نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۷، خرداد - تیر ۱۴۰۲، ص. ۲۹۰-۲۷۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 17, Jun.-Jul. 2023, p. 277-290

مقاله علمی-پژوهشی

اثرات سامانه‌های آبیاری و سناریوهای نیازآبشویی بر بهره‌وری آب در تولید لوبیا در دشت اهر (استان آذربایجان‌شرقی)

ابوالفضل ناصری[۱]*، مهدی اکبری[۲] و فریبرزعباسی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸

چکیده

ارتقاء بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی یکی از برنامه‌های اساسی برای تامین امنیت غذایی در کشور است. همچنین با توجه به اهمّیت و وسعت کشت لوبیا در دشت اهر (استان آذربایجان‌شرقی) و ضرورت ارتقاء بهره‌وری آب در تولید این محصول به‌ویژه در شرایط شوری آب و خاک، این پژوهش با هدف بررسی اثرات سامانه‌های آبیاری و سناریوهای نیازآبشویی بر بهره‌وری آب در تولید لوبیا در این دشت انجام گردید. عملکرد محصول و حجم آب آبیاری با دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی در مزارع متعدد تحت مدیریت کشاورزان، به طور مستقیم اندازه‌گیری گردید. پنج سناریوی نیاز آبشویی شامل صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نیاز خالص آب آبیاری با دو سامانه آبیاری در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد کاربرد سامانه‌های آبیاری موجب تفاوت در عملکرد و حجم آب مصرفی گردید. میانگین عملکرد لوبیا با کاربرد سامانه آبیاری بارانی۳۹۵± ۱۱۸۹ (به دلیل احتمالی کم‌آبیاری) با سامانه سطحی۱۸۰± ۲۳۹۶ کیلوگرم در هکتار بود. کاربرد سامانه آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۷۴۷± ۴۷۱۷ و ۱۲۷۶± ۷۲۹۷ مترمکعب در هکتار مصرف آب داشته است. میانگین بهره‌وری آب در تولید محصول ۰/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نتایج خوشه‌بندی نشان داد بهره‌وری (۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب) حاصل از اعمال سناریوهای نیازآبشویی صفر و ۵ درصد در یک گروه، بهره‌وری (۰/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب) سناریوهای ۱۰ و ۱۵ درصد در گروه دوم و بهره‌وری(۰/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) سناریوی۲۰ درصد در گروه سوم قرار داشت. علاوه براین یافته‌ها، پیشنهاداتی برای ادامه پژوهش‌های کاربردی ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، بهره‌وری مصرف آب، سامانه آبیاری، کارآیی مصرف آب

مقدّمه

فراسنج‌های مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی از معیارهای کلیدی در برنامه‌ریزی کلان مدیریت منابع آب و مدیریت کشاورزی به شمار می‌رود. یکی از مهم‌ترین این فراسنج‌ها، بهره‌وری آب ست. بهبود این فراسنج به ویژه در بخش کشاورزی- به عنوان عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در سطح جهان- یکی از راهکارهای موثر در تولید محصولات در شرایط اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران است.

حبوبات پس از غلات یکی از مهم‌ترین منبع پروتئین گیاهی در سبد غذایی انسان به شمار می‌رود. تأمین بخشی از مواد غذایی دام و استفاده از اندام‌های غیرخوراکی آن به‌عنوان کود سبز برای اصلاح شرایط فیزیکی خاک‌های کشاورزی از مزایای کشت حبوبات در مناطق نیمه‌خشک جهان محسوب می‌گردد (مجنون حسینی، ۱۳۷۵). حبوبات به‌عنوان یکی از تثبیت‌کننده‌های ازت در خاک‌های کشاورزی موجب کاهش مصرف کود ازته برای تولید محصولات زراعی می‌گردد که از رویکرد کشاورزی ارگانیک، این ویژگی حائز توجه و اهمّیت است (باقری و همکاران، ۱۳۷۹). از میان حبوب مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌عنوان گیاه یک‌ساله، علفی و خودگشن از تیره Fabaceae به دلیل دارا بودن ۲۵-۲۰ درصد پروتئین، جایگاه نخست را از نظر تولید جهانی دارد. مقدار تولید جهانی لوبیای خشک حدود ۲۳ میلیون تن بوده که میانمار، هند و برزیل از

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
*- نویسنده مسئول: Email: Nasseri_ab@yahoo.com
۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران
۳- استاد پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران

بزرگ‌ترین تولیدکنندگان این محصول بودند (FAO, 2017). سطح زیر کشت لوبیا در ایران حدود ۱۰۵ هزار هکتار، تولید آن ۲۵۰ هزار تن و میانگین عملکرد آن ۲۳۸۹ کیلوگرم در هکتار بود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). استان آذربایجان‌شرقی با سطح زیرکشت ۱۷۱۰ هکتار و تولید ۳۱۱۳ تن با عملکرد ۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید لوبیا در کشور به شمار می‌رود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

کمبود آب یا خشک‌سالی‌های کشاورزی بیشترین محدودیت را در تولید محصولات زراعی به وجود می‌آورد. بخش قابل‌توجهی از تولید لوبیا در جهان، در مناطقی صورت می‌گیرد که انواع تنش‌های محیطی ازجمله تنش کمبود آب و تنش شوری را تجربه می‌نمایند. گیاه لوبیا برای تولید حداکثر محصول به ۳۶۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار آب، در طول فصل رشد نیاز دارد (قدمی و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین به استثنای مزارع استان‌های گیلان و سمنان، در سایر مناطق تولید این محصول، لازم است کشت و تولید این محصول با آب آبیاری صورت گیرد. محدودیت منابع آب، خشکسالی و افزایش انواع مصارف آب، ضرورت ارتقاء بهره‌وری آب در تولید انواع محصولات فاریاب از جمله لوبیا را الزامی می‌نماید. در مسیر انجام این ضرورت، اولین گام تعیین نسبتاً دقیق میزان آب مورد نیاز و آب مصرفی در تولید محصولات فاریاب مانند لوبیا است.

