تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰
۹۵۱-۹۵۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3184.1819

مقاله پژوهشی

بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد دانه لوبیاچیتی تحت رژیم‌های آبیاری و روش‌های افزایش تحمل به خشکی

معصومه محمدپوردرشکی[۱]، علی نصراله‌زاده‌اصل[۲*]، محسن رشدی[۲]، فرزاد جلیلی[۲]
۱. دانشجوی‌دکتری گروه کشاورزی – زراعت ، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران
۲. استادیار گروه کشاورزی – زراعت ، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری و روش‌های مقاومت به خشکی روی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد دانه لوبیاچیتی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در حومه شهرستان سلماس اجرا گردید. فاکتور اصلی قطع آبیاری در ۳ سطح (آبیاری نرمال، قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی، قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی) و فاکتور فرعی مقاومت به خشکی در ۵ سطح (شاهد، استفاده از سوپرجاذب، استفاده از قارچ مایکوریزا، استفاده از کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فاکتورهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، غلظت پرولین، عملکرد دانه و شاخص برداشت لوبیا داشتند. همچنین اثر متقابل فاکتورهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی بر پرولین و عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و شاخص برداشت لوبیا مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود. همچنین بیشترین کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و شاخص برداشت لوبیا مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب بود و باآنکه بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲۱۳۳/۲۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آزمایشی اثر متقابل آبیاری نرمال همراه با مصرف پلیمر سوپرجاذب بود ولی مشاهده‌شده که عملکرد دانه در تیمار آبیاری نرمال و بدون استفاده از فاکتورهای مقاومت به خشکی به میزان ۱۶۲۷/۲۱ کیلوگرم در هکتار تقریباً با تیمار آزمایشی قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی همراه با مصرف سوپرجاذب به میزان ۱۵۶۴/۳ کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت که این امر نشانگر صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از سوپرجاذب است.

واژه‌های کلیدی: **پرولین، خشکی، لوبیا، عملکرد**

مقدمه

حبوبات سرشار از پروتئین بوده و منبع مهم غذایی انسان بعد از غلات، است (Ganjabadi et al., 2014). لوبیا یکی از مهم‌ترین حبوبات بوده و حدود ۴۹ درصد حبوبات مصرفی جهان از طریق لوبیا تأمین می‌شود و این گیاه در بسیاری از کشورها مانند برزیل و مکزیک به‌عنوان یک منبع غذایی عمده محسوب می‌شود (Broughton et al., 2013). کم-آبی عامل مهمی است که در اکثر مراحل رشد گیاهان با ایجاد محدودیت در رشد، عملکرد را کاهش می‌دهد (Liu et al., 2005). اکثر مناطق جهان با نبود آب مواجه بوده و کمبود آب شیرین عامل محدودکننده برای حصول عملکرد بالاتر است (Safavi Ghardini et al., 2017). بایستی برنامه‌ای اتخاذ شود تا راندمان مصرف آب بالا رود. با کاربرد موادی مثل پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند ضریب بهره‌وری آب را بالا برد. سوپرجاذب‌ها می‌توانند مقادیر زیادی آب را جذب نمایند (Alahdadi, 2002). پاولا و همکاران (Paula et al., 2007) گزارش کردند که افزایش رطوبت خاک سبب افزایش ارتفاع

* نگارنده پاسخگو: علی نصراله‌زاده‌اصل. پست الکترونیک: ali_nasr462@yahoo.com

بوته نخود و لوبیا می‌گردد. اعلامی و همکاران (Elami et al., 2011) بیان نمودند که سوپرجاذب در شرایط تنش سبب افزایش کلروفیل گردید.

