

بررسی اثرات سوپر جاذب و آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش (*Vigna radiata* L.)عبدالمجید سهیل نژاد^۱، عبدالمجید مهدوی دامغانی^{۲*}، هومان لیاقتی^۲ و پیام پزشکپور^۳

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران، soheilnejad@yahoo.com

۲- دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

(به ترتیب mmd323@yahoo.com و h_liaghati@sbu.ac.ir)

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران، papezeshkpour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثرات سوپر جاذب و دور آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت) انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح (پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف هیدروژول‌های سوپر جاذب آکوازورب در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که کمبود آب باعث کاهش صفات حجم ریشه، وزن خشک ریشه و افزایش طول کل ریشه‌ها شد، به طوری که کمترین مقدار حجم ریشه (۳/۱۱ سانتی متر مکعب تک بوته) و وزن خشک ریشه (۰/۹۳ گرم تک بوته) و بیشترین مقدار طول کل ریشه‌ها (۹/۱ سانتی متر در بوته) در دور پنج روز آبیاری به دست آمد. کاربرد پلیمر سوپر جاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی و عملکرد دانه را افزایش داد. بیشترین کارایی مصرف آب (۱/۲ کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی) در تیمار دور آبیاری ۱۵ روز و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به دست آمد و کمترین مقدار (۰/۳۱ کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی) آن در تیمار دور آبیاری پنج روز و عدم مصرف سوپر جاذب ثبت گردید. به طور میانگین در هر دو منطقه بیشترین عملکرد دانه (۱۹۶۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار دور آبیاری ۱۰ روز و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و کمترین مقدار آن (۱۱۶۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار دور آبیاری ۱۵ روز و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به دست آمد. به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که سوپر جاذب آکوازورب در شرایط کمبود آب باعث بهبود عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گیاه ماش گردید و این ماده در دوره‌های آبی زیاد و محدودیت آب، باعث جلوگیری از اثرات منفی محدودیت آب بر عملکرد دانه گیاه ماش شد. این مطالعه مشخص کرد که مقدار بهینه کاربردی سوپر جاذب آکوازورب به ویژه در شرایط محدودیت آب برابر با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و با کاربرد بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار در شرایط محدودیت آب در این ماده اثرات منفی بر عملکرد دانه داشت. همچنین اگرچه برهمکنش سوپر جاذب و دور آبیاری بر صفات ریشه‌ای معنی‌دار نبود، ولی اثرات ساده این ماده نشان‌دهنده اثرات مثبت آب بر بهبود صفات ریشه‌ای اندازه‌گیری شده بود.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، طول کل ریشه‌ها، عملکرد دانه، مناطق

مقدمه

غذایی پس از غلات و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی به‌شمار می‌روند (Jahan et al., 2013). ماش با نام علمی *Vigna radiata* متعلق به خانواده لگومینوز است و دانه‌های آن سرشار از ویتامین بوده و حدود ۲۳/۶ درصد پروتئین دارد (Keikha et al., 2016).

خشکی رایج‌ترین تنش محیطی و یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (Tongo et al., 2014). این تنش محیطی جنبه‌های مختلف رشد گیاه را از طریق تغییر در ساختارهای بیوشیمیایی،

در حال حاضر حدود ۷۰ درصد پروتئین گیاهی مورد استفاده انسان توسط غلات و حبوبات تأمین می‌شود، اما به دلیل کمبود میزان پروتئین غلات (۱۲-۹ درصد) و زیادبودن آن در حبوبات (۳۲-۱۸) توجه کشورهای در حال توسعه به مصرف حبوبات به عنوان منبع مهم تأمین‌کننده پروتئین جلب شده است (Keikha et al., 2016). حبوبات دومین منبع

* نویسنده مسئول: mmd323@yahoo.com

زمینه تنش آبی و سوپر جاذب A200 بر عملکرد ذرت (*Zea mays L.*) بیانگر این موضوع بود که تنش آبی و سوپر جاذب تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (Fazeli Rostampour et al., 2011). با به توجه اثرات مثبت سوپر جاذب بر روی خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه در شرایط محدودیت آب، این تحقیق با هدف بررسی اثرات سوپر جاذب و دور آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در بهار سال زراعی ۱۳۹۴ در دو منطقه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد (عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا) و در شهرستان کوهدشت (عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۸۷ متر از سطح دریا) در استان لرستان انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت) انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح (پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف هیدروژل‌های سوپر جاذب آکوا زورب PR3005 در چهار سطح (شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. شایان ذکر است سوپر جاذب آکوا زورب مورد استفاده در این تحقیق تولید شرکت SNF فرانسه و از نماینده انحصاری آن در ایران (شرکت بشری امین؛ شهرستان تهران) تهیه گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش را در جدول ۱ آمده است. مقدار آب مصرفی برای تیمارهای دور آبیاری در طول فصل رشد به ترتیب برای سطح‌های پنج، ۱۰ و ۱۵ روز برابر با ۱۵۰۰، ۲۲۵۰ و ۴۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار بود.

فیزیولوژی و مورفولوژی، تحت تأثیر قرار می‌دهد (Du et al., 1998). از جمله این تغییرات می‌توان به افزایش نسبت وزن خشک یا طول ریشه به ساقه اشاره کرد (Osuagwu et al., 2010). مشکل تنش خشکی را می‌توان با راهکارهایی مانند کاهش تلفات آب با توجه به درک بهتر از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه برای سازگاری به خشکی و افزایش بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از اصلاح خاک و افزودنی‌هایی مانند پلیمرهای سوپر جاذب که می‌توانند مقادیر قابل توجهی از آب را در خود ذخیره کرده و باعث افزایش توانایی خاک در ذخیره آب شده و در نهایت رشد گیاه را بهبود بخشند، حل کرد. پلیمرهای سوپر جاذب در سه دسته کوپلی‌مرهای نشاسته اکریلات، پلی‌اکریل آمیدها و پلی‌وینیل الکل‌ها دسته‌بندی می‌شوند (Haghighi et al., 2014). مقدار جذب آب در این پلیمرها به عوامل مختلفی از جمله فرمول‌بندی، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک بستگی داشته و تا ۴۰۰ برابر وزن سوپر جاذب می‌تواند متغیر باشد (Monnig, 2005). این خصوصیات برای مقابله با شرایط کم‌آبی و کاهش اثرات مضر تنش خشکی در گیاهان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

در طی سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از این پلیمرها در شرایط تنش آبی در محصولات مختلف زراعی انجام شده است. بررسی اثر پلیمر سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی در گیاه لوبیا نشان داد که پلیمر سوپر جاذب باعث افزایش تحمل به تنش لوبیا شد و در صورت استفاده از سوپر جاذب می‌توان فواصل آبیاری را افزایش داد و از اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه جلوگیری کرد و در نهایت باعث افزایش کارایی مصرف آب شد (Pouresmaeil et al., 2012). نتایج تحقیقی (Arabi et al., 2015) بر روی اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل بر گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum L.*) مشخص کرد که تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب بهترین تیمار از لحاظ صرفه اقتصادی بود، زیرا می‌توان با مصرف کمتر آب و پلیمر سوپر جاذب به همان عملکرد مناسب دست یافت. پژوهشی در

