نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 766-753

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 753-766

اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی برخی ویژگی‌های اگروفیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط مشهد

محسن جهان[1*]، مهدی نصیری‌محلاتی[1]، فاطمه رنجبر[2]، معصومه آریایی[3] و نفیسه کمایستانی[4]

تاریخ دریافت: 1391/10/07
تاریخ پذیرش: 1392/02/12

چکیده

تنش خشکی محدود کننده‌ترین عامل در تولید محصولات زراعی در سرار جهان به شمار می‌رود. به منظور ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت بر کمیت و کیفیت چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده نواری (استریپ اسپلیت پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی91-1390 اجرا شد. عوامل آزمایشی عبارت بودند از: استفاده از سوپر جاذب رطوبت و عدم استفاده از سوپر جاذب رطوبت به عنوان کرت اصلی، دو دور آبیاری به ترتیب 7 و 10 روزه به عنوان عامل کرت فرعی و استفاده و عدم استفاده از اسید هیومیک به عنوان عامل کرت نواری. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سوپرجاذب رطوبت نسبت به عدم کاربرد آن، تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل‌متر داشت، به طوری‌که بیشترین مقادیر این صفات (به ترتیب با 3/4، 4/7 تن در هکتار و 46/2) را سبب شدند. محلول پاشیاسید هیومیک سبب بیشترین شاخص سطح برگ (3/4) و عدد کلروفیل متر(45/1) شد که با دیگر تیمارها، تفاوت معنی‌دار داشت. دور آبیاری هفت روز، بیشترین شاخص سطح برگ (3/8) و عملکرد غده (24/9 تن در هکتار) را به دنبال داشت. بیشترین عدد کلروفیل‌متر (49/9) در نتیجه‌ی کاربرد سوپر جاذب و محلول‌پاشی اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز حاصل شد. عملکرد ماده‌ی خشک و تعداد برگ در بوته با عملکرد غده، عملکرد قند ناخالص و قرائت اسپد، همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p\leq0/01$) نشان دادند. بررسی ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف نشان داد که به ترتیب بین عملکرد ماده خشک و شاخص سطح برگ، و بین عملکرد ماده‌ی خشک و عملکرد قند ناخالص همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. این نتایج تأکید می‌کنند که هر عاملی که شاخص سطح برگ را افزایش دهد، سبب افزایش عملکرد ماده خشک و در نتیجه افزایش عملکرد قند ناخالص خواهد شد. همچنین، بین عملکرد ماده خشک و قرائت کلروفیل‌متر و بین قرائت کلروفیل‌متر و عملکرد غده، همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. برآورد میزان قند ناخالص بر اساس روش رگرسیون چند متغیره نشان داد که این صفت تحت تأثیر متغیر-هایی مثل عیار قند، عملکرد غده و عدد کلروفیل‌متر قرار دارد ($r=0/87^{**}$). به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد سوپر جاذب می‌تواند سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه سبب ثبات تولید در شرایط تنش خشکی شود. همچنین، محلول پاشی اسیدهیومیک، علاوه بر حفظ سلامت محیط زیست، می‌تواند سبب افزایش تولید اقتصادی چغندر قند شود.

واژه‌های کلیدی: درصد قند، قرائت کلروفیل‌متر، محلول‌پاشی برگی، هیدروژل جذب‌کننده رطوبت

مقدمه

کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین، با مشکل کم آبی مواجه می‌باشد. رشد فزاینده جمعیت و نیاز بیشتر به محصولات کشاورزی و محدودیت منابع آب و خاک به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسئله‌ی کم آبی را به گونه‌ای بسیار جدی فرا روی کشور قرار داده است (Bayat et al., 2009; Kohestani et al., 2009). مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان به ویژه در مناطق خشک ونیمه‌خشک مانند ایران، از

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تهران و کارشناس ارشد اگرواکولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@um.ac.ir)

