-120	0.008 [a]	0.008 [a]	0.005 [a]	0.008 [a]

* تیمارهای آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ با یکدیگر هستند

در روش آبیاری تیپ نیز درصد ازت خاک بعد از برداشت محصول در اعماق نمونه‌برداری ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متر به ترتیب ۸۵/٦ و ۱۱ درصد افزایش‌یافته است؛ اما این افزایش نسبت به روش آبیاری رین‌فلت کم‌تر بوده است که نشان از جذب بهتر ازت توسط گیاه در روش آبیاری تیپ نسبت به روش آبیاری رین‌فلت بوده است. هم‌چنین همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌گردد، میزان ازت خاک قبل و بعد از کشت در روش‌های آبیاری تیپ و رین‌فلت در دو عمق نمونه‌برداری ۹۰-٦۰ سانتی‌متر و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متر، بدون تغییر بوده است که این موضوع بیانگر عدم آبشویی محسوس ازت در این دو روش آبیاری، نسبت به سایر روش‌های رایج مانند آبیاری سطحی و یا بارانی می‌باشد و این یافته می‌تواند بر اهمیت سودمندی زیست‌محیطی روش‌های آبیاری تیپ و رین‌فلت و جلوگیری از ورود مقادیر بالای ازت به منابع آب‌های زیرزمینی بیفزاید.

نتایج بررسی اقتصادی روش‌های آبیاری اعمال شده در جدول ۸ مشاهده می‌گردد، هزینه‌های اجرای عملیات آبیاری رین‌فلت برای هر هکتار کشت لوبیا در سال ۱۳۹۹، در حدود ۳۲/۱ درصد بیش‌تر از روش آبیاری تیپ است؛ اما نکته قابل‌توجه این‌که متوسط مدت‌زمان استهلاک این سیستم آبیاری ۳ سال و روش آبیاری تیپ ۱ سال است. بنابراین با توجه به هزینه سالیانه دو سیستم آبیاری تیپ و رین‌فلت، میزان سود خالص در سیستم رین‌فلت بالاتر از سیستم تیپ است. البته در این جدول، هزینه آب با توجه به ناچیز بودن در بخش هزینه‌های متغیر در نظر گرفته‌شده است.

جدول ۸- مقایسه هزینه‌های مربوط به دو روش آبیاری تیپ و رین‌فلت (ریال).

Table 8. Comparison of costs related to the two irrigation methods of tape and rainflat.

روش رین‌فلت Rainflat method	روش تیپ Tape method	هزینه‌های مربوط به یک هکتار Costs per hectare(Rials)
30000000	12400000	هزینه‌های ثابت اجرای طرح Fixed costs of project implementation
45000000	41500000	هزینه‌های متغیر Variable costs
300000	3000000	هزینه جمع‌آوری انتهای فصل Collection fee at the end of the season
2510000	57000000	هزینه سالیانه Annual fee
8.566	23.202	هزینه به ازای هر کیلوگرم لوبیا The cost per kilogram of beans
267000000	245670000	ارزش ناخالص تولید Production value
217700000	188600000	سود خالص Net profit

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج پژوهش مشخص گردید که اثر روش‌های مختلف آبیاری بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۵ درصد و بر مقدار آب مصرفی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. روش آبیاری رین‌فلت موجب افزایش در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا نسبت به روش آبیاری تیپ و شیاری گردید؛ اما این افزایش معنی‌دار نبود. روش آبیاری رین‌فلت با متوسط مصرف آب ۸۲۰۰ مترمکعب در هر هکتار طی فصل رشد، به میزان ۲۰/۶ درصد بیش‌تر از روش آبیاری تیپ منجر به مصرف آب گردیده بود، اما نسبت به روش شیاری به میزان ۱۳/۶ درصد کم‌تر آب مصرف کرده بود. بهره‌وری فیزیکی آب در روش‌های تیپ و رین‌فلت اختلاف محسوس و معنی‌داری نداشتند اما اختلاف آن‌ها با سیستم شیاری معنی‌دار بود. میزان آبشویی ازت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در روش آبیاری رین‌فلت بیش‌تر از روش آبیاری تیپ بود؛ اما آبشویی قابل‌توجهی از این عنصر در اعماق ۶۰ سانتی‌متر و بیش‌تر خاک مشاهده نشد. با توجه به نسبت هزینه‌های اجرای هر یک از روش‌های آبیاری در مقایسه با محصول تولیدی، مشخص گردید که هزینه اجرای سیستم آبیاری تیپ نسبت به هر کیلوگرم لوبیای تولیدشده، در حدود ۲/۷ برابر سیستم آبیاری رین‌فلت بود. بنابراین با در نظر گرفتن موارد فوق، کشت لوبیا با استفاده از روش آبیاری رین‌فلت نسبت به آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری شیاری، مورد توصیه است.

تقدیر و تشکر

از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان مرکزی که پژوهش حاضر در مکان آن انجام گردیده است، سپاسگزاری می‌گردد.

