Archive of SID

نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد سیزدهم، شماره ۳(۵۱)، پاییز ۱۳۹۸، صفحه ۴۱۲-۳۹۵

اثر رژیم آبیاری و سوپرجاذب بر خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

معروف خلیلی[1*] و حمزه حمزه[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اعمال رژیم آبیاری و سوپرجاذب بر خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند رقم رستار، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه کشاورزی دانشگاه مهاباد اجرا گردید. رژیم آبیاری شامل سه سطح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A که به کرت‌های اصلی و پلیمر سوپرجاذب A200 در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های فرعی اختصاص یافتند. نتایج نشان داد اثر ساده رژیم آبیاری و سوپرجاذب بر کلیه صفات به‌غیر از ضریب استحصال قند معنی‌دار بود. اثر متقابل دو عامل بر وزن خشک اندام هوایی، عیار قند، عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص معنی‌دار بود. مقایسه میانگین رژیم‌های آبیاری نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ، طول غده و محتوی آب نسبی برگ و کمترین درصد قند خالص به‌ترتیب به رژیم آبیاری، پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر، اختصاص داشت. کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بیشترین شاخص سطح برگ، طول غده و محتوی آب نسبی برگ و کمترین درصد قند خالص را به خود اختصاص دادند. در این مطالعه بالاترین وزن خشک اندام هوایی، عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص و کمترین درصد عیار قند در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب مشاهده شد. بررسی برهمکنش مقدار مصرف آب و سوپرجاذب نشان داد تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب و آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و تیمارهای کاربرد ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی متر تبخیر و همچنین تیمار کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، اختلاف معنی‌دار از نظر عملکرد قند خالص نشان ندادند، بنابراین، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در شرایط آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر می‌تواند عملکرد قند خالص مشابه تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب و آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر در چغندرقند داشته و منجر به صرفه‌جویی ۸۶۵۰ مترمکعب آب در هکتار شود.

واژگان کلیدی: درصد قند خالص، شاخص سطح برگ، عملکرد قند خالص، عیار قند.

۱- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) makhalily@yahoo.com

۲- بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Bayat *et al*., 2009; Kohestani *et al*., 2009). مدیریت آب درمزرعه سبب صرفه‌جویی و حفاظت از منابع محدود آب و خاک و علاوه بر آن موجب افزایش محصول می‌شود (Liu *et al*., 2005). چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) گیاهی است که به‌دلیل طولانی بودن دوره رشد، گاهی اوقات ۹-۸ ماه در زمین باقی می‌ماند و حجم زیادی از آب آبیاری را به خود اختصاص می‌دهد. چغندرقند پس از سبز شدن نسبت به خشکی متحمل است، لذا با کاهش آبیاری نیز می‌تواند عملکرد اقتصادی قابل قبولی تولید نماید (Winter, 1980). تحمل نسبی چغندرقند به خشکی را مزیتی مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌دانند. این گیاه به‌واسطه دوره‌ی رشد طولانی جزو گیاهان پرمصرف از نظر آب می‌باشد به‌طوری‌که در مناطق مختلف جهان میزان نیاز آبی آن بین ۳۵۰ تا ۱۱۵۰ میلی‌متر گزارش شده است (van Eerd and Zandstra, 2007). استفاده‌ی بهینه از آب در بخش کشاورزی نقشی اساسی در توسعه و بقای جوامع بشری دارد، از این رو توجه به نقش مدیریتی کاربرد برخی از مواد افزودنی اصلاح‌کننده نظیر پلیمرهای هیدروژل سوپرجاذب به‌منظور استفاده بهینه از آب در کشاورزی با هدف افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، اخیراً در سطح جهان و در مقیاس وسیع مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. در ایران نیز به تازگی توجه برخی محققین به این موضوع معطوف شده است (Islam *et al*., 2011b; Talaee and Asadzade, 2006). سوپرجاذب‌ها موادی هستند که چندین برابر وزن خود آب را جذب و نگهداری می‌کنند (Islam *et al*., 2011a). در واقع سوپرجاذب شبکه پلیمری به شدت آب دوستی است که در آب به شدت متورم می‌شود، اما به‌دلیل وجود تعداد اندکی پیوندهای عرضی حل نمی‌شود (Fazeli Rostampour, 2012). از جمله مزایای سوپرجاذب‌ها به افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی برای مدت طولانی، کاهش تعداد دفعات آبیاری، مصرف یکنواخت آب برای گیاهان، رشد سریع و مطلوب ریشه، کاهش آبشویی مواد غذایی موجود در خاک، کاهش هزینه آبیاری، مصرف بهینه کودهای شیمیایی، هوادهی بهتر خاک، امکان کشت در مناطق بیابانی و سطوح شیب‌دار، افزایش فعالیت و تکثیر قارچ‌های میکوریزا و سایر ریزجانداران خاک و افزایش تخلخل و ثبات ساختمان خاک اشاره شده است (Prnyazpour *et al*., 2007; Fazeli Rostampour *et al*., 2013). با توجه به pH نزدیک به خنثی سوپرجاذب‌ها، این ترکیبات اثر سویی بر خصوصیات شیمیایی خاک نداشته و در خاک آلودگی ایجاد نمی‌کنند و پس از ۴ تا ۷ سال بسته به نوع آن و ترکیب خاک، توسط میکروارگانیسم‌ها از بین می‌روند (Fazeli Rostampour *et al*., 2013). علاوه بر نگهداری آب، سوپر جاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم، مقدار هوای موجود در خاک را افزایش می‌دهد (Kabiri, 2005). جهان و همکاران (Jahan *et al*., 2012) گزارش کردند که کاربرد سوپر جاذب، تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، عملکرد قند ناخالص و شاخص کلروفیل چغندرقند داشت به‌طوری‌که بیشترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب با متوسط ۳/۴، ۴/۷ تن در هکتار و ۴۶/۲ واحد) را

www.SID.ir

Archive of SID

به خود اختصاص دادند. آنها همچنین بالاترین شاخص سطح برگ و عملکرد غده را در رژیم آبیاری هفت روز در مقایسه با رژیم آبیاری ۱۴ روز مشاهده کردند.