اهمیت به سزایی برخوردار است (Bayat et al., 2009; Kohestani et al., 2009; Mirzaei et al., 2005). مدیریت استفاده از آب درمزرعه سبب صرفه‌جویی و حفاظت از منابع محدود آب و خاک،وعلاوه برآن موجبات افزایش محصول رافراهم می‌سازد (Allen et al., 1998; Liu et al., 2005). از طرفی، به‌علت افزایش هزینه آب مصرفی و کاهش آب قابل دسترس در این مناطق، توجه زیادی به مدیریت تنش آبی شده است (Nonami and Matthewse, 1997; Ucan & Gencoglan, 2004; Winter, 1990; Moosavi-Nia & Atapour, 2005). کم‌آبیاری که در آن،گیاه در مرحله‌ای خاص از رشد ویا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می‌گیرد، یکی از راه‌های به حداکثر رساندن کارآیی مصرف آب به ازای یک واحد آب مصرفی می‌باشد (Khorshidi et al., 2002; Karda, 2002; Siddique et al., 2000).

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) گیاهی است که به دلیل طولانی بودن دوره رشد گاهی اوقات 9-8 ماه در زمین باقی می‌ماند و حجم وسیعی از آب آبیاری را به‌خود اختصاص می‌دهد. از آن جا که چغندرقند پس از سبز شدن نسبت به خشکی متحمل است، لذا با کاهش آبیاری نیز می‌تواند عملکرد اقتصادی قابل قبولی تولید نماید (Cole, 1975; Winter, 1980). اوبر و همکاران (Ober et al., 2004) تحمل نسبی چغندرقند به خشکی را مزیتی مهم برای اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌دانند.این گیاه به‌واسطه دوره‌ی رشد طولانی جزء گیاهان پرمصرف از نظر آب می‌باشد به طوری که در مناطق مختلف جهان میزان نیاز آبی آن بین 350 تا 1150 میلی‌متر گزارش شده است (Almani et al., 1997; Van Eerd & Zandstra, 2007). نیاز آبی چغندرقند در مشهد برابر با 762/8 میلی‌متر در طول دوره رشد برآورد شده است (Rahimian & Asadi, 2000). پرویزی و یزدی صمدی (Parvizi & Yazdi Samadi, 1993) نتیجه گرفتند که بروز تنش آبی در چغندرقند موجب افزایش درصد قند، پتاسیم و قلیائیت ریشه می‌گردد، اما عملکرد قند قابل استحصال کاهش می‌یابد. طالقانی و همکاران (Taleghani et al., 1999) با بررسی اثر مقادیر آبیاری 50، 75 و 100 درصد نیاز آبی گیاه بر چغندر قند بیان داشتند که مقدار عملکرد ریشه در تیمار 100درصد نیاز آبی در حدود 20 درصد بیشتر از تیمار 50 درصد نیاز آبی بود، ولی درصد قند در شرایط 50 درصد نیاز آبی، بیشتر از صد درصد نیاز آبی بود. بازوبندی (Bazubandi, 1992) با بررسی اثر تنش رطوبتی بر خواص کمی و کیفی چغندرقند، گزارش کرد که تنش رطوبتی تا میزان حذف چهار نوبت آبیاری در طول دوره رشد، تأثیر محسوسی بر عملکرد غده نداشت، ولی با افزایش مدت تنش رطوبتی، درصد قند غده افزایش یافت. تنش خشکی می تواند سبب افزایش درصد قند ناخالص چغندرقند گردد. همچنین می‌توان علت افزایش درصد قند در حالت تنش را به کوچک بودن غده‌ها نسبت داد (Koocheki & Soltani, 1996).

از آن جا که 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 به منظور استفاده بهینه ازآب در کشاورزی به منظور 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 (Salar et al., 2005; Talaei & Asadzade, 2005; Islam et al., 2011a, 2011b; Nautiyal et al., 2002). زمانی که پلیمر منبسط می‌شود، آب و مواد غذایی محلول وارد ساختمان آن شده و به‌سبب وجود منفذهای ریزی که در ساختمان پلیمر وجود دارد به مولکول‌هایی مانند NH_4اجازه نفوذ و حرکت می‌دهد (Johnson & Veltkamp, 1985).

