

## Evaluation of the Effect of Different Irrigation Methods on the Yield and Water Use Efficiency of Chitti Bean

S. M. Seyedi\*, M. Goodarzi, S. Ashtari, M. Hatamabadi Farahani, and A. Sarlak

Assistant Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.

[m.seyedi98@areeo.ac.ir](mailto:m.seyedi98@areeo.ac.ir)

Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.

[goodarzimustafa@gmail.com](mailto:goodarzimustafa@gmail.com)

Assistant Prof., Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran.

[aroaya95@gmail.com](mailto:aroaya95@gmail.com)

Researcher, Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran.

[maryamhatami2002@yahoo.com](mailto:maryamhatami2002@yahoo.com)

Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.

[Sarlak.a@yahoo.com](mailto:Sarlak.a@yahoo.com)

Received: January 2024 and Accepted: June 2024

### Abstract

To evaluate the effect of different irrigation methods on yield and water use efficiency (WUE) of chitti beans, a research study was conducted in 2022 and 2023 at the Bean Research and Education Center in Khomein, Iran. The study was designed as a multi-location (regional) experiment using a randomized complete block design with three replications. Four irrigation methods included classical sprinkler irrigation, New-fit sprinkler irrigation, rain flat irrigation, and drip tape irrigation. Different types of chitti bean cultivars (line 21492, Kousha, and Saleh) with three growth habits were randomly sown in these locations. The results showed that the maximum water consumption ( $12500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) belonged to the classical sprinkler irrigation method, while the least ( $6600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) was in the drip tape irrigation; and the New-fit sprinkler and Rain flat irrigation had almost the same water consumption (about  $11000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), were in between those two methods. Also, the highest and lowest WUE ( $0.45$  and  $0.18 \text{ kg m}^{-3}$ , respectively) were obtained in drip tape and classical sprinkler irrigation, respectively. The results of analysis variance showed that the irrigation method effect on yield components and grain yield was significant, but the effect of cultivar was significant only on grain yield. The highest ( $296.9 \text{ g m}^{-2}$ ) and the least ( $228.7 \text{ g m}^{-2}$ ) values of grain yield were observed in the drip tape and classical sprinkler, respectively. Among the cultivars, the highest grain yield belonged to Kousha and Saleh cultivars. In general, the results demonstrated that the drip tape not only decreased water consumption but also led to improving yield components of chitti bean and higher water use efficiency.

**Keywords:** Classical sprinkler, Drip tape irrigation, Kousha cultivar, Yield components

\* - Corresponding author's email: [m.seyedi98@areeo.ac.ir](mailto:m.seyedi98@areeo.ac.ir)

<https://doi.org/10.22092/jwra.2024.364411.1025>

## ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب لوبیا چیتی

سیدمحسن سیدی\*، مصطفی گودرزی، صدیقه اشتری، مریم حاتم‌آبادی‌فراهانی و ابوالقاسم سرلک

استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اراک، ایران. [m.seyedi98@areeo.ac.ir](mailto:m.seyedi98@areeo.ac.ir)

استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اراک، ایران. [goodarzimustafa@gmail.com](mailto:goodarzimustafa@gmail.com)

استادیار بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

اراک، ایران. [aroya95@gmail.com](mailto:aroya95@gmail.com)

محقق بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک،

اراک، ایران. [maryamhatami2002@yahoo.com](mailto:maryamhatami2002@yahoo.com)

تکنسین فنی بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اراک، ایران. [Sarlak.a@yahoo.com](mailto:Sarlak.a@yahoo.com)

دریافت: دی ۱۴۰۲ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۳

### چکیده

به منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب لوبیا چیتی، در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، پژوهشی در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا در خمین به صورت ناحیه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. روش‌های آبیاری در چهار سطح (آبیاری بارانی به صورت کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک، بارانی نیوفیت، رین فلت، و قطره‌ای نواری) و ارقام لوبیاچیتی (لاین ۲۱۴۹۲ و ارقام کوشا و صالح) با سه تیپ رشدی مختلف در این ناحیه‌ها به صورت تصادفی کشت گردید. نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین میزان مصرف آب (۱۲۵۰۰ متر مکعب در هکتار) در روش آبیاری بارانی کلاسیک بود. کمترین میزان مصرف آب (۶۶۰۰ متر مکعب در هکتار) نیز در روش آبیاری قطره‌ای مشاهده شد و روش‌های آبیاری نیوفیت و رین فلت که مصرف آب تقریباً مشابهی داشتند (حدود ۱۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار) در بین آن‌ها قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش آبیاری بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاچیتی معنی‌دار بود، ولی اثر رقم تنها بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۹۶/۹ گرم در متر مربع) در آبیاری قطره‌ای و کمترین میزان (۲۲۸/۷ گرم در متر مربع) در تیمار آبیاری بارانی کلاسیک بود. در بین ارقام نیز بیشترین و کمترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۷۴/۱ و ۲۳۶/۳ گرم در متر مربع) به ترتیب متعلق به رقم کوشا و صالح بود. همچنین، بیشترین (۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و کمترین مقدار کارایی مصرف آب (۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب) به ترتیب در روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی کلاسیک به دست آمد. به طور کلی، نتایج نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای علاوه بر کاهش مصرف آب، موجب افزایش عملکرد لوبیاچینی و کارایی مصرف آب شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، اجزای عملکرد، بارانی کلاسیک، رقم کوشا

مترمکعب است (گودرزی و هدایتی پور، ۱۳۹۸). این مقدار مصرف آب در کنار عدم کارایی مناسب و سایر عوامل مؤثر در تولید، موجب شده است که لوبیا یکی از کم بازده‌ترین محصولات از نظر کارایی مصرف آب باشد (کوچکی و بنیان، ۱۳۸۸)؛ بنابراین جهت کشت آن، تأمین آب و تداوم کشت آن به مدیریت صحیح آبیاری وابسته است که تنها با اتخاذ تمهیداتی بر پایه یافته‌های علمی قابل کنترل خواهد بود؛ بنابراین با توجه به محدودیت منابع آب مصرفی شیوه‌هایی از کشت و آبیاری که میزان مصرف آب را کاهش دهد بسیار ارزشمند است. از آنجاکه یکی از موارد عمده‌ای که در بحث بررسی طغیان آفات و بیماری‌ها در گیاهان زراعی مهم است میزان و نحوه آبیاری این محصولات است و لوبیا از جمله حساس‌ترین گیاهان زراعی در این موضوع است، توجه ویژه به مدیریت آبیاری در این محصول ضروری خواهد بود (لک، ۱۳۹۸).

