نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۲(۶۲)، تابستان ۱۴۰۱، صفحه ۲۰۰-۱۷۹

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/JCEP.2022.1905284.1701

بررسی راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب لوبیا چیتی تحت تنش خشکی

معصومه محمدپور درشکی[۱]، علی نصراله‌زاده اصل [۲*]، محسن رشدی[۲]، فرزاد جلیلی[۲] و ساسان رضادوست[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی روش‌های کاهش مصرف آب تحت شرایط تنش خشکی در زاعت لوبیا چیتی آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان سلماس طی سال ۱۳۹۷ انجام گردید. فاکتور اصلی قطع آبیاری در ۳ سطح (آبیاری مطلوب، قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی، قطع آبیاری از آخر مرحله نیام‌بندی) و فاکتور فرعی روش‌های کاهش مصرف آب در ۵ سطح شامل (شاهد، سوپر جاذب، قارچ میکوریزا، کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن) در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد که تاثیر قطع آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب روی عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب، کلروفیل کل و میزان پرولین معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل فاکتورهای قطع آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب بر عملکرد دانه، کارآیی مصرف آب و میزان پرولین معنی‌دار گردید. با آنکه بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲۱۳۳/۲۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آزمایشی اثر متقابل آبیاری مطلوب همراه با مصرف پلیمر سوپر جاذب بود ولی مشاهده شد که عملکرد دانه در تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب و بدون استفاده از روش‌های کاهش مصرف آب به میزان ۱۶۲۷/۲۱ کیلوگرم در هکتار با تیمار آزمایشی قطع آبیاری در مرحله نیام بندی همراه با مصرف سوپر جاذب به میزان ۱۵۶۴/۳ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکردی حدود ۳/۸۷ درصدی را نشان داد که از نظر آماری معنی دار نبود که این نشانگر صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از سوپر جاذب می‌باشد. همچنین در تیمار آزمایشی قطع آبیاری در مرحله نیام‌بندی با استفاده از قارچ میکوریزا نسبت به تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب، عملکرد دانه ۱۲/۳ درصد کاهش یافت که آن نشان‌دهنده تاثیر بیشتر سوپر جاذب در جلوگیری از کاهش عملکرد دانه نسبت به قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی می‌باشد. همچنین، کارایی مصرف آب در تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب نسبت به تیمار آزمایشی قطع آبیاری در مرحله نیام‌بندی همراه با مصرف سوپر جاذب حدود ۱۹ درصد کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش کارآیی مصرف آب در شرایط تنش خشکی با استفاده از مواد سوپرجاذب می‌باشد.

واژگان کلیدی: پرولین، سوپرجاذب، کلروفیل، عملکرد دانه.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

*** نگارنده‌ی مسئول** ali_nasr462@yahoo.com

مقدمه

حبوبات پس از غلات مهم‌ترین منبع غذایی انسان را تشکیل می‌دهند و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی را به خود اختصاص داده‌اند. در بین حبوبات، لوبیا از لحاظ سطح زیر کشت، مقام اول را دارا می‌باشد (Davoodi *et al.*, 2018). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که رشد گیاهان زراعی را به شدت تحت تأثیر قرار داده و عملکرد آنها را به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد (Aghchehli *et al.*, 2016). ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌ود و بالا بودن میزان تبخیر و تعرق و محدودیت منابع آبی باعث بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌ود که جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی توجه به خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه، ذخیره مطلوب رطوبت خاک و بالا بردن کارآیی مصرف آب ضروری است (Davoodi *et al.*, 2018). امروزه با توجه به شرایط کم آبی لزوم برنامه‌ریزی مناسب جهت استفاده از کلیه روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب از قبیل کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب آب، استفاده از کودهای دامی و پتاسیمی امری حیاتی می‌باشد که به طوری مؤثری می‌تواند ضریب بهره‌وری آب کشاورزی را افزایش دهد (Safavi Gordini *et al.*, 2017). پلیمرهای سوپرجاذب ترکیبات آلی بوده و به‌صورت مصنوعی از پلی‌آکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی‌اکریل آمید ساخته شده و می‌توانند آب را به سرعت تا چندین برابر حجم خود جذب کرده و آن را در ساختمان خود حفظ نموده و موقع نیاز در شرایط خشکی، به‌تدریج آن را آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار دهند (Mortezavi *et al.*, 2015).

پوراسماعیل و همکاران (Pour Ismail *et al.*, 2017) و هاروی (Harvy, 2000) طی آزمایش‌هایی اعلام کردند که استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل به تنش خشکی ارقام لوبیا قرمز و افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود. هاروی (Harvy, 2000) و ویلسون (Wilson, 2004) نیز طی آزمایش‌هایی روی لوبیا قرمز نشان دادند که کاربرد سوپرجاذب تأثیر زیادی در تعدیل تنش خشکی و افزایش ماده خشک لوبیا دارد. جلیلی و همکاران (Jalili *et al.*, 2017) طی آزمایشی اظهار داشتند که مصرف سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد. قوشچی (Ghooshchi, 2015) و شکاری و همکاران (Shekari *et al.*, 2015) اعلام کردند که مصرف پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش کم آبی به‌ترتیب باعث بهبود صفات کمی ذرت دانه‌ای و کلزا شد. قارچ های میکوریزا با داشتن شبکه هیفی گسترده و همچنین سنتز آنزیم فسفاتاز، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر افزایش داده و باعث بهبود رشد گیاهان می‌گردند. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داده است که همزیستی میکوریزا تحمل گیاه میزبان را به شرایط خشکی افزایش می‌دهد (Sylvia *et al.*, 2012). کیائو و همکاران (Qiao *et al.*, 2011) و سهرابی و همکاران (Sohrabi *et al.*, 2012) طی آزمایش‌هایی تاثیر قارچ میکوریزا آربوسکولار روی تحمل به خشکی گیاه نخود را در شرایط تنش رطوبتی بررسی نموده و اعلام کردند که همزیستی میکوریزایی به طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ‌ها و عملکرد دانه گردید. ایجاد تعادل بین عناصر غذایی یکی از عوامل مهم در افزایش تولید در شرایط تحت تنش می‌باشد و عدم تعادل این

عناصر، رشد گیاه و در نهایت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پتاسیم باعث افزایش کمیت و کیفیت محصول زراعی می‌گردد و باعث افزایش تحمل گیاهان به شوری و خشکی شده و کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد (Amanullah *et al.*, 2016). پتاسیم تاثیر بسیار زیادی در فرآیندهای فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، انتقال مواد پرورده به مخازن، حفظ آماس، هدایت روزنه‌ای، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیمی، توسعه سلولی و خنثی سازی یون‌های دارای بار منفی غیرقابل انتشار ایفا می‌کند (Wang *et al.*, 2013).

پتاسیم تعادل آبی در گیاه را حفظ نموده و باعث استفاده بهینه از آب موجود شده و کمبود این عنصر در گیاه باعث افزایش تاثیر تنش کم آبی، کاهش میزان فتوسنتز و کیفیت محصول می‌شود (Ashley *et al.*, 2006). شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2013)، رحیمی و صالحی‌زاده (Rahimi and Salahizadeh, 2015) و صدف و تاهیر (Sadaf and Tahir, 2017) طی آزمایش‌هایی اعلام کردند که سولفات پتاسیم به ترتیب عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز، لوبیا و ماش را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