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1. Soil physical and chemical properties of the experimental sites at 0–30 cm soil depth

منطقه Location	طبقه خاک Soil classification	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	اسیدیته (pH)	کربن آلی
		N	P	K		(O.C)
		قسمت در میلیون (ppm)			درصد (%)	
خرم‌آباد (Khorramabad)	رسی لوم (Clay loam)	25.4	123	85	7.8	0.7
کوهدشت (Kuhdasht)	سیلتی رسی لوم (Silty clay loam)	32.6	200	93	7.1	0.4

معادله ۲:

$$TRA = 2 \times (RV \times \pi \times TRL) \times 0.5$$

در این معادله، TRA سطح کل ریشه‌ها برحسب سانتی مترمربع، RV حجم ریشه برحسب سانتی مترمکعب، π عدد ۳/۱۴ و TRL برابر با طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر است. تجزیه و تحلیل داده‌ها در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 انجام شد. به منظور مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. لازم به ذکر است که قبل از تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسات میانگین از آزمون یکنواختی واریانس خطاها (بارتلت) استفاده گردید. نتایج این آزمون غیرمعنی‌دار بود و بنابراین تجزیه واریانس داده‌های آزمایش به صورت مرکب انجام گرفت و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار OriginPro 9.1 استفاده گردید.

نتایج و بحث

حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری و سوپر جاذب بر صفت حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین مناطق مورد بررسی از نظر مقدار حجم ریشه، خرم‌آباد با ۰/۴۸ سانتی مترمکعب اختلاف نسبت به منطقه کوه‌دشت برتر بود و از این لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). در بین دوره‌های مختلف آبیاری بیشترین و کمترین مقدار حجم ریشه مربوط به دور پنج‌روز و ۱۵ روز بود و اختلاف این دو تیمار در این زمینه برابر با ۰/۳۲ سانتی مترمکعب بود (شکل ۲). لازم به ذکر است که از لحاظ صفت مذکور بین دوره‌های پنج و ۱۰ روز از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج یک بررسی نشان داد که تنش آبی از طریق کاهش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی باعث کاهش تولید و انتقال اسیمیلات به ریشه‌ها می‌شود که خود باعث کاهش حجم و وزن خشک ریشه می‌شود (Ganjeali & Bagheri, 2011). در بین مقادیر مختلف سوپر جاذب نیز بیشترین و کمترین حجم ریشه مربوط به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و عدم مصرف سوپر جاذب بود که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب مقدار حجم ریشه به میزان ۲۳ درصد نسبت به عدم مصرف سوپر جاذب افزایش پیدا کرد (جدول ۳). کاربرد سوپر جاذب می‌تواند حجم ریشه گیاه را افزایش دهد. این ماده از طریق حفظ رطوبت و نیز ایجاد حالت انبساط باعث بهبود تهویه و نفوذپذیری آب و همچنین نگهداری بیشتر آب در خاک می‌شود (Islam et al., 2011) که این موضوع موجب افزایش حجم ریشه گیاه می‌شود. از سوی دیگر کاربرد این ماده سبب بهبود نفوذپذیری خاک و نیز

مراحل آماده‌سازی هر دو مزرعه شامل شخم و دو دیسک عمود برهم به منظور خرد کردن کلوخه‌ها صورت گرفت. عملیات کاشت به صورت دستی انجام شد. عمق کاشت سه تا پنج سانتی متر بود و سوپر جاذب آکوازورب به صورت نواری در زیر بذر پخش و روی آن با خاک پوشیده شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت چهارمتری با فاصله بین ردیف و روی ردیف ۵۰ و ۱۰ سانتی متر بود که دو خط کناری به منظور رعایت اثر حاشیه و سه خط میانی برای نمونه برداری در نظر گرفته شدند. در این پژوهش از ماش رقم پرتو استفاده شد که دارای خصوصیات شامل رنگ سبز تیره و گرد بذر، مقاوم به بیماری‌ها، وزن ۱۰۰۰ دانه ۴۰ گرم و طول فصل رشد ۷۳ روز بود. در مرحله دو تا سه برگی عملیات تنک کردن به صورت دستی بر اساس تراکم مورد نظر (۲۰ بوته در مترمربع) صورت گرفت. به منظور مبارزه با علف‌های هرز نیز در طول فصل رشد وجین دستی علف‌های هرز در سه مرحله (هم‌زمان در مرحله تنک کردن، دوهفته بعد از تنک کردن و مرحله گلدهی) انجام گرفت. در پایان دوره رشد صفات مختلفی شامل حجم ریشه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، سطح کل ریشه، طول کل ریشه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه در هر بوته از یک پروفایل استوانه‌ای شکل به شعاع پنج سانتی متر و عمق ۲۰ سانتی متر استفاده گردید. سپس دو نمونه در بین ردیف‌ها و در روی ردیف‌های هر کرت انتخاب و صفات اندازه‌گیری شده به صورت زیر تعیین گردیدند. برای محاسبه طول ریشه اصلی، پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و سپس میانگین آن‌ها در نظر گرفته شد (از محل طوقه تا انتهای ریشه). طول و حجم ریشه‌ها بر اساس روش اتکینسون (Atkinson, 2000) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر از رابطه زیر استفاده شد (Alizadeh, 2009):

معادله ۱:

$$TRL = RDW \times 0.89$$

در این معادله، TRL طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر، RDW وزن خشک ریشه‌ها و ضریب 0.89 بیانگر نسبت طول ریشه به وزن خشک ریشه (سانتی متر بر گرم) است. نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از خشک شدن، با استفاده از ترازوی دیجیتال، توزین و وزن خشک ریشه‌ها برحسب گرم تعیین شد. پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، حجم ریشه در بوته توسط استوانه مدرج تعیین شد. سطح کل ریشه‌ها نیز با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (Alizadeh, 2009):