میزان مناسب کود سولفات پتاسیم در خاک سبب تسهیل تعدیل اسمزی در خاک می‌شود که در نتیجه فشار اسمزی در برگ‌ها باقی می‌ماند و به این طریق توانایی گیاه در مقابله با تنش خشکی افزایش می‌یابد. پتاسیم نقش مهمی در کاهش اثرات تنش‌های حاصل از کم‌آبی در گیاه ایفا می‌کند، لذا لازم است در مصرف نهاده‌های پتاسیمی توجهی ویژه گردد (Molodi, 2015). بعلاوه پتاسیم در تنظیم پتانسیل اسمزی نقش زیادی دارد. گیاه با ذخیره‌ی کافی پتاسیم، آب کمی از دست می‌دهد، چون پتاسیم، پتانسیل اسمزی را بالا می‌برد (Kochaki and Sarmadnia. 1999). فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2010) با کاربرد پتاسیم در زمان کم‌آبی افزایش محتوی رنگیزه‌های کلروفیل در کلزا را گزارش کردند، همچنین بیان داشتند با افزایش کاربرد پتاسیم میزان کلروفیل افزایش یافت.

قارچ مایکوریزا می‌تواند به جذب و انتقال مواد آلی به گیاهان کمک کند (Chalk et al., 2006). مایکوریزا باعث افزایش جذب و انتقال و قابلیت دسترسی به عناصر معدنی به گیاه می‌شود (Clark and Zeto, 2000). مایکوریزا نه‌تنها موجب افزایش جذب مواد معدنی گردیده بلکه در شرایط خشکی استقامت بالایی را نیز در گیاه نسبت به کم‌آبی ایفا می‌کند (Beltrano and Ronco, 2008). بعلاوه گزارش گردیده که در شرایط کم‌آبی گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا، رطوبت بیشتری نسبت به گیاهان شاهد جذب می‌نمایند (Srivastava et al., 2002). یکی از روش‌های بالا بردن پایداری تولید گیاهان استفاده از رابطه همزیستی است (Jamshidi et al., 2009). پورسل و ریوزی (Porcel and Ruiz-lozano, 2004) بیان نمودند که پتانسیل آب برگ در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا در مقایسه با تیمارهای شاهد در شرایط کم‌آبی، بیشتر بود.

پراکسید هیدروژن می‌تواند نقشی دوگانه داشته باشد، به‌طوری‌که این ترکیب به‌عنوان یک پیام حد واسط جهت تولید سالیسیلیک اسید عمل می‌نماید (Hu et al., 2009). هانگ و همکاران (Hung et al., 2005) گزارش کردند فرم بیولوژیک فعال پراکسید هیدروژن در شرایط تنش به‌طور مستقیم در تولید آنتی‌اکسیدانت ها دخالت داشته و سبب بروز مقاومت می‌شود. کاتیرسان و همکاران (Kathiresan et al., 2006) گزارش کردند محلول‌پاشی بذور با پراکسید هیدروژن سبب افزایش مقاومت در برابر تنش خشکی شد.

این آزمایش با هدف بررسی راهکارهای کاهش خسارت تنش خشکی و همچنین صرفه جویی در مصرف آب با استفاده از تیمارهای کاربرد پلیمر سوپرجاذب، قارچ میکوریزا آربوسکولار، کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد دانه لوبیاچیتی تحت رژیم‌های آبیاری و روش‌های مقاومت به خشکی آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در حوالی شهرستان سلماس با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب 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).

