نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۲(۶۲)، تابستان ۱۴۰۱، صفحه ۲۱۶-۲۰۱

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/JCEP.2022.1902094.1693

تاثیر آبیاری تکمیلی و سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.)

سیده نساء شاهرخی[۱و۲]، احمد نادری[۲و۳*]، پیام پزشکپور[۲و۴]، مانی مجدم[۲] و عادل مدحج[۲و۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۸

چکیده

کم آبی از جمله عواملی است که با ایجاد محدودیت در رشد، دستیابی به عملکرد بالا را دشوار می‌سازد و استفاده بهینه از آب نقش مهمی در حصول عملکرد مورد انتظار دارد. همچنین، توجه به نقش مدیریتی کاربرد برخی از مواد افزودنی نظیر سوپرجاذب‌ها به منظور استفاده بهینه از آب در کشاورزی، در شرایط تنش کم‌آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدین منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۴- ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگائی، خرم‌آباد به اجرا درآمد. تیمار آبیاری تکمیلی در سه سطح دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی + ۵۰ درصد غلاف‌دهی) در کرت‌های اصلی، سوپرجاذب (مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف) در کرت‌های فرعی و ارقام نخود (آرمان، آزاد، هاشم، عادل و لاین ILC482) در کرت‌های فرعی-فرعی قرار داده شدند. بیشترین عملکرد دانه و پروتئین (به‌ترتیب ۳۸۹۰ و ۸۷۰ کیلوگرم در هکتار)، در شرایط آبیاری تکمیلی در دو مرحله و مصرف سوپرجاذب به‌دست آمد که نسبت به شاهد دیم و عدم مصرف سوپرجاذب به‌ترتیب ۲۴ و ۲۱ درصد بیشتر بود. بیشترین شاخص سبزینگی برگ (۳۹/۲۲)، تعداد غلاف در بوته (۲۲/۱)، وزن صد دانه (۵۲/۴ گرم) و عملکرد زیستی (۵۴۳۱/۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به آبیاری دو مرحله‌ای بود. همچنین بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۷/۷) در رقم هاشم و مصرف سوپرجاذب مشاهده شد که نسبت به عدم مصرف سوپرجاذب در همین رقم به‌ترتیب ۳۴ درصد بیشتر بود. برهمکنش سوپرجاذب و رقم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۴۱۵۹ کیلوگرم در هکتار)، نیتروژن دانه (۳/۶۹ درصد) و عملکرد پروتئین (۹۶۰ کیلوگرم در هکتار) در رقم عادل و در شرایط مصرف سوپرجاذب بود. در شرایط دیم، مصرف سوپرجاذب باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد پروتیئن ژنوتیپ‌های نخود شد. نتایج نشان داد که در تمام سطوح آبیاری تکمیلی، استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب موجب بهبود شرایط رشدی گیاه و افزایش معنی‌دار کمیت دانه گردید.

واژگان کلیدی: پروتئین، پلیمر آب‌دوست، شاخص سبزینگی، عملکرد زیستی، کم‌آبی.

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه زراعت، واحداهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز ، ایران.

۳- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

۴- بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.

۵- گروه زراعت، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

*** نگارنده‌ی مسئول** ah_naderi36@yahoo.com

مقدمه

ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک است که در سال‌های اخیر به‌دلیل پدیده تغییر اقلیم و کاهش بارندگی از کمبود آب رنج می‌برد. گیاهان در صورت مواجه شدن با کمبود آب و تنش خشکی در طول دوره رشد عملکردشان کاهش خواهد یافت (Farjam *et al*., 2017). نخود محصولی است که به‌دلیل خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی، نقش مهمی در ثبات تولید نظام‌های زراعی در کشاورزی پایدار داشته (Pezeshkpour and Khademi, 2014) و همچنین به‌دلیل جلوگیری از تجمع بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز در تناوب با غلات ،جایگاه ویژه‌ای دارد. در سال ۱۳۹۸ سطح زیر کشت نخود در کشور معادل ۴۳۴ هزار هکتار و تولید آن ۱۷۸ هزار تن با میانگین عملکرد ۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بوده است که سهم استان لرستان بیش از صد و سی هزار هکتار می‌باشد (Mostofi-Sarkari and Safari, 2020). در دهه‌های اخیر سطح زیر کشت نخود در کشور تقریباً ۳ برابر شده ولی عملکرد آن حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است. دلیل اصلی این کاهش، اختصاص اراضی دیم و کم بازده به کشت نخود و همچنین خشکی آخر فصل در کشت دیم است. نخود در استان لرستان عمدتاً به‌صورت دیم و معمولاً پس از بارندگی مؤثر کشت می‌گردد، در این شرایط عمدتاً تنش خشکی انتهای فصل از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های گیاه زراعی به‌شمار می‌رود. آبیاری تکمیلی معمولاً در مناطقی به‌کار می‌رود که میزان بارندگی برای رشد گیاه کافی باشد، ولی پراکنش باران متناسب با دوره رشد نخود نباشد. این مشکل در مورد گیاه نخود دیم جدی‌تر است چرا که نخود اغلب به‌صورت سنتی کشت شده و رشد سریع آن نیز همزمان با مرحله‌ای است که رطوبت خاک کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی می‌بایست استفاده بهینه از آب را افزایش داد. از جمله این راهکارها می‌توان به آبیاری تکمیلی اشاره کرد که کمک می‌کند در دوره‌هایی که بارندگی کم است حداکثر تولید گیاه حفظ شود (Alahyari *et al*., 2013). همچنین، در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی برای افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته است که در این راستا می‌توان به استفاده از ترکیبات سوپرجاذب به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی در صرفه‌جویی و استفاده بهینه از آب اشاره کرد (Alahyari *et al*., 2013). پلیمرهای سوپرجاذب ترکیبات آلی هستند که قادرند آب را به میزان قابل‌توجهی در ساختمان خود نگهداری کرده و در شرایط کم‌آبی به‌تدریج در اختیار گیاه بگذارند (Zhong *et al*., 2013). این پلیمرها بی‌خطر و غیرسمی بوده که درنهایت به دی‌اکسیدکربن، آب و یون‌های آمونیوم و پتاسیم بدون هیچ باقی‌مانده‌ای تجزیه می‌شوند (Moradi-Ghahderijani *et al*., 2017).