بهره‌وری آب، یکی از مهم‌ترین فراسنج‌های ارزیابی مدیریت آبیاری در تولید محصول در مزرعه است، مقدار این فراسنج از تقسیم عملکرد محصول به حجم آب مصرفی یا مقدار تبخیر و تعرق گیاه به دست می‌آید. مقدار بهره‌وری آب در تولید لوبیا (دانه خشک با رطوبت ۱۰ درصد) را دورنباس و کسام از ۰/۳ تا ۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند (Doorenbos and Kassam, 1979). حیدری و حقایقی (۱۳۸۰) مقدار بهره‌وری آب در تولید لوبیا را ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند. سزان و همکاران اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب و عملکرد و کیفیت لوبیا سبز تحت سامانه آبیاری قطره‌ای را در شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای در ترکیه بررسی نموده‌اند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب را ۶/۲ و ۳/۸ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط آبیاری در زمان رسیدن تبخیر به مقدار ۳ و ۶ سانتیمتری در تشتک اعلام نموده‌اند (Sezen et al., 2008). صادقی پور و فرامرزی (۱۳۸۷) مقدار بهره‌وری مصرف آب در تولید لوبیا را از ۰/۶۷ تا ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند. یافته صادقی پور و فرامرزی (۱۳۸۷) گزارش نموده‌اند استفاده از ارقام جدید پر محصول به عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای ارتقاء بهره‌وری آب، می‌تواند این فراسنج را بهبود بخشد. گنجاقلان و همکاران (Gençoğlan et al., 2006) در خصوص مقایسه واکنش عملکرد لوبیا سبز به سامانه آبیاری زیرسطحی و آبیاری بخشی منطقه ریشه، وبر و همکاران (Webber et al., 2006) در خصوص ارزیابی بهره‌وری آب در تولید لوبیا تحت روش‌های آبیاری جویچه‌ای یک در میان و کم‌آبیاری، اردم و همکاران (Erdem et al., 2006) در موضوع تعیین فراسنج تنش آبی لوبیا با برنامه‌ریزی آبیاری، سروشجانی و همکاران در زمینهٔ بررسی واکنش دو ژنوتیپ لوبیا به کم‌آبیاری (Soureshjani et al., 2019)، اسدی و سیدی در خصوص ارزیابی فراسنج خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (Asadi and Seyedi, 2022)، پولمان و همکاران در زمینهٔ ارزیابی تحمل ارقام مختلف لوبیا به کم آبیاری و تنش خشکی (Pohlmann et al., 2022)، تفری و همکاران در خصوص بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا به کم آبیاری و کود نیتروژن در شرایط اقلیمی اتیوپی و تحت تیمارهای آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق لوبیا سبز با کاربرد چهار سطح کود نیتروژن و شامل صفر، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار (Teferi et al., 2022) یافته‌هایی را منتشر نموده‌اند. گزارش ایشان نشان داد بیشترین عملکرد از اثر متقابل تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق لوبیا با کود نیتروژن ۹۲ کیلوگرم در هکتار و حداقل عملکرد از تیمار آبیاری ۵۰ درصد تبخیر و تعرق بدون مصرف کود حاصل شده است. اخیرا، . قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) بهره‌وری آب در تولید لوبیا تحت سامانه بارانی و سطحی را به ترتیب ۰/۳۳و ۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند.

استفاده بهینه از آب قابل دسترس در بخش کشاورزی به‌ویژه در شرایط وقوع تنش‌های محیطی مانند تنش کمبود آب و خشک‌سالی و نیز در شرایط تغییر اقلیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین بهبود بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی یکی از راهکارهای سازگاری با شرایط تغییر اقلیم و خشک‌سالی است. این پژوهش در راستای ارائه پیشنهادهایی برای ارتقاء این فراسنج با هدف اثرات سامانه‌های آبیاری و سناریوهای نیازآبشویی بر بهره‌وری آب در تولید لوبیا در دشت اهر (استان آذربایجان شرقی) اجرا شده است. یافته‌های پژوهش می‌تواند در برنامه‌های ارتقاء بهره‌وری آب در تولید لوبیا در آذربایجان شرقی و مناطق مشابه مفید و مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات سامانه‌های آبیاری و سناریوهای نیازآبشویی بر بهره‌وری آب در تولید لوبیا در اراضی فاریاب حومهٔ شرقی دشت اهر در استان آذربایجان‌شرقی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. این دشت از مناطق عمده تولید لوبیا در استان و کشور به شمار می‌رود. دشت اهر در شمال غرب ایران و در شمال شرق دشت تبریز قرار دارد (شکل ۱). در جنوب آن، دشت هریس مهربان و در شرق آن ارتفاعات غربی مشکین شهر قرار گرفته است. وسعت دشت ۱۵۵ کیلومتر مربع است. رودخانه اصلی دشت اهرچای

با میانگین جریان ۴/۳ مترمکعب بر ثانیه با شیب جریان از غرب به شرق که به دره‌رود منتهی می‌شود. میانگین ۳۰ ساله بارش دشت ۲۹۰ میلی‌متر در سال و تغییرات رطوبت نسبی آن از ۳۳ تا ۸۱ درصد است. میانگین درازمدت متغیرهای هواشناسی در دشت اهر در جدول ۱ ارائه شده است.

تعداد شش مزرعه با کمک کارشناسان مرکز جهاد کشاورزی حومه شرقی انتخاب گردید. موقعیت مزارع انتخاب شده در دشت اهر در شکل ۱ ارائه شده است. معیارهای انتخاب شامل روش‌های مختلف آبیاری، کیفیت‌های متفاوت آب آبیاری، تعداد متفاوت نوبت آبیاری، بافت‌های مختلف خاک تحت مدیریت کشاورزان و بدون اعمال برنامه‌ریزی مهندسی آبیاری بود. رقم لوبیای مزارع به‌طور عمده تلاش و در مواردی کوشا بود.

در این پژوهش شش مزرعه لوبیا تحت مدیریت زراعی کشاورزان در دشت اهر بررسی گردید. منبع آب آبیاری سطحی بوده و از طریق کانال‌های آبیاری سدّ ستارخان تامین می‌گردید. منبع تامین آب مزارع، آب سطحی با تغییرات دبی از ۳۰ تا ۴۷ لیتر در ثانیه و با شوری از ۲/۴ تا ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. روش آبیاری سه مزرعه از نوع بارانی (کلاسیک ثابت با رایزر متحرک) و سه مزرعه دیگر از نوع سطحی (نواری) بود. میانگین سطح زیر کشت با سامانه بارانی یک هکتار و با سامانهٔ سطحی ۰/۶ هکتار بود. میانگین تعداد آبیاری با سامانه بارانی و سطحی به ترتیب ۵ و ۱۱ نوبت بود. در سامانه بارانی از آبپاش دو روزنه‌ای برای آبیاری ۷ ساعت با دور ۱۰ روز استفاده می‌گردید. فاصله آبپاش‌ها ۲۵ متر در ۲۵ متر، میانگین دبی آبپاش‌ها ۲/۲ لیتر بر ثانیه، شدت پخش آب ۱۳ میلی‌متر بر ساعت بود. حداقل، میانگین و حداکثر فشار آبپاش‌ها به ترتیب برابر ۳/۵، ۴/۱ و ۴/۷ بار و بیش‌ترین تفاوت فشار آبپاش‌ها حدود ۱۹ درصد بود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه‌شده است. میانگین هدایت الکتریکی آب ۴۲۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر (در کلاس خوب)، پ هاش (pH) آب ۷/۷، نسبت جذبی سدیم (SAR) ۲/۲ در کلاس عالی، کلراید و سولفات به ترتیب ۹/۹ و ۱۵/۶ میلی‌اکی والان بر لیتر و نمک‌های محلول ۲۷۰ میلی‌گرم بر لیتر در کلاس خوب بودند.