پرایمینگ بذر با تأثیر بر وضعیت متابولیکی، بیوشیمیایی و آنزیمی بذر، قدرت آن را در جهت ایفای بهتر وظایف زیستی خود که در رأس آنها جوانه‌زنی و استقرار گیاه جدید می‌باشد، افزایش می‌دهد (Farooq *et al.*, 2006). در گیاهان، پراکسید هیدروژن از مهم‌ترین تنظیم کننده‌های فرآیندهای اساسی مانند دفاع و توسعه می‌باشد (Slesak *et al.*, 2007). هانگ و همکاران (Hung *et al.*, 2005) اظهار داشتند که فرم بیولوژیک فعال پراکسید هیدروژن در هنگام تنش به‌صورت یک مولکول سیگنال در گیاه عمل کرده و در شرایط تنش به‌طور مستقیم در تولید آنتی اکسیدانت‌ها دخالت نموده و باعث ایجاد مقاومت در گیاه می شود. بابایی و همکاران (Babaei *et al.*, 2017) اعلام کردند که پیش تیمار بذور ماش با پراکسید هیدروژن، باعث افزایش عملکرد دانه و مقاومت به تنش خشکی گردید. هی و همکاران (He *et al.*, 2009) گزارش کردند که پیش تیمار بذورگندم با پراکسید هیدروژن باعث کاهش آسیب غشای سلولی در اثر تنش خشکی می‌شود. با توجه به اهمیت لوبیا در تأمین غذای مردم و بالا بودن سطح کشت آن در کشور و با توجه به پدیده خشکسالی و کمبود منابع آبی در کشور و با توجه به این که بحرانی‌ترین زمان مصرف آب در مراحل رشد زایشی گیاه بوده و در این مراحل شدت مصرف آب بالا می‌رود و کشاورزان منطقه جهت تهیه آب با مشکل مواجه می‌شوند لذا این آزمایش به‌منظور بررسی راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از تیمارهای مختلف و همچنین تعیین حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه لوبیا چیتی به تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی خصوصیات زراعی لوبیا چیتی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در حوالی شهرستان سلماس با طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۴۴ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۳۱ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. خاک محل اجرای آزمایش، جزو خاک‌های لومی و pH حدود ۸/۲۱ بود (جدول ۱). آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتور اصلی قطع آبیاری در ۳

سطح (آبیاری مطلوب، قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی به بعد، قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی به بعد) و فاکتور فرعی روش‌های کاهش مصرف آب در ۵ سطح (شاهد، استفاده از سوپر جاذب، استفاده از قارچ میکوریزا، استفاده از کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن) بود.

مراحل رشد و نمو لوبیا چیتی در دو فاز رویشی و زایشی و بر اساس تعداد روزها از کاشت تا زمانی که بوته‌های هر کرت آزمابشی ۵۰ درصد علایم ظهور هر یک از مراحل را نشان دادند، طبق روش قنبری و بیضایی (Ghanbari and Beyzaei; 2007) بررسی شدند. فاز رویشی شامل: روز تا سبز شدن (V_1)، روز تا ظهور برگ‌های اولیه (V_2)، روز تا ظهور سه برگچه دوم (V_3) و روز تا ظهور سه برگچه سوم (V_4) و فاز زایشی شامل: روز تا آغاز گلدهی یا تشکیل غنچه گل (R_5)، روز تا گلدهی (R_6)، روز تا تشکیل نیام (R_7)، روز تا پر شدن دانه‌ها (R_8) و روز تا رسیدن دانه (R_9) بود.

هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت به طول پنج متر و فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود. بذرها به‌صورت کپه‌ای به تعداد ۲عدد در عمق حدود ۴ سانتی‌متر و با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. طبق آزمایش خاک (جدول ۱)، کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و کود شیمیایی اوره نیز به‌میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ۴ برگی در کرت‌های آزمایشی مصرف گردید. در این آزمایش از بذر لوبیا چیتی رقم C.O.S.16 استفاده شد. منشأ این لاین کلمبیا، حساس به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، فرم بوته ایستاده و بازار پسندی متوسط است. کشت این لاین در استان‌هایی نظیر استان زنجان در حال گسترش است و با توجه به فرم رشدی ایستاده و محدود می‌توان از آن در برنامه‌های مکانیزاسیون و کشت مخلوط استفاده نمود (Parsa and Bagheri, 2008). روش‌های کاهش مصرف آب (شاهد، استفاده از سوپر جاذب، استفاده از قارچ میکوریزا، استفاده از کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن) به این گونه انجام گرفت که در حالت شاهد بذور قبل از کاشت به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند. در پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن بذور به مدت ۸ ساعت در محلول با غلظت ۰/۱ مولار پراکسید هیدروژن خیسانده و سپس با آب مقطر شسته شدند (Babaei *et al.*, 2017; He *et al.*, 2009; Jafarian and Zarea, 2015). در تیمار مصرف سوپر جاذب، بذرها ابتدا قبل از کاشت به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در کرت‌های آزمایشی مربوطه استفاده گردید به‌طوری‌که سوپرجاذب در زمان کاشت در ۱۵ سانتی‌متری زیر بذر قرار داده شده و روی آن با خاک پوشیده شد و سپس بذور در عمق ۵ سانتی‌متری کاشته شدند تا ریشه به راحتی به سوپر جاذب دسترسی داشته باشد (Shadmand and Afkari, 2018). جهت اعمال تیمار سوپرجاذب، از پلیمر سوپرجاذب A200 محصول شرکت رهاب رزین (تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) استفاده شد. در تیمار مصرف کود نانو پتاسیم بذرها ابتدا قبل از کاشت به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر خیسانده و به مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو پتاسیم در کرت¬های آزمایشی مربوطه استفاده شد. در تیمار مصرف قارچ میکوریزا، بذرها ابتدا قبل از

کاشت به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و سپس هر بذر قبل از کاشت با میزان تقریبی ۲ گرم ماده میکوریزایی آغشته شد (قارچ میکوریزایی مورد استفاده در این تحقیق از گونه *Clomus mosseae* و در هر گرم از ماده حاصله تعداد ۱۰۵ اسپور قارچ وجود داشت که از شرکت تحقیقاتی زیست فناوری توران شاهرود تهیه شد).

آبیاری به‌فواصل هر ۸ روز یک بار طبق عرف منطقه تا آخر مرحله گلدهی انجام گرفت و بعد از آن قطع آبیاری در تیمارهای مربوطه اجرا شد به طوری‌که در تیمار آبیاری تا آخر مرحله گلدهی به تعداد ۵ بار و تا ۴۰ روز بعد از سبز شدن و با حجم آب ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار و در تیمار آبیاری تا آخر مرحله نیام‌بندی به تعداد ۷ بار و تا ۵۶ روز بعد از سبز شدن با حجم آب۵۶۰۰ متر مکعب در هکتار و در تیمار آبیاری مطلوب ۹ بار و تا ۷۲ روز بعد از سبز شدن با حجم آب ۷۲۰۰ متر مکعب در هکتار عملیات آبیاری انجام گرفت. در طول فصل رشد علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن صد دانه، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، عملکرد دانه، شاخص برداشت، میزان کلروفیل و محتوای پرولین اندازه‌گیری شدند. عملیات اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد نیام در بوته، میزان کلروفیل و پرولین حدود ۸۰ روز بعد از سبز شدن بوته‌ها (۸ روز بعد از آخرین آبیاری کرت‌های بدون قطع آبیاری) و اندازه‌گیری تعداد دانه در نیام، وزن صد دانه و عملکرد دانه بعد از خشک شدن بوته‌ها انجام گرفت. .برای نمونه‌برداری از دو خط کناری و نیم متر ابتدا و انتهای خطوط وسط به لحاظ رعایت اثرات حاشیه‌ای صرف نظر شد. برای تعیین صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام، ۸ بوته در هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین آنها به‌عنوان صفات مذکور ثبت گردید. برای تعیین وزن صد دانه، از محصول دانه هر کرت آزمایشی ۴ نمونه ۱۰۰ تایی به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از توزین، میانگین وزن صد دانه برای هر کرت آزمایشی محاسبه گردید. جهت تعیین پروتئین دانه از هر کرت، نمونه‌ای به وزن ۱۰۰ گرم از دانه‌ها انتخاب و با استفاده از روش کجلدال، محتوای نیتروژن آنها اندازه‌گیری و سپس با استفاده از ضریب ۵/۷۵ میزان پروتئین آنها محاسبه شد (Sosulski and Holt, 1980). برای اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ از روش بیتز و همکاران (Bates *et al.*, 1973) استفاده گردید در این روش ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه خرد شده و در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۱۰ درصد حل و سپس فیلتر شد. ۲ میلی‌لیتر از مایع فیلتر شده بـا ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید مخلوط شد و به مدت ۱ ساعت در حمام آب گـرم ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. غلظت پرولین نمونه‌ها از روی منحنی استاندارد و با استفاده از فرمول زیر که در آن X مقدار جذب قرایت شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و Y، غلظت پرولین در نمونه است، محاسبه گردید.

$$Y= 0.0012X+0.269$$

میزان کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) محاسبه گردید. برای این منظور ابتدا ۱/۰ گرم از برگ‌های تازه وزن شده با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ ٪ در هاون چینی ساییده شـده و پس از صاف کردن با کاغذ واتمن، جذب عصاره به‌دست آمده با دسـتگاه اسـپکتروفتومتر

در طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری و کلروفیل کل از رابطه زیر به‌دست آمد:

کلروفیل کل= 0.0202 × A645 + 0.00802 × A663

در این رابطه A663 میزان جذب خوانده شده در طول موج ۶۶۳ نانومتر و A645 میزان جذب خوانده شده در طول موج ۶۴۵ نانومتر بود.