با وجود گذشت بیش از ۲۵ سال از توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در کشور، بررسی‌های صورت گرفته در زمینه‌های مختلف کارایی این سامانه‌ها در مقایسه با حجم فعالیت صورت گرفته قابل توجه نبوده و هنوز بسیاری از ابعاد استفاده از آن‌ها در مناطقی که این سامانه‌ها استقرار یافته‌اند ناشناخته باقی مانده است (گرگی و همکاران، ۱۳۹۶). نیکبخت جهرمی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با بررسی راهکارهای اجرایی برای ایجاد آبیاری موضعی (مانند آبیاری قطره‌ای نواری) اظهار داشت که استفاده از این سامانه ضرورت زیادی دارد و بهتر است در حد امکانات ملی موجود، مد نظر قرار داده شوند. بهبود کارایی روش‌های آبیاری تحت فشار مانند قطره‌ای نسبت به روش‌های سنتی مثل کرتی و جوی و پشته ثابت شده است (کاندونگو، ۲۰۱۸؛ گودرزی و هدایتی پور، ۱۳۹۸). همچنین، بررسی کارایی مصرف آب در بخش‌های گوناگون و بویژه در کشاورزی اهمیت دارد و در محصولات مختلف باید مورد ارزیابی قرار گرفته و در راستای بهبود آن کوشید (کواچ و لانگات، ۲۰۱۸؛ فن و همکاران، ۲۰۲۰). دو روش عمده آبیاری تحت فشار در کشور روش قطره‌ای نواری و

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب مهم‌ترین عامل محدودکننده کشاورزی است. در سال‌های اخیر، به دلیل رشد بخش‌های صنعتی، مصارف خانگی و کشاورزی کمبود آب به شکل فزاینده‌ای افزایش یافته است. عواملی زیادی از جمله مدیریت نامناسب منابع آبی، پایین بودن راندمان آبیاری در اکثر مزارع و کاهش بارندگی‌ها در سال‌های اخیر موجب وابستگی به منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی شده است که این امر موجب افت سطح ایستابی، افزایش هزینه استحصال آب از اعماق زمین و افزایش مصرف انرژی در بسیاری از مناطق کشور شده است (رضایی‌استخرویی و همکاران، ۱۳۹۵). لوبیا یکی از منابع ارزان و مهم پروتئین گیاهی با کیفیت بالا است که در رژیم غذایی بسیاری از مردم کشورهای در حال توسعه وجود دارد و پروتئین غلات را تکمیل می‌کند. بذر لوبیا تقریباً به اندازه بذر غلات، انرژی در واحد وزن خود دارد و مقدار پروتئین آن از ۲۵-۲۰ درصد (حدود دو برابر غلات) است. کاه و کلش لوبیا با دارا بودن ۱۴-۸ درصد پروتئین، علوفه بسیار مناسبی برای دام‌هاست (مجنون حسینی، ۱۳۸۷) تولید پروتئین گیاهی حبوبات، برتری‌های متعددی نسبت به پروتئین حیوانی از نظر هزینه و سلامت مصرف‌کنندگان دارد. از خصوصیات دیگر این گیاه می‌توان به قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا و نقش آنها در حاصلخیزی و نیز تقویت و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک اشاره کرد. به‌واسطه توانایی تثبیت نیتروژن در این گیاهان، قرار دادن آنها در تناوب به پایداری سامانه‌های زراعی کمک می‌کند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). طبق آمارنامه سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت لوبیا در کشور، حدود ۱۰۱ هزار هکتار و میزان تولید این محصول ۲۲۴ هزار تن بود. در حال حاضر بیشترین سطح کشت لوبیا به صورت کشت سنتی و آبیاری لوبیا نیز به صورت آبیاری سطحی کرتی است. نتایج تحقیقات انجام‌شده در سطح مزارع استان مرکزی نشان داده است مصرف آب در روش آبیاری کرتی بیش از ۱۵۰۰۰

آبیاری تحت فشار روش آبیاری بارانی نیوفیت (New Fit) است که همانند روش بارانی کلاسیک متحرک عمل نموده و تا حدودی برخی کاستی‌های بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک را کاهش می‌دهد. با پیدایش آبیاری تحت فشار و بارانی اولین لوله‌های مورد استفاده در این صنعت، لوله‌های آلومینیومی بودند که به صورت بست‌های مخصوصی به یکدیگر متصل می‌شدند. با پیشرفت صنایع پلیمر و همچنین گرانی آلومینیوم در انتهای دهه ۹۰ میلادی، نمونه‌های پلیمری این لوله‌ها موسوم به نیوفیت جایگزین لوله‌های آلومینیومی شد و به سرعت فراگیر شدند. نصب آسان و راحت بدون نیاز به اتصالات و جوشکاری، جمع‌آوری آسان و سریع، سرعت بالای نصب، امکان استفاده از همه نوع ماشین‌آلات کشاورزی اعم از دستگاه‌های کاشت، داشت و برداشت در مزرعه به دلیل سهولت جمع‌آوری و نصب مجدد، حمل‌ونقل آسان، عدم نیاز به جوشکار و یا نیروی متخصص و ابزارآلات خاص جهت نصب و جمع‌آوری، امکان استفاده برای آبیاری چندین مزرعه و نیز بهترین گزینه جهت استفاده در مزارع استیجاری از مزایای آبیاری با لوله‌های نیوفیت است.

شلالوند و نیک‌سیرت (۱۳۹۶) در بررسی روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) گزارش کردند در بین روش‌های آبیاری، آبیاری قطره‌ای بالاترین میزان کارایی مصرف آب را به دست آورد. جعفری و همکاران (۱۳۹۶) در گیاه سیب‌زمینی گزارش کردند که روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی کلاسیک، از نظر اقتصادی تیمار برتر بود. طباطبایی و همکاران (۱۳۹۶) نیز در پژوهشی روی مقایسه عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای (نواری) و بارانی کلاسیک اظهار داشتند که عملکرد این گیاه در آبیاری قطره‌ای حدود ۲۰ درصد افزایش داشت.