آبیاری تکمیلی نخود به‌عنوان یک راه‌حل مناسب و کاربردی می‌تواند نقش مهمی در پایداری و افزایش عملکرد دانه داشته باشد (Amiri *et al*., 2016). پرسا و همکاران (Porsa *et al*., 2017) با بررسی خصوصیات مورفوفنولوژیک، شاخص‌های رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در شرایط آبیاری تکمیلی در نیشابور دریافتند که عملکرد دانه نخود ژنوتیپ MCC80 در شرایط آبیاری تکمیلی در زمان کاشت و گل‌دهی با میانگین ۹۷۰ کیلوگرم در هکتار، حدود دو برابر بیشتر از شرایط دیم بود. در تحقیقی دیگر با بررسی پاسخ فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی (آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد

گل‌دهی و ۵۰ درصد پر شدن دانه) در شرایط کشت دیم در خرم‌آباد نشان دادند که آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی موجب افزایش ۷۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط کشت دیم شد (Bagheri *et al*., 2019). سوپرجاذب می‌تواند با افزایش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب یکی از راهکارهای مدیریتی مطلوب برای کاربرد در شرایط آبیاری و کم‌آبی به شمار رود (Bagheri *et al*., 2019). در تحقیقی عملکرد گیاه نخود تحت شرایط کاربرد سوپرجاذب بررسی و گزارش شد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در تیمار کاربرد سوپرجاذب بیشتر از عدم کاربرد بود (Khan *et al*., 2019). نتایج آزمایش‌های گذشته نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه با کاربرد ۳۰۰ گرم در متر مربع پلیمر سوپرجاذب افزایش یافته است (Alahyari *et al*., 2013). گزارش شده کاربرد سوپرجاذب موجب افزایش محتوای آب نسبی در گیاه گندم شد که در نهایت افزایش شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل را به همراه داشت (Mortezavi *et al*., 2015). آنها هم‌چنین گزارش کردند که با کاربرد سوپرجاذب اجزای عملکرد گندم (تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) افزایش یافته و در نهایت تمامی این عوامل باعث شد عملکرد دانه به‌طور قابل توجهی در مقایسه با شرایط عدم کاربرد سوپرجاذب افزایش یابد. نتایج یک آزمایش که به‌منظور بررسی امکان افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم در اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب انجام شد، نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه، با افزایش میزان پلیمر سوپرجاذب افزایش یافته است (Alahyari *et al*., 2013).

با توجه محدودیت منابع آبی و اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران و هم‌چنین میانگین عملکرد کم نخود در مقایسه با میانگین جهانی، لازم است تدابیری اندیشیده شود که با مصرف کنترل شده آب در مراحل حساس و حیاتی نخود، بیشترین عملکرد دانه حاصل شود. هدف از تحقیق حاضر، بررسی مدیریت بهینه آبیاری از طریق اعمال آبیاری تکمیلی در مراحل مهم گل‌دهی و غلاف‌دهی ژنوتیپ‌های مختلف نخود دیم در شرایط مصرف سوپرجاذب بر صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک و در نهایت معرفی بهترین تیمار از نظر تولید عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات چندمنظوره سراب چنگایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. مجموع بارش سالیانه در طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ برابر با ۳۲۶ میلی‌متر بود (جدول ۱).

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. رژیم آبیاری تکمیلی شامل سه سطح آبیاری دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی+۵۰ درصد غلاف‌دهی به کرت‌های اصلی، دو سطح سوپرجاذب شامل: بدون مصرف و مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های فرعی و ۵ رقم نخود شامل آرمان، آزاد، هاشم، عادل و لاین ILC482 به کرت‌های فرعی-فرعی اختصاص یافت. بذور در همان سال از مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان و معاونت موسسه تحقیقات دیم سرآبرود تهیه شده بود. پلیمر سوپرجاذب مورد استفاده از نوع

آکوازورب، ساخت کشور فرانسه بود که یک کوپلیمر اکریل آمید و جزو پلیمرهای آب‌دوست است (Alahyari *et al*., 2013). میزان رطوبت آن ۱۵-۱۰ درصد و ظرفیت کاتیونی ۴/۶ میلی‌اکی والان بر گرم است. زمین محل آزمایش در سال قبل از اجرای تحقیق به‌صورت آیش بود. عملیات زراعی شامل شخم و دو دیسک عمود بر هم و در نهایت تسطیح بود. کاشت و اعمال تیمارهای آزمایشی بعد از اولین بارندگی مؤثر (هفته آخر آذر) انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول چهار متر و فاصله بین خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۳۵ بوته در مترمربع بود. بین کرت‌های آزمایشی و تکرارها به‌ترتیب یک و دو متر فاصله در نظر گرفته شد. کوددهی بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) به میزان ۵۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و به‌صورت پیش‌کاشت انجام شد. بذرهای نخود در داخل شیارهایی به عمق هفت سانتی‌متر قرار گرفتند. پلیمر هم‌زمان با کاشت به‌صورت نواری در زیر بذرها در عمق ۳۰ سانتی‌متر قرار داده شد (Ganjeali *et al*., 2007; Mokhtari Motlagh and Sharifan, 2017). کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی و در تمام طول فصل رشد انجام شد.

یک هفته بعد از آبیاری تکمیلی دوم (۵۰ درصد غلاف‌دهی، ۱۵ خرداد) شاخص سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری شاخص سبزینگی (Konica Minolta SPAD-502) در پنج بوته از هر کرت اندازه‌گیری و سپس میانگین آن برای هر کرت مورد نظر ثبت شد. به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد، برداشت به‌صورت دستی انجام گرفت. مساحت برداشت شده هر کرت برای عملکرد دانه و عملکرد زیستی از ۴ ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، یک مترمربع بود. جهت تعیین اجزای عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی اندازه‌گیری شدند. برای تعیین درصد نیتروژن دانه، پروتئین دانه و در نهایت عملکرد پروتئین دانه، پس از خشک کردن دانه‌ها در آون الکتریکی و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، نمونه‌های ۲۵ گرمی مربوط به هر تیمار آسیاب شدند. برای اندازه‌گیری عنصر نیتروژن دانه، ابتدا از نمونه‌های آسیاب شده عصاره هضم تهیه شد و از روش کجلدال استفاده شد (Beljkas *et al*., 2010). درصد پروتئین دانه با حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ و ضرب آن در عدد صد محاسبه گردید (Salo-väänänen and Koivistoinen, 1996). عملکرد پروتئین دانه نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه محاسبه شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه گردید.