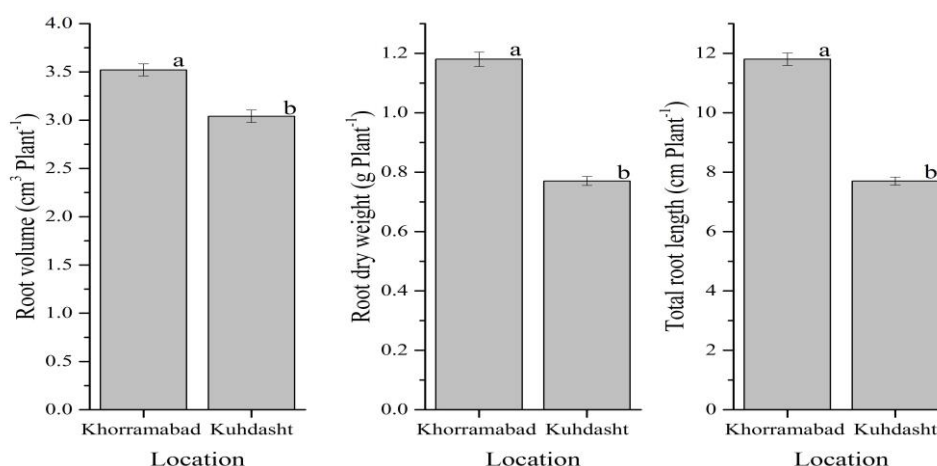
بهبود شرایط فیزیکی و کاهش وزن ظاهری خاک می‌شود. به‌عنوان مثال در یک تحقیق، این پلیمرها وزن مخصوص ظاهری خاک شنی را از ۱/۳۳۱ به ۱/۲۰۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاهش دادند (Azzam, 2006).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه حاصل از دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت)
Table 2. Analysis of variance for different traits of two locations (Khorramabad and Kuhdasht)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry matter	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه Shoot weight / root weight	سطح کل ریشه در بوته Total root area	طول کل ریشه‌ها Total root length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter	عملکرد دانه Grain yield	کارایی مصرف آب Water use efficiency
منطقه Location (L)	1	5.46**	4**	5223**	639**	3.16**	45.3**	325371*	0.026 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	0.250*	0.032*	190**	10.4**	0.025*	72**	526354**	2.17**
L × I	2	0.260 ^{ns}	0.002 ^{ns}	92.7**	4.43*	0.001 ^{ns}	41.3**	315924**	0.006 ^{ns}
اشتباه اصلی (Error s)	12	0.050	0.006	12.7	0.830	0.005	57.5	51848	0.011
سوپر جاذب Superabsorbent (S)	3	1.60**	0.312**	14.5 ^{ns}	31.6**	0.081**	5.88	1369537**	0.387**
L × S	3	0.110 ^{ns}	0.000 ^{ns}	1.55 ^{ns}	3.02 ^{ns}	0.000 ^{ns}	20 ^{ns}	136350**	0.007 ^{ns}
I × S	6	0.130 ^{ns}	0.005 ^{ns}	17.7 ^{ns}	0.480 ^{ns}	0.004 ^{ns}	77.8**	44840*	0.023**
L × I × S	6	0.100 ^{ns}	0.008 ^{ns}	24.6 ^{ns}	1.16 ^{ns}	0.006 ^{ns}	2.66 ^{ns}	28968 ^{ns}	0.004 ^{ns}
اشتباه فرعی (Error e)	54	0.110	0.195	15.5	1.19	0.003	2.85	17065	0.007
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.2	6.5	10.23	11.85	6.5		8.26	12.8

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح یک درصد و پنج درصد

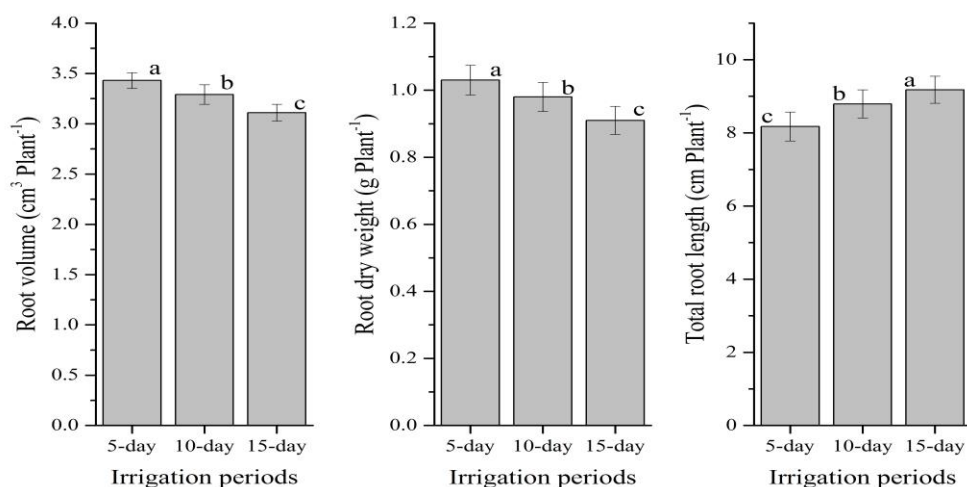
ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively



شکل ۱- حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش در دو منطقه خرم‌آباد و کوهدشت

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Fig. 1. Root volume, root dry matter and total root length in two locations (Khorramabd and Kuhdasht)
Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.



شکل ۲- حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش تحت دوره‌های مختلف آبیاری

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Fig. 2. Root volume, root dry matter and total root length under the effect of different periods of irrigation
Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب بر حجم ریشه، وزن خشک ریشه، سطح کل ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش

Table 3. The effect of different levels of superabsorbent on root volume, root dry matter and total root length of mung bean

سوپرجاذب Superabsorbent	حجم ریشه Root volume (cm ³ .plant ⁻¹)	وزن خشک ریشه Root dry matter (g. Plant ⁻¹)	سطح کل ریشه‌ها Total root area (cm ² .plant ⁻¹)	طول کل ریشه‌ها Total root length (cm. plant ⁻¹)
Control	2.93 ^{d*}	0.840 ^d	7.07 ^d	7.5 ^d
100 Kg ha ⁻¹	3.22 ^b	0.930 ^c	8.48 ^c	8.3 ^c
200 Kg ha ⁻¹	3.62 ^a	1.10 ^a	11.5 ^a	9.8 ^a
300 Kg ha ⁻¹	3.34 ^b	1.02 ^b	9.78 ^b	9.1 ^b

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column, means with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

نشان‌دهنده اثرات منفی کمبود آب خاک بر وزن خشک ریشه گیاه بوده است (Shaban et al., 2011).