اکبری و همکاران (Akbari *et al*., 2011) در بررسی اثرات کاربرد سوپر جاذب زئولیت و پتاسیم بر رشد رویشی و عملکرد چغندرقند بین تیمارهای مصرف زئولیت به تنهایی و مصرف زئولیت توام با کاربرد پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد برای صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد زیست توده، وزن تر غده و اندام‌های هوایی اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند. بررسی اثر سوپرجاذب به‌عنوان بستر کشت همراه با خاک در گلخانه روی ویژگی‌های رویشی و عملکرد گیاه تربچه نشان داد کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش رشد و بهبود عملکرد تربچه شد به طوری‌که تیمار ۱۰۰ گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک، موجب بیشترین افزایش در تعداد برگ، شاخص سطح برگ، طول، قطر و تعداد ریشه، وزن‌تر ریشه و وزن‌تر و خشک اندام هوایی شد (Khoshbakht *et al*., 2009). حسام و کلوئی (Hesam and Kaloee, 2014) نشان دادند که کاربرد ۶ گرم هیدروژل سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک گلدان و سطح ۱۲۵ درصد آبیاری، اثر معنی‌داری روی عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد ۱۰۰ درصد نیاز آبی و صفر گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک گلدان داشت. حسن‌آبادی و همکاران (Hasanabadi *et al*., 2016) در مطالعه اثر سوپرجاذب، میکوریزا و آبیاری بر خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند اظهار داشتند اثر رژیم آبیاری و سوپرجاذب بر عملکرد ریشه، درصد قند خالص و ناخالص و عملکرد قند خالص معنی‌دار بود. آنها بالاترین مقادیر صفات مذکور را در تیمار آبیاری نرمال، کاربرد سوپرجاذب و عدم تلقیح بذر با میکوریزا مشاهده کردند. در مطالعه اثر سوپرجاذب بر عملکرد علوفه و خصوصیات کمّی ذرت علوفه‌ای در منطقه خوی گزارش شد تنش کم آبی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه شده و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بالاترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد علوفه، کارآیی مصرف آب و محتوی نسبی آب برگ را به خود اختصاص داد (Mahalleh *et al*., 2011). کشاورز و همکاران (Keshavars *et al*., 2015) اظهار داشتند تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری تعداد برگ در گیاه، محتوی کلروفیل و وزن خشک ارزن مرواریدی را کاهش داد اما کاربرد سوپرجاذب به خصوص در مقادیر بالا موجب بهبود خصوصیات کمّی و کیفی محصول شد.

با توجه به نقش سوپرجاذب در کاهش اثرات منفی تنش کم آبی بر محصولات مختلف، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر سطوح سوپر جاذب بر خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند در رژیم‌های مختلف آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه مهاباد با طول جغرافیایی °۴۵ و ′۴۳ و عرض جغرافیایی °۳۶ و ′۱ و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، جزو مناطق نیمه‌خشک کشور طبقه‌بندی شده است. آبیاری در سه سطح شامل ۶۰، ۱۲۰ و۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به کرت اصلی و سوپرجاذب A200 در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۵۰

www.SID.ir

Archive of SID

و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های فرعی اختصاص یافت. باتوجه به اینکه چغندرقند در مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه به کمبود آب حساس است، لذا در مرحله جوانه‌زنی تا استقرار کامل گیاه (مرحله ۸ برگی)، آبیاری به میزان کافی انجام شد. آبیاری با کمک سیستم تحت فشار و با استفاده از شیلنگ و کنتور انجام گردید. در این مطالعه حجم آب داده شده در کل دوره رشد در تیمارهای آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک به‌ترتیب ۱۳۰۰۰، ۷۳۰۰ و ۴۳۵۰ مترمکعب در هکتار بود و اعمال تنش پس از استقرار گیاه (مرحله ۸ برگی) انجام شد.

جهت کاربرد سوپرجاذب در تیمارهای مورد نظر شیارهایی در زیر ردیف‌های کشت ایجاد (پایین‌تر از بذر در عمق حدود ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک) و با خاک مخلوط شد (Kazemi Arbat, 2006). خصوصیات سوپرجاذب A200 تهیه شده از شرکت رهاب رزین تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر پتروشیمی ایران در جدول ۲، ارایه شده است (Abedi-Koupai and Asadkazemi, 2006). در پاییز جهت تهیه بستر کاشت، نسبت به انجام شخم عمیق اقدام گردید. عملیات آماده‌سازی زمین در بهار شامل اجرای شخم سطحی، دیسک، تسطیح، خط‌کشی و تهیه خطوط کاشت (با استفاده از شیپر) بود. توزیع کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک انجام گرفت (جدول ۱). بر این اساس، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره طی سه مرحله کاشت، دو تا چهار برگی و ۶ تا ۸ برگی به مزرعه افزوده شد. علاوه بر این، به‌ترتیب ۱۳۵ و ۱۱۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم نیز همزمان با شخم پاییزه به مزرعه داده شد. در هر کرت، ۸ ردیف کاشت به طول ۵ متر و فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش رستار (Rastar) بود که در تاریخ ۲۰ فروردین کشت شد. تمام کرت‌ها به‌طور همزمان بلافاصله بعد از کاشت آبیاری شدند. پس از استقرار بوته‌ها، در مرحله ۶ – ۴ برگی، بوته‌ها به فاصله ۱۵سانتی‌متر از یکدیگر تنک گردیدند.

جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) در مرحله ۲۰ برگی از بالاترین برگ‌های بالغ در ارتفاع یک‌سوم از راس بوته‌ها ۳ صفحه با قطر ۲۰ میلی‌متر از هر برگ جدا و بلافاصله وزن شدند (FW)، سپس نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در آب مقطر دو بار تقطیر با دمای در حدود ۵ درجه سلسیوس و نور اندک غوطه‌ور و پس از گرفتن آب روی آن‌ها با کاغذ صافی، وزن شده (TW) و پس از قرار گرفتن در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت وزن (DW) و محتوای آب نسبی برگ از رابطه زیر محاسبه گردید (Barrs, 1968):

$$RWC = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100 \qquad (۱)$$

برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله ۱۲ برگی (زمان به حداکثر رسیدن سطح برگ‌ها) از رابطه ۲ استفاده شد (Watson, 1947):

$$LAI = \frac{LA}{LG} \qquad (۲)$$

LA= سطح برگ و LG= سطح زمین اشغال شده

دو هفته قبل از برداشت، آبیاری مزرعه قطع و در آبان ماه محصول هر کرت برداشت شد. جهت خنثی کردن اثر حاشیه هنگام برداشت، از هر کرت، دو ردیف کناری حذف و دو ردیف در هر واحد آزمایشی برداشت گردید. کلیه ریشه‌های مربوط به هر کرت پس از سرزنی و تمیز نمودن،

www.SID.ir

Archive of SID

شمارش و توزین و بر اساس آنها عملکرد برای هر کرت محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری درصد قند برای هر نمونه مقدار ۲۶ گرم خمیر ریشه‌های برداشت شده با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب (مخلوطی از سه قسمت استات سرب و یک قسمت اکسید سرب) در همزن ریخته و به مدت سه دقیقه مخلوط شدند که پس از منتقل نمودن مخلوط حاصله به قیف صافی، شربت زلالی تهیه گردید. شربت به‌دست آمده جهت تجزیه در دستگاه بتالیزر مورد استفاده قرار گرفت. پلاریمتر برمبنای میزان انحراف نور پلاریزه، میزان قند موجود در هر نمونه را نشان می‌دهد که به‌عنوان درصد قند کل یا ناخالص برای هر کرت ثبت شد و با کسر میزان قند ملاس از قند کل، میزان قندخالص یا قند قابل استحصال برای هر نمونه به‌دست آمد. برای تعیین عملکرد قند ناخالص و خالص، عملکرد ریشه در هر کرت به درصد قند ناخالص و درصد قندخالص مربوط به همان کرت ضرب شده و سپس ارقام به‌دست آمده به‌صورت عملکرد قند ناخالص و قند خالص در هکتار ثبت گردید (Fatollah Taleghani *et al*., 2009).

تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از بررسی و تأیید برقراری فرض‌های تجزیه واریانس، یعنی نرمال بودن توزیع خطاها، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و اثر افزایشی بلوک (به‌ترتیب به کمک آزمون شاپیرو- ویلک، توزیع باقیمانده و آزمون غیر افزایشی توکی) به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ (RWC): اثر سطوح رژیم آبیاری و سوپرجاذب بر محتوی نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در بررسی حاضر رژیم آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر با متوسط ۸۱/۲۵ درصد بالاترین و آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب با متوسط ۷۴/۵۵ و ۶۹/۳۹ درصد کمترین محتوی نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). تحقیقات صورت گرفته مؤید این مطلب است که کم‌آبی موجب کاهش محتوی آب نسبی برگ می‌شود (Efeoğlu *et al*., 2009; Islam *et al*., 2011b).

تیمارهای کاربرد سوپرجاذب از لحاظ محتوی نسبی آب برگ به دو دسته تقسیم‌بندی شدند، در دسته اول شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) قرار داشت که با متوسط ۶۹/۱۷ درصد پایین‌ترین محتوی نسبی آب برگ را به خود اختصاص داد. در گروه دوم نیز سطوح ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب قرار داشتند که به‌ترتیب با متوسط ۷۴/۹۶، ۷۸/۲۷ و ۷۷/۸۶ درصد، بالاترین مقدار محتوی نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). گزارش شده است که مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Islam *et al*., 2011*a*).

شاخص سطح برگ (LAI): اثر رژیم آبیاری و سطوح سوپرجاذب در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بودند (جدول ۳). نتایج نشان داد تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۴/۵۲، بالاترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد و مقدار صفت مذکور در مقایسه با رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۱۱/۳۳ و ۱۸/۷۱ درصد افزایش داشت (جدول ۴). در مطالعه قنبری و آریافر (Ghanbari and Ariafar, 2013)، رژیم آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، شاخص

www.SID.ir

Archive of SID

سطح برگ را در مقایسه با رژیم آبیاری بعد از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، به‌صورت معنی‌دار کاهش داد. در تحقیق حاضر تنها اختلاف معنی‌دار از نظر شاخص سطح برگ بین تیمارهای کاربرد سوپرجاذب و شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) دیده شد به نحوی‌که استفاده از سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار شاخص مذکور را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۶/۱۶، ۱۳/۰۵ و ۱۸/۶۱ درصد افزایش دادند (جدول ۵). مصرف سوپرجاذب با توانایی که در جذب و نگهداری رطوبت در خاک دارد، از طریق تولید برگ‌های جدید و افزایش سطح برگ، تولید مواد فتوسنتزی نیز بیشتر خواهد شد. جهان و همکاران (Jahan *et al*., 2012) نشان دادند بالاترین شاخص سطح برگ در چغندرقند به تیمار کاربرد سوپر جاذب (با متوسط ۳/۴ واحد) اختصاص داشت. همچنین، در مطالعه فاضلی رستم‌پور (Fazeli Rostampour *et al*., 2013) و محله و همکاران (Mahalleh *et al*., 2011) کاربرد سوپرجاذب اثر مثبتی بر افزایش شاخص سطح برگ سورگوم علوفه‌ای و ذرت علوفه‌ای داشت.

طول ریشه: اثر رژیم آبیاری و سطوح سوپرجاذب در سطح احتمال یک درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). در این تحقیق رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب با متوسط ۲۶/۶۹ و ۱۷/۹۲ سانتی‌متر بالاترین و پایین‌ترین طول ریشه را به خود اختصاص دادند (جدول۴). عدم دسترسی ریشه‌ها به مقدار کافی آب، باعث کاهش مقدار رشد و توسعه سطح سبز گیاه از طریق کاهش تقسیم و رشد سلولی در مرحله رشد رویشی شده و در نتیجه مقدار کربوهیدرات‌های فتوسنتزی نیز کاهش و در نهایت اجزای عملکرد کمتری در گیاه تشکیل می‌گردد. در مطالعه بخشی‌خانیکی و همکاران (Bakhshi khaniki *et al*., 2011) بیشترین طول ریشه چغندرقند با متوسط ۴۰/۱۹ سانتی‌متر در شرایط آبیاری نرمال گزارش شد. مقایسه میانگین سطوح سوپرجاذب نشان داد کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب با متوسط ۲۶/۴۸ سانتی‌متر بالاترین طول ریشه را به خود اختصاص داد هرچند بین سطح مذکور و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کمترین طول ریشه با متوسط ۲۳/۰۱ سانتی‌متر به تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) اختصاص داشت (جدول ۴). محققان بیان کردند که سوپرجاذب به‌واسطه انبساط و انقباض، سبب بهبود شرایط فیزیکی و نیز خلل و فرج خاک شده و از طرف دیگر به‌دلیل نگهداری آب و در دسترس قرار دادن آن برای گیاه سبب بهبود رشد ریشه و کل گیاه می‌شود (Islam *et al*., 2011a; Khadem *et al*., 2011). در مطالعه عیسی‌وند و فرهادیان (Isavand and Farhadian, 2017) بالاترین طول ریشه در نخود با متوسط ۱۷/۳ سانتی‌متر به تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و پایین‌ترین مقدار با متوسط ۱۴/۶ سانتی‌متر به تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپر جاذب) اختصاص یافت.