نتایج و بحث

شاخص سبزینگی برگ

شاخص سبزینگی برگ تحت تأثیر تیمار اصلی آبیاری و برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین آبیاری بر شاخص سبزینگی برگ (جدول ۴) نشان داد که آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای (آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی+ آبیاری در ۵۰ درصد غلاف‌دهی) باعث افزایش معنی‌دار شاخص سبزینگی برگ شد به‌طوری که نسبت به آبیاری

تکمیلی یک مرحله‌ای (آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی) و شاهد (دیم) به‌ترتیب ۳/۳ و ۸/۶ درصد شاخص سبزینگی برگ بیشتری داشت. همچنین، برهمکنش دوگانه سوپرجاذب در رقم نشان داد که در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب، ارقام عادل و آرمان بیش‌ترین شاخص سبزینگی را نسبت به باقی ارقام نشان داد و نسبت به رقم هاشم که در همین تیمار، کمترین شاخص سبزینگی برگ را دارا بود، به ترتیب ۵۶ و ۵۴ درصد بیشتر بود (جدول ۵). در شرایط کاربرد سوپرجاذب، رقم هاشم بیشترین شاخص سبزینگی برگ را دارا بود و نسبت به رقم عادل که کمترین شاخص سبزینگی برگ را به‌دست آورد، ۴۹ درصد شاخص سبزینگی بیشتری داشت. کاهش مقادیر کلروفیل در شرایط دیم، توسط دیگر محققین گزارش شده است (Jamshidi *et al*., 2012). در گیاه نخود، تنش خشکی موجب کاهش محتوای کلروفیل گردیده که علت آن خسارت ناشی از رادیکال‌های آزاد عنوان شده است. به نظر می‌رسد کمبود رطوبت و درنتیجه ناتوانی گیاه نخود در تأمین عناصر مورد نیاز خود از محیط خاک باشد. همچنین، افزایش آنزیم کلروفیلاز (Keshavarz and Khodabin, 2019) که موجب تخریب کلروفیل و کاهش تنش اکسیداتیو می‌شود نیز از دیگر دلایل کاهش سبزینگی برگ است. احتمالاً آبیاری در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی با فراهمی رطوبت مورد نیاز گیاه، هم از خسارت تنش کم‌آبی و تخریب کلروفیل جلوگیری نموده و هم باعث تسهیل انتقال عناصر از محیط خاک به گیاه می‌گردد. از طرفی ارقام مورد آزمایش در شرایط کاربرد و عدم کاربرد سوپرجاذب نتایج متفاوتی نشان دادند که علت آن پتانسیل‌های ژنتیکی متفاوت ارقام است. افزایش شاخص سبزینگی برگ ارقام در تیمار کاربرد سوپرجاذب می‌تواند به دلیل تأمین رطوبت و تسهیل در فراهمی مواد غذایی در شرایط رطوبتی محیا شده توسط مصرف سوپرجاذب باشد. چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد سوپرجاذب با جذب آب و با در دسترس قرار دادن آن برای گیاه، باعث انتقال بهتر عناصر از محیط خاک به گیاه شده که موجب بهبود شرایط سبزینگی گیاه شده است.

تعداد غلاف در بوته

جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تیمار اصلی آبیاری و برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد که در شرایط آبیاری تکمیلی، تعداد غلاف در بوته نسبت به شرایط دیم افزایش پیدا کرد (جدول ۴)، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دو سطح آبیاری تکمیلی وجود نداشت (جدول ۳). برهمکنش سوپرجاذب و رقم نشان داد در تیمار مصرف سوپرجاذب، ارقام هاشم و آزاد با میانگین‌های ۲۷/۷ و ۲۶/۶ غلاف در بوته هر دو در گروه برتر بودند و نسبت به رقم عادل که کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۹/۲) را به‌دست آورد به‌ترتیب ۳۰/۷ و ۲۷/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۵). در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب، رقم آرمان دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته (با میانگین ۲۴/۱) بود (جدول ۵). در همین تیمار رقم عادل کمترین تعداد غلاف در بوته را با میانگین ۱۶/۵ غلاف در بوته و ۳۱ درصد کمتر از رقم آرمان تولید کرد. از نتایج این تحقیق می‌توان استنباط کرد که مصرف سوپرجاذب از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش ذخیره عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز شده که در نهایت منجر به افزایش گل‌دهی و تعداد غلاف بیشتر گردیده است. همچنین، فراهمی رطوبت قابل‌دسترس سبب توسعه بیشتر تاج پوشش گیاه

نخود و در نتیجه جذب انرژی تشعشعی بیشتر گیاه می‌گردد. این امر به‌نوبه خود منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد غلاف در گیاه می‌گردد. از طرفی، تنش رطوبتی طی دوره گل‌دهی باعث کوتاه شدن این دوره و کاهش تعداد گل‌ها خواهد شد. طولانی شدن دوره رشد رویشی و افزایش بیوماس سبب اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به غلاف‌ها و ماندگاری بیشتر آنها می‌شود.

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد دانه در غلاف تنها تحت تأثیر برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید (جدول ۳). جدول برهمکنش سوپرجاذب در رقم (جدول ۵) نشان داد که در شرایط کاربرد سوپرجاذب، بیشترین تعداد دانه در غلاف در رقم هاشم به‌دست آمد که البته با ارقام آزاد و لاین ILC482 در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۵). در همین تیمار، رقم آرمان با میانگین ۰/۸۵ دانه در غلاف و ۱۶ درصد کمتر از رقم هاشم، دارای کم‌ترین تعداد دانه در غلاف بود که البته با رقم عادل در یک گروه آماری قرار داشت. در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب (شاهد) بیشترین تعداد دانه در غلاف در رقم آرمان مشاهده شد. اگرچه با رقم آزاد و لاین ILC482 در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۵). همچنین ارقام عادل و هاشم با میانگین ۰/۹۰ کمترین تعداد دانه در غلاف را دارا بودند. به نظر می‌رسد شرایط دیم باعث کاهش طول دوره زایشی گیاه گردیده که خود موجب کاهش مواد فتوسنتزی رسیده به گیاه شده است. در نتیجه این امر، تعداد گل کمتری تلقیح و یا تعداد گل‌های بیشتری ریزش کرده است که کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته را به همراه داشت. نتایج سایر محققین بیانگر افزایش تعداد گل در بوته، تعداد غلاف در بوته (Alahyari *et al*., 2013) و درنهایت تعداد دانه در بوته گیاه نخود به‌وسیله کاربرد سوپرجاذب‌ها بود (Bagheri *et al*., 2019). گزارش شده که آبیاری تکمیلی در گیاه نخود و جو، با فراهم آوردن شرایط آبی مناسب سبب افزایش عملکرد گیاه از طریق افزایش اجزای عملکرد می‌شود (Farhadi and Pezeshkpour, 2019; Paredes *et al*., 2017).