نتایج نشان داد که در بین سطوح مختلف کاربرد سوپرجاذب، کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار نسبت به عدم مصرف سوپرجاذب مقدار وزن خشک ریشه را ۳۰ درصد افزایش می‌دهد (جدول ۳). افزایش وزن خشک ریشه در سطوح مصرفی سوپرجاذب در واقع نشان‌دهنده تأثیر این پلیمر بر بهبود خصوصیات خاکی (Azzam, 2006) و افزایش نفوذپذیری بهتر ریشه و به موازات آن رشد بهتر ریشه می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی گندم (Johnson & Woodhouse, 1990) گزارش شد که کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش وزن خشک ریشه گردید که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. مطالعات دیگر روی سایر گیاهان از جمله گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) نیز بیانگر اثرات مثبت این ماده روی وزن خشک

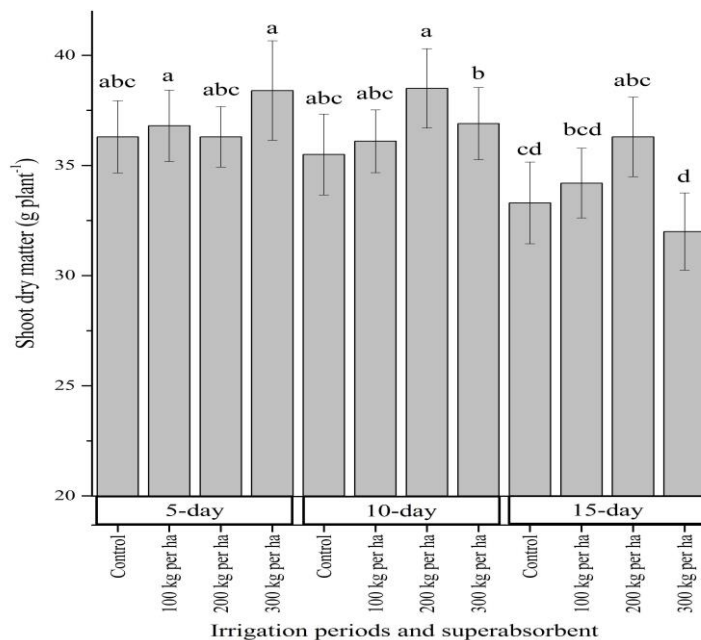
وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین صفت مذکور در هر دو منطقه مورد مطالعه نشان داد که شهرستان خرم‌آباد با اختلافی به اندازه ۰/۷۷ گرم تک‌بوته از نظر وزن خشک ریشه نسبت به شهرستان کوهدشت برتری داشت (شکل ۱). در بین دوره‌های آبیاری، بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه مربوط به دور آبیاری پنج‌روز و ۱۵ روز بود که با افزایش دور آبیاری از پنج‌روز به ۱۵ روز ۱۲ درصد وزن ریشه کاهش یافت (شکل ۲). تنش آبی قادر است وزن خشک ریشه و بازده گیاه را کاهش دهد (Keck et al., 1984). تنش آبی از طریق برهم زدن تعادل تغذیه‌ای باعث کاهش بازده گیاه و وزن خشک ریشه گیاه می‌شود (Lewis et al., 1986). نتایج مطالعات دیگر نیز

با افزایش دور آبیاری پنج‌روز به دور آبیاری ۱۵ روز، مقدار وزن خشک اندام هوایی ۹ درصد کاهش یافت. در واقع افزایش دور آبیاری از طریق ایجاد محدودیت بر جذب مواد غذایی توسط گیاه و همچنین کاهش مقدار فتوسنتز باعث کاهش عملکرد اندام هوایی گیاه می‌شود. نتایج مطالعه Sadeghipour & Aghaei (2014) نیز مؤید نتایج تحقیق حاضر بود، به طوری که افزایش تنش آبی (آبیاری پس از ۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) بر گیاه ماش باعث شد زیست‌توده این گیاه، ۳۲ درصد نسبت به شرایط عدم کمبود آب خاک کاهش یابد. باین‌حال این اثر تنش آبی می‌تواند با کاربرد سوپر جاذب کاهش یابد. بر اساس نتایج (شکل ۳) به‌طور میانگین در تیمارهای دور آبیاری زیاد (۱۰ و ۱۵ روز آبیاری) که دارای کمبود آب خاک هستند، کاربرد یک مقدار بهینه از سوپر جاذب (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) وزن خشک اندام هوایی را تا ۸/۷ درصد افزایش داد. این پلیمر با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و آب در خاک باعث کاهش کمبود آب خاک می‌شود (Pouresmaeil *et al.*, 2012). نتایج به‌دست‌آمده، در راستای تحقیقات دیگر بود که نشان می‌دهد سوپر جاذب از طریق افزایش نگهداری آب در خاک باعث کاهش اثرات تنش آبی بر روی گیاه سویا می‌شود و عملکرد را تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌دهد.

گیاه از طریق بهبود نفوذپذیری خاک است، به طوری که این ماده می‌تواند نسبت به عدم کاربرد آن ۴۲ درصد وزن خشک ریشه گیاه رزماری را افزایش دهد (Ziaei *et al.*, 2016). همان‌طور که نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد با کاربرد سوپر جاذب مقدار وزن خشک ریشه افزایش می‌یابد و بعد از یک مقدار مشخصی از سوپر جاذب (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) میزان وزن خشک ریشه کاهش می‌یابد که احتمالاً می‌تواند نشان‌دهنده اثرات بازدارندگی این ماده در زمینه رشد گیاه در مقادیر زیاد آن باشد (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن اندام هوایی به ریشه
 نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات متقابل آبیاری و منطقه و سوپر جاذب و آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین در زمینه نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، اثرات اصلی منطقه، آبیاری و اثر متقابل منطقه و آبیاری بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در منطقه کوه‌دشت و دور آبیاری پنج‌روز بود و کمترین مقدار آن نیز در همین منطقه و در دور آبیاری زیادتر یعنی دور آبیاری ۱۵ روز ثبت گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد به‌طور میانگین در سطح دو منطقه،



شکل ۳- وزن خشک اندام هوایی گیاه ماش تحت دوره‌های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپر جاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Fig. 3. Shoot dry matter of mung bean under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

با ۱۴/۷ درصد بود (جدول ۴). اختلاف بین نسبت وزن اندام هوایی به ریشه در دو منطقه مورد مطالعه و همچنین عدم اختلاف بین دوره‌های آبیاری در سطح هر منطقه می‌تواند بیانگر متفاوت بودن خصوصیات خاکی هر کدام از مناطق مورد مطالعه باشد، چراکه توسعه ریشه‌های گیاه علاوه بر این که یک صفت ژنتیکی است، به وضعیت محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است (Alizadeh, 2010). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بافت خاک منطقه کوهدهشت (سیلتی رسی لوم)، بافتی سنگین‌تر است که باعث می‌شود نفوذ ریشه و رشد آن نسبت به خرم‌آباد کاهش یابد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که بین هر دو منطقه مورد بررسی در دوره‌های مختلف آبیاری از لحاظ نسبت وزن اندام هوایی مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴)، به این صورت که بیشترین نسبت وزن اندام هوایی به ریشه در منطقه کوهدهشت و دور آبیاری پنج‌روز مشاهده شد و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان خرم‌آباد و دور آبیاری پنج‌روز بود. البته لازم به ذکر است که در هر منطقه به صورت مجزا، بین دوره‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری از نظر نسبت وزن اندام هوایی به ریشه مشاهده نشد. با این وجود اختلاف دو منطقه به طور میانگین در تمام سطوح آبیاری برابر

جدول ۴- تأثیر دوره‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه و سطح کل ریشه‌ها و وزن خشک اندام هوایی در دو منطقه خرم‌آباد و کوهدهشت