با توجه به خشکسالی‌های اخیر، کمبود منابع آب در سطح کشور، ناکافی بودن آب در مراحل مختلف رشد لوبیا و در نهایت کاهش عملکرد، ضروری است با

بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک است که هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارند. یکی از مشکلات سامانه آبیاری بارانی کلاسیک مشکل بادبردگی قطرات آب در این روش است که در مناطق با وزش باد بالا و یا متوسط مانند منطقه اجرای این آزمایش مشاهده می‌گردد. روش آبیاری قطره‌ای نواری در کاشت لوبیا علاوه بر جنبه‌های مثبت افزایش عملکرد به کاهش بیشتر مصرف آب کمک شایانی خواهد نمود اما هزینه سالانه خرید و پهن کردن نوارهای آبیاری (تیپ) برای کشاورز سنگین خواهد بود. در روش بارانی کلاسیک با وجود افزایش نسبی مصرف آب، هزینه اولیه در هر سال برای کشاورز به اندازه روش قطره‌ای نواری نخواهد بود. آبیاری رین فلت نیز دارای مزایای بسیاری است که امروزه کاربرد آن را بیشتر کرده است. سامانه آبیاری رین فلت توسط لوله‌های نواری صورت می‌گیرد. هنگامی که نیاز به یک روش کاربردی و با دوام برای انتقال آب به مزارع وجود دارد، می‌توان نیازهای سامانه آبیاری را به راحتی با استفاده از نوارهای آبیاری برطرف ساخت. آبیاری بارانی رین فلت (Rain Flat) یکی از روش‌های جدید آبیاری تحت فشار است که دارای مزایای بسیاری است و همین مسئله کاربرد آن را بیشتر کرده است. در این روش لوله‌های سوراخ‌دار که به راحتی قابل اجرا هستند و پس از اتمام دوره کشت می‌توان آن‌ها را جمع‌آوری نمود، وظیفه آبیاری و پخش آب در سطح مزرعه را بر عهده دارند. این لوله‌ها از پلی‌اتیلن تقویت شده ساخته شده‌اند که باعث افزایش مقاومت آن‌ها در برابر فشار آب می‌شود. در این روش آب از ایستگاه پمپاژ از طریق خطوط لوله اصلی و فرعی منتقل شده و در کنار سطح مزرعه از نوارهای رین فلت با فواصل حدود پنج متر برای آبیاری استفاده می‌شود. نوارهای آبیاری مورد استفاده در این روش محصولات سبک، با دوام، با مقاومت در برابر سایش، برش، خوردگی و اشعه ماوراء بنفش است. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این نوارها قابلیت استفاده مجدد است. بدین معنی که می‌توان به راحتی آن را جمع‌آوری کرد و در جایی دیگر از آن استفاده کرد. یکی دیگر از روش‌های جدید

نوارهای پلی‌اتیلن دو اینچی با فشار کارکرد یک اتمسفر، دبی اسمی ۲۰۰ لیتر در ساعت برای هر متر لوله و فاصله پنج متر از یکدیگر، استفاده گردید. در روش نیوفیت از لوله‌ها و اتصالات پلی‌اتیلن نیوفیت ۶۳ میلی‌متری همراه با آبپاش ضربه‌ای تنظیم شونده دو نازله  $\frac{3}{4}$  اینچ با دبی یک لیتر در ثانیه و با فاصله ۱۲ متر از یکدیگر، استفاده گردید. در روش بارانی کلاسیک نیز از آبپاش‌های ضربه‌ای آمبو دو نازله تنظیم شونده با دبی دو لیتر در ثانیه با فواصل ۲۲ متر از یکدیگر، استفاده گردید.

کشت به صورت چهار ردیف روی پشته‌های ۷۵

سانتی‌متری و تراکم نهایی ۵۰، ۴۵ و ۴۰ بوته در مترمربع به ترتیب در تیپ‌های رشدی ۱، ۲ و ۳ در نظر گرفته شد. طول خطوط کشت حدود شش متر در نظر گرفته شده و با احتساب سه پشته در هر کرت ابعاد هر کرت حدود  $13/5$  مترمربع بود. تاریخ کاشت در هر دو سال زراعی اوایل دهه سوم خردادماه و طول دوره رشد با توجه به رقم‌های مختلف حدود سه ماه و نیم بود که در طی این مدت با توجه به دور آبیاری ثابت در نظر گرفته شده برای تمام تیمارها، ۲۳ نوبت آبیاری در هر روش کشت و هر رقم صورت پذیرفت. داده‌های هواشناسی نشان داد که در فصل رشد سال اول آزمایش متوسط دمای هوا  $24/2$  درجه سانتی‌گراد و در سال دوم  $24/8$  درجه سانتی‌گراد بود. همچنین میزان بارندگی در این دو سال به ترتیب ۲۰ و ۱۵ میلی‌متر بود که عمده آن در یک روز و به صورت سیلابی رخ داد. در شکل یک متوسط دمای شبانه‌روز در طی فصل رشد ارائه شده است. نتایج آزمایش خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری نشان داد که خاک محل اجرای آزمایش لوم-رسی بود (جدول ۱).

نیاز خالص آبی محصول لوبیا در منطقه خمین حدود ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار است (گودرزی و هدایتی‌پور، ۱۳۹۸)، اما در این تحقیق میزان آب آبیاری مورد نیاز گیاه در هر نوبت آبیاری برای هر تیمار با اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک قبل از آبیاری از عمق توسعه ریشه و با توجه به اختلاف درصد رطوبت خاک با