وزن صد دانه تحت تأثیر تیمار اصلی آبیاری و برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین آبیاری نشان داد که آبیاری تکمیلی منجر به افزایش وزن دانه نخود شد به‌طوری که آبیاری در ۵۰٪ گلدهی +۵۰٪ غلاف‌دهی با میانگین ۵۲/۴ گرم دارای بیشترین وزن صد دانه بود و نسبت به آبیاری یک مرحله‌ای و شاهد به‌ترتیب ۴/۹ و ۹/۳ درصد وزن صد دانه بیشتری داشت (جدول ۴). برهمکنش دوگانه سوپرجاذب و رقم حاکی از آن بود که در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب بیشترین و کمترین وزن صد دانه در رقم آزاد و هاشم (به‌ترتیب ۵۸/۴ و ۳۵/۶ گرم) تولید شده است، اگرچه با مصرف سوپرجاذب نتایج متفاوتی به‌دست آمد. بیشترین و کمترین وزن صد دانه به‌ترتیب در رقم عادل و لاین ILC482 مشاهده شد که اختلافی ۲۶ درصدی داشتند (جدول ۵). گیاهان زراعی در شرایط تنش از طول دوره رشد کوتاه‌تری برخوردارند درنتیجه فرصت کمتری خواهند داشت تا سلول‌های مخزن دانه را پر کنند. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که تنش خشکی منجر به اختلال در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه شده که کاهش وزن هزار دانه را در پی دارد. در شرایط قطع آبیاری، گرمای آخر فصل و نبود آب کافی منجر به کاهش وزن هزاردانه ارقام با طول دوره رشد بیشتر می‌شود

(Paredes *et al*., 2017). همچنین، مصرف سوپرجاذب منجر به دست‌یابی بالاترین میزان وزن صد دانه نخود شد که می‌توان این‌گونه استنباط کرد که افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز گیاه و درنهایت موجب بهبود وزن صددانه نخود شده است. گزارش شده که استفاده از سوپرجاذب می‌تواند وزن صددانه نخود و عملکرد را به‌طور خطی افزایش دهد (Khadem *et al*., 2011). تفاوت در وزن صد دانه ارقام مختلف، احتمالاً به‌خاطر نقل و انتقال شیره پرورده به داخل دانه‌ها می‌باشد که این موضوع در میان ارقام مختلف متفاوت است. یعنی باتوجه به شرایط ژنتیکی هر رقم ممکن است که برخی از ارقام نسبت به کمبود آب حساسیت بیشتری به کاهش وزن صد دانه از خود نشان دهند (Garg *et al*., 2016).

عملکرد دانه تحت تأثیر برهمکنش سوپرجاذب در رقم و آبیاری در سوپرجاذب قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری در سوپرجاذب نشان داد که در هر سه سطح آبیاری، کاربرد سوپرجاذب منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در هکتار شد که حاکی از نقش مثبت سوپرجاذب در افزایش عملکرد دانه بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که در شرایط دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی و آبیاری در ۵۰٪ گل‌دهی+ آبیاری در ۵۰ ٪ غلاف‌دهی، مصرف سوپرجاذب به‌ترتیب منجر به افزایش ۲۱٪، ۱۶٪ و ۱۵٪ شد (جدول ۶). برهمکنش سوپرجاذب در رقم نشان داد که در تیمار کاربرد سوپرجاذب، بیشترین و کمترین عملکرد دانه در هکتار به‌ترتیب متعلق به رقم عادل و لاین ILC482 بود که اختلافی ۱۶ درصدی داشتند (جدول ۵). در تیمار عدم مصرف سوپرجاذب، بیشترین عملکرد دانه در رقم آزاد با میانگین ۳۸۵۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به رقم هاشم که کمترین مقدار (۲۶۱۴ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود، ۳۲ درصد بیشتر بود. در تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب نیز، رقم آزاد به علت سازگاری بیشتر با شرایط منطقه عملکرد بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشت و بیشترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به اعمال تیمارهای آبیاری و به‌ویژه در آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی + ۵۰ درصد غلاف‌دهی بود. در تیمار دیم به علت کمبود رطوبت و جذب کمتر مواد غذایی و درنتیجه فتوسنتز کمتر، گل‌های کمتری تلقیح یافت و در نتیجه کمترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج بدست آمده، مصرف سوپرجاذب در سطوح مختلف آبیاری، عملکرد دانه را به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داد که به علت خصوصیت سوپر جاذب در نگهداری رطوبت و همچنین ممانعت از آب‌شویی عناصر است که موجب افزایش عملکرد دانه گردید. افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده توسط پلیمر سوپرجاذب در هر دو شرایط تنش و نرمال توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (Khadem *et al*., 2011). همچنین، گزارش شده که سوپرجاذب باعث افزایش جذب آب، مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد به ریشه و درنهایت به اجزای عملکرد مانند دانه می‌شود و عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Pouresmaeil *et al*., 2010).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، عملکرد زیستی تحت تأثیر تیمار اصلی آبیاری و برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید. تیمار آبیاری تکمیلی دو مرحله‌ای با میانگین ۵۴۳۱ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد زیستی را به دست آورد که نسبت به