Table 4. The effect of different periods of irrigation on grain yield, the weight ratio of shoot to root, total root area and shoot dry matter in two locations (Khorramabd and Kuhdasht)

منطقه location	دوره‌های آبیاری Irrigation periods	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه The weight ratio of shoot to root	سطح کل ریشه‌ها Total root area (cm ² .plant)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter (g.plant)
Khorramabd	5-day	1658 ^b	31.9 ^b	13 ^a	37.4 ^{ab}
	10-day	1538 ^{bc}	30.8 ^b	11.9 ^b	36.5 ^{ab}
	15-day	1372 ^b	30.5 ^b	10.4 ^c	35.8 ^{ab}
Kuhdasht	5-day	1917 ^a	46.5 ^a	7.33 ^d	37.75 ^a
	10-day	1626 ^b	45.7 ^a	6.64 ^{de}	35.2 ^b
	15-day	1375 ^d	45.2 ^a	5.94 ^e	32.6 ^c

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column, means with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

به شرایط بدون آبیاری دارد و این موضوع به دلیل تغییر پراکندگی ریشه بین شرایط آبیاری و بدون آبیاری است (Benjamin & Nielsen, 2006).

بیشترین و کمترین مقدار سطح کل ریشه در سطوح مختلف کاربرد سوپر جاذب نیز در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف مشاهده شد و در شرایط استفاده از سوپر جاذب مقدار سطح کل ریشه ۶۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳). بر این اساس، افزایش سوپر جاذب باعث بهبود سطح کل ریشه گردید و این افزایش سطح تا حدی از مصرف سوپر جاذب ادامه یافت، به طوری که بعد از آن، افزایش بیش از حد باعث کاهش سطح ریشه گردید (جدول ۳). به طور کلی گیاه معمولاً با تولید سیستم ریشه‌ای عمیق، به منظور افزایش جذب آب از خشکی اجتناب می‌کند، ولی هنگامی که آب در دسترس باشد (به ویژه در مراحل اولیه رشد)، گیاه با توسعه سیستم ریشه‌ای فرعی اقدام به جذب آب می‌نماید (Martinez et al., 2003). در واقع کاربرد سوپر جاذب نیز از طریق بهبود نفوذپذیری و فراهمی و در دسترس قرار دادن رطوبت برای گیاه

سطح کل ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری، سوپر جاذب و اثر متقابل منطقه و آبیاری بر صفت سطح کل ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار سطح ریشه برابر با هفت سانتی متر مربع بود (جدول ۴). همچنین بیشترین مقدار سطح کل ریشه مربوط به دور آبیاری پنج‌روز در خرم‌آباد و کمترین مقدار آن نیز مربوط به دور ۱۵ روز در کوهدهشت بود. نتایج این مطالعه همین‌طور نشان‌دهنده تأثیر نوع منطقه (بافت خاک) و کمبود آب خاک بر این صفت بود، به طوری که افزایش کمبود آب خاک می‌تواند از طریق تغییر در پراکندگی ریشه (Benjamin & Nielsen, 2006) سطح ریشه را کاهش دهد (Dargahi et al., 2012). همچنین سطح ریشه در خاک‌هایی با بافت سنگین‌تر (مانند کوهدهشت) با توجه به محدودیت گسترش آن، کاهش پیدا می‌کند و توسعه ریشه در خاک‌های سبک بیشتر است. در یک تحقیق روی سویا و نخود نشان داده شد که نخود بیشترین سطح ریشه را در شرایط آبیاری نسبت

محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است (Alizadeh, 2010). در واقع با توجه به محیط بهتر ریشه‌ها تأثیر سوپر جاذب بر صفات ریشه‌ای کمتر می‌شود. از طرف دیگر در شرایط کمبود آب، فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها نسبت به شاخه‌ها تخصیص داده می‌شود و در صورتی که این کمبود آب زیاد شود، با بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش رشد پیکر رویشی و افزایش رشد ریشه‌ها می‌شود (Ziaei et al., 2016). این موضوع خود بر کمتر شدن تأثیر سوپر جاذب بر روی صفات ریشه‌ای تأثیر زیادی دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری، سوپر جاذب و همچنین اثرات متقابل آبیاری و منطقه، منطقه و سوپر جاذب، آبیاری و سوپر جاذب معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین اختلاف ایجاد شده به واسطه دور آبیاری و منطقه در زمینه عملکرد برابر با ۵۹۰ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای دور آبیاری پنج‌روز در منطقه کوه‌دشت و دور آبیاری ۱۵ روز در منطقه خرم‌آباد بود (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین آبیاری در سطوح مختلف سوپر جاذب نشان داد که برهمکنش این دو فاکتور قادر به ایجاد اختلاف زیادی در عملکرد دانه به مقدار ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۰ روز و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۵ روز و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود (شکل ۴). اثرات مثبت کاربرد سوپر جاذب بر کاهش اثرات منفی تنش آبیاری در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Fazeli Rostampour et al., 2011; Pouresmaeil et al., 2012). سوپر جاذب در همه دوره‌های آبیاری باعث افزایش عملکرد شد (شکل ۴). همچنین در دوره‌های آبیاری زیاد تأثیر افزایش عملکرد این ماده نسبت به عدم مصرف آن بیشتر مشخص بود. به‌طور کلی در دور آبیاری کم (دور پنج‌روز) با افزایش کاربرد آن تا سطح بسیار زیاد باعث افزایش عملکرد می‌شود و در دوره‌های آبیاری زیاد به‌ویژه دور آبیاری ۱۵ روز عملکرد دانه را نه تنها افزایش نمی‌دهد، بلکه نسبت به همین دور آبیاری و عدم کاربرد سوپر جاذب، عملکرد دانه را به شدت کاهش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مقادیر زیاد سوپر جاذب و مقدار غیربهبینه آن در دوره‌های آبیاری کم، فاقد محدودیت برای رشد گیاه هستند، ولی همین مقادیر در تیمارهای زیاد، حساسیت بیشتری برای گیاه ایجاد می‌کنند. علت این کاهش احتمالاً به