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 وسایر ریز جانداران خاک و افزایش تخلخل و ثبات ساختمان خاک اشاره شده است (Prnyazpour et al., 2007; Campbell et al., 1990). با توجه به pH نزدیک به خنثی سوپرجاذب‌ها، این ترکیبات اثر سویی بر خصوصیات شیمیایی خاک نداشته ودر خاک آلودگی ایجاد نمی‌کنند. همچنین پس از 7-4 سال بسته به نوع آن و ترکیب خاک، توسط میکروارگانیسم‌ها از بین می‌روند و هیچ گونه آلودگی زیست محیطی از خود بر جای نمی‌گذارند. علاوه بر نگهداری آب، سوپرجاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم، مقدار هوای موجود در خاک را افزایش می‌دهند(Kabiri, 2005).

از جمله شاخص‌هایی که می‌توان در ارزیابی شرایط آبی گیاه از آن بهره برد، محتوای آب نسبی برگ[1](RWC) و همچنین اعداد قرائت شده از دستگاه کلروفیل‌متر می‌باشد. برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن محتوای آب نسبی برگ به عنوان شاخصی از تحمل به خشکی می‌باشد (Sinclair & Ludlow, 1985). شونفلد و همکاران (Schonfeld et al., 1998) بیان کردند که با افزایش تنش رطوبتی، محتوای آب نسبی برگ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) کاهش یافت و علت این کاهش، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها درشرایط خشک بود. مون و الگر (Munne and Alegre, 1999) با بررسی اثر شبنم و تنش خشکی بر گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش سه مگاپاسکالی پتانسیل آب گیاه، کاهش 34 درصدی محتوای آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و درنتیجه سبب پایین آمدن جذب دی‌اکسیدکربن، کاهش میزان فتوسنتز و عملکرد گردید. باراری و همکاران (Barary et al., 2002) بین محتوای آب نسبی برگ و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های تریتیکاله، در شرایط تنش رطوبتی همبستگی مثبت پیدا کردند. در این آزمایش، با کاهش محتوای آب نسبی برگ، کاهش در شاخص سطح برگ نیز روی داد. نونامی و متیوز (Nonami and Matthewse, 1997) بیان کردند که تنش خشکی به علت کاهش اندازه سلول‌ها، سبب تجمع سلول‌های بیشتری در واحد وزن و سطح برگ می‌شود، لذا غلظت کلروفیل برگ نیز به دنبال آن افزایش می‌یابد. شونفلد و همکاران (Schonfeld et al., 1998) گزارش کردند که با افزایش تنش رطوبتی، محتوای آب برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب آزاد موجود در پیکره‌ی خود را از طریق افزایش مواد محلول در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از خاک با مکش بیشتری وارد گیاه شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

مدیریت چغندرقند در راستای تولید زیادغده همراه با کیفیت مطلوب، مستلزم توجه دقیق به شرایط خاک به ویژه میزان حاصلخیزی و رطوبت خاک در طی فصل رشد می‌باشد. کمبود عناصر غذایی موجب نقصان رشد، مرگ زودرس برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌گردد. زیادی نیتروژن در خاک سبب تحریک رشد اندام‌های هوایی و مصرف مواد فتوسنتزی می‌شود که خود افزایش ناخالصی ریشه را به دنبال دارد. بنابراین، مصرف زیاد کودهای شیمیایی به‌دلیل کاهش عملکردقند، افزایش هزینه‌های تولید و آلودگی آب‌های زیرزمینی، نامطلوب است (Parvizi & Yazdi Samadi, 1993). واکنش سریع گیاهان به کودهای شیمیایی، به‌ویژه تشدید رشد اندام هوایی موجب شده است که بدون در نظر گرفتن عوامل کمی، کیفی و زیست محیطی، مصرف کودهای نیتروژنی به‌طور بی‌رویه‌ای گسترش یابد. با توجه به مواردی که بیان شد، استفاده از کودهایی که از طریق برگ جذب می‌گردند نه تنها سبب جلوگیری از افزایش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود، بلکه مانع از کاهش کیفیت ریشه و کاهش میزان قند و همچنین آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد. استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست محیطی می‌تواند در جهت حصول عملکرد بالا مفید واقع شود. مواد آلی دارای دو نوع اسید آلی به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک و جزء هیومین هستند که از منابع مختلف نظیر خاک، پیت، زغال سنگ، هوموس و غیره استخراج می‌شوند. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثراتی مفید و چشمگیر در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Hasanzade daluie, 1994; Mambelli et al., 1997; Samavat et al., 2006; Sebahattin & Necdet, 2005; Thompson et al., 1996; Tsialtas & Maslaris, 2008). اسید هیومیک با وزن مولکولی 30 تا 300 کیلودالتون، دارای درصد کربن بیشتری نسبت به اسیدهای فولویک است و با عناصر میکرو ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهد (Kauser & Azam, 1985; Michael, 2001; Tugnoli and Bettini, 2000).