برنامه‌ریزی دقیق و اعمال مدیریت صحیح آبیاری حداکثر استفاده را کرد و ضمن حفظ عملکرد مطلوب، آب مصرفی در کشت لوبیا را کاهش داد و باعث افزایش کارایی آب آبیاری شد. یکی از راهکارهای اساسی برای افزایش کارایی آب در مزرعه، استفاده از روش‌های آبیاری نوین است. لذا، این مطالعه به منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه لوبیاچیتی و کارایی مصرف آب صورت پذیرفت.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه لوبیاچیتی و کارایی مصرف آب در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا گردید. پردیس تحقیقات لوبیای خمین در منطقه خرم دشت و هشت کیلومتری شهرستان خمین با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه و در ارتفاع ۱۹۳۰ متری از سطح دریا واقع شده است. میانگین بلندمدت بارندگی در این منطقه بر اساس آمار هواشناسی ۳۰۰ میلی‌متر در سال است. آزمایش به صورت ناحیه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. روش‌های آبیاری در چهار سطح (آبیاری بارانی به صورت کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، بارانی نیوفیت، رین فلت و قطره‌ای نواری) در عامل ناحیه قرار گرفتند و ارقام لوبیا-چیتی با سه تیپ رشدی مختلف شامل لاین امیدبخش ۲۱۴۹۲ (تیپ یک یا ایستاده)، رقم کوشا (تیپ دو یا نیمه رونده) و رقم صدری (تیپ سه یا رونده) در هر ناحیه به صورت تصادفی کاشته شده و توسط سامانه‌های مختلف آبیاری شدند. مساحت هر مکان (هر کرت با روش آبیاری خاص) با توجه به فاصله لترال‌ها و آبپاش‌ها در سامانه بارانی کلاسیک تعیین گردید. در سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ از نوارهای تیپ بغل دوخت زیگزاگی با فاصله روزنه ۲۰ سانتیمتر و متوسط دبی اسمی سه لیتر در ساعت بر روی هر پشته کشت استفاده گردید. در روش رین فلت از

آب مصرفی برای هر یک از تیمارها با استفاده از کنتور حجمی کالیبره شده، اندازه‌گیری شد.

$$dn = (\theta_{fc} - \theta_i) \times D / 100 \quad (1)$$

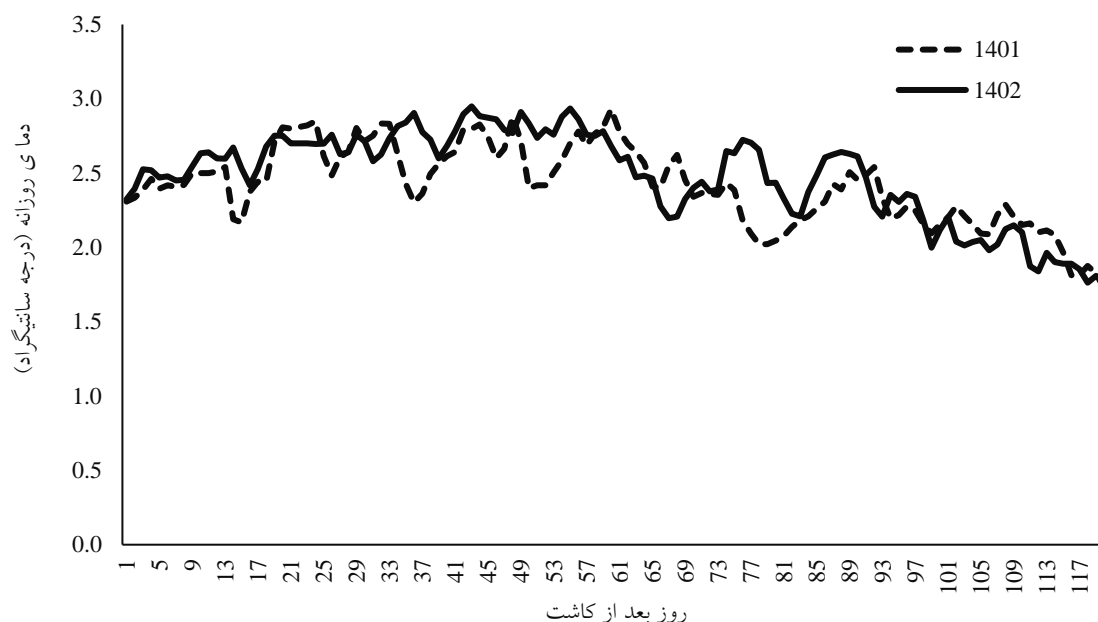
$\theta_{fc}$  = رطوبت حجمی خاک در ظرفیت مزرعه (برحسب درصد)

$dn$  = عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر

$\theta_i$  = رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (بر حسب درصد)

$D$  = عمق ریشه بر حسب میلی‌متر

ظرفیت زراعی خاک بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد. بافت خاک مزرعه مورد آزمایش لوم رسی بود و مقادیر رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت مزرعه اندازه‌گیری شده برای خاک مزرعه به ترتیب ۱۶/۶ و ۳۳/۳ درصد بود. رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج خاک کالیبره شده برای خاک مزرعه، بلافاصله قبل از آبیاری اندازه‌گیری شد. زمان آبیاری برای تمام روش‌ها یکسان و با دور آبیاری پنج روز در نظر گرفته شد ولی مقادیر آبیاری‌ها بر اساس رطوبت خاک متغیر بود. همچنین، میزان



شکل ۱- متوسط دمای روزانه طی فصل رشد لوبیاچیتی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم ( $mg\ kg^{-1}$ )	فسفر ( $mg\ kg^{-1}$ )	نیتروژن (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی ( $dS\ m^{-1}$ )	ماده آلی (%)
280	14.5	0.07	7.54	0.9	0.51

محصولات زراعی برای مواردی مانند مبارزه علیه آفات و بیماری‌ها و نیز تغذیه اصولی این گیاهان، ویژگی‌های روز تا جوانه‌زنی، گلدهی و رسیدگی نیز برای ارقام لوبیاچیتی تحت آبیاری‌های مختلف یادداشت شدند. ویژگی‌های فنولوژیکی تعیین‌شده با توجه به ورود ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت به مرحله مورد نظر تعیین شدند. به‌منظور تعیین اجزای عملکرد دانه ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر واحد آزمایشی برداشته شد و ویژگی‌های مورد نظر مانند اجزای

با توجه به توصیه کودی آزمایشگاه خاک به‌ترتیب حدود ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم کود اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌صورت پایه مخلوط در خاک در هنگام کاشت بذور استفاده گردید. قبل از مرحله گلدهی نیز یک لیتر کود مایع در هکتار حاوی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز به‌صورت محلول‌پاشی استفاده شد. در طول دوره رشد عملیات مبارزه با آفات در تمام تیمارها به‌طور معمول انجام شد. با توجه به اهمیت مراحل فنولوژیکی در

عملکرد دانه سنجش گردیدند. همچنین عملکرد بیولوژیک و دانه بعد از حذف اثر حاشیه، با برداشت کل واحد آزمایشی مشخص شد. اندازه‌گیری آب مصرفی با نصب کنتور انجام شد. شاخص کارایی مصرف آب از نسبت مقدار عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب مصرفی شامل مجموع حجم آب آبیاری و بارندگی مؤثر (مترمکعب در هکتار) به دست آید (فن و همکاران، ۲۰۱۶). تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار و در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت.