جهت محاسبه عملکرد دانه برداشت از سطحی معادل ۲ متر مربع انجام و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴-۱۳ درصد محاسبه گردید.

از تقسیم عملکرد اقتصادی (دانه) بر عملکرد بیولوژیک و سپس ضرب عدد حاصل شده در ۱۰۰ شاخص برداشت بر حسب درصد به‌ست آمد.

در نهایت داده¬ها توسط نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد توسط آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: تاثیر قطع آبیاری روی ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در آبیاری مطلوب و کمترین آن در شرایط قطع آبیاری در آخر مرحله گلدهی مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری مطلوب آب بیشتری در اختیار سلول‌های گیاه قرار گرفته که این امر افزایش فشار تورژسانس و به تبع آن افزایش حجم در سلول‌های گیاهی را باعث شده که این امر نیز می‌تواند افزایش اندازه گیاه را باعث شود. در شرایط تنش خشکی فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال ازدیاد طول می‌باشند، کاهش می‌یابد، و از طرفی میزان تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد، لذا طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع بوته تحت تأثیر خشکی کاهش می‌یابد (Rabbani and Emam, 2011). عابدی کوپایی و همکاران (Abedi Koupai *et al.*, 2014) طی آزمایشی اعلام کردند که در حالت تنش خشکی ارتفاع گیاه لوبیا کاهش یافت که این امر به علت کاهش آماس سلول‌ها می‌باشد. پاولا و همکاران (Paula *et al.*, 2007) گزارش کردند که افزایش رطوبت خاک باعث افزایش ارتفاع بوته در لوبیا می‌گردد.

تاثیر روش‌های کاهش مصرف آب روی ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار مصرف سوپرجاذب و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). با قطع آبیاری به‌دلیل کاهش فشار بر دیواره سلول، آماس سلول‌ها کاهش می‌یابد و رشد متوقف می‌شود ولی با استفاده از سوپرجاذب به‌دلیل تخلیه آب در مدت طولانی و مرطوب بودن نسبی خاک، شدت اثر قطع آبیاری کاهش یافته و رشد بیشتر شده و در اثر آن ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (Abhari *et al.*, 2017). جانسن و همکاران (Johansen *et al.*, 2002) نیز طی آزمایشی اعلام کردند که با مصرف سوپر جاذب ارتفاع بوته نخود به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

تعداد شاخه در بوته: تاثیر قطع آبیاری روی تعداد شاخه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه در بوته در تیمارهای آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در آخر نیام‌بندی مشاهده شد و هر دو تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین تعداد شاخه در بوته نیز به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی تعلق داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در تیمار آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در آخر نیام‌بندی جوانه‌های رویشی بیشتری

تحریک به رشد شده و در اثر آن تعداد شاخه افزایش یابد. عمادی و همکاران (Emadi *et al.*, 2012) نیز طی آزمایشی اعلام کردند که تنش خشکی باعث کاهش رشد رویشی و شاخه و برگ لوبیا گردید. طبیعی و برادران (Tabiei and Baradaran, 2020) اعلام کردند که تنش کم آبی به‌دلیل اثر منفی بر فرآیندهای فتوسنتز، تغذیه، روابط هورمونی و آبی گیاه، باعث کاهش تعداد شاخه عدس گردید.

تعداد دانه در نیام: تاثیر قطع آبیاری روی تعداد دانه در نیام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در نیام در حالت آبیاری مطلوب و کمترین آن در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی مشاهده شد (جدول ۳). قطع آبیاری در مرحله گلدهی لوبیا، گرده‌افشانی و لقاح دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده مختل کرده و در اثر آن تعداد دانه در نیام به شدت کاهش می‌یابد (Pour Ismail *et al.*, 2017). در بررسی عمادی و همکاران (Emadi *et al.*, 2012) نیز بیشترین تعداد دانه در نیام لوبیا از تیمار آبیاری معمولی و کمترین تعداد دانه در نیام از تیمار تنش خشکی در مرحله گلدهی به دست آمد.

ثقۀالاسلامی و همکاران (Seghatoleslami *et al.*, 2012) طی آزمایشی اعلام کردند که در حالت آبیاری کافی، رشد نیام‌ها و بلوغ آنها در یک دوره طولانی‌تر انجام می‌شود و برگ‌ها با سرعتی آهسته‌تر پیر می‌شوند در نتیجه تعداد دانه در بوته لوبیا افزایش می‌یابد. شکاری (Shekari, 2011) در بررسی صفات متحمل به خشکی در لوبیا اظهار داشت که تنش خشکی در کاهش تعداد دانه در نیام مؤثر بوده که این امر به علت عدم تولید دانه در نیام در اثر عدم تغذیه کافی در اثر کاهش فتوسنتز بود. حسین‌زاده و همکاران (Hoseinzadeh *et al.*, 2012) نیز نشان دادند که تعداد دانه در گیاه در اثر شرایط کم آبی با کاهش مواجه شد. تاثیر روش¬های کاهش مصرف آب روی تعداد دانه در نیام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در نیام در تیمار مصرف سوپرجاذب و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش تعداد دانه‌های گرده فعال شده و تعداد گلچه‌های بارور کاهش می‌یابد (Kazemi Arbat, 2008). کاربرد پلیمر سوپرجاذب با در اختیار گذاشتن آب باعث بهبود وضعیت باروری گلچه‌ها شده، در نتیجه تعداد دانه در سنبله گندم را افزایش می‌دهد (Mortezavi *et al.*, 2015). کریمی و نادری (Karimi and Naderi, 2008) نشان دادند که کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب با در اختیار گذاشتن آب بیشتر برای گیاه از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی خاک و همچنین رشد سریع و مطلوب ریشه‌ها به‌علت بهبود خواص فیزیکی خاک، می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد گیاه را افزایش دهد. ویلسون (Wilson, 2004) و صفوی گردینی و همکاران (Safavi Gordini *et al.*, 2017) در گیاه لوبیا مشاهده کردند با کاربرد پلیمرسوپرجاذب تعداد دانه در نیام افزایش یافت. توحیدی‌مقدم و مظاهری (Tohidi Moghadam and Mazaheri, 2012) طی آزمایشی اظهار داشتند که سوپرجاذب تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه و عملکرد دانه لوبیا داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. لی و همکاران (Li *et al.*, 2014) در ذرت گزارش نمودند که سوپرجاذب از طریق تامین آب و به‌دنبال آن برخی عناصر غذایی

در مرحله بحرانی تشکیل دانه، باعث کاهش سقط جنین و در نتیجه افزایش تعداد دانه‌های بارور در گیاه گردید.