وزن خشک اندام هوایی: تاثیر رژیم آبیاری (در سطح احتمال پنج درصد)، سوپرجاذب و اثر متقابل آنها (در سطح احتمال یک درصد) بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها از نظر وزن خشک اندام هوایی نشان داد در تیمار عدم استفاده از سوپر جاذب با افزایش شدت تنش کم آبی از وزن خشک هوایی کاسته شد به‌نحوی که سطوح آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر صفت

www.SID.ir

Archive of SID

مذکور را در مقایسه با سطح ۶۰ میلی‌متر به‌ترتیب ۱۷/۰۵ و ۳۲/۰۵ درصد کاهش دادند. کاربرد سطوح ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۳/۹۷ و ۳/۸۰ تن در هکتار علاوه بر اینکه بالاترین وزن خشک اندام‌های هوایی را در بین کلیه تیمارها به خود اختصاص دادند مقدار صفت مذکور را در مقایسه با تیمار شاهد سوپر جاذب در رژیم آبیاری مشابه به‌ترتیب ۱۱/۷۶ و ۱۶/۷۶ درصد افزایش دادند. در رژیم آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تنها اختلاف معنی‌دار بین سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و تیمار شاهد سوپرجاذب دیده شد. لازم به ذکر است که بین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و دو تیمار کاربرد سطوح ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار دیده نشد. مقایسه میانگین تیمارها حاکی از آن بود که استفاده از سوپرجاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی با تیمار رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی متر تبخیر نشان نداد. در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب علاوه بر اینکه اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد سوپر جاذب در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر نداشت مقدار صفت مذکور را در مقایسه با شاهد در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر ۳۵/۰۶ درصد افزایش داد (جدول ۶). خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه به وجود می‌آورد و با متوقف نمودن گسترش سلول‌ها و کاهش فشار آماس می‌تواند بر روی وزن تر و خشک گیاه تأثیر گذاشته و آنها را کاهش دهد، خشکی باعث کاهش انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه می‌شود و باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک نسبت به گیاهان شاهد می‌شود. کشاورز و همکاران (Keshavars *et al.*, 2015) نشان دادند که تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری وزن خشک گیاه را در ارزن مرواریدی کاهش داد اما کاربرد سوپر جاذب به‌خصوص در مقادیر بالا اثرات منفی تنش کم آبی را بر گیاه جبران کرد که همسو با نتایج تحقیق حاضر است.

عملکرد ریشه: تأثیر رژیم آبیاری، سوپرجاذب و اثر متقابل دو عامل بر عملکرد ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اگرچه بالاترین عملکرد ریشه با متوسط ۷۰/۳۰ تن در هکتار در تیمار رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر همراه با کاربرد به‌دست آمد اما بین تیمار مذکور و سطوح شاهد، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کمترین عملکرد ریشه نیز با متوسط ۴۳/۳۲ تن در هکتار در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر و شاهد سوپر جاذب (عدم کاربرد سوپرجاذب) مشاهده شد. بررسی برهم‌کنش‌ها نشان داد با افزایش شدت تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌دار از عملکرد ریشه کاسته شد به نحوی‌که در تیمار شاهد سوپرجاذب رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر (به‌ترتیب با متوسط ۵۴/۸۷ و ۴۳/۳۲ تن در هکتار) عملکرد ریشه را در مقایسه با سطح آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر (با متوسط ۶۵/۷۸ تن در هکتار) به‌ترتیب ۱۶/۵۹ و ۳۴/۱۵ درصد کاهش دادند، اما کاربرد سوپرجاذب توانست اثر تنش کم‌آبی را بر عملکرد ریشه تعدیل کند، به‌طوری‌که کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب عملکرد ریشه را در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر (به‌ترتیب با متوسط ۶۲/۶۸ و

www.SID.ir

Archive of SID

۶۶/۸۱ تن در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد سوپرجاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر۱۴/۵۸ و ۲۱/۸۰ درصد افزایش داد.

در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر نیز کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب (با متوسط ۶۲/۲۲ تن در هکتار) عملکرد ریشه را در مقایسه با تیمار شاهد (با متوسط ۴۳/۳۲ تن در هکتار) دراین رژیم آبیاری ۴۳/۶۳ درصد افزایش داد. لازم به ذکر است که بین رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر در تیمار شاهد سوپرجاذب با تیمارهای کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و همچنین کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجادب در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان گفت استفاده از سوپرجاذب در شرایط تنش ملایم و شدید آبیاری می‌تواند اثرات ناشی از کمبود آب را جبران نموده و عملکرد ریشه‌ای معادل شرایط آبیاری نرمال داشته باشد (جدول ۶)، می‌توان اظهار نمود کمبود آب سبب کاهش سطح برگ، درصد پوشش سبز، افزایش تنفس و همچنین صرف انرژی برای رشد مجدد برگ‌ها و اندام‌های هوایی می‌شود که در نهایت موجب کاهش عملکرد ریشه می‌گردد. همچنین، یکی از مکانیسم‌های گیاهان جهت مقاومت به خشکی، کاهش پتانسیل اسمزی از طریق افزایش سنتز و تجمع کربوهیدرات‌هایی مانند ساکارز در شیره سلولی ریشه است که از این طریق، پتانسیل اسمزی کمتر از پتانسیل اسمزی خاک شده و آب به داخل ریشه جریان پیدا می‌کند. البته چنین فرایندی با صرف انرژی در گیاه همراه است و صرف این مقدار انرژی موجب کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش عملکرد ریشه می‌شود (Khadem *et al.*, 2011). کاهش عملکرد ریشه چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال در مطالعه سایر محققین نیز گزارش شده است (Ober et al., 2005). بلاچ و هافمن (Bloch and Hoffman, 2005) گزارش کردند تنش کم‌آبی درصد قند ناخالص چغندرقند را افزایش اما مقدار ماده خشک و وزن ریشه را کاهش می‌دهد. بهبود عملکرد ریشه در تیمارهای کاربرد سوپرجاذب به این دلیل است که وقتی سوپرجاذب‌ها به خاک اضافه می‌شوند، قادر هستندکه آب و مواد غذایی را به خود جذب و سپس به آهستگی آزاد کنند. این آب می‌تواند توسط گیاه زمانی که در حال رشد است یا تحت شرایط تنش قرار دارد مورد استفاده قرار گیرد (Islam *et al.*, 2011a). به‌نظر می‌رسد در حالتی که سوپرجاذب در خاک وجود دارد به سبب تسهیل در جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه، گیاه می‌تواند از شرایط ایجاد شده به‌منظور تولید سطح برگ بیشتر، و در نتیجه میزان فتوسنتز بالاتر، استفاده و در نهایت عملکرد ریشه بیشتری تولید کند. در تحقیق حاضر بالا بودن عملکرد ریشه در شرایط آبیاری نرمال واکنش مثبتی به کاربر سوپر جاذب نشان نداد، می‌توان گفت با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین کاربردهای سوپرجاذب‌ها نگهداری آب و در اختیار قرار دادن تدریجی آن به گیاه است به دلیل فراهمی بالای آب در این تیمار نتوانسته است اثر مثبتی بر افزایش صفت مذکور داشته باشد. اما بالا بودن عملکرد ریشه در رژیم‌های آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر را می‌توان به نقش این مواد در افزایش شاخص سطح برگ، محتوی نسبی آب برگ و طول غده و همچنین افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت داد. حسن‌آبادی و همکاران (Hasanabadi *et al.*, 2016) بالاترین عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه را با متوسط ۷۳/۳۴ تن در هکتار در تیمار آبیاری نرمال و کاربرد سوپرجاذب بدون تلقیح با کود بیولوژیک و کمترین مقدار را با متوسط ۳۸/۲ تن در هکتار در تیمار تنش کم آبی و عدم استفاده از زئولیت و کود بیولوژیک گزارش کردند. اثر کاربرد سوپرجاذب در تعدیل تنش کم‌آبی در مطالعات حسن‌زاده و فرجزاده معماری تبریزی (Hassanzadeh and Farajzadeh Memari Tabrizi, 2016) بر روی ذرت و رضایی و رفیعی الحسینی (Rezai and Rafieolhossain, 2017) بر روی رازیانه نیز گزارش شده است.