طرح به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی قطع آبیاری در ۳ سطح (آبیاری نرمال، قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی به بعد، قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی به بعد) و فاکتور فرعی مقاومت به خشکی در ۵ سطح (شاهد، استفاده از سوپرجاذب، استفاده از قارچ مایکوریزا، استفاده از کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن) بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت با طول پنج‌متر به فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود. بذرها به‌صورت کپه‌ای به تعداد ۲ عدد در عمق حدود ۴ سانتی‌متر و با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. طبق آزمایش خاک کود شیمیایی فسفات به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و کود شیمیایی نیتروژن نیز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ۴ برگی در کرت‌های آزمایشی مصرف گردید. در این آزمایش از بذر لوبیاچیتی رقم C.O.S.16 استفاده شد. کاشت این رقم در استان‌هایی مانند زنجان در حال گسترش است (Parsa and Bagheri, 2008). تیمارهای مقاومت به خشکی (شاهد، استفاده از سوپرجاذب، استفاده از قارچ مایکوریزا، استفاده از کود نانو پتاسیم و پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن) این گونه انجام گرفت که در حالت شاهد بذور قبل از کاشت به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر خیسانده شد. 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 شد. در تیمار مصرف سوپرجاذب رطوبت بذرها ابتدا قبل از کاشت به مدت ۱۰ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در کرت‌های آزمایشی مربوطه استفاده گردید به‌طوری‌که سوپرجاذب در زمان کاشت در ۱۵ سانتی‌متری زیر بذر قرار گرفت و روی آن با خاک پوشیده گردد و سپس بذور در عمق ۵ سانتی‌متری قرار گرفتند تا ریشه راحت‌تر به سوپرجاذب دسترسی داشته باشد. جهت اعمال تیمار سوپرجاذب، از پلیمر سوپرجاذب، A200 محصول کارخانه رهاب رزین (تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) استفاده گردید. 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 کرت‌های 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 بذور قبل از کاشت تلقیح میکوریزایی انجام گرفت به‌طوری‌که برای هر بذر به میزان تقریبی ۲ گرم ماده میکوریزایی آغشته شد (مایکوریزایی مورداستفاده از گونه *Clomus mosseae* و در هر گرم از ماده حاصله تعداد ۱۰۵ اسپور قارچ وجود داشت که از شرکت تحقیقاتی زیست‌فناوری توران شاهرود تهیه شد).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

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

اسیدیته pH	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	کربن آلی OC	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	بافت خاک Soil texture	شوری EC
	ppm			%					ds/m
8.21	273.4	5.1	1.03	0.11	33	18	49	silt	0.57

آبیاری به‌صورت نشتی به فواصل هر ۸ روز یک‌بار طبق عرف منطقه تا آخر مرحله گلدهی انجام گرفت و بعدازآن قطع آبیاری در تیمارهای مربوطه اجرا شد. برای اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ از روش بیتز و همکاران (Bates et al., 1973) از دستگاه کجلدال استفاده شد و اندازه‌گیری مقدار کلروفیل به روش آرنون (Arnon, 1949) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام گردید. داده‌ها با نرم‌افزار Mstat-c مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون دانکن انجام گردید و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس صفات (جدول ۲) نشان داد که تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی تأثیر معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر میزان کلروفیل a داشتند. بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود و کمترین میزان را تیمار قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۳). بیشترین کلروفیل a مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب بود که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار قارچ میکوریزا نداشت و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین میزان را تیمار شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۳). طی تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز افزایش یافته و در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل اختلال ایجادشده و مقدار کلروفیل گیاه کاهش می‌یابد (Parry et al., 2002). سوپرجاذب به‌عنوان یک ماده جذب‌کننده آب و سایر محلول‌ها عمل کرده و درنتیجه باعث افزایش مقدار کلروفیل گیاه در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Dehbashi et al., 2014). طی آزمایشی کمبود رطوبت خاک در مرحله گلدهی سبب کاهش میزان کلروفیل a در ارقام مختلف کلزا در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب شد (Din et al., 2017). صفوی گردینی و همکاران (Safavi Ghordini et al., 2017) طی آزمایشی بیان داشتند که با اعمال پلیمر سوپرجاذب بالاترین میزان کلروفیل به دست آمد. توحیدی مقدم و مظاهری (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2016) اظهار داشتند که عامل آبیاری و سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a، b، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات قطع آبیاری و مقاومت به خشکی روی صفات مختلف لوبیاچیتی

Table 2. Analysis of variance effects of irrigation disruption and drought resistance on different traits of pinto Bean