تعداد نیام در بوته: تاثیر قطع آبیاری روی تعداد نیام در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد نیام در بوته مربوط به تیمار آبیاری مطلوب بود که با تیمار قطع آبیاری در آخر مرحله نیام‌بندی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت و کمترین میزان را نیز تیمار قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد از آنجایی که قطع آبیاری در آخر مرحله نیام‌بندی اتفاق افتاده و اکثر نیام‌ها تشکیل شده بودند، قطع آبیاری در این مرحله نتوانسته به‌طور معنی‌داری تعداد نیام در بوته را نسبت به آبیاری مطلوب کاهش دهد ولی قطع آبیاری در آخر مرحله گلدهی باعث شد که عمل تلقیح در گل‌ها به خوبی انجام نشده و اکثر گل‌ها به نیام تبدیل نشده و به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط آبیاری مطلوب تعداد نیام کاهش یابد. داوودی و همکاران (Davoodi *et al.*, 2018) طی آزمایشی اعلام کردند که تنش خشکی در مرحله نیام‌دهی معمولاً صفات نهایی مانند وزن هزار دانه و عملکرد دانه را بیشتر تحت تأثیر قرار داد. پوراسماعیل و همکاران (Pour Ismail *et al.*, 2017) طی آزمایشی اعلام کردند که قطع آبیاری در مرحله گلدهی، گرده افشانی و لقاح دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده مختل کرده و در اثر آن تعداد نیام‌ها در لوبیا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. ابهری و همکاران (Abhari *et al.*, 2017) نیز اعلام کردند که بیشترین تعداد نیام در نخود در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین تعداد آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی مشاهده شد.

تاثیر روش‌های کاهش مصرف آب روی تعداد نیام در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد نیام در بوته در تیمار مصرف سوپرجاذب و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد سوپرجاذب باعث تأمین رطوبت کافی شده و در اثر آن تعداد بیشتری از گل‌ها تلقیح و به نیام تبدیل شده‌اند که نتایج حاصل با نتایج شکاری و همکاران (Shekari *et al.*, 2015) مطابقت داشت. لی و همکاران (Li *et al.*, 2014) طی آزمایشی گزارش نمودند که سوپرجاذب‌ها از طریق تامین آب و به دنبال آن برخی عناصر غذایی باعث افزایش تلقیح و باروری گل‌ها شده است. کریمی و نادری (Karimi and Naderi, 2008) نشان دادند که کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی خاک و رشد سریع و مطلوب ریشه‌ها توانست عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد.

وزن صد دانه: تاثیر قطع آبیاری روی وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و کمترین میزان را نیز تیمار قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۳). در اثر کمبود آب فتوسنتز کاهش یافته و مواد فتوسنتزی کمتری تولید و به بخش‌های ذخیره‌ای گیاه از قبیل دانه‌ها منتقل شده و در اثر آن وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. اولاه و همکاران (Ullah *et al.*, 2002) نشان دادند که محدودیت رطوبت در زمان گلدهی موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و در نتیجه چروکیده شدن و کاهش وزن هزار دانه نخود می‌شود. نوریانی (Nouriyani, 2013) نشان داد

که تنش خشکی در مرحله زایشی به علت کاهش طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال رشد، تقلیل وزن هزار دانه را در گیاه ماش باعث شد. سپاسی و همکاران (Sepasi *et al.*, 2012) در یک آزمایش گزارش نمودند که تنش خشکی از طریق کوتاه کردن دوره پرشدن دانه باعث کم شدن وزن هزار دانه می‌گردد.

تاثیر روش‌های کاهش مصرف آب روی وزن صد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن صد دانه در تیمارهای مصرف سوپرجاذب و قارچ میکوریزا و کمترین وزن صد دانه را نیز تیمار شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۳). مصرف مواد سوپر جاذب با فراهم کردن رطوبت کافی باعث افزایش سطح سبز و دوام آن شده که این امر تولید مواد فتوسنتزی و طول دوره پرشدن دانه‌ها را افزایش داده و در اثر آن وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (Abhari *et al.*, 2017). طی آزمایشی، توحیدی مقدم و مظاهری (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2012) نیز اعلام کردند که با مصرف سوپرجاذب وزن هزار دانه سویا افزایش می‌یابد. امروزه مشخص شده است که قارچ‌های میکوریزا به‌صورت مستقیم (بهبود تغذیه گیاهان از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه) و غیرمستقیم (کاهش تنش‌های زیستی شامل بیماری‌های گیاهی و غیرزیستی شامل شوری، خشکی، فلزات سنگین و غیره) باعث افزایش رشد گیاه میزبان می‌شوند. آلن و آلن (Allen and Allen, 2016) با بررسی تأثیر قارچ میکوریزا روی گیاهان اظهار داشتند قارچ میکوریزا با فراهم‌سازی آب بیشتر برای گیاه، شدت فتوسنتز را افزایش داده و اجزای عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد. ساوانت و همکاران (Sawant *et al.*, 2013) طی آزمایشی در گیاه کرچک اعلام کردند که قارچ میکوریزا در افزایش وزن صد دانه و عملکرد دانه مؤثر بود.

عملکرد دانه: تاثیر قطع آبیاری، روش‌های کاهش مصرف آب و همچنین اثر متقابل دو فاکتور قطع آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب روی عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آزمایشی اثر آبیاری مطلوب همراه با مصرف پلیمر سوپر جاذب بود و کمترین میزان را نیز تیمار آزمایشی اثر متقابل قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی و شاهد (عدم استفاده از تیمارهای مؤثر در کاهش مصرف آب) به خود اختصاص داد و همچنین مشاهده گردید که در تیمار آزمایشی قطع آبیاری از آخر مرحله نیام‌بندی همراه با مصرف سوپر جاذب، عملکرد دانه توانست تقریباً با تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب در یک گروه آماری قرار گیرد که این امر نشانگر صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از سوپر جاذب می‌باشد (جدول ۴). مواد سوپر جاذب به علت خاصیت ساختمانی خود توانایی جذب و نگهداری رطوبت بالایی داشته و این امر می‌تواند در مواقع کمبود رطوبت خاک، به تدریج و در زمان نسبتاً طولانی رطوبت را در اختیار گیاهان قرار داده و تاثیر منفی تنش خشکی را به‌طور مؤثری کاهش و از کاهش عملکرد گیاهان در شرایط خشکی تا حد زیادی جلوگیری نماید. جهان و همکاران (Jahan *et al.*, 2013) نیز بیان داشتند که پلیمرهای سوپر جاذب می‌توانند رطوبت خاک و کودها را در خود حفظ کرده و سپس تحت شرایط تنش خشکی به آرامی آنها را برای رشد

گیاه آزاد کنند که این امر با کاهش دادن اثرات مضر تنش خشکی، نقش مفید و مؤثری در افزایش رشد و عملکرد گیاه ایفا می‌کنند. توحیدی‌مقدم و مظاهری (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2012) با بررسی کاربرد پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی سویا اظهار داشتند که سوپرجاذب با افزایش ذخیره آب در خاک و قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر برای گیاه توانسته میزان ساخت رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش دهد که این امر باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌گردد. الهیاری و همکاران (Allahyari *et al.*, 2013) با مطالعه تأثیر کاربرد پلیمر سوپر جاذب آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود تحت شرایط دیم ملاحظه کردند که پلیمرهای سوپرجاذب باعث افزایش معنی‌دار تمامی صفات مربوط به عملکرد گیاه نخود گردید. نظرلی و همکاران (Nazarli *et al.*, 2010) طی آزمایشی اعلام کردند که استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب ماندگاری آب در خاک را افزایش داده و در اثر آن مقدار آبیاری تا حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. ویو و همکاران (Wu *et al.*, 2008) نیز اعلام کردند که با مصرف سوپرجاذب نسبت به شاهد، حدود ۱۱ درصد آب بیشتری در خاک ذخیره گردید.