کوازر و ازم (Kauser & Azam, 1985) ضمن انجام آزمایشی روی گندم دریافتندکه محلول پاشی اسید هیومیک به میزان 54 میلی‌گرم در لیتر، 50 درصد افزایش درطول ریشه و 22 درصد افزایش درماده خشک را به همراه داشت، همچنین جذب نیتروژن درحضور اسید هیومیک افزایش معنی‌داری نشان داد.

به دلیل ارزش اقتصادی گیاه چغندر قند به منظور تأمین قند و شکر، کشت این گیاه در مناطق مستعد کشور از جمله دشت مشهد از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، در این راستا، به نظر می‌رسد که کاربرد سوپر جاذب و اسید هیومیک بتواند به بهره‌وری بیشتر از آب و عناصر غذایی در این گیاه کمک کند. ضمن این‌که کاربرد کودهای طبیعی

1- Relative Water Content

مانند اسید هیومیک می‌تواند تضمین کننده سلامت محیط زیست نیز باشد. لذا، هدف از طراحی و اجرای این آزمایش، بررسی اثر اتپلیمر سوپر جاذب رطوبت واعمال تنش آبی و مقادیر مختلف اسید هیومیک بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند در شرایط مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 28 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری (اسپلیت استریپ پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: استفاده از سوپر جاذب رطوبت و عدم استفاده از سوپر جاذب رطوبت به عنوان عامل کرت اصلی، دو دور آبیاری به ترتیب هفت و 10 روزه به عنوان عامل کرت فرعی و محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی اسید هیومیک به عنوان عامل کرت نواری. قبل از پیاده‌سازی نقشه طرح، نمونه خاک از عمق 15 تا 30 سانتی‌متری تهیه و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. برخی از خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول 1 آورده شده است. به منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، کرت‌ها توسط ایجاد پشته‌هایی کاملاً از یکدیگر جدا شدند. کاشت بذور در تاریخ 19 خرداد ماه 1390 انجام شد. بذر مورد استفاده رقم دوروتی[1] (مونوژرم و محصول فرانسه)، مقاوم به بیماری ویروسی ریزومانیا بود. پس از شخم اولیه، کلیه عملیات آماده‌سازی زمین شامل تسطیح و ایجاد جوی و پشته توسط بیل دستی انجام شد. فاصله دو کرت اصلی از یکدیگر نیم متر، فاصله کرت‌های فرعی 20 سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت به طول سه متر و با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی هر ردیف 20 سانتی‌متر بود، به طوری‌که تراکم کاشت به 10 بوته در متر مربع رسید.