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	کلروفیلa chlorophyll a	کلروفیلb chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	غلظت پرولین Proline	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
Repeat	تکرار	2	0.0001	0.0001	0.225	0.694	1135.4	14.56
Stopping irrigation(I)	قطع آبیاری	2	0.007*	0.003**	8.93**	2.40 **	844074**	183.65*
Error a	خطای اصلی	4	0.0005	0.00025	0.013	0.15	4906.8	20.21
Drought resistance (D)	مقاومت به خشکی	4	0.0005**	0.00025*	0.276*	0.465**	448434**	20.75*
D × I	مقاومت به خشکی× قطع آبیاری	8	0.000125	0.00004	0.061	0.105**	22480.5**	7.11
Error b	خطای فرعی	24	0.000083	0.000042	0.085	0.014	6868.84	6.17
CV (%)	ضریب تغییرات		*11.34*	*15.43*	*16.6*	*6.20*	*7.33*	*7.87*

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

* and **, respectively, significant differences at 5% and 1% probability levels

میزان کلروفیل b

تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی تأثیر معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان کلروفیل b داشتند (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود و کمترین میزان را تیمار قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۳). بیشترین کلروفیل b مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب بود و کمترین میزان را تیمار شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۳). کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی به علت تجزیه کلروپلاست و ناپدید شدن ساختارهای تیلاکوئید است (Ghorbanali et al., 2013). استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی به علت کاهش دادن اثر خشکی سبب افزایش کلروفیل a و b در گیاهان می‌شود (Seydi et al., 2014). توحیدی مقدم و مظاهری (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2016) اثر سوپرجاذب را بر رشد و عملکرد کلزا در شرایط کم‌آبی را موردبررسی قرار دادند و گزارش کردند که کم‌آبی، عملکرد و اجزا عملکرد دانه و حجم کلروفیل را کاهش می‌دهد و کاربرد پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش آبی موجب بهبود کلروفیل b می‌شود.

میزان کلروفیل کل

مشاهده گردید که تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی تأثیر معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر میزان کلروفیل کل داشتند (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود و کمترین میزان را تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۳). بیشترین کلروفیل کل مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب بود و کمترین میزان را تیمار شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۳). کاهش رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی همراه با افزایش تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد و تنش خشکی باعث افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر شده که کاهش میزان کلروفیل، نشان‌دهنده افزایش آسیب‌های اکسیداتیو است که می‌تواند باعث بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل گردد. همچنین کاهش غلظت کلروفیل در گیاهان تحت تنش خشکی، ممکن است در اثر تجزیه کلروفیل توسط افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (Goldani, 2012).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات قطع آبیاری و مقاومت به خشکی روی صفات مختلف لوبیاچیتی

Table 3. Comparison of mean effects of irrigation disruption and drought resistance on different traits of pinto bean

Experimental factors	فاکتور های آزمایشی	کلروفیل a chlorophyll a	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	غلظت پرولین Proline	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
		----------mg/g FW----------			µmole/g FW	kg/ha	%
قطع آبیاری irrigation disruption	آبیاری نرمال (شاهد) Normal irrigation (control)	0.104^{a}	11	2.563^{a}	1.626^{b}	1854^{a}	34.50^{a}
	قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی Stopping irrigation at the end of flowering stage	0.062^{b}	0.033^{b}	1.025^{c}	2.353^{a}	356.39^{c}	27.70^{b}
	قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی Stopping irrigation at the end of pod of stage	0.080^{b}	0.052^{a}	1.691^{b}	1.699^{b}	1179.11^{b}	32.40^{ab}
مقاومت به خشکی Drought resistance	شاهد Control	0.073^{b}	0.041^{b}	1.490^{b}	2.244^{a}	862.9^{d}	29.93^{c}
	پلیمر سوپرجاذب Super absorbent polymer	0.0917^{a}	0.053^{a}	1.982^{a}	1.623^{d}	1417.2^{a}	33.29^{a}
	پیش تیمار بذر با آب‌اکسیژنه Pre-treatment of seed with oxygenated water	0.077^{b}	0.048^{a}	1.775^{ab}	1.936^{b}	1025. 1^{c}	30.57^{bc}
	قارچ میکوریزا Mycorrhizal fungi	0.087^{a}	0.052^{a}	1.788^{ab}	1.804^{c}	1297.3^{b}	33.06^{ab}
	کود نانو پتاسیم Nano potassium fertilizer	0.082^{ab}	0.049^{a}	1.764^{ab}	1.856^{bc}	1046.4^{c}	30.99^{a-c}