شکل ۱- موقعیت منطقه و مزارع مورد بررسی در دشت اهر در آذربایجان شرقی

تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر مبنای داده های روزانه هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه با روش فائو پنمن-مانتیس برای سال انجام پژوهش با نرم افزار ETo Calculator برآورد شدکه جزئیات آن به‌طور کامل در نشریهٔ ۵۶ فائو تشریح شده است (Allen et al., 1998). با اعمال ضریب گیاهی لوبیا (kc)، تبخیر و تعرق پتانسیل لوبیا (ETc) به تفکیک دوره‌های فنولوژیک رشد برای ایستگاه اهر برآورد گردید (Doorenbos and Kassam, 1979). داده‌های هواشناسی شامل دمای هوا (حداقل و حداکثر)، رطوبت نسبی (حداقل

و میانگین)، سرعت باد و ساعات آفتابی بود که برای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETo) با معادله (۱) استفاده گردید. برای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل لوبیا از معادله (۲) استفاده شد (Allen *et al.*, 1998).

$$ETo = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G)\gamma\,\left[\frac{890}{T+273}\right]}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U_2)} U_2\,(e_a - e_d) \quad (۱)$$

$$ETc = kc \times ETo \quad (۲)$$

که در آن: ETo= تبخیر و تعرق گیاه مرجع ($mm\ d^{-1}$)، Δ = شیب منحنی فشار بخار اشباع نسبت به دما در نقطه‌ای که دمای آن T باشد ($kpa\ ^oC^{-1}$)، R_n = تشعشع خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)، G = شار گرما به داخل خاک مزرعه ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)، γ = ضریب سایکرومتری ($kpa\ ^oC^{-1}$)، T = دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین (^oC)، U_2 = سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین ($m\ s^{-1}$)، $e_a - e_d$ = کمبود فشار بخار در ارتفاع دو متری از سطح زمین (kpa)، k_C = ضریب گیاهی لوبیا در منطقه و ET_C = تبخیر و تعرق لوبیا ($mm\ d^{-1}$) است. با اعمال مقادیر ضرایب گیاهی، مقدار تبخیر و تعرق گیاه لوبیا به دست آمد. تاریخ کاشت لوبیا در منطقه اواخر اردیبهشت و تاریخ برداشت آن هفته دوّم مهر ماه بود. ضرایب گیاهی برای ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۶۷، ۰/۸۵، ۰/۷۷، ۰/۳۲ و ۰/۳۱ اعمال گردید. در انتخاب ضرایب ماهانه گیاهی از سند ملّی آب و فرشی و همکاران (۱۳۷۶) استفاده گردید. در برآورد تبخیر و تعرق لوبیا، علاوه بر نتایج روش پنمن- مانتیس، نتایج سند ملّی آب و فرشی و همکاران (۱۳۷۶) نیز در تحلیل‌های این پژوهش مورد استفاده و تطبیق قرار گرفته است.

بارش مؤثر از روش فائو به دست آمد. چون میانگین بارش ماهانه در دشت اهر از ۷۵ میلی‌متر کم‌تر بود، برای برآورد بارش موثر از معادله (۳) استفاده گردید:

$$Re = 0.6\,R - 10 \quad (۴)$$

که در آن Re و R به ترتیب بارش مؤثر و بارش در دشت (میلی‌متر) است.

نیاز خالص آب آبیاری از تفاوت تبخیر و تعرق گیاه و بارش موثر از معادله (۴) برآورد گردید:

$$NW = ET_c - R_e \quad (۴)$$

که در آن NW نیاز خالص آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، ETc تبخیر و تعرق گیاه لوبیا (مترمکعب در هکتار) و Re بارش مؤثر (مترمکعب در هکتار) است.

بهره‌وری مصرف آب بر مبنای هر دو تعریف و از معادله‌های (۵) و (۶)، به دست آمد:

$$WUE_w = \frac{BY}{WA} \quad (۵)$$

$$WUE_{Et} = \frac{BY}{ETc} \quad (۶)$$

جدول ۱- میانگین درازمدت متغیرهای هواشناسی در دشت اهر

ماه	دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)			میانگین رطوبت نسبی (درصد)	بارش (میلی متر)	سرعت باد (گره)	ساعات آفتابی (ساعت در ماه)
	حداقل دما	حداکثر دما	میانگین دما				
فروردین	۴/۵	۱۶/۴	۱۰/۴	۶۰	۴۴	۶	۱۸۱
اردیبهشت	۸/۰	۲۰/۷	۱۴/۴	۶۱	۴۹/۶	۴/۹	۲۴۷
خرداد	۱۱/۹	۲۵/۷	۱۸/۸	۵۶	۲۶/۴	۴/۸	۲۹۵
تیر	۱۵/۴	۲۸/۰	۲۱/۷	۵۱	۶/۲	۵/۷	۳۰۹
مرداد	۱۵/۵	۲۸/۱	۲۱/۸	۵۴	۷/۰	۵/۵	۲۹۶
شهریور	۱۱/۳	۲۴/۷	۱۸	۵۷	۱۲/۳	۴/۵	۲۵۱
مهر	۶/۸	۱۸/۸	۱۲/۸	۶۰	۲۷/۶	۴/۱	۲۰۳
آبان	۱/۷	۱۱/۵	۶/۶	۶۳	۲۸/۶	۵/۴	۱۵۳
آذر	-۲/۲	۵/۹	۱/۸	۶۶	۲۰/۲	۶/۹	۱۵۰
دی	-۴/۶	۳/۵	-۰/۵	۶۶	۱۷/۱	۷/۳	۱۵۶
بهمن	-۴/۵	۴/۶	۰/۰	۶۶	۱۸/۳	۶/۹	۱۶۳
اسفند	-۰/۸	۹/۴	۴/۳	۶۴	۳۴/۹	۵/۷	۱۷۲

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک سطحی مزارع لوبیا برای دو سامانهٔ آبیاری

سامانه آبیاری	مزرعه	درصد ذرات خاک			بافت خاک	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی مترمکعب)	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)
		رس	سیلیت	شن				
	اوّل	۳۰	۳۲	۳۸	لوم رسی	۱/۴۲	۲۳	۱۴
بارانی	دوّم	۲۶	۳۰	۴۴	لوم	۱/۴۵	۲۱	۱۲
	سوّم	۲۹	۲۳	۴۸	لوم رسی شنی	۱/۴۶	۲۰	۱۲
	اوّل	۳۷	۲۹	۳۴	لوم رسی	۱/۴۰	۲۳	۱۳
سطحی	دوّم	۳۴	۲۸	۳۸	لوم رسی	۱/۴۲	۲۴	۱۵
	سوّم	۳۷	۲۵	۳۸	لوم رسی	۱/۴۲	۲۴	۱۶