کارآیی مصرف آب: تاثیر قطع آبیاری، روش‌های کاهش مصرف آب و همچنین اثر متقابل دو فاکتور قطع آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب روی کارآیی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد بیشترین کارآیی مصرف آب به میزان ۲۹۶/۴ گرم دانه بر متر مکعب مربوط به تیمار آزمایشی اثر آبیاری مطلوب همراه با مصرف پلیمر سوپر جاذب بود. همچنین مشاهده گردید که در تیمار آزمایشی قطع آبیاری از آخر مرحله نیام‌بندی همراه با مصرف سوپر جاذب کارآیی مصرف آب به‌میزان ۲۷۹/۳ گرم دانه بر متر مکعب توانست نسبت به آبیاری مطلوب با ۲۲۶ گرم دانه بر متر مکعب حدود ۲۳/۵ درصد افزایش یابد که این امر نشانگر کاهش مصرف آب با استفاده از سوپر جاذب می‌باشد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که مواد سوپر جاذب به علت توانایی بالای خود در جذب و نگهداری آب و مواد غذایی خاک، از شسته شدن و خارج شدن آب از ناحیه ریشه در اثر ته‌نشینی و همچنین تبخیر جلوگیری کرده و با آزاد کردن تدریجی آب در مواقع لزوم نیاز آبی گیاه را تامین کرده که این امر باعث افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاه و به تبع آن کارآیی مصرف آب می‌شود. هاروی (Harvy, 2000) و پوراسماعیل و همکاران (Pour Ismail *et al.*, 2017) طی آزمایش‌هایی اعلام کردند که استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل به تنش خشکی ارقام لوبیا قرمز و افزایش کارآیی مصرف آب در شرایط تنش خشکی می‌شود.

درصد پروتئین دانه: تاثیر قطع آبیاری روی درصد پروتئین دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین دانه در شرایط قطع آبیاری در آخر مرحله گلدهی و کمترین آن نیز در شرایط آبیاری مطلوب مشاهده شد (جدول ۳). بالاتر بودن درصد پروتئین در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین دانه در این مرحله شده است (Abhari *et al.*, 2017).

نتایج مشابهی نیز توسط جلیلیان و همکاران (Jalilian *et al.*, 2005) بر روی گیاه نخود گزارش شده است. بقالیان و همکاران (Baghalian *et al.*, 2016) نیز در بررسی تنش خشکی در گیاه زیره سبز بیان داشتند که بیشترین میزان پروتئین مربوط به تیمار بالاترین سطح تنش خشکی بوده است.

شاخص برداشت: تاثیر قطع آبیاری روی شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین آن نیز در شرایط قطع آبیاری در آخر مرحله گلدهی مشاهده شد (جدول ۳). از آنجایی که رشد زایشی به‌ویژه مرحله گلدهی نسبت به رشد رویشی به تنش خشکی حساس‌تر بوده و خسارت بیشتری می‌بیند، این امر می‌تواند تاثیر زیادی در کاهش عملکرد دانه داشته باشد و از آنجایی که شاخص برداشت با عملکرد دانه رابطه مستقیم و با عملکرد بیولوژیک رابطه عکس دارد بنابراین کمترین شاخص برداشت در شرایط قطع آبیاری در آخر مرحله گلدهی مشاهده شده است. صادقی‌پور (Sadegipour, 2009) نیز طی آزمایشی با مطالعه اثر تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی سه ژنوتیپ ماش، اعلام کرد که کمترین شاخص برداشت با تنش کم آبی در مرحله زایشی مشاهده شد.

تاثیر روش‌های کاهش مصرف آب روی شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت در تیمار مصرف سوپرجاذب و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). رجبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2013) با مطالعه واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم به اسید سالیسیلیک و پلیمر سوپرجاذب ملاحظه کردند که اثر سوپرجاذب روی شاخص برداشت معنی‌دار بود. موذن قمصری و همکاران (Moazen Ghamsari *et al.*, 2018) نیز گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپرجاذب شاخص برداشت ذرت را افزایش داد.

کلروفیل کل: تاثیر قطع آبیاری روی میزان کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار آبیاری مطلوب بود و کمترین میزان را نیز تیمار قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۳). کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی بدلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل بوسیله افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌باشد (Eltayeb, 2005). در اثر تنش خشکی، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه شده و ساختارهای تیلاکوئید دچار خسارت شده و ناپدید می‌گردند (Zareh, 2011). تنش خشکی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم موجب اختلال واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه و با تاثیر در کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Flower *et al.*, 2000). کامروا و همکاران (Kamrava *et al.*, 2017) نیز طی آزمایشی اعلام کردند که حساس‌ترین مرحله رشد سویا به تنش خشکی مرحله گلدهی می‌باشد و تنش خشکی در این مرحله بیشترین کاهش کلروفیل را باعث گردید.

تاثیر روش‌های کاهش مصرف آب روی کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین کلروفیل کل در تیمار مصرف سوپرجاذب و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). صفوی گردینی و

همکاران (Safavi Ghordini *et al.*, 2017) طی آزمایشی بیان داشتند که با کاربرد پلیمر سوپرجاذب بیشترین میزان کلروفیل و پس از آن تیمارهای کود دامی و پتاسیم به‌ترتیب بیشترین مقدار کلروفیل برگ را نسبت به شاهد به خود اختصاص دادند. توحیدی‌مقدم و مظاهری (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2016) نیز طی آزمایشی اظهار داشتند که عامل آبیاری و سوپرجاذب تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ و عملکرد دانه داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

میزان پرولین: باتوجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده گردید که تیمارهای قطع آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین داشتند. همچنین اثر متقابل بین تیمارهای قطع آبیاری و روش‌های کاهش مصرف آب نیز بر میزان پرولین معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار آزمایشی اثر متقابل قطع آبیاری از مرحله آخر گلدهی همراه با تیمار شاهد بود و کمترین میزان پرولین را نیز تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب همراه با مصرف سوپر جاذب به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، پرولین در حفظ پتانسیل اسمزی، حذف رادیکال‌های آزاد، حفاظت ماکرومولکول‌ها از دناتوره شدن، تنظیم pH سلولی نقش دارد. همچنین، پرولین به‌عنوان منبع نیتروژن و کربن برای گیاهان تحت تنش شدید عمل می‌نماید و تحمل گیاه را در برابر تنش افزایش می‌دهد (Amini *et al.*, 2015). افزایش پرولین در گیاهان تحت تنش خشکی به‌واسطه سنتز پرولین و غیرفعال شدن تخریب آن می‌باشد که افزایش میزان پرولین در شرایط تنش باعث حفاظت از غشای سلولی، پروتئین‌ها، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Liang *et al.*, 2013). تجمع پرولین پاسخ تعداد زیادی از گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر کاهش پتانسیل آب است و یک نقش کلیدی به‌عنوان یک اسمولیت دارد. افزایش پرولین از طریق تنظیم اسمزی به حفظ تورژسانس سلول به منظور بقاء و یا کمک به رشد گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدید کمک می‌کند (Shao *et al.*, 2008). همچنین، مطالعات انجام شده توسط صدیکو و همکاران (Siddiqui *et al.*, 2008) نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌داری در مقدار پرولین می‌شود. در هر سطح از دور آبیاری، مصرف سوپرجاذب باعث کاهش محتوای پرولین گیاه شد. این موضوع نشان می‌دهد که سوپر جاذب باعث تعدیل اثرات منفی خشکی در گیاه لوبیا می‌شود. در واقع با مصرف سوپرجاذب، تجمع پرولین در گیاه کاهش یافت. به نظر می‌رسد که این مواد پلیمری با در اختیار گذاشتن تدریجی آب برای گیاه، از وقوع نوسانات رطوبتی و بروز تنش کم آبی در گیاه جلوگیری کرده و باعث کاهش تجمع پرولین در گیاه در شرایط تنش می‌شوند. نتایج آزمایش حاضر مؤید این نتیجه‌گیری بوده و با نتایج سایر محققان نیز مطابقت داشت (Tongo *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق بیشترین عملکرد دانه در تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب همراه با مصرف پلیمر سوپر جاذب مشاهده شد ولی در تیمار آزمایشی قطع آبیاری از آخر مرحله نیام‌بندی همراه با مصرف سوپر جاذب عملکرد دانه توانست