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

Means with similar letters in each column are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level

همچنین با توجه به این‌که میزان کلروفیل در برگ به‌طور مستقیم با فراهمی نیتروژن در ارتباط است و سوپرجاذب یک جاذب انتخابی مناسب برای آمونیوم بوده که باعث کاهش شست‌وشوی نیتروژن از محل ریشه می‌شود، لذا به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی بالا موجب استفاده گیاه از تمامی عناصر موجود در خاک می‌شود و بنابراین با استفاده از پلیمر سوپرجاذب می‌توان از کاهش کلروفیل تا حد زیادی جلوگیری کرد (Lashkari sayad et al., 2013). طی آزمایشی مصرف سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب افزایش محتوای کلروفیل و پایداری غشای سیتوپلاسمی در گیاه گوجه‌فرنگی شد (Seydi et al., 2014).

سفیخانی و همکاران (Safikhani et al., 2017) در آزمایشی بر روی گیاه بادرشبو با اعمال تیمار تنش کم‌آبی بیان داشتند بیشترین میزان کلروفیل و کاهش رشد گیاه در تیمار ۴۰٪ ظرفیت زراعی حاصل گردید.

غلظت پرولین

تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت پرولین داشتند. همچنین اثر متقابل بین تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی نیز بر غلظت پرولین معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین غلظت پرولین مربوط به تیمار اثر متقابل قطع آبیاری از مرحله آخر گلدهی + شاهد بود و کمترین میزان را تیمار اثر متقابل آبیاری نرمال+سوپرجاذب به خود اختصاص داد (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و مقاومت به خشکی روی صفات مختلف لوبیاچیتی

Table 4. Comparison of the average irrigation disruption effects of irrigation disruption and drought resistance on different traits of pinto bean

فاکتور های آزمایشی Experimental factors		غلظت پرولین Proline	عملکرد دانه Grain yield
		µmole/g FW	kg/ha
آبیاری نرمال (شاهد) Normal irrigation (control)	شاهد Control	1.993^{def}	1627.21^{d}
	پلیمر سوپرجاذب Super absorbent polymer	1.240^{j}	2133.24^{a}
	پیش تیمار بذر با آب‌اکسیژنه Pre-treatment of seed with oxygenated water	1.520^{i}	1814.21^{bc}
	قارچ میکوریزا Mycorrhizal fungi	1.473^{i}	1927.12^{b}
	کود نانو پتاسیم Nano potassium fertilizer	1.903^{efg}	1770.31^{c}
قطع آبیاری از آخر مرحله گلدهی irrigation disruption at the end of flowering stage	شاهد Control	2.800^{a}	160.5^{i}
	پلیمر سوپرجاذب Super absorbent polymer	2.217^{c}	554.10^{h}
	پیش تیمار بذر با آب‌اکسیژنه Pre-treatment of seed with oxygenated water	2.487^{b}	250.8^{i}
	قارچ میکوریزا Mycorrhizal fungi	2.187^{cd}	537.10^{h}
	کود نانو پتاسیم Nano potassium fertilizer	2.073^{cde}	280.4^{i}
قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی irrigation disruption at the end of poding stage	شاهد Control	1.940^{efg}	804.2^{g}
	پلیمر سوپرجاذب Super absorbent polymer	1.413^{ij}	1564.3^{de}
	پیش تیمار بذر با آب‌اکسیژنه Pre-treatment of seed with oxygenated water	1.800^{fg}	1011.21^{f}
	قارچ میکوریزا Mycorrhizal fungi	1.753^{gh}	1427.11^{e}
	کود نانو پتاسیم Nano potassium fertilizer	1.590^{hi}	1088.13^{f}