سامانه آبیاری	مزرعه	هدایت الکتریکی (میلی موز بر سانتی-متر)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته گل اشباع	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	پتانسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	مادهٔ آلی خشک (درصد)	مواد خنثی شونده (درصد)
	اوّل	۰/۷۳۰	۰/۴۵	۸/۰	۳/۰	۲۴۲	۰/۷۷	۸
بارانی	دوّم	۰/۷۷۰	۰/۵۵	۷/۹	۴/۲	۲۹۲	۰/۹۵	۷
	سوّم	۰/۷۸۰	۰/۶۸	۸/۰	۳/۶	۳۰۰	۱/۱۷	۷
	اوّل	۱/۴۵۰	۱/۵۶	۷/۸	۳/۸	۳۲۵	۲/۶۸	۸
سطحی	دوّم	۰/۶۲۰	۱/۶۴	۸/۰	۶/۲	۲۶۷	۲/۸۲	۱۷
	سوّم	۱/۱۶۰	۱/۲۷	۸/۰	۵/۶	۳۵۸	۲/۱۸	۱۷

که در آن WUE_w ، WUE_{Et} به ترتیب بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) بر پایهٔ حجم آب آبیاری (WA به مترمکعب بر هکتار)، تبخیر و تعرق لوبیا (ETc به مترمکعب بر هکتار) و BY عملکرد لوبیا (کیلوگرم در هکتار) است.

تغییرات هدایت الکتریکی آب آبیاری از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی برای مناطق تولید لوبیا در آذربایجان شرقی (از جمله اهر، سراب، میانه و هشترود) از مقادیر کم تا بیش از ۲/۵ میلی‌موز بر سانتی‌متر در نوسان است. با در نظر گرفتن این تغییرات و نیز حداکثر هدایت الکتریکی متوقف کننده رشد لوبیا (۱۲ میلی‌موز بر سانتی‌متر)، سناریوهای نیاز آبشویی در نظر گرفته شد. متناسب و مطابق با هدایت الکتریکی آب با مقادیر ناچیز، ۰/۶ ، ۱/۲، ۱/۸ و۲/۴ میلی‌موز بر سانتی‌متر، پنج سناریوی نیاز آبشویی شامل صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نیاز خالص آب آبیاری تحت دو سامانه بارانی و سطحی در نظر گرفته شد. یادآور می‌شود نیاز خالص آب از معادله (۴) برآورد گردید. برای برآورد مقدار نسبی محصول لوبیا برای هر درجه از شوری عصارهٔ اشباع خاک از معادله (۷) استفاده شد(Maas and Hoffman, 1977):

$$Y_r = 100 - 19\,(EC_e - 1) \qquad (۷)$$

که در آن Y_rمقدار نسبی محصول لوبیا و EC_e عصاره اشباع خاک مزرعه (میلی‌موز بر سانتی‌متر) است.

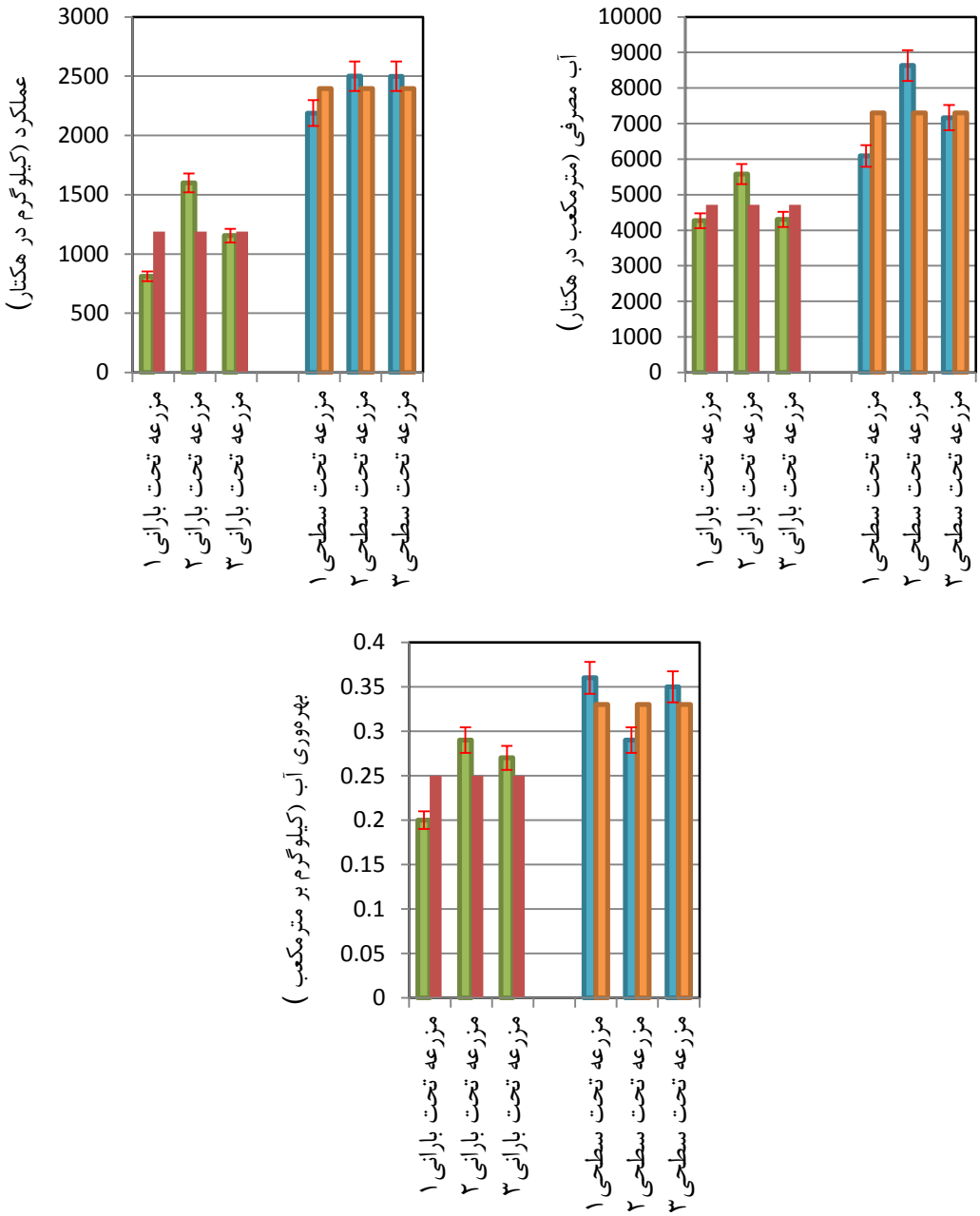
نتایج و بحث

عملکرد محصول، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در تولید لوبیا در شکل ۲ نشان داده شده است. حجم اب مصرفی این مزارع از ۴۲۶۷ تا ۸۶۳۳ مترمکعب در هکتار متغیر بود. میزان عملکرد محصول از ۸۱۲ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در نوسان بود. تغییرات بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به حجم آب مصرفی) از ۰/۲ تا ۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد گردید.