درصد عیار قند: اثرات رژیم آبیاری، سوپرجاذب و اثر متقابل دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر درصد عیار قند معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش کم آبی بر مقدار عیار قند افزوده شد به‌نحوی که تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپر جاذب) در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۱۸/۱۳ درصد، میزان عیار قند را به‌صورت معنی‌دار در مقایسه با رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر افزایش داد (جدول۶). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشـان داد در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر بین سطوح کاربرد و شاهد سوپرجاذب از نظر درصد عیار قند اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، اما در رژیم آبیاری پس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر کاربرد سوپرجاذب در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (با متوسط ۱۴/۲۵ درصد) توانست به‌صورت معنی‌داری از درصد عیار قند بکاهد، در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر هر چهار سطح سوپرجاذب (به ترتیب با مقادیر ۱۸/۱۳، ۱۸/۱۱، ۱۷/۶۳ و ۱۷/۴۶ درصد) توانستند بالاترین درصد عیار قند را به خود اختصاص دادند و بین تیمارهای کاربرد سطوح سوپرجاذب در رژیم آبیاری مذکور اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۵). کم‌آبی در چغندرقند موجب کاهش وزن تر ریشه می‌شود اما درصد قند ریشه به‌واسطه پسآبیدگی ریشه افزایش می‌یابد. کاهش وزن تر ریشه به‌دلیل پسآبیدگی در برگ‌ها و ریشه‌ها رخ می‌دهد اما تولید شکر به ندرت تحت تأثیر کم آبی قرار می‌گیرد حتی اگر تنها ۷۰ درصد از مقدار آب مورد نیاز گیاه در اختیار چغندر قند قرار بگیرد (Al-Jbawi and Abbas, 2013). کم بودن عیارقند در سطوح کاربرد سوپرجاذب به‌دلیل ایجاد شرایط مساعد محیطی برای افزایش رشد و حجم ریشه‌ها است به‌طوری‌که در تحقیق حاضر سطوح سوپرجاذب موجب افزایش طول ریشه و عملکرد ریشه شد که خود موجب افزایش نسبت وزن ریشه به عیار قند خواهد شد.

عملکرد قند ناخالص: اثر رژیم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر سوپرجاذب و اثر متقابل دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد قند ناخالص معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش کم آبی از عملکرد قند ناخالص کاسته شد هر چند این کاهش بین رژیم‌های آبیاری بعد از ۶۰ و ۱۲۰ میلی متر اختلاف معنی‌دار نبود، در این تحقیق تیمار عدم استفاده از سوپرجاذب و رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر عملکرد قند ناخالص را در مقایسه با دو رژیم آبیاری بعد از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر به‌ترتیب ۵/۰۳ و ۲۱/۱۵ درصد کاهش دادند، در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر، بالاترین عملکرد قند ناخالص با متوسط ۱۰/۵۱ تن در هکتار به سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در هکتار اختصاص داشت اما بین سطح مذکور و دیگر سطوح کاربرد سوپرجاذب و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در رژیم

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر بالاترین عملکرد قند ناخالص با متوسط ۱۰/۵۷ تن در هکتار به سطح کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت، بین تیمار مذکور و تیمارهای کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپر جاذب) اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در رژیم آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر نیز کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب علاوه بر اینکه بالاترین عملکرد قند ناخالص را به‌خود اختصاص داد، مقدار صفت مذکور را در مقایسه با سطوح شاهد، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۳۸/۹۰، ۲۲/۵۲ و ۲۸/۲۶ درصد افزایش داد (جدول ۶). افزایش عملکرد قند ناخالص در مطالعات دیگر محققین دیگر نیز گزارش شده است (Fatollah Taleghani *et al*., 2009; Fotouhi *et al*., 2017). با توجه به اینکه عملکرد قند خالص از دو جزء، عملکرد ریشه و عیار قند حاصل شده است به‌دلیل اینکه بالاترین عملکرد ریشه در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد سوپرجاذب ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شده است بالا بودن عملکرد قند ناخالص در تیمار مذکور را می‌توان به بالا بودن عملکرد ریشه نسبت داد. در مطالعه جهان و همکاران (Jahan *et al*., 2012) بالاترین عملکرد قند ناخالص با متوسط ۴/۷ تن در هکتار به تیمار کاربرد سوپرجاذب به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت.

درصد قند خالص: اثرات رژیم آبیاری و سطوح سوپرجاذب در سطح احتمال یک درصد بر درصد قند خالص معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین سطوح آبیاری بالاترین درصد قند خالص با متوسط ۱۵/۵۰ درصد به رژیم آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر اختصاص داشت (جدول ۴). کمترین درصد قند خالص نیز با متوسط ۱۳/۰۶ درصد به رژیم آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر اختصاص یافت. در شرایط تنش خشکی با کاهش میزان آب سلول، موادی مانند قندهای محلول که به‌طور معمول تنظیم کننده اسمزی، محافظ غشای سلولی، نگه دارنده فشار تورگر و مانع غیرفعال شدن آنزیم‌ها هستند، در سلول تجمع یافته تا با منفی‌تر کردن پتانسیل شیره سلولی آب به داخل سلول جذب خواهد شد (Izanloo *et al*., 2008).

در بین سطوح سوپرجاذب، بالاترین درصد قند خالص با متوسط ۱۴/۵۲درصد به سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. بین سطح مذکور و تیمار شاهد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار دیده نشد. کمترین درصد قند خالص نیز با متوسط ۱۳/۳۰ درصد به سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب اختصاص داشت. این اثراحتمالاً به دلیل جذب مقادیر بسیار زیاد آب در ساختمان سوپرجاذب و متعاقب آن قرار دادن آب جذب شده به خاک اطراف و ریشه گیاه در هنگام خشکی است (جدول ۵). حسن‌آبادی و همکاران (Hasanabadi *et al*., 2016) بالاترین درصد قند خالص را با متوسط ۱۱/۸۸ درصد در تیمار آبیاری نرمال، کاربرد سوپرجاذب بدون تلقیح با کود بیولوژیک و کمترین مقدار با متوسط ۵/۴۶ درصد در شرایط کم آبی و عدم کاربرد سوپرجادب و کود بیولوژیک گزارش کردند.