شرایط دیم و آبیاری یک مرحله‌ای به‌ترتیب ۸ و ۴ درصد بیشتر بود (جدول ۴). تیمار اثر متقابل سوپرجاذب در رقم (جدول ۵)، بیشترین عملکرد زیستی در رقم عادل با میانگین ۶۳۹۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار (لاین ILC482) ۲۰ درصد بیشتر بود. در شرایط عدم کاربرد سوپرجاذب ارقام آزاد و هاشم با میانگین ۵۹۸۵ و ۳۸۸۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد زیستی را دارا بودند. مصرف سوپرجاذب به‌صورت معنی‌دار عملکرد زیستی در تمام ارقام مورد مطالعه تحت تأثیر قرار داد به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد زیستی در تیمار کاربرد سوپرجاذب مشاهده شد. از طرفی، به نظر می‌رسد تیمارهای آبیاری تکمیلی با کاهش تنش خشکی و فراهم نمودن شرایط رطوبتی مناسب و نهایتاً افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه نخود به‌صورت معنی‌دار عملکرد زیست‌توده را تحت تأثیر قرار داده‌است. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که افزودن سوپرجاذب با بهبود شرایط فیزیکی، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام‌های هوایی نظیر ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته و متعاقب آن تولید ماده خشک را فراهم کرده است. نتایج بررسی دیگری نشان داد که اثر تنش خشکی بر کاهش تجمع ماده خشک را می‌توان به کاهش طول دوره رشد بخصوص گرده‌افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول نسبت داد که در این رابطه نقش کم‌آبی در تسریع پیری برگ‌ها و کاهش سرعت رشد نخود به‌واسطه تأثیر رطوبت بر کاهش سطوح برگ، توسط تحقیقات گذشته تأیید شده است (Ganjeali *et al*., 2010; Keshavarz *et al*., 2018). با توجه به این نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که بهبود میزان فتوسنتز و رشد در اثر مصرف سوپرجاذب موجب بهبود عملکرد زیست‌توده می‌گردد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، درصد نیتروژن دانه تحت تأثیر تیمار برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه سوپرجاذب و رقم نشان داد که در شرایط عدم کاربرد سوپرجاذب، بیشترین و کمترین درصد نیتروژن دانه به‌ترتیب در ارقام آزاد و عادل (با میانگین ۳/۵۴ و ۳/۱۴ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). در شرایط کاربرد سوپرجاذب، رقم عادل با میانگین ۳/۶۹ درصد بیشترین نیتروژن دانه را دارا بود و کمترین درصد نیتروژن دانه در رقم آرمان مشاهده شد. نتایج نشان داد استفاده از تیمارهای سوپرجاذب منجر به افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن دانه نخود شد. با توجه به نتایج بدست آمده با مصرف سوپرجاذب زمینه لازم برای حفظ و بهبود جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن ریشه فراهم می‌گردد در نتیجه درصد نیتروژن دانه افزایش می‌یابد (Eneji *et al*., 2013; Moeini *et al*., 2022). گزارش شده سوپرجاذب از طریق جذب و نگهداری آب در خاک، ذخیره و آزادسازی عناصر نیتروژن، فسفر، گوگرد، کاتیون‌های تبادلی بالا و افزایش تهویه از طریق بهبود ساختمان خاک، سبب افزایش رشد و درنتیجه افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌گردد که متعاقب آن وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد (Islam *et al*., 2011).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تیمار برهمکنش سوپرجاذب در رقم معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سوپرجاذب و رقم (جدول ۵) حاکی از آن بود که در شرایط عدم کاربرد سوپرجاذب، بیشترین درصد پروتئین دانه در رقم آزاد با میانگین ۲۲/۱ درصد و کمترین

مقدار در رقم عادل با میانگین ۱۹/۶ درصد حاصل شد. در شرایط کاربرد سوپرجاذب، رقم عادل دارای بیشترین نیتروژن دانه بود اگرچه با رقم آزاد و لاین ILC482 در یک گروه آماری قرار داشت. در شرایط کاربرد سوپرجاذب کمترین درصد پروتئین دانه در رقم آرمان مشاهده شد که نسبت به رقم برتر ۶/۹ درصد کمتر بود. به نظر می‌رسد مصرف سوپرجاذب از طریق ممانعت از آب‌شویی عناصری چون نیتروژن، سبب بهبود عملکرد پروتئین نخود شد که با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد (Abedi Koupai and Mesforoush, 2009). همچنین، افزایش فعالیت بیولوژیک در محیط رشد حاوی سوپرجاذب و به دنبال آن فراهمی عناصری چون نیتروژن، می‌تواند باعث افزایش غلظت نیتروژن و درصد پروتئین دانه گردد.

عملکرد پروتئین تحت تأثیر برهمکنش سوپرجاذب در رقم و آبیاری در سوپرجاذب قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و سوپرجاذب نشان داد که در هر سه سطح آبیاری شاهد (دیم)، آبیاری تکمیلی یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای، کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش ۲۱، ۲۳ و ۲۱ درصدی عملکرد پروتئین شد (جدول ۶). همچنین، مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه سوپرجاذب و رقم (جدول ۵) نشان داد که در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب رقم آزاد با میانگین ۸۵۴ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد پروتئین را به‌دست آورد. در این بین، رقم هاشم با کاهشی ۴۰ درصدی نسبت به رقم برتر، کمترین پروتئین را دارا بود. در شرایط کاربرد سوپرجاذب، بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین متعلق به ارقام عادل و آرمان به‌ترتیب با ۹۶۰ و ۷۷۴ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵).

به نظر می‌رسد کاربرد سوپر جاذب با فراهمی عناصر معدنی، جلوگیری از تنش ناشی از نوسانات رطوبتی و در نهایت بهبود کارایی فتوسنتزی گیاه موجب بهبود عملکرد پروتئین گیاه شده است. در طی یک بررسی گزارش شده که بهبود فعالیت‌های میکروبی، وجود تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و افزایش جذب عناصر معدنی نظیر نیتروژن در تیمار حاوی سوپرجاذب از دلایل عمده افزایش عملکرد پروتئین دانه عدس در مقابل تیمار عدم مصرف سوپرجاذب بود (Su *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری کلی

انجام آبیاری تکمیلی در مرحله‌ای از رشد که گیاه بیشترین نیاز را به رطوبت دارد، یعنی گلدهی، از طریق بهبود شاخص سبزینگی برگ، کاهش ریزش غلاف و افزایش وزن صد دانه، عملکرد دانه را افزایش داد. به‌واسطه این شرایط عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صددانه در تیمارهای استفاده از آبیاری تکمیلی و کاربرد پلیمر سوپرجاذب بالاتر از تیمارهای کشت دیم بود. نتایج نشان داد که کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب می‌تواند عملکرد دانه را در شرایط کشت دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه به‌ترتیب ۲۰ ،۱۶ و ۱۵ درصد نسبت به عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب افزایش دهد. در بین ارقام مورد مطالعه، ارقام هاشم و عادل واکنش بهتری نسبت به باقی ارقام به کاربرد سوپرجاذب نشان دادند، در حالی که عملکرد این دو رقم در شرایط عدم کاربرد سوپرجاذب به شدت کاهش یافت و نسبت به باقی ارقام عملکرد کمتری داشتند. بالاتر بـودن عملکرد دانه رقم عادل را می‌توان به دلیل بالاتر بودن وزن صد دانه دانست،

در حالی که بالا بودن عملکرد دانه در رقم آزاد را می‌توان مربوط به وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته دانست. در این بین، اگرچه رقم هاشم تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بیشتری داشت اما به علت این‌که وزن هزار دانه کمتری داشت، از عملکرد دانه کمتری نیز برخوردار بود. همچنین، در شرایط مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، رقم عادل از عملکرد زیستی، نیتروژن دانه، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود؛ در حالی‌که در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب، ارقام آزاد و آرمان نتایج بهتری از خود نشـان دادند.