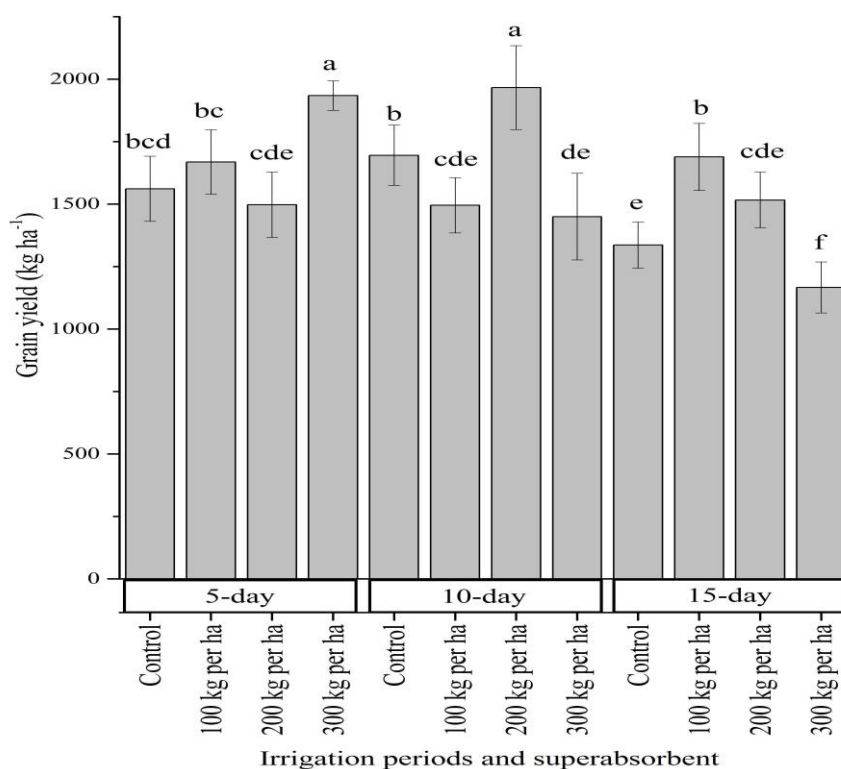
باعث افزایش توسعه ریشه‌های افشان می‌شود که به موازات آن سطح کل ریشه گیاه افزایش می‌یابد. با افزایش مصرف سوپر جاذب سطح ریشه گیاه تا حد مشخصی افزایش و بعد از آن کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سطح ریشه (۳۶/۸۵ سانتی‌متر مربع) در سطح ۰/۲ درصد وزنی سوپر جاذب به‌دست آمد و با افزایش به سمت ۰/۴ درصد وزنی سوپر جاذب مقدار سطح ریشه ۲/۷۴ سانتی‌متر مربع کاهش یافت. در واقع اگر سوپر جاذب به‌صورت غیراصولی و غیربهبینه به مقدار زیاد به کار برده شود، از طریق ایجاد شرایط بی‌هوایی (Asgari & Behdani, 2016) باعث اختلال در تنفس و جذب مواد غذایی برای ریشه می‌شود (Arabi et al., 2015).

طول کل ریشه‌ها

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری و سوپر جاذب بر صفت طول کل ریشه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که به‌طور کلی صفت طول کل ریشه در منطقه خرم‌آباد در مقایسه با منطقه کوه‌دشت ۴/۱ سانتی‌متر بیشتر بود (شکل ۱). در بین دوره‌های مختلف آبیاری، اختلاف بیشترین و کمترین دور از نظر طول کل ریشه، یک سانتی‌متر بود (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب نسبت به عدم کاربرد سوپر جاذب، طول ریشه به مقدار ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۳). در شرایط محدودیت آب، ریشه برای جذب آب به سمت لایه‌های پایین‌تر رشد کرده تا بتواند با جذب آب، نیاز گیاه را برآورده نماید. در تحقیقی گزارش شد که ریشه‌های گیاهان در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) یا آبیاری مجدد بعد از تنش، لایه‌های کم‌عمق خاک را برای رشد ترجیح می‌دهند، اما در شرایط تنش آبی، ریشه‌ها بیشتر در لایه‌های عمیق‌تر خاک که مرطوب هستند، رشد می‌کنند تا بدین‌وسیله آب مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند (Asseng et al., 1998). مطالعات نیز مؤید این موضوع هستند که افزایش تنش آبی باعث افزایش طول ریشه گیاه می‌شود. به‌عنوان مثال تنش خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) نسبت به شرایط بدون تنش مقدار ریشه کنجد (*Sesamum indicum*) را ۱۸/۶۵ سانتی‌متر افزایش داد (Dargahi et al., 2012). در زمینه عدم تأثیر سوپر جاذب در سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات ریشه در مقایسه با صفات هوایی شاید بتوان به این مطلب اشاره کرد که اگرچه کل رشد گیاه در خلال کمبود آب کاهش می‌یابد، اما ریشه در مقایسه با رشد اندام هوایی در این شرایط از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار است. توسعه ریشه‌های گیاه علاوه بر این که یک صفت ژنتیکی است، به وضعیت

که با افزودن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی در این مطالعه افزایش معنی‌داری نشان دادند، اما با افزایش مقدار سوپرجاذب از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، به علت بازدارندگی این پلیمر از طریق اختلال در تنفس و جذب مواد غذایی برای ریشه، کاهش معنی‌داری در تمامی صفات مورد مطالعه مشاهده گردید.

خاطر حالت بازدارندگی این پلیمرها در مقدارهای کاربرد زیاد آنها است. این حالت بازدارندگی می‌تواند در نتیجه حجیم‌شدن پلیمر و اشغال فضای زیاد در خلل و فرج خاک باشد که منجر به محدود شدن تنفس، جذب مواد غذایی و سایر اعمال حیاتی ریشه می‌گردد. در یک تحقیق (Arabi et al., 2015) بر روی کاربرد اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل سوپرجاذب بر کارکرد گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشخص شد



شکل ۴- عملکرد دانه گیاه ماش تحت دوره‌های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Fig. 4. Grain yield of mung bean under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent
Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

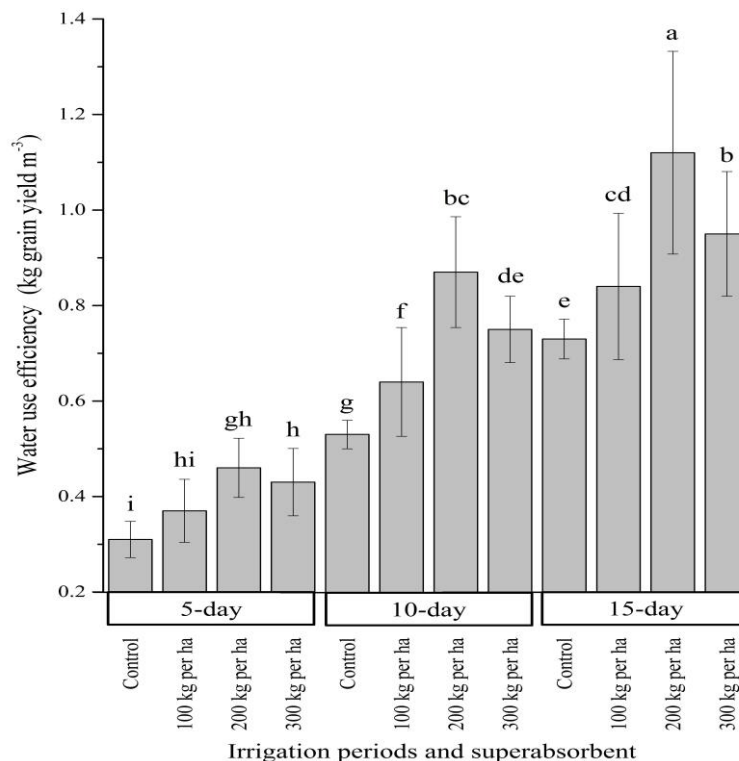
سوپرجاذب (تیمار شاهد) و دور آبیاری ۵روز مشاهده شد (شکل ۵). برهمکنش بین مقدار عملکرد و مقدار مصرف آب تعیین‌کننده کارایی مصرف آب است. در واقع تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب و دور ۱۵روز آبیاری نسبت به سایر تیمارها دارای مقدار عملکرد بیشتری به نسبت آب مصرفی بود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، بیشترین عملکرد دانه در سطح ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب به دست آمد (شکل ۵) و کاربرد بیشتر سوپرجاذب نه تنها باعث افزایش عملکرد دانه نشد، بلکه آن را کاهش داد. همچنین در تیمار ۱۵روز دور آبیاری (۱۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار) آب کمتری در مقایسه با دور