تقریباً با تیمار آزمایشی آبیاری مطلوب و عدم مصرف سوپر جاذب در یک گروه آماری قرار گیرد که این امر بیانگر صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از سوپر جاذب می‌باشد و با توجه به نتایج این آزمایش آشکار می‌شود که با مصرف سوپر جاذب در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند می‌توان خسارت تنش خشکی را کاهش داد و همچنین در مصرف آب که یکی از مشکلات مهم در امر کشاورزی است صرفه‌جویی نمود. همچنین، با استفاده از مواد سوپر جاذب به‌ویژه در مناطق با کمبود آب می‌توان کارآیی مصرف آب را به‌طور چشمگیری افزایش داد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Characteristics of physical and chemical of soil used in the experiment

پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن N (%)	شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	بافت خاک Soil texture	کربن آلی OC (٪)	شوری EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
273.4	5.1	1.03	28	61	11	Silt	0.11	0.57	8.21

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات قطع آبیاری و روش¬های کاهش مصرف آب روی صفات مختلف لوبیا چیتی

Table 2- Analysis of variance effects of irrigation disruption and methods of reduce water consumption on ddifferent traits of pinto Bean

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Number of branch in plant	تعداد دانه در نیام Number of grains per pod	تعداد نیام در بوته Number of pod per plant	وزن صد دانه 100-seeds weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Repeat	2	30.84^{ns}	0.105^{ns}	1.11^{ns}	0.21^{ns}	11.7^{ns}	1135.4^{ns}
قطع آبیاری irrigation disruption (A)	2	50.60^{*}	31.74^{**}	38.95^{**}	7.55^{*}	1081.05^{**}	8440744^{**}
خطای اصلی Main plot error	4	10.14	0.63	0.086	0.61	15.7	4906.8
کاهش مصرف آب reduce of water consumption (B)	4	131.81^{**}	1.15^{ns}	1.54^{**}	1.34^{**}	47.04^{*}	448434.1^{**}
کاهش مصرف آب × قطع آبیاری A × B	8	3.56^{ns}	1.45^{ns}	0.19^{ns}	0.16^{ns}	10.52^{ns}	22480.54^{**}
خطای فرعی Subplot error	24	12.57	0.46	0.18	0.23	18.40	6868.84
ضریب تغییرات C.V. (%)		9.21	8.61	8.85	11.47	17.54	17.33

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

ادامه جدول ۲-

Table 2 -Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	کارایی مصرف آب Water use efficiency	درصد پروتئین percentage of protein	شاخص برداشت Harvest index	کلروفیل کل Total chlorophyll	غلظت پرولین Proline content
تکرار Repeat	2	69.75 ^{ns}	12.17 ^{ns}	56.1 ^{ns}	0.225 ^{ns}	0.69 ^{ns}
قطع آبیاری irrigation disruption (A)	2	113279.9**	46.84*	183.56*	8.93**	2.40**
خطای اصلی Main plot error	4	240.74	7.31	20.21	0.013	0.15
کاهش مصرف آب reduce of water consumption (B)	4	15592.2**	4.57 ^{ns}	20.75*	0.276*	0.465**
کاهش مصرف آب × قطع آبیاری A × B	8	849.1**	8.50 ^{ns}	7.11 ^{ns}	0.061	0.105**
خطای فرعی Subplot error	24	197.32	4.89	6.17	0.085	0.014
ضریب تغییرات CV (%)		7.56	8.13	7.87	16.6	6.20

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات قطع آبیاری و روش¬های کاهش مصرف آب روی صفات مختلف لوبیا چیتی

Table 3- Comparison of mean effects of irrigation disruption and methods of reduce water consumption on ddifferent traits of pinto Bean

فاکتور های آزمایشی Experimental factors		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته Number of branch in plant	تعداد دانه در نیام Number of grains per pod	تعداد نیام در بوته Number of pod per plant	وزن صد دانه 100-seeds weight(g)	درصد پروتئین percentage of protein	شاخص برداشت HI	کلروفیل کل Total chlorophyll (Mg / g fresh leaf weight)
قطع آبیاری irrigation disruption	آبیاری مطلوب optimum irrigation	40.10 a	9.13 a	6.151 a	4.842 a	32.51 a	25.24 b	34.50a	2.563 a
	قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی Stopping irrigation at the end of flowering stage	36.5 b	6.26 b	3.017 c	3.429 b	15.59 b	28.66 a	27.70b	1.025 c
	قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی Stopping irrigation at the end of pod of stage	38.93ab	8.13 a	5.238 b	4.240 a	25.25 a	27.66 a	32.4ab	1.691 b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan multiple range test (P = 0.05).

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

فاکتور های آزمایشی Experimental factors		شاخص برداشت HI	تعداد شاخه در بوته Number of branch in plant	تعداد دانه در نیام Number of grains per pod	تعداد نیام در بوته Number of pod per plant	وزن صد دانه 100-seeds Weight(g)	درصد پروتئین percentage of protein	شاخص برداشت HI	کلروفیل کل Total chlorophyll (Mg / g fresh leaf weight)
روش¬های کاهش مصرف آب methods of reduce water consumption	شاهد control	32.17b	7.34 a	4.309 c	3.644 c	21.64 b	28.46 a	29.93c	1.490 b
	پلیمر سوپر جاذب Super absorbent polymer	41.72a	8.26 a	5.379 a	4.659 a	27.13 a	27.02 a	33.29a	1.982 a
	پیش تیمار بذر با آب اکسیژنه Pre-treatment of seed with oxygenated water	38.61a	7.77 a	4.571 c	4.02 bc	23.34ab	26.73 a	30.5bc	1.775 ab
	قارچ میکوریزا Mycorrhizal fungi	41.33a	8.11 a	5.02 ab	4.40 ab	26.45 a	26.61 a	33.1ab	1.788ab
	کود نانو پتاسیم Nano potassium fertilizer	38.72a	7.74 a	4.727 b	4.13 bc	23.68ab	27.09 a	30.9abc	1.764 ab

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan multiple range test (P = 0.05).

جدول۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و روش¬های کاهش مصرف آب روی صفات مختلف لوبیا چیتی

Table 4- Comparison of the average interaction effects of irrigation disruption and drought resistance on different traits of chickpea bean

فاکتور های آزمایشی Experimental factors		عملکرد دانه grain yield($kg.ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب WUE ($g.m^{-3}$)	غلظت پرولین Proline Micro mole per gram (fresh leaf weight)
آبیاری مطلوب (شاهد) optimum irrigation (control)	شاهد Control	1627.21 d	226.0 de	1.993 def
	پلیمر سوپر جاذب superabsorbent	2133.24 a	296.4 a	1.240 j
	پیش تیمار با آب اکسیژنه hydrogen peroxide	1814.21 bc	252.bcd	1.520 i
	قارچ میکوریزا mycorrhizal fungi	1927.12 b	267.6 abc	1.473 i
	کود نانو پتاسیم nano-potassium	1770.31 c	245.9 cd	1.903 efg
قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی irrigation disruption at the end of flowering stage	شاهد Control	160.5 i	40.12 h	2.800 a
	پلیمر سوپر جاذب superabsorbent	554.10 h	138.5 g	2.217 c
	پیش تیمار با آب اکسیژنه hydrogen peroxide	250.8 i	62.71 h	2.487 b
	قارچ میکوریزا mycorrhizal fungi	537.10 h	134.2 g	2.187 cd
	کود نانو پتاسیم nano-potassium	280.4 i	70.11 h	2.073 cde
قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی irrigation disruption at the end of poding stage	شاهد Control	804.2 g	143.6 g	1.940 efg
	پلیمر سوپر جاذب superabsorbent	1564.3 de	279.3 ab	1.413 ij
	پیش تیمار با آب اکسیژنه hydrogen peroxide	1011.21 f	180.5 f	1.800 fg
	قارچ میکوریزا mycorrhizal fungi	1427.11 e	254.9 bcd	1.753 gh
	کود نانو پتاسیم nano-potassium	1088.13 f	194.2 ef	1.590 hi

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan multiple range test (P = 0.05).