در مجموع، از آنجا که تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد استفاده در سطوح تیمارهای آبیاری تکمیلی و سوپرجاذب مشاهده نشد، در شرایط دیم و بدون مصرف سوپرجاذب، می‌توان تمام ارقام را کشت نمود، ولی در صورت کاربرد سوپرجاذب، ارقام هاشم و عادل می‌توانند مورد توجه باشند.

جدول ۱- میزان بارندگی ماهانه، متوسط دما و رطوبت نسبی طول دوره کشت

Table 1- Precipitation, mean temperatures and humidity during growing season

	بارندگی Rain (mm)	**متوسط دمای هوا** Average air temperature (◦C)	**رطوبت** Humidity (%)
October	70.3	19.95	40
November	33.9	11.55	58
December	61.6	8.52	68
January	9.6	6.06	62
February	34	9.38	55
March	52.9	9.56	52
April	51.4	13.58	55
May	12.6	20.08	36
June	0	26.19	20

جدول ۲- تجزیه شیمیایی خاک

Table 2- Soil chemical analysis

پتاسیم Potassium	**فسفر** Phosphorous	pH	**هدایت الکتریکی** Electrical Conductivity	**کربن آلی** Organic carbon	**نیتروژن کل** Total nitrogen	**بافت خاک** Soil texture
Available ($mg.kg^{-1}$)			($dS.m^{-1}$)	%	%	
340	8.2	7.7	0.82	1.03	0.09	**لومی- رسی**

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص سبزینگی برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد نیتروژن دانه، درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه

Table 3- Results of analysis of variance (mean of squares) of leaf greenness index, No. of pod/plant, No. of seed pod, seed weight, seed yield, biological yield, seed nitrogen, seed protein and seed protein yield

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	شاخص سبزینگی برگ Leaf greenness index	تعداد غلاف در بوته No. of pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed/ pod	وزن صد دانه Seed weight	عملکرد دانه Seed yield
بلوک Block	3	13.0^{ns}	57.3^{**}	0.008^{ns}	779.02^{**}	2761243.05^{**}
آبیاری Irrigation	2	118.8^{**}	97.3^{**}	0.02^{ns}	251.41^{**}	857192.5^{**}
خطای کرت اصلی Main plot error	6	4.11	3.9	0.015	4.80	10528.06
سوپرجاذب Super absorbent	1	220.4^{**}	135.2^{**}	0.00008^{ns}	4853.9^{**}	13380040^{**}
آبیاری × سوپرجاذب Irrigation× super absorbent	2	12.6^{ns}	1.8^{ns}	0.018^{ns}	9.61^{ns}	83675.8^{*}
خطای کرت فرعی Sub plot error	9	4.56	0.7	0.025	20.5	11641.9
رقم Cultivar	4	319.3^{**}	151.4^{**}	0.02^{ns}	963.8^{**}	2240654.4^{**}
آبیاری × رقم Cultivar×Irrigation	8	4.34^{ns}	2.2^{ns}	0.013^{ns}	1.27^{ns}	18427.9^{ns}
سوپرجاذب × رقم Cultivar×Super absorbent	4	3411.1^{**}	220.09^{**}	0.06^{**}	620.8^{**}	1475178.3^{**}
آبیاری × سوپرجاذب × رقم super ×Irrigation Cultivar×absorbent	8	2.98^{ns}	1.46^{ns}	0.01^{ns}	0.77^{ns}	7200.8^{ns}
خطا Error	72	5.86	2.10	0.01	2.85	22919.4
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.43	6.77	10.27	3.36	4.37

ns غیرمعنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪.

ns= non significant, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۳

Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد زیستی Biological yield	درصد نیتروژن دانه Seed nitrogen	درصد پروتئین دانه Seed protein	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield
بلوک Block	3	213491.9^{*}	0.010^{ns}	0.422^{ns}	113718.3^{**}
آبیاری Irrigation	2	2251982.5^{**}	0.009^{ns}	0.344^{ns}	43355.6^{**}
خطای کرت اصلی Main plot error	6	41156.9	0.0036	0.152	523.9
سوپرجاذب Super absorbent	1	40472467.5^{**}	3.075^{**}	120.08^{**}	1317067.2^{**}
آبیاری × سوپرجاذب Irrigation× super absorbent	2	58957^{ns}	0.007^{ns}	0.27^{ns}	4410.7^{**}
خطای کرت فرعی Sub plot error	9	94263.06	0.0025	0.104	445.6
رقم Cultivar	4	6883132.08^{**}	0.236^{**}	9.3^{**}	170626.4^{**}
آبیاری × رقم Cultivar×Irrigation	8	42431^{ns}	0.0041^{ns}	0.168^{ns}	771.6^{ns}
سوپرجاذب × رقم Cultivar×Super absorbent	4	4698490.4^{**}	0.191^{**}	7.4^{**}	115355.6^{**}
آبیاری × سوپرجاذب × رقم super ×Irrigation Cultivar×absorbent	8	19771.04^{ns}	0.013^{ns}	0.51^{ns}	736.9^{ns}
خطا Error	72	33779.03	0.012	0.48	1487.2
ضریب تغییرات C.V. (%)		3.53	3.25	3.24	5.16

ns غیرمعنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪.

ns= non significant, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری بر شاخص سبزینگی برگ، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد زیستی

Table 4- Main effect comparison of suplimental irrigation on leaf greenness index, no. of pod/plant, seed weight and biological yield

آبیاری تکمیلی Suplimental irrigation	شاخص سبزینگی برگ Leaf greenness index	تعداد غلاف در بوته No. of pod.plant^{-1}	وزن صد دانه Seed (g) weight	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})
دیم Rain-fed	35.81c	19.2b	47.5c	4946.9 c
آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی Suplimental irrigation at 50% flowering	37.95b	21.6a	50.6b	5199.3 b
آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی+۵۰٪ غلاف‌دهی Supplemental irrigation at 50% flowering+ 50% poding	39.22a	22.1a	52.4a	5431.5 a

حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون دانکن) می‌باشند.