کارایی مصرف آب

در بین اثرات مختلف تیمارهای آزمایش بر روی صفت کارایی مصرف آب فقط اثرات ساده دور آبیاری و سوپرجاذب (در سطح یک درصد) و اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طور متوسط در سراسر دو منطقه مورد بررسی، در بین تیمارهای مختلف آبیاری در زمینه کارایی مصرف آب (اختلاف به میزان ۰/۸۱ کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی)، بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب و دور آبیاری ۱۵روز و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار عدم کاربرد

مطابقت دارد (Haghghat Talab & Behbahani, 2006;) در این تحقیقات نشان داده شده است که سوپر جاذب از طریق نگهداری بیشتر آب در خاک باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود.

پنج روز آبیاری (۴۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار) مصرف شد که این موضوع، در مجموع موجب برتری برهمکنش ۲۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب× دور آبیاری ۱۵ روز نسبت به سایر برهمکنش‌ها از کارایی مصرف آب شد. این نتایج با نتایج سایر مطالعات نیز



شکل ۵- کارایی مصرف آب گیاه ماش تحت دوره‌های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپر جاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Fig. 5. Water use efficiency of mung bean under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

اندازه آن موجب کاهش صفات ریشه‌ای و نیز کاهش عملکرد دانه گیاه ماش می‌گردد. همچنین در این تحقیق نشان داده شد که برای بهبود صفات ریشه‌ای و عملکرد دانه گیاه ماش کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب آکوا زورب در هکتار مقدار بهینه است و بیشتر از آن نه تنها هزینه‌های اضافی را به همراه دارد، بلکه سبب کاهش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب نیز می‌گردد. در مجموع، با به کارگیری روش‌های پیشرفته مانند استفاده از سوپر جاذب‌ها، از طریق حفظ و ذخیره رطوبت در خاک و بهبود نفوذپذیری آب در خاک می‌توان گامی مؤثر در جهت بهره برداری از منابع محدود آب و افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد دانه برداشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد دور آبیاری زیاد در اکثر موارد باعث کاهش صفات مختلف شامل حجم ریشه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، سطح کل ریشه و عملکرد دانه گیاه ماش شد. این در حالی بود که در بین صفات مورد بررسی در شرایط کمبود آب خاک (دور آبیاری زیاد) فقط طول کل ریشه افزایش یافت. با وجود این، تأثیرات منفی دوره‌های زیاد آبیاری به ویژه بر روی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب را می‌توان با استفاده از سوپر جاذب کاهش داد. نتایج همچنین نشان داد که با این‌که کاربرد سوپر جاذب باعث بهبود صفات مورفولوژیک ریشه گردید، اما استفاده بیش از

منابع

1. Alizadeh, A. (2010) Soil and Plant Water Relations. Publications Ferdowsi University of Mashhad. 516 pp. (In Persian).
2. Alizadeh, A. 2009. Water, Soil and Plant Relation. Astane Godse Razavi Publishers. (In Persian).
3. Arabi, Z., Kaboosi, K., Rezvantaleb, N., and Torke Lalebagh, J. 2016. Effects of irrigation and super-absorbent hydrogels on morphological characteristics, yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Crop Production 8(4): 51-66. (In Persian with English Summary).
4. Asgari, R., and Behdani, M.A. 2016. The role of superabsorbent polymers in sustainable agriculture. Zeitun 238: 20-23. (In Persian).
5. Asseng, S., Ritchie, J.T., Smucker, A.J.M., and Robertson, M.J. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil 201: 265-273.
6. Atkinson, D. 2000. Root Characteristics: Why and What to Measure. In: Root Methods. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 1-32.
7. Azzam, R.A.I. 1980. Tailoring polymeric gels for soil reclamation and hydroponics. Communications in Soil Science and Plant Analysis 16(10): 1123-1138.
8. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97: 248-253.
9. Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M., and Rasoulzadeh, A. 2012. Effect of water deficit stress on root morphological characters in sesame cultivars. Journal of Crop Production 5(4): 151-172. (In Persian with English Summary).
10. Du, Y.C., Nose, A., Wasano, K., and Uchida, Y. 1998. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C4 pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. Functional Plant Biology 25(2): 253-260.
11. Fazeli Rostampour, M., Seghatoleslami, M., and Mousavi, G.H. 2011. The effect of water deficit and polymer (superabsorbent A200) on yield and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) in Birjand. Environmental Stress in Crop Sciences 4(1): 11-19. (In Persian).
12. Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 101-110. (In Persian with English Summary).
13. Haghighat Talab, A., and Behbahani, M.R. 2006. Model of water consumption optimization in hydroponic greenhouses by using super absorbent polymer PR3005A. In: Proceedings of the 1st Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Ahwaz. (In Persian).
14. Haghighi, M., Mozafarian, M., and Afifipour, Z. 2014. The effect of superabsorbent polymer and different withholding irrigation level on some qualitative and quantitative traits of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Journal of Horticultural Science 28(1): 125-133. (In Persian with English Summary).
15. Islam, M.R., Hu, Y., Mao, S., Mao, J., Eneji, A.E., and Xue, X., 2011. Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(11): 1998-2005.
16. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M.B. 2013. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). Journal of Agroecology 3(2): 71-90. (In Persian with English Summary).
17. Johnson, M.S., and Woodhouse, J. 1990. Effect of super absorbent polymers on efficiency of water use by cropseeding. Journal of the Science of Food and Agriculture 52: 431-434.
18. Keck, T.J., Wagent, P., Campbell, W.F., and Knighton, R.E. 1984. Effect of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. Soil Science 48: 1310-1315.
19. Keikha, M., Noori, M., and Keshtegar, A. 2016. Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Pulses Research 7(2): 138-151. (In Persian with English Summary).
20. Lewis, D.C., and Mcfarlane, J.D. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. Australian Journal of Agricultural Research 37: 567-572.
21. Martinez, J.P., Ledent, J.F., Bajji, M., Kinet, J.M., and Lutts, S. 2003. Effect of water stress on growth, Na and K accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two populations of *Atriplex halimus* L. Plant Growth Regulation 41: 63-73.