### نتایج و بحث

اثر سال بر صفات موردبررسی عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته معنی‌دار شد. به نظر می‌رسد تغییرات دمایی و گرمای اوایل تا اواسط فصل رشد در سال دوم از دلایل مهم

این موضوع باشد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل آبیاری در رقم بر ارتفاع بوته لوبیاچیتی معنی‌دار نبود ولی اثرات اصلی آبیاری و رقم بر ویژگی ارتفاع بوته لوبیا-چیتی معنی‌دار شدند (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته لوبیا-چیتی در آبیاری قطره‌ای بدست آمد (۶۲/۴ سانتی‌متر) و دیگر آبیاری‌ها سبب کاهش معنی‌دار این ویژگی شدند تا جایی که میزان ارتفاع بوته در آبیاری بارانی کلاسیک به کمترین حد خود (۵۲/۴ سانتی‌متر) رسید (جدول ۴). با توجه به آبیاری یکنواخت و مدیریت تغذیه راحت‌تر ویژگی‌های رشدی گیاهان مختلف معمولاً در روش آبیاری قطره‌ای بهبود می‌یابد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۶) که در این مطالعه نیز این موضوع در مورد ارتفاع بوته لوبیاچیتی تأیید شد. در بین ارقام نیز رقم صالح دارای بیشترین ارتفاع بوته بود (جدول ۵). از آنجاکه این رقم دارای فرم بوته تیپ سه (رونده و رشد نامحدود) است افزایش ارتفاع یک خصوصیت ذاتی برای این رقم محسوب می‌شود (دری و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته و اجزای عملکرد و عملکرد دانه در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه
سال	1	70.01**	23.35**	2.35**	78.13**	38023.63**
تکرار * سال	4	9.85	3.85	4.76	38.79	1340.93
آبیاری	3	308.90**	23.72**	6.72**	11.75**	14774.43**
آبیاری * سال	3	0.13 <sup>ns</sup>	1.31 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	44.56 <sup>ns</sup>
تکرار * آبیاری * سال	12	54.42	0.70	0.41	1.11	474.98
رقم	2	54.18**	1.76 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	2.79 <sup>ns</sup>	9040.90**
رقم * سال	6	0.18 <sup>ns</sup>	4.76**	0.01 <sup>ns</sup>	2.04 <sup>ns</sup>	18.13 <sup>ns</sup>
آبیاری * رقم	2	2.13 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	1422.17 <sup>ns</sup>
آبیاری * رقم * سال	6	0.24 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	3.19 <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	32	8.60	0.51	0.15	1.55	628.02
ضریب تغییرات		5.07	9.68	7.87	3.28	9.72

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال بر اجزای عملکرد و عملکرد لوبیاچیتی

سال	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
1401	56.8b	6.8b	4.6b	36.8b	234.7
1402	58.8a	8.0a	5.0a	38.9a	280.6a

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر آبیاری بر اجزای عملکرد و عملکرد لوبیاچیتی

روش آبیاری	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
قطره‌ای	62.4a	9.0a	5.7a	39.1a	296.9a
رین فلت	57.4b	7.3b	4.9b	37.6b	256.7b
نیوفیت	59.1b	7.1b	4.6c	37.6b	248.4b
بارانی	52.4c	6.3c	4.2d	37.2b	228.7c

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد لوبیاچیتی

رقم	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
KS21492	41.4c	7.8a	4.8a	37.6a	262.6a
کوشا	61.1b	7.8a	5.0a	38.3a	274.1a
صالح	70.9a	7.7a	4.8a	37.8a	236.3c

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است

ویژگی‌ها را نسبت به آبیاری قطره‌ای ۲۳ درصد کاهش داد. با توجه به کاهش اجزای عملکرد در آبیاری بارانی کلاسیک کاهش عملکرد دانه نیز طبیعی است. از دلایل با اهمیت در بهبود عملکرد دانه مدیریت آبیاری و تغذیه راحت‌تر و بهتر در آبیاری قطره‌ای است (صفرزاده و همکاران، ۱۴۰۰). در بین ارقام نیز رقم کوشا بیشترین عملکرد دانه (۲۷۴/۱) گرم در مترمربع) را داشت که البته از این نظر اختلاف معنی‌داری با لاین امیدبخش KS21492 نداشت. رقم صالح دارای کمترین میزان عملکرد دانه بود (جدول ۵).

با توجه به شکل ۲ بیشترین مصرف آب (۱۲۵۰۰ مترمکعب در هکتار) متعلق به آبیاری بارانی کلاسیک بود و مصرف آب آبیاری بارانی کلاسیک به آبیاری نیوفیت و رین فلت دارای شیب نزولی بود و در روش آبیاری قطره‌ای به کمترین حد خود رسید بطوریکه متوسط مصرف آب در این روش ۶۶۰۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد. علاوه بر بالاتر بودن راندمان آبیاری در روش قطره‌ای، با توجه به اینکه در روش آبیاری قطره‌ای، فقط بخشی از زمین (عرض پشته‌ها) آبیاری می‌شود و روش کشت به صورت جوی و پشته است، ولی در روش بارانی کل سطح مزرعه به‌عنوان سطح مورد نیاز برای تأمین رطوبت تعیین شد لذا حجم آبیاری بیشتری در روش‌های بارانی استفاده شده است. در مطالعات دیگر نیز مزیت کاهش مصرف آب در سامانه