Means having similar letters have no significant difference at 5% probability level by Duncan test.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص سبزینگی برگ، عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن تحت تأثیر برهمکنش سوپرجاذب و رقم

Table 5- Two-way interaction between super absorbent polymer and cultivar on leaf greenness index, yield and related traits

سوپرجاذب superabsorbent	رقم Cultivar	شاخص سبزینگی برگ Leaf greenness index	تعداد غلاف در بوته No. of pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed/ pod	وزن صد دانه Seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	نیتروژن دانه Sedd nitrogen (%)	پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield (kg.ha^{-1})
بدون سوپرجاذب No application of super absorbent	آرمان Arman	42.6d	24.1b	1.02a	45.7g	3263 e	4736 g	3.22de	20.1de	657 f
	آزاد Azad	39.9e	22.4c	0.95ab	58.4c	3855 b	5985 c	3.54b	22.1b	854 c
	هاشم Hashem	19.6i	18.1ef	0.90bc	35.6j	2614 h	3888 j	3.16e	19.7e	517 i
	عادل Adel	44.8c	16.5g	0.90bc	37.9i	2847 g	4106 i	3.14e	19.6e	560 h
	ILC482	34.4f	20.4d	0.97ab	41.3h	3068 f	4358 h	3.25d	20.3d	623 g
با سوپرجاذب Application of super absorbent	آرمان Arman	26.4g	17.1fg	0.85c	52.0e	3595 cd	5411 e	3.44c	21.5c	774 e
	آزاد Azad	42.8d	26.6a	0.98ab	62.3b	4052 a	6180 b	3.62ab	22.6ab	917 b
	هاشم Hashem	56.3a	27.7a	1.02a	54.9d	3695 c	5775 d	3.54b	22.1b	818 d
	عادل Adel	21.9h	19.2e	0.90bc	65.3a	4159 a	6397 a	3.69a	23.1a	960 a
	ILC482	47.5b	21.5cd	0.98ab	48.1f	3485 d	5117 f	3.62ab	22.6ab	789 de

حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (براساس آزمون دانکن) می‌باشند.

Means having similar letters have no significant difference at 5% probability level by Duncan's test.

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر برهمکنش آبیاری تکمیلی و سوپرجاذب

Table 6- Two-way interaction between suplimental irrigation and super absorbent polymer on seed yield and seed protein yield

آبیاری تکمیلی Suplimental irrigation	سوپرجاذب Super absorbent	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield ($kg.ha^{-1}$)
دیم Rain-fed	بدون سوپرجاذب No application of super absorbent	2921.5 f	595.1 e
	با سوپرجاذب Application of super absorbent	3692.1 c	827.1 b
آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی Suplimental irrigation at 50% flowering	بدون سوپرجاذب No application of super absorbent	3169.1 e	652.4 d
	با سوپرجاذب Application of super absorbent	3807.1 b	858.8 a
آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی+۵۰٪ غلاف‌دهی Supplemental irrigation at 50% flowering+ 50% poding	بدون سوپرجاذب No application of super absorbent	3299.1 d	680.1 c
	با سوپرجاذب Application of super absorbent	3894.1 a	870.4 a

حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ (براساس آزمون دانکن) می‌باشند.

Means having similar letters have no significant difference at 5% probability level by Duncan's test.

References منابع مورد استفاده

- Abedi Koupai, J., and M. Mesforoush. 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Irrigation and Drainage*. 2:100-111.
- Alahyari, S., A. Golchin, and A.R. Vaezi. 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 Research*. 20(1): 125-139. (In Persian).
- Amiri, S.R., R. Deihimfard, and A. Soltani. 2016. A single supplementary irrigation can boost chickpea grain yield and water use efficiency in arid and semiarid conditions: A modeling study. *Agronomy Journal*. 108: 2406-2416.
- Anonymous. 2017. FAO. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy www.fao.org.
- Anonymous. 2002. SAS Institute Inc. The SAS system for windows, release 9.0. Cary, NC, USA: Statistical Analysis Systems Institute.
- Bagheri, A., A. Siadat, A. Koochekzadeh, M.R. Moradi Telavat, and M. Rafiee. 2019. Physiological responses of chickpea cultivars to supplemental irrigation and super-absorbent polymer using under rainfed farming system. *Journal of Crop Improvement*. 21(3): 233-336. (In Persian).
- Beljkas, B., J. Matic, I. Milovanovic, P. Jovanov, A. Misan, and L. Saric. 2010. Rapid method for determination of protein content in cereals and oilseeds: validation, measurement uncertainty and comparison with the Kjeldahl method. *Accreditation and Quality Assurance*. 15: 555-561.

- Eneji, A.E., R. Islam, P. An, and U.C. Amalu. 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Journal of Cleaner Production*. 52: 474-480.
- Farhadi, M., and P. Pezeshkpour. 2019. Effect of superabsorbent combination and vermicompost on yield and yield components of chickpea under dry land farming conditions. *Plant Ecophysislogy*. 11 (38): 37- 46. (In Persian).
- Farjam, S., A. Siosemardeh, H. Kazemi-Arbat, M. Yarnia, and A. Rokhzadi. 2017. Effects of ascorbic and salicylic acid foliar application on physiological traits of two chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. 9(1): 99-117. (In Persian).
- Ganjeali, A., M. Kaffi, and M. Sabet Teimouri. 2010. Variations of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 3: 35-45.
- Ganjeali, A., M. Kafi, and A. Bagheri. 2007. Approaches from root studies on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agricultural Sciences*. 13(1): 179-189. (In Persian).
- Garg, R., R. Shankar, B. Thakkar, H. Kudapa, L. Krishnamurthy, N. Mantri, R.K. Varshney, S. Bhatia, and M. Jain. 2016. Transcriptome analyses reveal genotype and developmental stage-specific molecular responses to drought and salinity stresses in chickpea. *Science Reports.* 6: 192-280.
- Islam, M.R., X. Xue, S. Mao, X. Zhao, A.E. Eneji, and Y. Hu. 2011. Superabsorbent polymers (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affected areas of northern China. *African Journal of Biotechnology*. 10 (24): 4887-4894.
- Jamshidi, N., A.H. Shirani Rad, F. Takht chin, P. Nazeri, and M. Ghafari. 2012. Evaluation of rapeseed genotypes under drought stress condition. *Journal of Crop Ecophysiology*. 6(3): 323-339. (In Persion).
- Keshavarz, H., and Gh. Khodabin. 2019. The role of uniconazole in improving physiological and biochemical attributes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to drought stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 22(2): 161-168.
- Keshavarz, H., S.A.M. Modares-Sanavy, and M. Mahdipour Afra. 2018. Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two mint species. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*. 21 (6): 1674-1681.
- Khadem, S.A., M. Ghalavio, S.R. Ramroodi, M.J. Mousavi, and P. Rezvani-Moghadam. 2011. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on yield and yield components on corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Science*. 1: 115-123. (in Persian)
- Khan, N., A. Bano, M.A. Rahman, J. Gue, Zh. Kang, and M.A. Babar. 2019. Comparative physiological and metabolic analysis reveals a complex mechanism involved in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) induced by PGPR and PGRs. *Science Reports.* 9: 2097. https://doi.org/10.1038/s41598-019-38702-8.
- Moeini, A., A, Neshat, N. Yazdanpanah, and A. Pasandi Pour. 2022. Effect of super absorbent polymer and soil texture affecting the physiological response of maize