22. Monnig, S. 2005. Water saturated super-absorbent polymers used in high strength concrete. *Otto- Graf-Journal* 16: 193-202.
23. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O., and Osuagwu, A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. *Recent Research in Science and Technology* 2010: 2: 27-33.
24. Poursmaeil, P., Habibi, D., Mashadi Akbar Boojar, M., Tarighaleslami, M., and Khishouei, S. 2012. Effects of superabsorbent application on agronomic characters of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4(24): 1874-1877.
25. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2014. Investigation the effect of drought stress and magnetized water on yield and yield components of mung bean. *Journal of Crop Production Research* 6(1): 79-86. (In Persian with English Summary).
26. Shaban, M., Mansourifar, S., Ghobadi, M., and Ashrafi Parchin, R. 2011. Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Seed and Plant Production* 4: 451- 470. (In Persian with English Summary).
27. Tongo, A., Mahdavi, A., and Sayad, E. 2014. Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of *Acaciavictoriae* seedlings under drought stress. *Ecopersia* 2(2): 571-583.
28. Wu, L., Liu, M., and Liang, R. 2008. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. *Bioresource Technology* 99: 547-554.
29. Yazdani, F., Allahdadi, I., Akbari, G.A., and Behbahani, M.R. 2007. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean yield and yield components (*Glycine max* L.). *Pajouhesh & Sazandegi* 75: 167-174. (In Persian with English Summary).
30. Ziaei, A., Moghaddam, M., and Kashefi, B. 2016. The effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology* 7(2): 99-111. (In Persian with English Summary).

Study the effects of superabsorbent on root characteristics and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.)

Soheilnejad¹, A., Mahdavi Damghani^{2*}, A., Liaghati², H. & Pezeshkpour³, P.

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran; soheilnejad@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran; (mmd323@yahoo.com; h_liaghati@sbu.ac.ir, respectively)

3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorramabad, Iran; papezeshkpour@yahoo.com

Received: 25 December 2017

Accepted: 12 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68714

Introduction

Water is an important economic resource in many parts of the world, especially in arid and semi-arid regions. Also, drought stress is a major constraint for crop production in arid and semiarid regions, such as Iran. Drought stress affects different aspect of plant growth, through a series of morphological and physiological changes. Application of some soil conditioners, like superabsorbent polymers, could be effective for absorbing seasonal rain and suitable source of water for plant growth during dry seasons. These polymers can reserve different amounts of water in itself and so increases the soil ability of water storing and preserving and approve plant growth under water deficiency. Also, they can improve plant growth indices and increase its growth by changing the soil structure and improving the environmental conditions of plant growth. This experiment was conducted in order to study the effects of superabsorbent and irrigation period on root characteristics and yield of mung bean.

Materials & Methods

The field experiment was conducted at two locations during summer in 2015. First location was Khorramabad which located at 33.46° N, 48.33° E and has moderate and semi-humid climate with average annual rainfall of 504.3 mm. The second location was Kuhdasht that located at 33.52° N, 47.61° E and has semi-dry climate with average annual rainfall of 390.4 mm. The field experiment was carried out as a split-plot base on randomized complete block design with four replications. The treatments included irrigation period at three levels (5, 10, and 15 day) as main plots and four levels of superabsorbent polymer Aquasorb (control, 100, 200 and 300 Kg ha⁻¹) as subplot. Finally, at the end of growth period, 5 plants was used to measure mung bean traits included root volume, root dry matter, the weight ratio of shoot to root stem dry weight, total root area, total root length and grain yield. The volume and length of root was measured using the method of Atkinson (Atkinson, 2000). ANOVA and Duncan's Multiple Range Test were performed to determine and analyze the significant difference and means comparison respectively at P<0.05. SAS-9.1 software was used to do statistical analysis. Also, OriginPro 9.1 software was applied to draw figures.

Results & Discussion

The results of variance analysis showed that location and irrigation had a significant effect on all the evaluated properties. Also, superabsorbent had a significant effect on all the evaluated properties (except the weight ratio of shoot to root). In addition, interaction effects of superabsorbent and irrigation and superabsorbent and location were just significant on grain yield (p<0.05). Interaction effects of superabsorbent and irrigation was also significant on water use efficiency (WUE) (p<0.05). Interaction effects of location and irrigation were significant on attributes such as the weight ratio of shoot to root, grain yield (p<0.01) and total root area (p<0.05). Results indicated that drought stress reduced root volume and root dry weight and increased total root length traits and root dry weight, increasing the total length of the

*Corresponding Author: mmd323@yahoo.com

roots so that the lowest root volume ($3.11 \text{ cm}^3 \text{ Plant}^{-1}$) and root dry weight ($0.93 \text{ g. Plant}^{-1}$) and the highest total root length ($9.1 \text{ cm Plant}^{-1}$) was recorded at 5-day irrigation period. However, all these traits and grain yield were increased by applying the super superabsorbent polymer. The highest root volume ($3.62 \text{ cm}^3 \text{ Plant}^{-1}$), root dry weight (1.1 g Plant^{-1}) and total root length ($9.8 \text{ cm Plant}^{-1}$) were obtained at 200 kg superabsorbent per ha. The highest WUE ($1.12 \text{ Kg grain yield m}^{-3}$) was obtained at 200 Kg superabsorbent per ha and 15-day irrigation period and the lowest ($0.31 \text{ Kg grain yield m}^{-3}$) was recorded at control and 5-day irrigation. Also, across irrigation periods and locations, the difference between the highest (200 Kg superabsorbent per ha and 10-day irrigation period) and lowest (300 Kg superabsorbent per ha and 15-day irrigation period) grain yield was 800 Kg per ha. Actually by increasing superabsorbent per ha, grain yield was increased but it improved until a certain level of superabsorbent and after that grain yield was reduced. Result showed that although the interaction of irrigation period and superabsorbent was not significant on root morphological characteristics, effects of superabsorbent was significant on root morphological characteristics and these traits of mung bean were improved by applying superabsorbent.

Conclusion

Generally, results revealed that the Aqasorb superabsorbent hydrogel can improve the morphological characteristics of mung bean root and can reduce the negative impact of the high periods of irrigation on grain yield and WUE of mung bean. Thus, applying superabsorbent that has the ability of absorbing considerable amount of water, caused improving in physical conditions of soil and affected the plants response to water stress indirectly and can help plants in water shortage conditions. Also, the amount of optimal application of Aqasorb superabsorbent is 200 Kg ha^{-1} and using more than $200 \text{ Kg superabsorbent per ha}$ (especially in the high periods of irrigation) will reduce grain yield, WUE and the morphological characteristics of mung bean root and will increase the cost of production.

Keywords: Grain yield, Locations, Root volume, Total root length