برآورد تبخیر و تعرّق گیاه مرجع و لوبیا

با استفاده از روش پنمن-مانتیس، تبخیر و تعرّق گیاه مرجع از اوّل اردیبهشت ماه تا آخر مهرماه بر اساس حداکثر و حداقل دمای هوا، میانگین رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی برآورد گردید (جدول ۳). مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دورهٔ رشد لوبیا در سال جاری پژوهش در شرایط اقلیمی اهر ۷۳۴ میلی‌متر بود. با اعمال ضریب گیاهی، مقدار تبخیر و تعرق گیاه لوبیا ۵۰۲ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۳). با اعمال بارش مؤثر حاصل از کاربرد روش فائو و تبخیر و تعرّق گیاه لوبیا، نیاز خالص آبیاری برابر ۴۷۷ میلی‌متر در دورهٔ رشد لوبیا به دست آمد (جدول ۳). در مورد تبخیر و تعرّق لوبیا، اردم و همکاران (Erdem et al., 2006) مقدار آن را در شرایط کم آبیاری بر مبنای تخلیه رطوبتی خاک تا آبیاری کامل بین ۴۳۷ و ۵۹۶ میلی‌متر

به دست آورده‌اند. پژوهش‌های مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب نشان داده، تبخیر و تعرّق لوبیا در مناطق مختلف کشور از ۲۲۰ میلی‌متر تا ۷۷۸ میلی‌متر در نوسان می‌باشد (Farshi et al., 1997).



شکل ۲- عملکرد، حجم آب آبیاری (کاربردی) و بهره‌وری آب در تولید لوبیا با دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی (ستون اول برای تکرار سامانه آبیاری و ستون دوم میانگین صفات تکرارها می‌باشد).

بررسی تاثیر کاربرد سامانه‌های آبیاری بر عملکرد لوبیا

تحلیل واریانس عملکرد لوبیا با کاربرد دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد تفاوت عملکرد لوبیا با کاربرد دو سامانه متفاوت آبیاری بسیار معنی‌دار (کمتر از یک درصد) بود. در این بررسی، میانگین عملکرد لوبیا با کاربرد سامانه آبیاری بارانی۳۹۵± ۱۱۸۹و با کاربرد سامانه آبیاری سطحی۱۸۰± ۲۳۹۶ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲).

جدول ۳- متغیرهای هواشناسی و پارامترهای لازم برای برآورد تبخیر و تعرّق در سال اجرای پروژه به روش پنمن-مانتیس گیاه مرجع و لوبیا در شرایط اقلیمی دشت اهر

ماه‌های فصل رشد	حداکثر دمای هوا (درجه سلسیوس)	حداقل دمای هوا	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (کیلومتر بر روز)	ساعات آفتابی (ساعت در روز)	$\frac{n}{N}$ (درصد)	Rbo مگاژول بر مترمربع در روز	Rn	ET (میلی متر بر روز)	ضریب گیاهی	بارش مؤثر (با روش فائو)	تبخیر و تعرق لوبیا (میلی‌متر در ماه)	نیاز خالص آبیاری
اردیبهشت	۲۰/۶	۷/۴	۶۱	۲۴۲	۸/۲	۵۸	۶/۹۹	۱۲/۲۵	۴/۳۸	۰/۳۲	۲۳/۷	۴۳/۵	۱۹/۷
خرداد	۲۷/۷	۱۱/۷	۵۲	۲۵۹	۸/۹	۶۰	۷/۱۸	۱۳/۱۵	۵/۸۵	۰/۶۷	۴/۵	۱۲۱/۴	۱۱۷/۰
تیر	۳۰/۲	۱۶/۷	۴۷	۲۷۶	۹/۵	۶۶	۷/۰۷	۱۳/۲۶	۶/۶۰	۰/۸۵	۰/۰	۱۷۴/۰	۱۷۴/۰
مرداد	۳۲/۵	۱۵/۹	۳۹	۲۳۳	۱۱/۶	۸۶	۷/۶۸	۱۲/۴۹	۶/۸۴	۰/۷۷	۰/۰	۱۶۳/۳	۱۶۳/۳
شهریور	۲۵/۴	۱۲/۸	۶۱	۲۵۱	۷/۶	۶۲	۶/۶۳	۸/۷۳	۴/۳۸	۰/۳۲	۲۱/۲	۴۳/۵	۲۲/۳
مهر	۲۱/۲	۹/۳	۶۳	۲۱۶	۶/۷	۶۱	۶/۸۲	۵/۳۳	۲/۹۵	۰/۳۱	۲/۴	۲۸/۴	۲۶/۰
مجموع											۵۱/۸	۵۷۴/۱	۵۲۲/۳

جدول ٤- تحلیل واریانس عملکرد لوبیا و حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
عملکرد لوبیا				
بین سامانه‌های آبیاری	۱	۲/۲	۲۳/۲	کمتر از یک درصد
درون سامانه‌های آبیاری	۴	۹۴۲۷۶		
کلّ	۵			
حجم آب مصرفی در شرایط مدیریت کشاورزان				
بین سامانه‌های آبیاری	۱	$۹/۹۸ \times ۱۰^{۶}$	۹/۱۳	کمتر از ۵ درصد
درون سامانه‌های آبیاری	۴	$۱/۰۹ \times ۱۰^{۶}$		
کلّ	۵			
بهره‌وری آب در تولید لوبیا				
بین سامانه‌های آبیاری	۱	۰/۰۰۹	۵/۲	کمتر از ۱۰ درصد
درون سامانه‌های آبیاری	۴	۰/۰۰۲		
کلّ	۵			

دلیل کاهش عملکرد مزرعه‌های تحت سامانه بارانی، عدم شناخت کشاورز از برنامه‌ریزی آبیاری و عدم بهره‌برداری مناسب از سیستم آبیاری و ضعف‌های احتمالی در طراحی سامانه آبیاری می‌تواند باشد. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش نموده‌اند تغییرات عملکرد لوبیا در شرایط اقلیمی زراعی لرستان از ۱۰۰۰ تا ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد با کاربرد سامانه آبیاری سطحی ۲۵۳۲ و با سامانه بارانی ۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. یافته این پژوهش نشان داد عملکرد مزارع تحت آبیاری سطحی بیشتر از مزارع تحت آبیاری بارانی بود. در حالی که قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش نموده‌اند کاربرد آبیاری بارانی موجب افزایش عملکرد شده است. دلایل متعددی می‌تواند موجب این تفاوت یافته‌ها، باشد. نحوه بهره‌برداری از سامانه آبیاری، عملکرد سامانه آبیاری، شرایط اقلیمی، مدیریت زراعی کشاورزان، ویژگی‌های خاک، ارقام گیاهی و مدیریت تغذیه گیاه از عوامل موثر در عملکرد محصول می‌باشند. همچنین، نورعلی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) گزارش نموده‌اند میانگین عملکرد دانه دو ساله، در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و سطح کودی ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در رقم لوبیا معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی به ترتیب ۳۴۸۶ و ۳۶۴۶ کیلوگرم در هکتار بود.