نتایج جدول تجزیه واریانس اجزای عملکرد سه رقم لوبیاچیتی در پژوهش حاضر نشان داد که اثر روش آبیاری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه معنی‌دار و نیز عملکرد دانه بود (جدول ۲). در هر سه پارامتر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه لوبیاچیتی بیشترین میزان مربوط به روش آبیاری قطره‌ای بود و بعد از آن به ترتیب روش‌های آبیاری رین فلت، نیوفیت و بارانی قرار گرفتند (جدول ۴). عملکرد ضعیف روش آبیاری بارانی به دلیل عدم یکنواختی توزیع آب در روش‌های پاششی آبیاری است. این مسئله به خصوص در مناطق بادخیز دارای مشکلات بیشتری است و سبب می‌گردد ویژگی‌های رشدی دچار کاهش عملکرد در محصولات زراعی گردند (گودرزی و هدایتی‌پور، ۱۳۹۸).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل آبیاری در رقم بر عملکرد دانه لوبیاچیتی معنی‌دار نبود ولی اثرات اصلی (ساده) آبیاری و رقم بر این ویژگی معنی‌دار شدند (جدول ۲). (جدول ۲). در بین روش‌های مختلف آبیاری تیمار آبیاری قطره‌ای بیشترین عملکرد دانه (۲۹۶/۹) گرم در مترمربع) را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار این ویژگی (۲۲۸/۷) گرم در مترمربع) متعلق به تیمار روش آبیاری بارانی کلاسیک بود (جدول ۴) که میزان این



سالانه خرید و پهن کردن نوارهای آبیاری (تیپ) برای کشاورز سنگین خواهد بود. در روش بارانی کلاسیک با وجود افزایش نسبی مصرف آب، هزینه اولیه سالیانه آبیاری برای کشاورز به‌اندازه روش قطره‌ای نواری نخواهد بود.

آبیاری قطره‌ای مورد اشاره قرار گرفته است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۶؛ سیدان و قدمی فیروزآبادی، ۱۳۹۹). همان‌طور که اشاره شد آبیاری قطره‌ای نواری در کاشت لوبیا علاوه بر جنبه‌های مثبت افزایش عملکرد به کاهش بیشتر مصرف آب کمک شایانی خواهد نمود اما هزینه



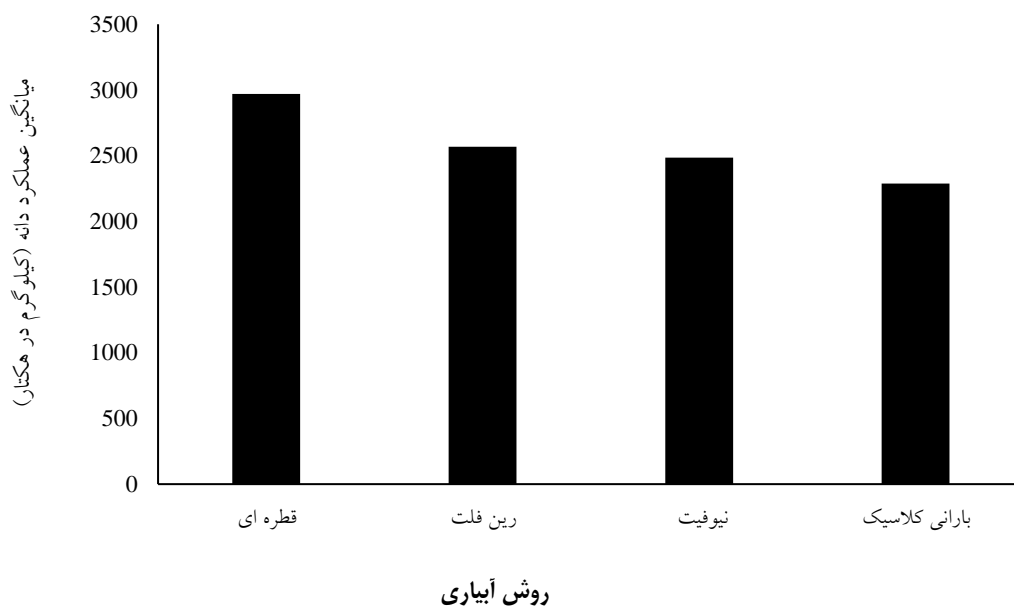
شکل ۲- میزان مصرف آب در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

عوامل بیماری‌زا، علف هرز کمتر و عدم تشکیل سله در سطح خاک بوده است. در مطالعه جعفری و همکاران (۱۳۹۶) و سیدان و قدمی فیروزآبادی (۱۳۹۹) روی محصول سیب‌زمینی گزارش شد که در آبیاری قطره‌ای کارایی مصرف آب بیش از روش آبیاری بارانی کلاسیک بود. در سویا و پنبه نیز گزارش شد که آبیاری قطره‌ای قادر به افزایش کارایی مصرف آب است (اوسپانبايف، ۲۰۱۷؛ ایبراگیموف و همکاران، ۲۰۰۷). جعفری و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه روی مقایسه کارایی مصرف آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی کلاسیک در محصول سیب‌زمینی در استان همدان اشاره کردند که عملکرد محصول زراعی در آبیاری قطره‌ای بیش از بارانی کلاسیک است. در تحقیق دیگر تأیید شد که عملکرد سیب‌زمینی در سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی کلاسیک بهبود یافت (سیدان و قدمی فیروزآبادی، ۱۳۹۹). ارزیابی

یکی از شاخص‌های مهم در بررسی مصرف آب در حوزه کشاورزی تعیین کارایی مصرف آب است. از آنجاکه این شاخص حاصل تقسیم عملکرد اقتصادی (که در لوبیا عملکرد دانه است) بر میزان آب مصرفی است (فن و همکاران، ۲۰۱۶)، افزایش مصرف آب (شکل ۲) و کاهش عملکرد دانه (جدول ۴) در روش آبیاری بارانی کلاسیک باعث شد که در این روش کمترین کارایی مصرف آب به دست آید (شکل ۴). از طرف دیگر در آبیاری قطره‌ای این موضوع کاملاً برعکس بود (۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب) (شکل ۴). به‌طوری‌که روش آبیاری قطره‌ای سبب افزایش حدود ۶۰، ۵۱ و ۴۸ درصدی کارایی مصرف آب به‌ترتیب نسبت به روش‌های آبیاری بارانی کلاسیک، نیوفیت و رین فلت شد. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشتر بودن عملکرد محصول در روش آبیاری قطره‌ای تیپ به دلیل مزایای متعدد از جمله توزیع بهتر رطوبت و مواد غذایی، کمتر بودن

افزایش معنی‌دار عملکرد دانه این محصول شد (حسینیان و همکاران، ۱۳۹۵).

سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی کلاسیک از لحاظ شاخص‌های اقتصادی کارایی آب در جنوب فرانسه در ذرت دانه‌ای نیز مشخص ساخت که آبیاری قطره‌ای سبب



شکل ۳- میزان میانگین عملکرد ارقام لوبیاچیتی در روش‌های مختلف آبیاری



شکل ۴- میزان کارایی مصرف آب در کشت لوبیاچیتی در روش‌های مختلف آبیاری

نیازمند متوسط روزهای کمتری برای جوانه‌زنی بذور بود (جدول ۷) که شاید بتوان تا حدودی گرمای بیشتر هوا را دلیلی برای این امر دانست؛ اما در بین روش‌های آبیاری کمترین و بیشترین تعداد روز تا جوانه‌زنی به ترتیب متعلق

تجزیه واریانس داده‌های ویژگی روز تا جوانه‌زنی نشان داد که اثر سال و روش آبیاری در سطح یک درصد بر این صفت معنی‌دار بودند ولی این صفت تحت تأثیر اثر ارقام لوبیاچیتی قرار نگرفت (جدول ۶). سال دوم آزمایش

توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۶) در دو صفت تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی نیز اثرات سال، روش آبیاری و رقم معنی‌دار بودند. تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی نیز مانند تعداد روز تا جوانه‌زنی در سال دوم آزمایش کمتر بود که احتمالاً جوانه‌زنی سریع‌تر منجر به کاهش طول دوره رشد در سال دوم آزمایش شد (جدول ۷). همچنین در بین روش‌های مختلف آبیاری نیز هر سه ویژگی روز تا جوانه‌زنی، گل‌دهی و رسیدگی در آبیاری قطره‌ای کمتر از سایر روش‌های آبیاری بود (جدول ۸). در بین ارقام نیز رقم صالح کوتاه‌ترین طول دوره رشد تا گل-دهی و رسیدگی را داشت (جدول ۹).

به روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی کلاسیک بود (جدول ۸). احتمالاً دلیل اصلی کاهش تعداد روز تا جوانه‌زنی در آبیاری قطره‌ای (و همچنین تا حدودی) نیوفیت فشردگی کمتر خاک در این دو روش بود. در واقع بر اثر ضربه شدید قطرات آب در دو سامانه آبیاری بارانی کلاسیک و تا حدودی نیوفیت ایجاد سله و تا حدودی فشردگی خاک زیاد شد (شریفی و جوادی، ۱۳۹۵). از آنجاکه لوبیا گیاهی است که در طی جوانه‌زنی لپه‌های آن به بیرون از خاک می‌آیند (برون‌زمینی) به شدت به سله خاک حساس است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷) و در محل‌های با خاک رسی مانند محل اجرای این مطالعه با مشکل مواجه می‌گردد که این موضوع در روش‌های آبیاری غیر قطره‌ای حادث‌تر است. با

جدول ۶- میانگین مربعات برخی ویژگی‌های رشدی و فنولوژیکی در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا جوانه‌زنی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی
سال	1	30.68**	80.22**	78.13**
تکرار * سال	4	0.60	1.79	1.76
آبیاری	3	121.83**	273.22**	269.50**
آبیاری * سال	3	1.01 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>
تکرار * آبیاری * سال	12	0.23	0.44	1.00
رقم	2	0.68 <sup>ns</sup>	40.04**	37.18**
رقم * سال	6	0.01 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>
آبیاری * رقم	2	0.27 <sup>ns</sup>	4.21 <sup>ns</sup>	4.00 <sup>ns</sup>
آبیاری * رقم * سال	6	0.01 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	32	0.47	2.13	3.26
ضریب تغییرات		7.04	30.3	1.65

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سال بر برخی ویژگی‌های رشدی و فنولوژیکی لوبیاچیتی

سال	روز تا جوانه‌زنی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی
1401	10.3a	49.2a	110.2a
1402	9.0b	47.1b	108.1b

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر آبیاری بر برخی ویژگی‌های رشدی و فنولوژیکی لوبیاچیتی

روش آبیاری	روز تا جوانه‌زنی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی
قطره‌ای	6.2d	42.6c	103.6c
رین فلت	9.3c	48.9b	109.9b
نیوفیت	11.4b	49.7b	110.7b
بارانی	11.9a	51.5a	112.5a

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر رقم بر برخی ویژگی‌های رشدی و فنولوژیکی لوبیاچیتی

رقم	روز تا جوانه‌زنی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی
KS21492	9.7a	49.6a	110.6a
کوشا	9.8a	47.7b	108.8b
صالح	9.5a	47.2b	108.2b

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارزیابی و تعیین میزان و کارایی مصرف آب و عملکرد دانه لوبیاچیتی در روش‌های نوین آبیاری پرداخته شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر آبیاری قطره‌ای سبب کاهش طول دوره رشد از جوانه‌زنی تا گلدهی و سپس رسیدگی گردید. همچنین، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاچیتی در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های آبیاری بارانی کلاسیک، نیوفیت و رین فلت افزایش مناسب و معنی‌داری نشان داد. استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری به‌جای سامانه آبیاری بارانی علاوه بر کاهش آب مصرفی می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصول و کارایی مصرف آب گردد. در صورت عدم امکان استفاده از سامانه آبیاری تیپ، سامانه آبیاری رین فلت به دلیل مزایای متعدد از جمله کارایی مصرف آب بالا، بهترین گزینه برای محصول لوبیا است. این در حالی است که بیشترین مصرف آب و کمترین عملکرد دانه در روش آبیاری بارانی کلاسیک به دست آید و با توجه به استفاده گسترده از این روش در کشت لوبیا، پیشنهاد می‌شود در صورت پیشنهاد

استفاده از سامانه آبیاری بارانی کلاسیک روش آبیاری نیوفیت و رین فلت جایگزین روش کلاسیک گردد. البته استفاده از این نوع سامانه‌های آبیاری، نیاز به مدیریت در آماده‌سازی زمین، مدیریت مزرعه و بهره‌برداری و نگهداری دارد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله از پروژه مصوب با کد ۰۱۰۰۱-۰۰۱-۰۳۱۴-۶۱-۳ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استخراج شده است. بدینوسیله از تمام عزیزانی که در تصویب و اجرای این پروژه ما را یاری رساندند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

### تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

### فهرست منابع

۱. جعفری، علی محمد، سلطانی، هرمز، رضوانی، معین‌الدین، و قدمی فیروزآبادی، علی، ۱۳۹۶. ارزیابی و مقایسه اقتصادی سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای در زراعت سیب‌زمینی در استان همدان. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱(۲)، صص. ۱۹۵-۲۰۵. <https://doi.org/10.22092/jwra.2017.113163>
۲. حسینیان، صغری، خالدیان، محمدحسین، و معتمد، محمدکریم، ۱۳۹۵. ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی از لحاظ شاخص‌های اقتصادی بهره‌وری آب در جنوب فرانسه. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰(۲)، صص. ۲۱۵-۲۲۶. <https://doi.org/10.22092/jwra.2016.106645>
۳. دری، حمیدرضا، قنبری، علی اکبر، لک، محمدرضا، و بنی‌جمالی، محمد، ۱۳۸۷. راهنمای لوبیا (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۲۴ صفحه.

۴. رضایی استخریویه، عباس، صداقت، مرضیه، عرب‌زاده، بهروز، و سیاری، نسرین، ۱۳۹۵. تأثیر روش‌های نوین آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج (رقم شیرودی)، مدیریت آب و آبیاری، ۶ (۲)، صص. ۱۹۳-۲۰۴. <https://doi.org/10.22059/jwim.2017.63779>
۵. سلیمانی‌پور، احمد، باقری، ابوالقاسم، و واثقی، الهه، ۱۳۹۰. ارزیابی اقتصادی روش‌های آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی در استان اصفهان. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۳ (۹)، صص. ۱۶۴-۱۴۳. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086407.1390.3.9.8.3>
۶. سیدان، محسن، و قدمی‌فیروزآبادی، علی، ۱۳۹۹. مقایسه بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در محصول سیب‌زمینی در استان همدان، *مجله ترویجی علوم کاربردی سیب‌زمینی*، ۳ (۱)، صص. ۲۴-۱۷.
۷. شریفی، احمد، و جوادی، ارژنگ، ۱۳۹۵. فشردگی خاک: مشکل‌ها، راه حل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری. *نشریه فنی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی*، ۳۲ صفحه. شماره ۴۹۷۶۱.
۸. شالولوند، مرتضی، و نیک‌سیرت، حسام، ۱۳۹۶. بررسی روش‌های مختلف آبیاری، مصرف ورمی کمپوست و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی ماریتیغال، سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج، موسسه تحقیقات خاک و آب.
۹. صفرزاده، سیروس، صارمی، مرین، فرشید، امیر، و دهقانی، منیر، ۱۴۰۰. بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد و بهره‌وری آب گندم در سه سامانه آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای نواری، آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵ (۱)، ۹۷-۸۷. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087942.1400.15.1.8.8>
۱۰. طباطبایی، مهسا، قیصری، مهدی، عابدی‌کوپایی، جهانگیر، و امیری، زهرا، ۱۳۹۶. مقایسه عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای نواری و بارانی، پنجمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی و سومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، اهواز.
۱۱. کوچکی، علیرضا، و بنایان، محمد، ۱۳۸۸. زراعت حبوبات، جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۶ صفحه.
۱۲. گرجی، علی، افشاراصل، محمد، دشتی‌زاده، رویا، و تسبندی، مرتضی، ۱۳۹۶. اثربخشی سامانه‌های نوین آبیاری در مصرف انرژی - مطالعه موردی: شهرستان ابرکوه یزد، سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۱۳. گودرزی، مصطفی، و هدایتی‌پور، ابوالفضل، ۱۳۹۸. مدیریت مصرف آب لوبیا، *نشریه فنی، موسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی*، شماره ۵۶۸۷۷.
۱۴. لک، محمدرضا، ۱۳۹۸. روش‌های ارزیابی مقاومت ارقام و الیت‌های لوبیا نسبت به آفات و بیماری‌های مهم آن، گزارش نهایی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۱۵. مجنون حسینی، ناصر، ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۲۸۴ صفحه.
۱۶. نیکبخت جهرمی، نجمه، هادی‌زاده، منصور، و میرابوالقاسمی، هادی، ۱۳۹۶. بررسی راهکارهای اجرایی برای تبدیل سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک به آبیاری موضعی با نوارهای آبیاری، سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، کرج، موسسه تحقیقات خاک و آب.
17. Fan, J., Lu, X., Gu, S. and Guo, X., 2020. Improving nutrient and water use efficiencies using water-drip irrigation and fertilization technology in Northeast China. *Agricultural Water Management*, 241, pp. 106352. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106352>.

18. Fan, Z., An, T., Wu, K., Zhou, F., Zi, S., Yang, Y., Xue, G. and Wu, B., 2016. Effects of intercropping of maize and potato on sloping land on the water balance and surface runoff. *Agriculture Water Management*, 166, pp. 9–16.  
**<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.006>**.
19. Ibragimov, N., Evett, S. R., Esanbekov, Y., Kamilov, B. S., Mirzaev, L. and Lamers, J. P., 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agricultural water management*, 90(1-2), pp. 112-120.  
**<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.016>**.
20. Kandongo, H., 2018. Comparing efficiencies of flood and drip irrigation methods in onion production under farmer's production conditions in Omusati region, Namibia (Doctoral dissertation, University of Namibia).
21. Koech, R. and Langat, P., 2018. Improving irrigation water use efficiency: A review of advances, challenges and opportunities in the Australian context. *Water*, 10(12), pp. 1771.  
**<http://dx.doi.org/10.3390/w10121771>**
22. Ospanbayev, Z. O., Kurmanbayeva, M. S., Abdukadirova, Z. A., Doszhanova, A. S., Nazarbekova, S. T., Inelova, Z. A., Ablaihanova, N. T., Kenenbayev, S. B. and Musina, A. S., 2017. Water use efficiency of rice and soybean under drip irrigation with mulch in the south-east of Kazakhstan. *Applied Ecology & Environmental Research*, 15(4), pp. 1581-1603. **[http://dx.doi.org/10.15666/aer/1504\\_15811603](http://dx.doi.org/10.15666/aer/1504_15811603)**.