عملکرد قند خالص: در این مطالعه اختلاف بین رژیم‌های آبیاری، سطوح سوپرجاذب و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد قند خالص معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش کم‌آبی از عملکرد قند خالص کاسته شد هر چند این کاهش بین رژیم‌های آبیاری بعد از ۱۲۰و ۱۸۰ میلی‌متر از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، در این بررسی رژیم

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر عملکرد قند خالص را در مقایسه با رژیم آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۱۸/۸۴ و ۲۰/۴۰ درصد کاهش دادند. بالاترین عملکرد قند خالص به رژیم آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر همراه با کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و رژیم آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر همراه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب با متوسط ۱۰/۲۳، ۹/۳۹ و ۸/۹۴ تن در هکتار اختصاص داشت. کمترین مقدار صفت مذکور نیز به تیمار شاهد و رژیم آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۶/۶۳ تن در هکتار دیده شد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در رژیم آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر، استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب توانست عملکرد قند خالص را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپر جاذب) ۲۲/۸۰ درصد افزایش دهد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت کاربرد سوپر جاذب در شرایط بهینه رطوبتی می‌تواند با مساعدسازی شرایط محیطی و تغذیه‌ای اثر مثبتی بر افزایش عملکرد قند خالص داشته باشد (جدول ۶). در رژیم آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر نیز کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب توانست عملکرد ریشه را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) به‌صورت معنی‌داری افزایش دهد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایط تنش ملایم کم آبی، کاربرد سوپر جاذب می‌تواند باعث بهبود و افزایش عملکرد اقتصادی چغندرقند شود. نکته دیگری که باید به آن اشاره شود این است که بین تیمارهای کاربرد سوپر جاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر با تیمار شاهد در رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌داری دیده نشد پس می‌توان اظهار داشت در شرایط تنش ملایم کم آبی کاربرد سطوح مختلف سوپر جاذب می‌تواند جایگزین بخشی از آب مصرفی شده و شرایط را برای بهبودی عملکرد ریشه فراهم آورد.

در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تنها اختلاف معنی‌دار بین تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و تیمار شاهد و سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار وجود داشت، کاربرد سطح مذکور توانست عملکرد قند خالص را در مقایسه با تیمار شاهد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۶/۷۰ و ۱۵/۰۷ درصد افزایش دهد. همچنین، در این بررسی بین سطوح ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر و تیمار شاهد سوپر جاذب در رژیم آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر اختلاف معنی‌دار دیده نشد، که بیانگر این واقعیت است که کاربرد سطوح بالای سوپر جاذب در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند جایگزین بخشی از آب مصرفی شده و اثر تنش کم آبی بر کاهش عملکرد قند خالص چغندرقند را تعدیل نماید. فتح‌اله طالقانی و همکارن (Fatollah Taleghani *et al*., 2009) و فتوحی و همکاران (Fotouhi *et al*., 2017) گزارش نمودند که اعمال تنش کمبود آب در چغندرقند به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش عملکرد شکر خواهد شد.

نتیجه‌گیری کلی

تنش کم‌آبی شاخص سطح برگ، طول ریشه و محتوی آب نسبی برگ را کاهش و درصد قند خالص را افزایش داد. در این بررسی اگرچه بالاترین مقادیر شاخص سطح برگ، طول ریشه و محتوی آب نسبی برگ در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد، اما بین سطح مذکور و سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب

www.SID.ir

Archive of SID

از لحاظ صفات مذکور اختلاف معنی‌دار دیده نشد. بنابراین می‌توان اظهار داشت کاربرد سوپرجاذب در دو سطح ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب بهبودی صفات مذکور شد. اصلی‌ترین صفت در چغندرقند، عملکرد قند خالص است. بررسی برهمکنش‌ها نشان داد که تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب و آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و تیمارهای کاربرد ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و همچنین تیمار کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در رژیم آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌دار از نظر عملکرد قند خالص نشان ندادند، بنابراین کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در شرایط آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر می‌توانند عملکرد قند خالصی مشابه تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب و آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر در چغندرقند داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دور آبیاری بعد از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر توانست به مقدار ۵۷۰۰ و ۸۶۵۰ مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کند. بنابراین، با توجه به شرایط اقلیمی استان آذربایجان‌غربی و دیگر مناطق چغندرکاری کشور، کاربرد سوپرجاذب می‌تواند مقدار آب مصرفی را بدون کاهش معنی‌دار میزان عملکرد قند خالص کاهش دهد، و جایگزین بخشی از آب مصرفی در زراعت چغندرقند شود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil testing

بافت خاک Soil texture	رس Clay %	سیلت Silt %	شن Sand %	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	فسفر قابل جذب P (ppm)	نیتروژن کل ٪N	کربن آلی ٪O.C	کربنات کلسیم درصد %T. N. V	اسیدیته pH	وزن مخصوص ظاهری B.D	نقطه پژمردگی W.P	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	درصد اشباع %Sp
لومی رسی سیلت	28	58	16	444	14.2	0.13	1.3	4.7	8	1.4	12	1.3	43

جدول ۲- خصوصیات سوپرجاذب A200

Table 2- Super-adsorbent A200 properties

محتوی رطوبت Moisture content	چگالی (g/cm3) Density	pH	اندازه ذرات Particle size (µm)	ظرفیت جذب آب Water absorption capacity (g/g)			
				حداکثر طول عمر Maximum Lifespan (Years)	آب مقطر Distilled water	آب معمولی water	محلول Nacl ۰/۹ درصد Nacl solution
7-5	1.4-1.5	6-7	50-150	7	220	190	45

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مرتبط با خصوصیات کمی و کیفی در چغندرقند

Table 3- Analysis of variance of quantitative and qualitative traits in sugar beet

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S.				
		شاخص سطح برگ LAI	محتوی آب نسبی برگ RWC	طول غده Root Length	وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry Weight	عملکرد ریشه Root Yield
تکرار Replication	2	0.07	436.18	4.04	0.04	4.37
رژیم آبیاری Irrigation levels (I)	2	2.63**	424.38**	42.62**	2.97*	942.10**
خطای a Error a	4	0.17	31.70	2.39	0.27	17.52
سوپر جاذب Super-Adsorbent(SA)	3	0.82**	158.62**	22.72**	0.73**	202.23**
سوپر جاذب× رژیم آبیاری SA ×I	6	0.21^{ns}	12.52^{ns}	3.34^{ns}	0.32**	46.72**
خطای b Error b	18	0.15	19.64	1.62	0.07	11.77
ضریب تغییرات C.V.%		9.85	5.91	5.08	8.99	5.18