بررسی تاثیر کاربرد سامانه‌های آبیاری بر حجم آب مصرفی

تحلیل واریانس حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی در تولید لوبیا در جدول ۴ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد تفاوت حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). استفاده از سامانه سطحی به‌طور میانگین۱۲۷۶± ۷۲۹۷ مترمکعب در هکتار و استفاده از سامانه بارانی۷۴۷± ۴۷۱۷ مترمکعب در هکتار در تولید لوبیا مصرف آب داشته است. میانگین حجم مصرف آب در هر هکتار برای تولید لوبیا در شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی ۶۰۰۷ مترمکعب بود. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) میزان آب مصرفی در روش بارانی و سطحی را به ترتیب ۹۷۳۵ و ۱۶۱۶۱ مترمکعب گزارش نموده‌اند. یافته این پژوهش که میزان آب مصرفی با سامانه بارانی کمتر از سامانه سطحی است، مشابه یافته قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) است. همچنین نورعلی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) حجم آب مصرفی در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه لوبیا را ۴۸۵۰ مترمکعب در هکتار گزارش نموده‌اند.

تحلیل بهره‌وری آب در تولید لوبیا

بهره‌وری آب بر پایهٔ حجم آب مصرفی حاصل نسبت عملکرد لوبیا به ازای هر واحد آب مصرفی در هر دو سامانه آبیاری سطحی و بارانی است. متغیّرهای این تعریف از فراسنج بهره‌وری آب یعنی عملکرد لوبیا و حجم آب مصرفی، هر دو به‌طور مستقیم در مزرعه اندازه‌گیری شده است. تحلیل واریانس بهره‌وری آب در تولید لوبیا با کاربرد دو سامانهٔ آبیاری بارانی و سطحی در جدول ۴ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد استفاده از دو سامانه آبیاری متفاوت موجب اختلاف معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) در فراسنج بهره‌وری آب نگردید، عمده‌ترین دلیل نزدیکی مقدار این فراسنج در دو سامانه آبیاری به عملکرد محصول و آب مصرفی در تولید لوبیا بر می‌گردد. بررسی نشان داد همبستگی بهره‌وری آب در تولید لوبیا با عملکرد محصول و آب مصرفی حدود ۰/۹۸ به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب در تولید لوبیا با سامانه‌های بارانی و سطحی به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) بهره‌وری آب در تولید لوبیا تحت سامانه بارانی و سطحی را به ترتیب ۰/۳۳و ۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند. یافته این پژوهش که بهره‌وری آب با سامانه بارانی غیرمعنی‌دار با بهره‌وری آب

حاصل از سامانه سطحی است، با یافته قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) تطابق ندارد.

صادقی پور و فرامرزی (۱۳۸۷) مقدار بهره‌وری آب در تولید لوبیا را از ۰/۶۷ تا ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند. مقدار بهره‌وری مصرف آب در تولید لوبیا (دانه خشک با رطوبت ۱۰ درصد) را دورنباس و کسام از ۰/۳ تا ۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند (Doorenbos and Kassam, 1979). حیدری و حقایقی (۱۳۸۰) مقدار بهره‌وری آب در تولید لوبیا را ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند. همچنین نورعلی‌نژاد و همکاران(۱۳۹۸) تغییرات بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف آب مصرفی لوبیا را از ۰/۱۶ تا ۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده‌اند

جدول ۵- بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) بر پایهٔ تبخیر و تعرّق در دو سامانه آبیاری

مزرعه/ سامانه آبیاری	روش‌های برآورد تبخیر و تعرّق		
	پنمن- مانتیس	سند ملّی آب	فرشی و همکاران (۱۳۷۶)
سامانه آبیاری بارانی			
مزرعه اوّل	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۱۷
مزرعه دوّم	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۳۳
مزرعه سوّم	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۲۴
میانگین	۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۲۵
سامانه آبیاری سطحی			
مزرعه اوّل	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۴۶
مزرعه دوّم	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۲
مزرعه سوّم	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۲
میانگین	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۵۰

جدول ٦- تحلیل واریانس اثر متقابل سامانه آبیاری و روش برآورد تبخیر و تعرق و سناریوهای نیاز آبشویی بر بهره‌وری آب در تولید لوبیا

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
تحلیل واریانس اثر متقابل سامانه آبیاری و روش برآورد تبخیر و تعرق بر بهره‌وری آب				
سامانه آبیاری	۱	۰/۳۴	۶۸	کمتر از یک درصد
روش‌های محاسبه تبخیر و تعرق	۲	۰/۰۴	۷	کمتر از یک درصد
اثر متقابل سامانه آبیاری و روش برآورد تبخیر و تعرق	۲	۰/۰۰۴	۰/۸	بیش از ۱۰ درصد
اشتباه	۱۲	۰/۰۰۵		
کلّ	۱۷			
تحلیل واریانس اثر متقابل سامانه آبیاری و سناریوهای نیاز آبشویی بر بهره‌وری آب				
سامانه آبیاری	۱	۰/۴۷	۷۳/۴	کمتر از یک درصد
سناریوهای نیاز آبشویی	۴	۰/۰۷	۱۰/۹	کمتر از یک درصد
اثر متقابل سامانه آبیاری و سناریوهای نیاز آبشویی	۴	۰/۰۰۸	۱/۳	۳۲ درصد
اشتباه	۲۰	۰/۰۰۶		
کلّ	۲۹			

اثر متقابل سامانه آبیاری و روش برآورد تبخیر و تعرق بر بهره‌وری آب

بهره‌وری آب بر پایهٔ تبخیر و تعرّق شامل عملکرد تولید شده به ازای یک واحد تبخیر و تعرّق گیاه است. تبخیر و تعرّق گیاه لوبیا که از سه روش پنمن- مانتیس، سند ملّی آب و فرشی و همکاران (۱۳۷۶) به دست آمده‌اند، در این پژوهش برای برآورد بهره‌وری آب استفاده گردید (جدول ۵). تحلیل واریانس دو طرفه بهره‌وری آب در اثر کاربرد سامانه‌های آبیاری و روش‌های برآورد تبخیر و تعرّق نشان داد اثر متقابل کاربرد سامانه‌های آبیاری و روش‌های برآورد تبخیر و تعرّق در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۶). اثرات ساده کاربرد سامانه‌های آبیاری و روش‌های برآورد تبخیر و تعرق در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). میانگین بهره‌وری آب (بر پایهٔ تبخیر و تعرّق) با کاربرد سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب حاصل از کاربرد روش‌های برآورد تبخیر و تعرق یعنی پنمن- مانتیس، سند ملّی آب و فرشی و همکاران (۱۳۷۶) به ترتیب ۰/۳۶، ۰/۵۰ و ۰/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نتایج نشان داد کاربرد روش‌های پنمن-مانتیس و دکتر فرشی و همکاران (۱۳۷۶) به یافته دهای نزدیک به بهم منجر شده است.