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level

پرولین یکی از ترکیبات محافظت‌کننده غشاهای سلولی است که در مواجهه گیاه با تنش خشکی تجمع آن افزایش پیداکرده و افزایش محتوای پرولین گیاه در کاهش اثرات منفی تنش بر آن نقش دارد (Verbruggen and Hermans, 2008). به‌طور میانگین در هر سطح از دور آبیاری، مصرف سوپرجاذب باعث کاهش محتوای پرولین گیاه شد. این موضوع نشان می‌دهد که سوپرجاذب باعث تعدیل اثرات منفی خشکی بر گیاه لوبیا می‌شود. درواقع 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 کم‌آبی 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 at al., 2014).

عملکرد دانه

تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه داشتند. همچنین اثر متقابل بین تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار اثر متقابل آبیاری نرمال + پلیمر سوپرجاذب بود و کمترین میزان را تیمار اثر متقابل قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی + تیمار شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۴). جهان و همکاران (Jahan et al., 2013) بیان داشتند که سوپرجاذب می‌تواند رطوبت خاک را تا پنج سال بعد از کاربرد در زمین کشاورزی حفظ کند. آب و مواد غذایی ذخیره‌شده به آرامی برای رشد گیاه تحت شرایط کمبود آب رها می‌شوند و بنابراین در کاهش اثرات مضر تنش خشکی مفید و مؤثر می‌باشند و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌گردد. توحیدی مقدم و مظاهری (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2016) به مطالعه بررسی کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات کمی و کیفی سویا در شرایط کم‌آبی پرداختند و بیان داشتند که عامل آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی داشته که این مواد با افزایش ذخیره آب در خاک و قرار دادن مواد غذایی در اختیار گیاه توانسته است، میزان ساخت رنگیزه‌ها را بالابرده و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر نماید و سبب بهبود رشد و عملکرد در شرایط تنش و آبیاری مطلوب (بدون تنش) شود. الهیاری و همکاران (Alahyari et al., 2013) با بررسی اثر کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت شرایط کم‌آبی ملاحظه کردند که سوپرجاذب بر عملکرد گیاه نخود اثر معنی‌داری داشت.

شاخص برداشت

تیمارهای قطع آبیاری و مقاومت به خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص برداشت لوبیا داشتند (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت لوبیا مربوط به تیمار آبیاری نرمال بود و کمترین میزان را تیمار قطع آبیاری در مرحله آخر گلدهی به خود اختصاص داد (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت لوبیا مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب بود که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار کودی نانو پتاسیم و تیمار قارچ میکوریزا نداشت و کمترین میزان را تیمار شاهد به خود اختصاص داد (جدول ۲). نقش سوپرجاذب در افزایش شاخص برداشت را می‌توان چنین توجیه نمود که این مواد با توجه به ذخیره آب و مواد غذایی و در دسترس قرار دادن مناسب آن به گیاه بخصوص در هنگام تنش و کاهش تلفات ناشی از کم‌آبی و همچنین با کاهش هدر روی آب و مواد غذایی قابل دسترس برای گیاه، سبب افزایش عملکرد اقتصادی و به طبع آن باعث افزایش شاخص برداشت گردید. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2013) طی آزمایشی اعلام کردند که مصرف سوپرجاذب شاخص برداشت نخود را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2017) نیز با مطالعه اثر اسید سالیسیلیک و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم ملاحظه کردند که اثر سوپرجاذب روی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود. بنا به گزارش آنها با استفاده از سوپرجاذب در شرایط کم‌آبی می‌توان به عملکرد قابل‌قبول دست یافت

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اینکه بیشترین عملکرد دانه در تیمار آزمایشی آبیاری نرمال همراه با مصرف پلیمر سوپرجاذب بود ولی با توجه به سایر تیمارهای آزمایشی مشاهده شد که عملکرد دانه در تیمار آزمایشی قطع آبیاری از آخر مرحله نیام بندی همراه با مصرف سوپرجاذب توانست تقریباً با تیمار آزمایشی آبیاری نرمال در یک گروه آماری قرار گیرد که این امر می‌تواند در صرفه‌جویی مصرف آب نقش زیادی داشته باشد و همچنین با استفاده از سوپرجاذب می‌توان خسارت تنش خشکی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.