داده‌ها و اطلاعات

پژوهش حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه اراک است که در مرکز تحقیقات کشاورزی استان مرکزی انجام گردیده است. کشت محصول و شروع پژوهش از خرداد ۱۳۹۷ شروع گردید و با انجام تجزیه‌وتحلیل آن تا سال ۱۳۹۸ به طول انجامید.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

منابع

1. Abd El-Wahed, M.H., Baker, G.A., Ali Fatma, M., and Abd El-fatah, A. 2017. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. Scientia Horticulturae. 225: 18. 235-242.
2. Drabi, F., Sharifipour, M., and Nasrolahi, A. 2019. The effect of surface and drip irrigation (tape) on yield and water efficiency of pinto beans in Khorramabad climate. 9th National Conference on Environment, Energy and Sustainable Natural Resources, Tehran. (In Persian)
3. Firoozabadi, A., Akbari, M., and Farzam Nia, M. 2021. Determination of water consumption efficiency of bean crop in two sprinkler and surface irrigation systems (Case study: Lorestan province). Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 14: 5. 1815-1827. (In Persian)
4. Gonçalves de Oliveira, B., Bordonal, R., Carvalho, J., and Figueired, R. 2019. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences, 38: 2-13.
5. Kamali, M. 2020. Scientific Research Journal of Farvardin 1399, Markazi Province, General Meteorological Office of Markazi Province, Iran, 35p. (In Persian)
6. Khormian, M. 2016. Effect of different levels of drip irrigation on yield and quality of tomatoes in the north of Khuzestan province. Journal of Irrigation Science and Engineering, 38: 170-181. (In Persian)
7. Khormian, M., and Zarifi Nia, N. 2019. The effect of type drip irrigation and planned surface irrigation on yield and water use efficiency of two watermelon cultivars in Khuzestan. Journal of Irrigation Science and Engineering, 41: 1. 84-73. (In Persian)
8. Mehrpouyan, M., Farboodi, M., Ajali, J., Davoodi, F., and Jafari, A. 2013. Effect of different irrigation and planting methods on water use effeciency and some seed yield characteristics in three pinto common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.), Agroecology Journal, 9: 3. 73-83. (In Persian)
9. Nasrollahi, A., Ahmadi, H., and Nouri, S. 2020. Comparison of Variations of Water Stress Index of Chika Bean Plant under Surface Irrigation and Drip Tape Irrigation using Infrared Thermometer. Journal of Water and Soil Science, 24: 2. 13-26. (In Persian)
10. Safarzadeh, S., Saremei, M., Farshid, A. and Dehghamn, M. 2021, Investigation Yield, Yield Components and Water Efficiency of Wheat in Three Systems: Surface, Sprinkler and Strip Drip Irrigation. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 15: 1. 87-97. (In Persian)
11. Salehi, F., Haghighati, B., Babayee, Q., Farzan, M., and Karimi, Kh. 2018. Study of planting arrangement on common bean cultivars in drip tape irrigation condition in Shahrekord region. Seed and Plant Breeding Research Institute, Karaj, Iran, 41p. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(2), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18961.3443

Comparison of Bean Yield in Furrow, Tape and Rain flat Irrigation Systems

J. Roodbarani[1], J. Mozaffari[*2] and S.A. Mohseni Movahed[2]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Science and Engineering, Arak University,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Science and Engineering, Arak University
Received: 03.11.2021; Accepted: 06.27.2021

Abstract

Background and Objectives: Rain flat sprinkler irrigation system is a new irrigation system that can be evaluated for its efficiency in crop yield. Due to the fact that a significant area of land in Markazi province is dedicated to bean cultivation and on the other hand, the effect of irrigation on beans by Tape drip and Rain flat sprinkler method in this area is unknown, the purpose of this study is to determine the appropriate irrigation system with the aim of increasing productivity and reducing water consumption. Also in this study, furrow irrigation will be investigated as a control treatment.

Materials and Methods: In order to compare water use efficiency and nitrogen fertilizer distribution in dry bean cultivation under the furrow, Rain flat and drip irrigation systems, an experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. Urea fertilizer was used three times, including the appearance of the third three leaflets, the beginning of flowering and the stage of filling the seeds. The TDR device was used to measure soil moisture. Crop biological yield, grain yield, harvest index and water use efficiency were determined in experimental treatments. Finally, to investigate the amount of soil nitrogen changes before and after planting, soil sampling was done from zero to 120 cm depth and it was determined by automatic Kjeldahl machine.

Results: The results showed that the effect of different irrigation methods on the number of pods per plant and number of seeds per plant was significant at the level of 5% probability and on the amount of water consumed at the level of 1%. The Rain flat irrigation method increases the grain yield by a maximum of 29.5 and increases the biological yield to a maximum of 27.8 compared to the tape and furrow irrigation methods; however, this increase was not significant. Differences in water use in Rain flat and drip methods were not significant, but differences were significant in other cases with the furrow system. The highest physical water efficiency with an average of 360 grams of dry matter per cubic meter of water consumption belonged to the Tape irrigation method; but this advantage was only 2.8% compared to the Rain flat irrigation method. The rate of nitrogen leaching at the depths of 0 to 30 cm and 30 to 60 cm in the Rain flat irrigation method was higher than the drip Type irrigation method; However, no significant leaching of this element was observed at depths of more than 60 cm. Considering the ratio of the costs of implementing each irrigation method in comparison with the crop yield, it was found that the cost of implementing the drip Type irrigation system for each kilogram of beans produced was about 2.7 times more than the Rain flat irrigation system.

Conclusion: Physical efficiency of water in Rain flat irrigation is not significantly different from Tape drip irrigation, but it is significantly different from Furrow irrigation. However, bean cultivation using Rain flat sprinkler irrigation method is recommended due to better economic efficiency compared to Tape drip irrigation systems and Furrow surface irrigation.

Keywords: Economic productivity, Irrigation methods, Nitrogen distribution, Water use efficiency

* Corresponding Author; Email: javad_370@yahoo.com