References منابع مورد استفاده

- Abedi Koupai, J., M. Salehi-Sirzar, S.S. Eslamian, J. Khajeali, and Y. Hosseini. 2014. Effect of water and pests stresses on cowpea yield. *Journal of Water and Soil Science.* 18 (68): 157-170. (In Persian).
- Abhari, A., A. Azizi, and B. Haresabadi. 2017. The effect of super absorbent on yield and yield components of chickpea under season terminal drought stress conditions. *Journal of Crop Production.* 10 (1): 191-202. (In Persian).
- Aghchehli, S., A. Rahemi Karizaki, A. Gholamalipoor, and A. Gholizadeh. 2016. The effect of drought stress on some morphological characteristics in cold cereals under greenhouse conditions. 2nd National Congress of Agricultural Sciences and Natural Resources. Farhangian University. Gorgan. 1-7. (In Persian).
- Allahyari, S., A. Golchin, and A.R. Vaez. 2013. Study on effect of super absorbent polymer application on yield and yield components of two chickpea cultivars under rainfed conditions. *Journal of Plant Production.* 20 (1): 125-139. (In Persian).
- Allen, E.B., and M. Allen. 2016. Water relations of xeric grasses in the field interactions of mycorrhizas and competition. *New Phytol*. 104: 559-571.
- Amanullah, S., A. Iqbal, M. Irfanullah, M. Irfanullah and Z. Hidayat. 2016. Potassium management for improving growth and grain yield of maize (*Zea mays* L.) under moisture stress condition. Scientific Reports. 6: 34627.
- Amini, S., C. Ghobadi, and A. Yamchi. 2015. Proline accumulation and osmotic stress: an overview of P5CS gene in plants. *Journal of Plant Molecular Breeding.* 3(2): 44-55.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*. 24(1):1-15.
- Ashley, M.K., M. Grant, and A. Grabov. 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *Journal of Experimental Botany.* 2: 425-436.
- Babaei, H., O. Sadeghipour, and A.R. Pazoki. 2017. Study the effect of pre-treatment of seed with hydrogen peroxide on physiological and yield attributes traits of mung bean (*Vigna radiata* L.) under drought stress conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*. 9(31): 23-31. (In Persian).
- Baghalian, K., Sh. Abdoshah, F. Khalighi-Sigaroodi, and F. Paknejad. 2016. Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Plant Physiology and Biochemistry.* 49: 201-207.
- Bates, L.S., R.P. Waldern, and I.D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Davoodi, S.H., A. Rahemi-karizaki, A. Nakhzari-moghadam, and E. Gholamalipour alamdari. 2018. The effect of deficit irrigation on yield and physiological traits of bean cultivars. *Plant Production Technology.* 18(1): 83-95. (In Persian).
- Eltayeb, M.A. 2005. Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45: 215-225.

- Emadi, N., H.R. Balouchi, and Sh. Jahanbin. 2012. Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv.C.O.S16) in Yasouj region. *Journal of Crop Production.* 5 (2): 1-17. (In Persian).
- Farooq, M., S.M. Basra, and A.N. Ahmad. 2006. Improving the performance of transplanted rice by seed priming. *Plant Growth Regulation.* 51: 129-137.
- Flowers, T.J., P.F. Troke, and A.R. Yeo. 2000. The mechanism of salt tolerance in halophytes Annu. *Journal of Plant Physiology.* 28: 89-121.
- Ghanbari, A.A., and E. Beyzaei. 2007. Study of morphological and phenological traits and correlation analysis in white bean lines. *Journal of Agricultural Science.* 13: 629-638. (In Persian).
- Ghooshchi, F. 2015. Investigation the possibility of decreasing the damage due to irrigation-cut tension on physiological characteristics and corn quality by applying the super absorbent polymer. *Crop Physiology Journal.* 7 (27): 85-94. (In Persian).
- Harvy, J. 2000. Use of hydrogels to reduce leaf loos haster root. *Journal of Forest Research.* 45: 220- 28.
- He, L., Z. Gao, and R. Li. 2009. Pretreatment of seed with H_2O_2 enhances drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology.* 8(22): 6151-6157.
- Hoseinzadeh, H., H.M. Mobser, A. Amiri, and A. Abdzadeh Ghohari. 2012. Bean plant reaction under different amounts of irrigation and nitrogen fertilizer. 6th National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University Isfahan Khorasgan Branch. (In Persian).
- Hung, S.H., C.W. Yu, and C.H. Lin. 2005. Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. *Botanical Bulletin- Academia Sinica.* 46: 1-10.
- Jafarian, T., and M.J. Zarea. 2015. Reduce the negative effect of salinity on wheat via pretreatment seed with hydrogen peroxide (H_2O_2). *Journal of Plant Ecophysiology.* 7(23): 64-76. (In Persian).
- Jahan, M., N. Kamayestani, and F. Ranjbar. 2013. Assay for applying super absorbent polymer in a low input corn (*Zea mays* L.) production system aimed to reduce drought stress under Mashhad conditions. *Journal of Agroecology.* 5(3): 272-281. (In Persian).
- Jalili, S., M. Hadi, and R. Dalir Hasannia. 2017. Effect of water deficit tension and application of stockosorb superabsorbent on some agronomic traits of winter wheat in Tabriz. *Journal of Crop Physiology.* 8(32): 107-120. (In Persian).
- Jalilian, J., A.M. Modarres Sanavi, and T. Sabagh pour. 2005. The effects of density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein of pea cultivars in rainfall condition. *Agriculture and Natural Resources.* 12(5): 9-1.
- Johansen, C., L. Krishnamurthy, N.P. Saxena, and S.C. Sethi. 2002. Genotypic variation in moisture response of chickpea grown under line sources sprinklers in a semi– arid tropical environment. *Field Crops Research.* 37: 103-112.

- Kamrava, S., N. Babaeian Jolodar, and N. Bagheri. 2017. Evaluation of drought stress on chlorophyll and proline traits in soybean genotypes. *Journal of Crop Breeding.* 9(23): 95-104. (In Persian).
- Karimi, A., and M. Naderi. 2008. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. *Agricultural Research.* 7(3): 187-197. (In Persian).
- Kazemi Arbat, H. 2008. Gronomy cereal crops. Tehran University Press, Tehran, Iran. 315 pp. (In Persian).
- Liang, X., L. Zhang, S.K. Natarajan, and D.F. Becker. 2013. Proline mechanisms of stress survival. *Antioxid Redox Signal.* 19 (9): 998–1011.
- Li, X., J.Z. He, J.M. Hughes, Y.R. Liu, and Y.M. Zheng. 2014. Effects of superabsorbent polymers on a soil- corn system in the field. *Applied Soil Ecology.* 73:58-63.
- Moazen Ghamsari, B., G.A. Akbari, M. Zohorian, and A. Birdianic. 2018. Investigation and growth indices of forage maize under the influence of different amounts of superabsorbent polymer under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science.* 4 (3): 1-8. (In Persian).
- Mortezavi, S.M., A. Tavakoli, M.H. Mohammadi, and K. Afsahi. 2015. Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. *Pajouhesh-va-Sazandegi.* 1(6): 112-118. (In Persian).
- Nazarli, H., M.R. Zardashti, R. Darvishzadeh and S. Najafi. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower. *Notulae Science Biologicae.* 4: 53-58.
- Nouriyani, H. 2013. Effect of water deficit tension on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) in different planting densities. *Crop Physiology Journal.* 5 (18): 35-47. (In Persian).
- Parsa, M., and A.R. Bagheri. 2008. Pulses. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran. 496 pp. (In Persian).
- Paula, J.T.J., C.O. Rotter, and B. Hou. 2007. Effects of soil moisture and sowing depth on the development of bean plants grown in sterile soil infected by Rhizoctonia solani and Trichoderma harzanium. *European Journal of Plant Pathology.* 119: 193-202.
- Pour Ismail, P., D. Habibi, A. Tavasoli, H. Zahedi, and H.R. Tohidi-Moghadam. 2017. The effect of super absorbent polymer on physiological and agronomic traits of different red bean varieties under drought stress in green house condition. *Plant Management of Ecosystems.* 6(21): 92-75.
- Qiao, G., X.P. Wen, L.F. Yu, and X.B. Ji1. 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by arbuscular mycorrhizae fungi. *Plant Soil Environment.* 57: 541-546.
- Rabbani, J., and Y. Emam. 2011. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing.* 1(2): 65-78. (In Persian).