منابع

Alahdadi, A., 2002. Acrylic super absorbent hydrogels. Second Specialized Training - Agricultural and Industrial Application of Super Absorbent Hydrogels. Iranian Petrochemical Polymer Research Institute. 102p. [In Persian].

Alahyari, S., Ahmad, G., Varzi, R., 2013. The effect of super absorbent polymer application on yield and yield components of two chickpea cultivars under rainfed conditions. Journal of Crop Production Research. 20, 125-140.

Arnon, D.I., 1949. Copper Enzyme in isolated chloroplasts Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* L. Plant Physiology. 24, 1-15.

Bates, L.S., Waldern, R.P., Tear, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Beltrano, J., Ronco, M.G., 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Society of Plant Physiology. 20(1), 29-37.

Broughton, W.J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., Vanderleyden, J., 2013. Beans (*Phaseolus* spp.) model food legume. Plant Soil. 252, 55–128.

Chalk, P.M., Souza, R., Defurquiaga, S., Alves, B.J.R., Boddey, R.M., 2006. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. Soil Biology and Biochemistry 47, 487-499.

Clark, R.B., Zeto, S.K., 2000. Mineral acquisition by arbescular mycorrhizal plants. Journal of Plant Nutrition. 23, 876-902.

Dehbashi, S., Ladanmoghadam, A.R., Ghafourian, A., 2014. The effect of superabsorbent in reducing drought stress on some physiological traits of marigold (*Tagetes marigoid*). Journal of Plant Environmental Physiology. 3, 72-81. [In Persian with English summary].

Din, J., Khan, S.U., Ali, I., Gurmani, A.R., 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Sciences. 1, 78-82.

Elami, M., Tehrani, A., Davari, G., 2011. Effect of superabsorbent, paclobutrazol and irrigation interval on qualitative and quantitative characteristics of ryegrass in Mashhad. Journal of Horticultural Science. 25, 288 - 295. [In Persian with English summary].

Fanaei, H., Throat, R.A. M., Enough, M., Ghanbari, A., Sherry Rad, H., 2010. Effect of drought stress and different amounts of potassium on the accumulation of osmolytes and chlorophyll in two canola and mustard species. Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Sciences. 15, 157 - 141. [In Persian with English summary].

Ganjabadi, F., Jalili, F., KHalili Mahale, J., 2014. Study of some traits of chickpea bean in terms of the effect of nitrogen and micronutrients. National Congress of Soil and Environment. University of Urmia. 31-35. [In Persian with English summary].

Ghorbani, A., Jalilian, J., Amirnia, R., 2013. The Effects of seed priming and superabsorbent on some quantity and quality characteristics of kaboli chickpea (*Cicer arietinum* L.). Research in Field Crops. 1, 44-53. [In Persian with English abstract].

Ghorbanali, M., Gafarabad, M., Amirkian, T., Allahverdi, B., 2013. Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in akria and mobil tomato cultivars. Journal of Plant Physiology. 3, 651-658. [In Persian with English abstract].

Goldani, M. 2012. Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Agricultural Research. 10, 412-420. [In Persian with English summary].

Hu, Y., Ge, Y., Zhang, C., Ju, T., Cheng, W., 2009. Cadmium toxicity and translocation in rice seedlings are reduced by hydrogen peroxide pretreatment. Plant Growth Regulation. 59, 51-61.

Hung, S.H., Yu, C.W., Lin, C.H., 2005. Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. Botanical Bulletin- Academia Sinica. 46, 1-10.