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

ns, * and **: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S.				
		عیار قند Sugar Content	عملکرد قند ناخالص Sugar Yield	درصد قند خالص White Sugar Content	ضریب استحصال قند Sugar Extraction Coefficient	عملکرد قند خالص White Sugar Yield
تکرار Replication	2	0.27	1.07	0.33	43.27	2.59
رژیم آبیاری Irrigation levels (I)	2	11.10**	7.37*	16.75**	0.55^{ns}	4.53*
خطای a Error a	4	0.57	1.13	1.27	3.38^{ns}	0.39
سوپر جاذب Super-Adsorbent(SA)	3	7.56**	3.95**	9.05**	73.77^{ns}	2.80*
سوپر جاذب× رژیم آبیاری SA ×I	6	0.53**	2.19**	1.48^{ns}	15.17^{ns}	1.80*
خطای b Error b	18	0.41	0.36	1.28	28.09	0.68
ضریب تغییرات C.V.%		3.94	6.23	8.13	5.33	10.82

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

ns, * and **: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح رژیم آبیاری بر برخی صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 4- Effect of Irrigation treatments on studied characters for sugar beet

رژیم آبیاری Irrigation levels		شاخص سطح برگ LAI	طول ریشه root length (cm)	محتوی آب نسبی برگ RWC	درصد قند خالص White sugar content (%)
پس ۶۰ میلی‌متر	After 60 Mm	4.52a	26.69a	81.25a	13.06b
پس از ۱۲۰ میلی‌متر	After 120 Mm	4.06b	25.80a	74.55b	13.16b
پس از ۱۸۰ میلی‌متر	After 180 Mm	3.58c	23.07b	69.39b	15.50a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means in each column with the same letter are not significantly different at P<0.05.

جدول ۵- مقایسه میانگین سطوح سوپر جاذب بر برخی صفات مورد صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 5- Effect of super-adsorbent treatments on studied characters for sugar beet

سوپر جاذب Super-Adsorbent		شاخص سطح برگ LAI	طول ریشه root length (cm)	محتوی آب نسبی برگ RWC	درصد قند خالص White sugar content (%)
صفر کیلوگرم در هکتار	0	3.60b	23.01c	69.17b	14.09ab
۵۰ کیلوگرم در هکتار	50kg/ha	4.20a	25.03b	74.96a	14.52a
۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	150 kg/ha	4.07a	26.24ab	78.27a	13.72ab
۲۰۰کیلوگرم در هکتار	200 kg/ha	4.27a	26.48a	77.86a	13.30b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means in each column with the same letter are not significantly different at P<0.05.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و سطوح سوپر جاذب بر برخی صفات مورد بررسی در چغندرقند

Table 6- Effect of Irrigation × super-absorbent interaction treatments on studied characters for sugar beet

رژیم آبیاری Irrigation levels	سوپر جاذب Super-Adsorben ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی shoot dry weight ($t.ha^{-1}$)	عملکرد ریشه Root Yield ($t.ha^{-1}$)	عیار قند Sugar Content (٪)	عملکرد قند ناخالص Sugar Yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند خالص White Sugar Yield ($t.ha^{-1}$)
۶۰ میلی‌متر تبخیر 60 mm	0	3.40bc	65.78abc	15.15de	9.98abcd	8.28bc
	50	3.35bcd	70.30a	14.10e	9.98abcd	8.33bc
	150	3.80ab	68.43ab	15.00de	10.26abc	10.23a
	200	3.97a	69.35a	15.20de	10.51ab	9.39ab
۱۲۰ میلی‌متر تبخیر 120 mm	0	2.82def	54.87ef	17.23abc	9.47bcde	6.76d
	50	3.36bcd	56.99de	15.95cd	9.08cdef	7.58cd
	150	3.19ced	62.68bcd	16.63bc	10.57ab	8.06bc
	200	3.49abc	66.81abc	14.25e	9.49bcd	8.94abc
۱۸۰میلی‌متر تبخیر 180 mm	0	2.31fg	43.32g	18.13a	7.86f	6.63d
	50	2.17g	49.19fg	18.11a	8.92def	6.76d
	150	2.66efg	48.35g	17.63ab	8.52ef	7.63cd
	200	3.12cde	62.22cd	17.46ab	10.93a	7.97c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means in each column with the same letter are not significantly different at P<0.05.

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع مورد استفاده

- Abedi-Koupai, J., and J. Asadkazemi. 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*. 15: 715–725. (In Persian).
- Akbari, M., Gh. R. Maleki, and A. Zand. 2011. Investigating the effects of zeolite and potassium application on vegetative growth and yield of sugar beet. *New Findings in Agriculture*. 5(2): 125-132. (In Persian).
- AL-Jbawi, E., and F. Abbas. 2013. The effect of length during drought stress on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality. *Persian Gulf Crop Protection.* 2 (1): 35-43.
- Bakhshi khaniki, G., S. Javadi, P. Mehdikhani, and D. Tahmasebi. 2011. Investigation of drought stress effects on some quantity and quality characteristics of new eugenics sugar beet genotypes. *New Cellular Molecular Biotechnology Journal*. 1 (3): 65-7. (In Persian).
- Barrs, D.H. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In: T.T. Konzolvski (Ed.), Water deficit and plant growth, vol 1- pp235-368. Academic Press, New Delhi.
- Bayat, M., G. Rostami, and M. Haddadian. 2009. Large amount of water resources and water supply projects in the state. *Academic Journal of Civil Engineering*. 39: 26-37.
- Bloch, D., and C.M. Hoffmann. 2005. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 191: 263-272.
- Efeoğlu, B., Y. Ekmekçi, and N. Çiçek. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany*. 75: 34–42.
- Fatollah Taleghani, D., S. Sadegh Zadeh Hemait, F. Matlobi, and S. Khyamim. 2009. Study of some quantitative and qualitative traits of promising sugar beet genotypes under drought stress conditions. *Journal of Sugarbeet*. 2(25): 123-113. (In Persian).
- Fazeli Rostampour, M. 2012. The effect of irrigation regimes and polymer on several physiological traits of forage sorghum. *Asian Journal of Agricultural and Food Sciences*. 1(5): 274-280.
- Fazeli Rostampour, M., M. Yarnia, and F. Rahimzadeh Khoee. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agronomy Journal*. 105(4): 951-959.
- Fotouhi, K., E. Majidi, A. Rajabi, and R. Azizinejad. 2017. Study of genetic variation for drought tolerance in sugar beet half-sib families. *Journal of Sugarbeet*. 2(25): 123-113. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Ghanbari, M., and S. Ariafar. 2013. The effects of water deficit and zeolite application on growth traits and oil yield of medicinal peppermint (*Mentha piperita* L). *International Journal of Medicinal and Aromatic Plant*s. 3 (1): 32-39. (In Persian).
- Hasanabadi, T., D. Habibi, and H. Khalaj, 2016. Influence of zeolite and biological fertilizer under different irrigation regime on quantitative and qualitative traits of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). *Journal of Crop Nutrition Science*. 2(1): 20-31.
- Hassanzadeh, A., and E. Farajzadeh Memari Tabrizi. 2016. Ecophysiological evaluation of three maize (*Zea mays* L.) cultivars under irrigation regimes and use of super absorbent. *Journal of Crop Ecophysiology*. 37(1): 151-166. (In Persian).
- Hesam, M., and M. Kaloee. 2014. Moisture retention of the soil by supera bsorbent and its effect on yield and water use efficiency of tomato. *Journal of Water and Soil Conservation*. 21(2): 245-259. (In Persian).
- Isavand, H.R., and K. Farhadian. 2017. Effects of mycorrhiza and superabsorbent on root morphological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rain-fed conditions*. Journal of Crop Production*. 10(2): 61-73. (In Persian).
- Islam, M., X. Xue, S. Mao, C. Ren, A. Eneji and Y. Hu. 2011a. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture***.** 91: 680-686.
- Islam, M., X. Xue, S. Mao, C. Ren, A. Eneji, and Y. Hu. 2011b. Effects of water saving super-absorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91: 813-819.
- Izanloo, A., A.G. Condon, P. Langridge, M. Tester, and T. Schnurbuschm. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *Journal of Experimental Botany*. 59(12): 3327–3346.
- Jahan, M., M. Nasiri Mahallati, F. Ranjbar, M. Ariaei, and N. Hamidistani. 2012. The effects of super absorbent polymers on soil moisture content and humic acid spraying on some of the agrophysiological characteristics and quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Mashhad conditions. *Journal of Agroecology*. 6(4): 753-766. (In Persian).
- Kabiri, A. 2005. Super absorbent, Introduction to applied. The third workshop and seminar application of super absorbent in agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute. (In Persian).
- Kazemi Arbat, H. 2006. Morphology and anatomy of cereal crops. Tabriz University Publication. 588 p. (In Persian).
- Keshavars, L., H. Farahbakhsh, and P. Golkar, 2015. The effects of drought stress and super absorbent polymer on morphphysiological traits of pear millet (*Pennisetum glaucum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3(1): 148-154.
- 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