- Rajabi, L., N.A. Sajedi, and M. Roshandel. 2013. Response of yield and yield component of dry land chick pea to salicylic acid and superabsorbent polimer. *Journal of Crop Production Research.* 4 (4): 343-353. (In Persian).
- Rahimi, M., and A. Salahizadeh. 2015. Effect of different levels of irrigation and potassium on qualitative and quantitative characteristics of the beans in Yasooj, Iran. *European Online Journal of Natural and Social Sciences.* 4 (1): 50-56.
- Sadaf, A., and M. Tahir. 2017. Effect of potassium on growth, yield and quality of mung bean under different irrigation regimes. *Bulletin of Biological and Allied Sciences Research.* 2(4):1-10.
- Sadegipour, O. 2009. The influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*Vigna radiata* L.). *Asian Journal of Plant Sciences.* 8(3): 245-249.
- Safavi Gordini, F., M. Galavi, M. Ramroodi, and M.R. Asgharipoor Chaman. 2017. Effect of super absorbent polymer, manure and potassium on some physiological and morphological characteristics of pumpkin (*Cucurbita pepo*) on drought steress. *Journal of Shebak.* 3 (2): 1-9. (In Persian).
- Sawant, V., K. Bansode, S. Bavachkar, and U. Bhale. 2013. Potential of various fungi for biomass production of castor. *Pakistan Journal of Biological Sciences.*16: 1378-1382.
- Seghatoleslami, M.J., E. Ansarinia, and A. Ghasemi. 2012. Effect of salinity stress on germination and growth parameters of seedlings of (*Securigera securidaca* L.). *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences.* 2(10): 342-345.
- Sepasi, Sh., K. Kelarastaghi, and H. Ebrahimi. 2012. Effects of different levels drought stress and plant density on yield and yield components of corn (*Zea mays,* SC. 704). *Journal of Crop Physiology.* 6 (3): 279-288. (In Persian).
- Shadmand, H., and A. Afkari. 2018. The Effect of superabsorbent polymer application on some biochemical traits and relative water content of bean cultivars under drought tension. *Journal of Crop Physiology*. 10(39): 61-77. (In Persian).
- Shao, H.B., L.Y. Chu, C.A. Jaleel, and C.X. Zhao. 2008. 'Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies.* 331(3): 215-225.
- Sharifi, P., N. Karbalavi, and H. Aminpanah. 2013. Effects of drought stress and potassium sulfate fertilizer on green bean yield. *Electronic Journal of Crop Production.* (4): 137-149.
- Shekari, F. 2011. Investigation of drought tolerance traits in beans. Report of Research Project. Agricultural Physiology and Biotechnology Research Institute. University of Zanjan. 53pp.
- Shekari, F., A. Javanmard, and A. Abbasi. 2015. Effects of super-absorbent polymer application on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae.* 7(3): 361-366.
- Siddiqui, M.H., M.Y. Al-Khaishany, M.A. Al-Qutami, M.H. Al-Whaibi, M.S. Al-Wahibi, and N.A. Bukhari. 2015. Response of different genotypes of faba Bean plant to drought stress. *International Journal of Molecular Sciences*. 16: 10214-10227.

- Slesak, I., M. Libik, B. Karpinska, S. Karpinski, and S. Miszalskiz. 2007. The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses. *Biochimica et Biophysica Acta.* 54: 39-50.
- Sohrabi, Y., G. Heidari, W. Weisany, K. Ghasemi-Golezani, and K. Mohammadi. 2012. Some physiological responses of chickpea cultivars to arbuscular mycorrhiza under drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology.* 59: 708-716.
- Sosulski, F.W., and N.W. Holt. 1980. Amino acid composition and nitrogen-to-protein factors for grain legumes. *Canadian Journal of Plant Science.* 60(4): 1327-1331.
- Sylvia, D., L. Hammond, J. Bennett, J. Haas, and S. Linda. 2012. Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agronomy journal.* 85: 193-198.
- Tabiei, H., and R. Baradaran. 2020. Effect of irrigation intervalsand plantingdate on agronomic characteristics of degen and drfi (*Securiger securidaca* L.) in birjand region. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 12(1): 80-90. (In Persian).
- Tohidi Moghaddam, H., and A.H. Mazaheri. 2012. Effect of manuring fertilizer and super absorbent polymers on qualitative and quantative characteristics of soybean under water deficit stress conditions. *Journal of Crop Production Research.* 3 (4): 125-139. (In Persian).
- Tongo, A., A. Mahdavi, and E. Sayad. 2014. Effect of superabsorbent polymer Aquasorb on growth, establishment and some physiological characteristics of Acacia victoriae seedlings under drought stress. *Journal of Water and Soil Science*. 5: 951- 963. (In Persian).
- Ullah, A., J. Bakht, M. Shafi, and W.A. Islam. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. *Asian Journal of Plant Science.* 4: 355-357.
- Wang, M., Q. Zheng, Q. Shen, and S. Guo. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences.* 14(4): 7370–7390.
- Wilson, R. 2004. The Arbortum at flag staff extension Bulletin. pp: 91-99.
- Wu, L., M. Liu, and R. Liang. 2008. Preparation and properties of a double coated slowrelease NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. *Bioresource Technology.* 99: 547-554.
- Zareh, M. 2011. Analysis of the data in the study of natural resources with the software SPSS. Publications University of Tehran. 249-251. (In Persian).

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2022.1905284.1701

Investigation of Water Saving Strategies for Pinto Beans under Drought Stress

Masoumeh Mohammadpur[1] , Ali Nasroallahzadeh Asl[2]*, Mohsen Roshdi[2], Farzad Jalili[2] and Sasan Rezadoost[2]

Received: September 2020 , Revised: 26 March 2021, Accepted: 10 May 2021

Abstract

In order to evaluate methods of reduce water consumption under the conditions of drought stress in the cultivation of pinto beans, an experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications in Salmas city, during of 2018. The main plot irrigation disruption at 3 levels (optimum irrigation, irrigation disruption at the end of flowering stage, irrigation disruption at the end of poding stage) and methods of reduce water consumption as the sub-factor in 5 levels including (control, use of superabsorbent, use of mycorrhiza fungi, use of nano-potassium fertilizer and seed priming with hydrogen peroxide) were considered. The results showed that the effect of irrigation disruption and water consumption reduction methods on yield, yield components, water use efficiency, total chlorophyll and proline content was significant. Also, the interaction of irrigation interruption factors and methods of reducing water consumption on grain yield, water use efficiency and proline was significant. Although the highest grain yield of 2133.24 kg.ha^{-1} was related to the experimental treatment of optimum irrigation with the use of superabsorbent polymer, but also it was observed that the experimental treatment of optimum irrigation without the use of water reduction methods by 1627.21 kg.ha^{-1} with experimental treatment of irrigation disruption from the end of poding stage with the use of superabsorbent at the rate of 1564.3 kg.ha^{-1} showed a yield increase of about 3.87% which was not statistically significant and this indicates a saving in water consumption using super absorbent. Also, in the experimental treatment of irrigation disruption in the poding stage using mycorrhizal fungus, compared to the optimum irrigation treatment, grain yield decreased by 12.3%, which indicates the greater effect of superabsorbent in preventing the reduction of grain yield compared to mycorrhizal fungus in conditions of drought stress. Also, the results showed that the water use efficiency in the experimental treatment of optimum irrigation compared to experimental treatment of irrigation disruption in the poding stage with the use of superabsorbent Decreased about 19%, which indicates an increase in water use efficiency under drought stress using superabsorbent materials.

Key words: Chlorophyll, Grain yield, Proline, Superabsorbent.

1- Ph.D. Student, of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran.
* *Correspondent author: ali_nasr462@yahoo.com*