Jahan, M., Comedian, N., Ranjbar, F., 2013. Feasibility of using super moisture absorbent to reduce maize (*Zea mays* L.) drought stress in a low crop system in Mashhad. Agricultural Ecology. 5, 272-281. [In Persian with English summary].

Jamshidi, E., Ghalavand, A., Salehi, A., Zare, M., Jamshidi, A.R., 2009. Effect of Arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 11, 136-150. [In Persian with English summary].

Kathiresan, A, Lafitte, H.R., Chen, J., Mansueto, L., Bruskiewich, R., Bennett, J., 2006. Gene expression micro arrays and their application in drought stress research. Field Crops Research. 97, 101-110.

Kochaki, A., Sarmadnia, M., 1999. Crop Physiology. Publications University of Mashhad. 411 p.

Lashkari sayad, F., Gloy, M., Moradi, M., 2013. Effect of super absorbent polymer, animal manure and potassium on the fluorescence of chlorophyll, chlorophyll a, b and total and relative humidity (RWC) of bitter cucumber (*Momordica charantia*) in different irrigation regimes. The First National Conference of Agricultural Sciences, PNU, Naghadeh, Iran. [In Persian with English summary].

Liu, H.P., Yu, B.J., Zhana, W.H., Liu, Y.L., 2005. Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATPase and levels of covalently and noncovalenty conjugated polyamines in plasma memberane preparation from wheat seedling roots. Plant Science. 168, 1599-1607.

Molodi, S.H., 2015. Water and manure optimization. Journal of Engineering, Information and Culture. 2, 41 - 48. [In Persian with English summary].

Parsa, M., Bagheri, A., 2008. Grains. Ferdowsi University of Mashhad Publications. 496 pages. [In Persian].

Parry, M.A.J., Andraloje, P.J., Khan, S., Lea, P.J., Keys, A.J., 2002. Rubisco activity: Effects of drought stress. Annals of Botany. 89, 833-839.

Paula, J.T.J., Rotter, C.O., Hou, B., 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(2), 193-202.

Porcel, R., Ruiz-lozano, J.M., 2004. Arbuscular mycorrhiza influence on leaf water potential, solute accumulation and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany. 55, 1743-1750.

Rajabi, L., Sajedi, N., 2017. Response of yield and yield components of dry chickpea to salicylic acid and super absorbent polymer, Journal of Crop Research. 4, 1- 4. [In Persian with English summary].

Safavi Ghordini, F., Galavi, M., Remmardi, M., Aschgari Porchman, M.S., 2017. Influence of superabsorbent polymer, animal manure and potassium on some physiological and morphological characteristics of paper peeled pumpkin under drought stress conditions. Specialized Scientific Journal Shabak. 3, 1-9.

Safikhani F., HeidariSharifabad, H., Siadat, S.A., SharifiAshorabadi, A., Seyednezhad, S.M., Abbaszadeh, B., 2017. Effect of drought stress on physiological characteristics and essential oil yield of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 23, 86-99. [In Persian with English summary].

Seydi, M., Safarinya, H., Ghanbari, F., Sayari, M., 2014. Evaluation of physiological indices of tomato plant under different irrigation intervals and super absorbent polymer A200. Journal of Crop Production and Processing. 12, 335- 346. [In Persian with English summary].

Srivastava, A.K., Singh, S., Marathe, R.A., 2002. Organic citrus, soil fertility and plant nutrition. Journal of Sustainable Agriculture. 19, 5–29.

Tohidi Moghaddam, H., Mazaheri, A., 2016. Application of different levels of manure and super absorbent polymer on quantitative, qualitative, physiological and biochemical characteristics of soybean under drought stress, Journal of Crop Research. 3, 375-398.

Tongo, A., Mahdavi, A., Sayad, E., 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. 5, 951- 963. [In Persian with English summary].

Verbruggen, N., Hermans, C., 2008. Proline accumulation in plants: a review. Amino Acids. 35, 753 759.