www.SID.ir

Archive of SID

and yield components on corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Science*. 1: 115-123. (In Persian).

- Khoshbakht, D., F. Shakeri, P. Modares, and B. Bani Nasab. 2009. The effect of application of zeolite on improvement of vegetative properties and radish performance. Abstracts of the 5th Iranian Congress of Exhaust Science. 396 p.
- Kohestani, S., N. Asgari, and K. Maghsudi. 2009. Super absorbent effect on the performance of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Journal of Water*. 5: 71-78.
- Liu, H.P., B.J. Yu, and W.H. Zhang. 2005. Effect of osmotic stress on the activity of H^+-ATPase and the levels of covalently and noncovalenty conjugated polyamines in plasma membrane preparation from wheat seedling roots. *Plant Science*. 168: 1599-1607.
- Mahalleh, J.K., H.H. S. Abad, G. Nourmohammadi, F. Darvish, I.M. Haravan, and E. Valizadegan. 2011. Effect of superabsorbent polymer (Tarawat a200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy zone (Northwest of Iran). *Article in Advances in Environmental Biology*. 5(9): 2579-2587.
- Ober, E., M.L. Bloa, C.J.A. Clark, A. Royal, K.W. Jaggard, and J.D. Pidgeon. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research*. 91: 231-249.
- Prnyazpour, A., D. Habib, and B. Roshan. 2007. What is super absorbent? *Journal of Agricultural and Natural Resources Engineering*. 4(15):1-3.
- Rezai, Z., and M. Rafieolhossaini. 2017. The physiological response of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) to manure and super absorbent polymer under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*. 3(43): 547-564. (In Persian).
- Talaee, A., and A. Asadzade. 2006. Evaluation the effect superabsorbent hydrogels on drought decreases olive trees. In: Proceedings of the 3rd Educational Course for Agricultural and Industrial Application of Superabsorbent Hydrogels. Tehran, Iran. (In Persian).
- van Eerd, L., and V. Zandstra. 2007. Enhancing sugar beet storage quality. Interim report No. ADVO253, Agriculture of Adaptation council. University of Guelph Ridge Town Campus. Agriculture and Agri –Food Canada. p. 2-15.
- Watson, D.J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties and between years. *Annals of Botany*. 11: 41-76.
- Winter, S.R. 1980. Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. *Agronomy Journal*. 72: 118-123.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Super-Adsorbent and Irrigation Levels on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sugar Beet (*Beta vulgaris*)

Marouf Khalili [1*] and Hamze Hamze [2]

Received: Mart 2019 , Revised: 7 October 2019, Accepted: 3 November 2019

Abstract

To Investigate the effect of super-adsorbent and irrigation levels on quantitative and qualitative characteristics Rastar cultivar of sugar beet a split plots experiment was conducted based on randomized complete block design with three replicas was conducted at the Agricultural University of Mahabad in 2017. Irrigation in three levels (Irrigation after 60, 120 and 180 mm evaporation from class A pan) is assigned to main plats and super-absorbents A200 in four levels (0, 50, 150 and 200 kg.ha^{-1}) to the subplots. The simple effects of irrigation regime and superabsorbent on all traits, except for the coefficient of sugar extraction, was significant. The interaction of treatments were significant on the dry weight of shoot, sugar content, root yield, and sugar yield and white sugar yield. In this research, the highest leaf area index, root length, and leaf relative water content and the lowest amount of white sugar content belonged to irrigation after 60 mm evaporation. Application of 50 and 150 kg.ha^{-1} super-absorbent highly increased leaf area index, root length, and leaf relative water content while it decrease the percent of white sugar content. The highest shoot dry weight (3.97 t.ha^{-1}), root yield (69.35 t.ha^{-1}), sugar yield (10.51 t.ha^{-1}) and white sugar yield (9.39 t.ha^{-1}) and the lowest percentage of sugar (15.20%) caused by irrigation interval after 60 mm evaporation and using 200 kg.ha^{-1} super-absorbent. Interactions due to irrigation and use of super-absorbent showed that there was the non-significant difference between irrigation regime after 60 mm in control treatment (not applicable super-absorbent) with the application of 50, 150 and 200 kg.ha^{-1}super-adsorbent in irrigation regime after 120 mm and application of 150 and 200 kg.ha^{-1}super-absorbent in irrigation regime after 180 mm. Thus, using of 150 kg.ha^{-1} super-absorbent in irrigation regime after 180 mm evaporation can have similar white sugar yield as it was under irrigation regime after 60 mm in control treatment (not applicable super-absorbent) while saving about 8650 m^3 per hectare by using this treatment.

Key words: Leaf area index, Sugar content, White sugar content, White sugar yield.

1- Associate Professor, Department of Biotechnology and Plant Breeding, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2- Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.
**Corresponding Author: makhalily@yahoo.com*

www.SID.ir