اثر متقابل سامانه آبیاری و سناریوهای نیاز آبشویی بر بهره‌وری آب

بر اساس توصیهٔ مس و هافمن (Maas and Hoffman, 1977)، مقدار شوری در آستانه کاهش محصول لوبیا برابر یک میلی‌موز بر سانتی‌متر و میزان کاهش محصول به ازای هر واحد شوری پس از آستانه کاهش محصول گیاه لوبیا ۱۹ درصد است. بنابراین می‌توان گفت گیاه لوبیا جزو گیاهان حساس به شوری عصارهٔ اشباع خاک مزرعه است. با توجّه به مقادیر هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک مزارع و آب آبیاری در نقاط مختلف استان آذربایجان‌شرقی، مقدار نیاز آبشویی بین ۱۰ تا ۲۰ درصد عمق آب آبیاری برآورد می‌شود. بر این اساس، پنج سناریوی نیاز آبشویی شامل صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نیاز خالص آب آبیاری تحت دو سامانه بارانی و سطحی در نظر گرفته شد. نیاز خالص آب آبیاری از تفاوت تبخیر و تعرق گیاه و بارش موثر به دست آمد. تبخیر و تعرق گیاه با سه روش پنمن- مانتیس، سند ملّی آب کشور و یافته‌های دکتر فرشی و همکاران (۱۳۷۶) برآورد گردید (جدول ۷).

جدول ۷- نیاز خالص آب آبیاری (میلی‌متر) تحت سناریوهای مختلف نیاز آبشویی

مبنای برآورد نیاز خالص آب آبیاری	سناریوهای نیاز آبشویی (درصد)				
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰
تبخیر و تعرق با پنمن-مانتیس	۴۶۰	۴۸۳	۵۰۶	۵۲۹	۵۵۲
تبخیر و تعرق با سند ملی آب	۳۰۵	۳۲۰	۳۳۶	۳۵۱	۳۶۶
تبخیر و تعرق با فرشی و همکاران (۱۳۷۶)	۴۰۷	۴۲۷	۴۴۸	۴۶۸	۴۸۸

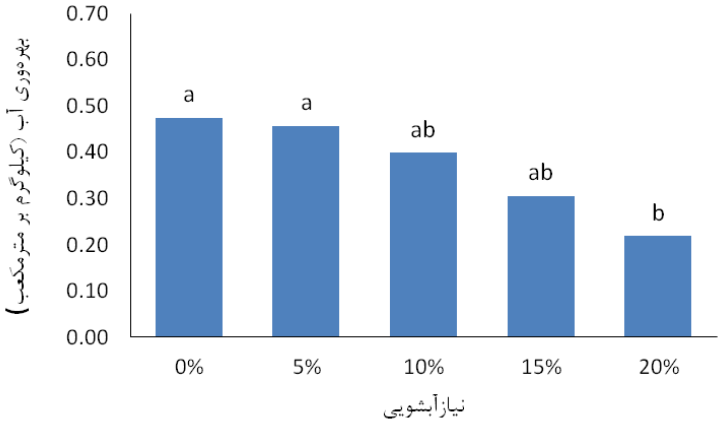
جدول ۸- میانگین بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) در شرایط اعمال سناریوهای نیاز آبشویی

سامانه‌های آبیاری	سناریوهای نیاز آبشویی (درصد)				
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰
تبخیر و تعرق با پنمن-مانتیس					
سامانه بارانی	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۴
سامانه سطحی	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۲۷
تبخیر و تعرق با سند ملی آب					
سامانه بارانی	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۷
سامانه سطحی	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۴۹	۰/۳۴
تبخیر و تعرق با فرشی و همکاران (۱۳۷۶)					
سامانه بارانی	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۱۳
سامانه سطحی	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۲۶

نیازخالص آب آبیاری بر مبنای تبخیر و تعرق با روش پنمن-مانتیس، سند ملی آب و فرشی و همکاران (۱۳۷۶) در سناریوی نیاز آبشویی صفر درصد به ترتیب ۴۶۰، ۳۰۵ و ۴۰۷ میلی‌متر و در سناریوی ۲۰ درصد به ترتیب برابر ۵۵۲، ۳۶۶ و ۴۸۸ میلی‌متر بود جدول ۷). میانگین بهره‌وری آب در شرایط اعمال سناریوهای نیاز آبشویی و تحت دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی در جدول ۸ ارائه شده است.

تحلیل واریانس نشان داد اثرات ساده سامانه‌های آبیاری و سناریوهای نیاز آبشویی روی بهره‌وری آب در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). در حالی که اثر متقابل سامانه آبیاری و سناریوهای نیاز آبشویی روی بهره‌وری آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۶).

میانگین بهره‌وری آب حاصل از اعمال سناریوهای نیاز آبشویی صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد به ترتیب ۰/۴۷، ۰/۴۶، ۰/۴۰، ۰/۳۰ و ۰/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بنابراین بدیهی است تا سطح نیاز آبشویی ۵ درصد، تغییر معنی‌داری در بهره‌وری آب در تولید لوبیا مشاهده نگردد. نیاز آبشویی ۲۰ درصد موجب کاهش معنی‌دار فراسنج بهره‌وری آب نسبت به سناریوهای صفر، ۵ و ۱۰ درصد گردید. بنابراین بهره‌وری حاصل از اعمال سناریوهای آبشویی صفر و ۵ درصد در یک گروه (۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب)، بهره‌وری حاصل از اعمال سناریوهای آبشویی ۱۰ و ۱۵ درصد در گروه دوم (۰/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب)، و بهره‌وری حاصل از اعمال سناریوی آبشویی ۲۰ درصد در گروه سوم (۰/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار داشت (شکل ۳).



شکل۳ – مقایسه میانگین بهره‌وری آب حاصل از اعمال سناریوهای مختلف نیاز آبشویی

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمّیت و وسعت کشت لوبیا در دشت اهر (در استان آذربایجان‌شرقی) و ضرورت ارتقاء بهره‌وری آب در تولید این محصول به ویژه در شرایط شوری آب و خاک، این پژوهش با هدف بررسی اثرات سامانه‌های آبیاری و سناریوهای نیازآبشویی بر بهره‌وری آب در تولید لوبیا در این دشت انجام گردید. نتایج نشان داد کاربرد سامانه‌های آبیاری موجب تفاوت در عملکرد و حجم آب مصرفی گردید. کاربرد سامانه بارانی به دلیل احتمالی کم‌آبیاری موجب مصرف کم‌تر آب و تولید کم‌تر عملکرد شده است. در حالی که بهره‌وری آب (۰/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب) حاصل از کاربرد هر دو سامانه آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج خوشه‌بندی نشان داد بهره‌وری حاصل از اعمال سناریوهای نیازآبشویی صفر و ۵ درصد در یک گروه، بهره‌وری سناریوهای ۱۰ و ۱۵ درصد در گروه دوم و بهره‌وری سناریوی۲۰ درصد در گروه سوم قرار داشت. با توجه به اهمیت موضوع و وسعت کشت لوبیا در آذربایجان‌شرقی، بررسی اثرات خشکسالی و نیز تاثیر متقابل مدیریت آبیاری و مدیریت تغذیه، تاریخ کاشت و مدیریت زراعی بر عملکرد و بهره‌وری آب در تولید لوبیا، پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله مؤلفین مقاله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی و مدیریت جهاد کشاورزی حومه شرق اهر برای تهیه امکانات و تأمین اعتبارات لازم برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند. مولفین همچنین از داوران محترم مقاله که با ارائه نظرات صائب موجبات

بازبینی و بهبود کیفیت مقاله را فراهم نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، حاتمی. ف.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. جلد اوّل: محصولات زراعی وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۹۷ ص.