(*Zea mays* L.) under water deficit stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 16(1): 43-60. (In Persian).

- Mokhtari Motlagh, M, and H. Sharifan. 2017. Estimation of different soil infiltration Parameters in furrow irrigation with super absorbent polymer. *Journal of Water and Soil Conservation*. 24(5): 281-289.
- Moradi-Ghahderijani, M., S. Jafarian, and H. Keshavarz. 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. *Rhizosphere*. 4: 54-61.
- Mortezavi, S.M.A., K.K. Tavakoli, K. Afsahi, and M.H. Mohammadi. 2015. Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar 2 cultivar under dry farming condition. *Agronomy Journal* (*Pajouhesh and Sazandegi*). 104: 118-125. (In Persian).
- Mostofi-Sarkari, M.R., and M. Safari. 2020. Study of legumes trailed combine performance to harvesting rain-fed chickpea. *Journal of Research in Mechanics of Agricultural Machinery.* 8(2): 33-40. (In Persian).
- Paredes, P., G.C. Rodrigues, M.D. Cameira, M.O. Torres, and L.S. Pereira. 2017. Assessing yield, water productivity and farm economic returns of malt barley as influenced by the sowing dates and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*. 179(1): 132-143.
- Pezeshkpour, P., and K. Khademi. 2014. Crop and genetic management for drought resistance in chickpeas. Agriculture and Natural Resources Research Center. Lorestan. 11:88-92.
- Porsa, H., A. Bagheri, A. Ganjeali, and M. Abed. 2017. Study the morphophenological characteristics, growth indices, yield and yield components of promising drought tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under supplementary irrigation in Nishabour. *Iranian Journal of Pulses Research*. 9(2): 12-27. (In Persian).
- Pouresmaeil, P., D. Habibi, D.A. Tavasoli, H. Zahedi, and H.R. Touhidi moghadam. 2010. The effect of water super absorbent polymer on agronomic and physiological characters of red bean varieties under drought stress in the greenhouse condition. *Plant Ecology*. 21: 75-91.
- Salo-väänänen, P.P., and P.E. Koivistoinen. 1996. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N × 6.25) values. *Food Chemistry.* 57(1): 27-31.
- Su, L.G., J.G. Li, H. Xue, and X.F. Wang. 2017. Super absorbent polymer seed coatings promote seed germination and seedling growth of Caragana korshinskii in drought. *Journal of Zhejiang University-Science* B. 8(18): 696-706.
- Zhong, K., Z.T. Lin, X.L. Zheng, G.B. Jiang, Y.S. Fang, X.Y. Mao, and Z.W. Liao. 2013. Starch derivative-based Superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. *Carbohydrate Polymers*. 92(2): 1367-1376.

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2022.1902094.1693

The Effect of Super Absorbent Application on Yield and Yield Components of Rain-fed Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes under Supplemental Irrigation Conditions

Seyedeh Nesa Shahrokhi[1,2], Ahmad Naderi[2,3*], Payam Pezeshkpour[2,4], Mani Mojaddam[2] and Adel Modhej[5]

Received: June 2020 , Revised: 29 December 2020, Accepted: 28 January 2021

Abstract

In order to study the responses of chickpea genotypes and super absorbent application under supplemental irrigation condition, an experiment was conducted base on split-split- plot randomized complete block design with four replications during 2014-2015 in the Agricultural Research Station of Sarab Changaei, Khorramabad. Suplimental irrigation (rainfed, suplimental irrigation at 50% flowering and supplemental irrigation at 50% flowering+ 50% poding) in the main plots, super absorbent polymer in subplot and cultivars (Arman, Azad, Hashem, Adel and ILC482) the sub-subplots were located. The highest grain yield and protein yield were obtained in supplementary irrigation in two stages (50% flowering + 50% poding) with super absorbent application, by avrege of 3890 and 870 kg.ha^{-1}, respectively, which were 24% and 21% higher than control, respectively. The highest leaf greenness (39.22), pods per plant (22.1), seed weight (52.4) and biological yield (5413.5) were related to two-stage irrigation. The highest number of pods per plant (27.7) was observed in Hashem cultivar and superabsorbent application, which was 34% more than non- super absorbent in same cultivar. Results of genotype× super absorbent showed that the highest grain yield (4159 kg.ha^{-1}), grain nitrogen percentage (3.69) and protein yield (960 kg.ha^{-1}) were obtained under super absorbent and Adel cultivar conditions. Based on the results, application of supera bsorbent increased grain yield and protein yield of chickpea genotype in rain-fed conditions. By improving physiological traits, associated with drought tolerance, the use of supplemental irrigation method in areas that make this possible, especially if combined with the application of super absorbent polymers, can increase seed yield in chickpea.

Key words: Biological yield, Hydrophilic polymer, Leaf greenness index, Protein, Water deficit.

1- Agronomy Department, Khozestan of Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Agronomy Department, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3- Agricultural Research, Education and Extension Organization, Khuzestan Agriculture and Natural Resources Research Center, Ahvaz, Iran.
4- Agricultural Research, Education and Extension Organization, Lorestan Agriculture and Natural Resources Research Center, Khorramabad, Iran.
5- Agronomy Department, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
**Corresponding Author: ah_naderi36@Yahoo.com*