باقری، ع.، ا. نظامی، و م. سلطانی. ۱۳۷۹. اصلاح حبوبات سرما دوست برای تحمل به تنش‌ها. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۴۴۵ ص.

حیدری، ن. و حقایقی مقدم ،ا. ۱۳۸۰ .کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور .گزارش ارائه‌شده به معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،کرج.

صادقی‌پور، الف و ع. فرامرزی. ۱۳۸۷. تأثیر آبیاری یک در میان جوی‌ها بر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در ژنوتیپ‌های لوبیا. دانش نوین کشاورزی. ۴(۱۰): ۷۳-۸۴.

قدمی فیروزآبادی، ع.، اکبری، م. و فرزام نیا، م. ۱۳۹۹. تعیین بهره‌وری مصرف آب لوبیا در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: استان لرستان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵(۱۴): ۱۸۱۵ تا ۱۸۲۷.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۵. حبوبات در ایران. مؤسسهٔ نشر جهاد دانشگاهی. ۲۴۰ ص.

نورعلی‌نژاد، ع.ر.، امیری، ا. ، بابازاده، ح. و صدقی، ح. ۱۳۹۸. تعیین تابع تولید و بهرهوری مصرف اب لوبیا در شرایط کاربرد کود نیتروژن در منطقه آستانه اشرفیه. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۱): ۱۳ تا ۲۸.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). *FAO Irrigation and Drainage paper NO. 56.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(9). P.e.156.

Asadi, B. and Seyedi, S.M., 2022. Evaluation of drought stress indices in chitti bean genotypes. Environmental Stresses in Crop Sciences.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1979). Yield response to water FAO Irrigation and Drainage paper NO. 33. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Erdem, Y., Şehirali, S., Erdem, T. and Kenar, D., 2006. Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of bean (Phaseolus Vulgaris L.) Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30(3): 195-202.

Erdem, Y., Şehirali, S., Erdem, T. and Kenar, D., 2006. Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of bean (Phaseolus vulgaris L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30(3), pp.195-202.

Farshi, A. A., M. R. Shariati, R. Jaroallahi, M. R. Ghaemi, M. Shahabifar and M. M. Tavallaei. 1997. An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran, Vol: Field crops. Agricultural Education, Agricultural Research, Education and Extension organization of Iran. Karaj, Iran.

FAO. 2017. Available from FAOSTAT Statistics data base-agriculture, Rome, Italy.

Gençoğlan, C., Altunbey, H. and Gençoğlan, S., 2006. Response of green bean (P. vulgaris L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation. Agricultural water management, 84(3), pp.274-280.

Maas, E.V. and Hoffman,G.J., 1977. Crop salt tolerance current assessment. J. Irrig. Drain. Div. Proc. Am. Soc.Civil. Eng. 103(2):115-134.

Pohlmann, V., Lago, I., Lopes, S.J., Zanon, A.J., Streck, N.A., Martins, J.T.D.S., Caye, M., Bittencourt, P.N., Santana, V.F.K.D. and Portalanza, D., 2022. Water deficit tolerance of bean cultivars. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 57.

Sezen, S.M., Yazar, A., Akyildiz, A., Dasgan, H.Y. and Gencel, B., 2008. Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. Scientia Horticulturae, 117(2), pp.95-102.

Soureshjani, H.K., Nezami, A., Kafi, M. and Tadayon, M., 2019. Responses of two common bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes to deficit irrigation. Agricultural Water Management, 213, pp.270-279.

Teferi, M.F., Tesfaye, B., Woldemichael, A. and Debella, A., 2022. Snap Bean (*Phaseolus vulgaris*) Response to Deficit Irrigation and Nitrogen Fertilizer and Relationships between Yield, Yield Component, and Protein Content. International Journal of Agronomy, 2022.

Webber, H.A., Madramootoo, C.A., Bourgault, M.,

Horst, M.G., Stulina, G. and Smith, D.L., 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. Agricultural Water Management, 86(3), pp.259-268.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 17, Jun.-Jul. 2023, p. 277-290

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۷، خرداد - تیر ۱۴۰۲، ص. ۲۹۰-۲۷۷

Effects of Irrigation Systems and Leaching Ratio Scenarios on Bean Water Productivity in Ahar Plain (East Azarbaijan Province)

Abolfazl Nasseri[1]*, Mehdi Akbari[2], Fariborz Abbasi[3]
Recived: Oct.26, 2022 Accepted: Jan.08, 2023

Abstract

Improving water productivity in agricultural productions is one of the fundamental plans in food security in Iran. Because of the importance and vast cultivation of bean in Ahar plain; and the necessity of improving water productivity in the saline soil and water conditions, the current study was conducted with the objective of the evaluation of the effects of irrigation systems and leaching ratio scenarios on bean water productivity in this plain. Bean yields with consumed water under two irrigation systems of surface and sprinkle were directly measured in several farms under farmers' management without any irrigation scheduling. For irrigation systems, five leaching ratio scenarios of 0, 5%, 10%, 15% and 20% of net water were applied in this study. Results revealed that irrigation systems treatments caused different yields and water applied in bean farms. Bean yield averaged 1189±395 kg ha^{-1} with sprinkle system (probably with deficit irrigation), while averaged 2396±180 kg ha^{-1} with surface irrigation system. Water applied averaged 4717±747 and 7297±1276 m^3 ha^{-1} with sprinkle and surface irrigation systems, respectively. Water productivity was acquired to be 0.29 kg m^{-3}. Also, we found that leaching ratio scenarios of 0 and 5% had a similar productivity (= 0.47 kg m^{-3}), 10% and 15% produced a similar productivity (= 0.35 kg m^{-3}) and leaching ratio scenarios of 20% had a productivity of 0.22 kg m^{-3}. In addition to these findings, some suggestions were made to continue research and study to improve water productivity in bean production.

Keywords: Consumed water, Irrigation systems, Water productivity, Water use efficiency.

1- Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
Corresponding Author: E-mail: Nasseri_ab@yahoo.com
2 - Irrigation and Drainage Department, Agricultural Engineering Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.
3 - Irrigation and Drainage Department, Agricultural Engineering Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.