واکاری بوته‌ها قبل از مرحله 8-6 برگی گیاه به وسیله بوته‌های اضافی موجود در مزرعه و به صورت نشاکاری صورت گرفت. مقدار کل کود مصرفی در طول فصل رشد عبارت از: 150 کیلوگرم در هکتار اوره و 150 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل بود. کود نیترون در دو نوبت همزمان با کاشت و پس از تنک و وجین و استقرار کامل بوته‌ها استفاده شد. کود سوپر فسفات تریپل در کنار بذر همزمان با کاشت مورد استفاده قرار گرفت. از آن جایی که چغندر قند در ابتدای مراحل رشد به کمبود آب حساس و همچنین جوانه‌زنی آن با مشکل مواجه است، لذا در مرحله جوانه‌زنی تا استقرار کامل گیاه، آبیاری به میزان کافی انجام شد و از مرحله هشت برگی به بعد تیمار تنش اعمال شد. بلافاصله پس از کاشت و به منظور شبیه‌سازی کوددهی نواری توسط تراکتور، سوپر جاذب به میزان 40 کیلوگرم در هکتار توسط دست و به صورت نواری در عمق 15 تا 20 سانتی‌متری در کنار هر ردیف قرار داده شد. 30 و 45 روز پس از کاشت، محلول‌پاشی اسید هیومیک بر روی برگ‌ها به میزان سه کیلوگرم در هکتار و با حجم پاشش 400 لیتر در هکتار انجام گرفت. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های‌هرز به صورت دستی انجام شد و از هیچ گونه سم یا ماده شیمیایی استفاده نشد.

به منظور اندازه‌گیری عملکرد واجزای عملکرد، بوته‌های موجود در سطحی معادل 0/25 متر مربع از ردیف‌های میانی به صورت تصادفی انتخاب و جهت اندازه‌گیری به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری‌ها شامل: تعیین سطح برگ، تعیین وزن خشک، اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ وعدد کلروفیل‌متر بود. اندازه‌گیری‌ها از 30 روز پس از کاشت آغاز شد و به فاصله هر 10روز یک بار تا انتهای فصل رشد انجام گرفت. سطح برگ بوته‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[2] تعیین و سپس نمونه‌ها به منظور تعیین وزن خشک به مدت 72 ساعت در داخل پاکت‌های کاغذی در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در نهایت وزن خشک هر نمونه تعیین شد. به منظور بررسی میزان تأثیر سوپر جاذب رطوبت بر محتوای آب گیاه، میزان رطوبت نسبی برگ در چند نوبت از طریق معادله (1) تعیین شد (Smartt, 1994).

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(SW - DW)} \quad \text{معادله (1)}$$

که در آن، RWC: محتوای نسبی آب برگ، FW: وزن برگ تازه، SW: وزن آماس برگ و DW: وزن خشک برگ می‌باشد. شاخص کلروفیل برگ در چند نوبت و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر[3] قرائت و ثبت شد.

1- Doroti

1- Area Measurement System (Delta T Co. Ltd., UK)

3- SPAD (502 Minolta, Ltd., Japan)

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Some physical and chemical properties of experimental site soil

بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم (درکیلوگرم Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم سیلتی Silty- Loam	390	13	0.078	1.3	7.7

قرائت عدد کلروفیل‌متر روی پنجمین برگ توسعه یافته هر بوته و از قسمت میانی برگ‌ها صورت گرفت. برداشت نهایی در تاریخ 18 آبان 1390 صورت گرفت. به منظور تعیین عملکرد نهایی، پس از حذف 20 سانتی‌متر ابتدای ردیف‌های میانی، بوته‌های موجود در سطحی معادل یک پنجم متر مربع برداشت و سپس عملکرد غده و عیار قند اندازه‌گیری شد. جهت تعیین عیار قند از دستگاه پلاریمترمدل Automatic Polarimeter, ATAGO AP300 Co., LTD., Japan استفاده شد. به این منظور، حدود 26 گرم غده چغندر با 177 میلی‌لیتر استات سرب قلیایی مخلوط و پس از صافکردن واردپلاریمترشد، سپس عدد نمایش داده شده توسط دستگاه قرائت و ثبت گردید. تجزیه واریانس، تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش و تعیین ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار Minitabver. 16.1 و رسم شکل‌های مربوطه توسط نرم‌افزار MS Excel ver. 14 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها به‌کمک آزمون LSD (سطح احتمال پنج درصد) انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول 2 نشان می‌دهد که تأثیر سوپر جاذب بر شاخص سطح برگ و عملکرد قند ناخالص در سطح احتمال پنج درصد و اعداد به دست آمده از کلروفیل متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بر سایر صفات تأثیر قابل توجهی نداشت. اثر کاربرد اسید هیومیک نیز بر شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر سایر صفات غیر معنی‌دار بود. همچنین، تأثیر دور آبیاری هفت و ده روز بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد و بر عملکرد غده در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سوپر جاذب و اسید هیومیک و همچنین سوپرجاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌داری بود.

مقایسه میانگین صفات مورد بررسی (جدول 3) نشان می‌دهد که کاربرد سوپر جاذب نسبت به عدم کاربرد آن، بر شاخص سطح برگ، عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل‌متر تأثیری معنی‌دار داشت ($p\leq0/05$) و بیشترین مقدار این صفات به ترتیب برابر 3/4، 4/7 (تن در هکتار) و 46/2 بود. کاربرد اسید هیومیک نیز سبب تولید بیشترین شاخص سطح برگ (3/4) و عددکلروفیل متر (45/1) شد که با سایر مقادیر تفاوت معنی‌دار داشتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول 3) بین دو تیمار آبیاری هفت و ده روزه، دور آبیاری هفت روزه سبب بهبود شاخص سطح برگ (3/8) و عملکرد غده (9/ 24 تن در هکتار) نسبت به تیمار آبیاری 10 روز شد.

سوپر جاذب‌ها پلیمرهای جاذب آب هستند که در کشاورزی، باغبانی و مدیریت مناطق بیابانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد زمانی که به خاک اضافه می‌شوند، قادر هستندکه آب و مواد غذایی را به خود جذب و سپس به آهستگی آزاد می‌کنند. این آب توسط گیاه زمانی که در حال رشد است یا تحت شرایط تنش قرار دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Islam et al., 2011a; Kramer, 1988). به نظر می‌رسد در حالتی که سوپر جاذب در خاک وجود داشت، به سبب تسهیل در جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه، گیاه توانست از شرایط ایجاد شده به منظور تولید سطح برگ بیشتر، میزان کلروفیل بیشتر و در نتیجه میزان فتوسنتز بالاتر، استفاده و در نهایت عملکرد غده بیشتری تولید کند. از آن جا که عملکرد قند ناخالص از حاصلضرب عملکرد غده در عیار قند به دست می‌آید، می‌توان گفت که افزایش در شاخص سطح برگ منجر به افزایش تولید و در نتیجه افزایش در میزان عملکرد قند ناخالص شد. به طور کلی، به نظر می‌رسد .

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های حاصل از تاثیر سوپر جاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of data resulted from super absorbent, humic asid and irrigation effects on sugar beet traits

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	میزان ماده خشک Dry matter accumulation	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی RWC	عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	عملکرد غده Tuber yield	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	عدد کلروفیل متر SPAD reading
بلوک(B) Block (B)	2	0.086	126885	145.12	57.6	8.508	7.41	3.63	87.822
سوپر جاذب(S) Super absorbent (S)	1	0.396*	129228	165.38	11.07	8.449	59.76	10.615*	232.815**
بلوک×سوپرجاذب B×S	2	0.003	54596	2.63	62.47	9.206	12.92	2.096	31.673
اسید هیومیک (H) Humic asid (H)	1	0.622**	41708	5.04	0.17	8.930	0.13	0.882	100.246**
بلوک×اسید هیومیک B×H	2	0.078	40	153.29	4.22	8.307	0.38	0.496	44.057
سوپرجاذب× اسیدهیومیک S×H	1	1.107**	14181	1.04	0.52	0.416	1.20	1.754	38.380
بلوک× سوپرجاذب× اسیدهیومیک S×H×B	2	0.019	48563	1.29	6.54	0.766	11.95	2.169	22.939
دورآبیاری Irrigation interval	1	2.630**	4007	155.04	116.95	12.241	175.12*	4.949	29.593
سوپرجاذب×دورآبیاری S×I	1	0.021	19165	15.04	32.11	2.34	3.50	0.180	21.376
اسیدهیومیک×دورآبیاری H×I	1	0.070	2	12.04	4.91	0.126	0.19	0.159	2.251
سوپرجاذب×اسیدهیومیک×دورآبیاری S×H×I	1	1.457**	2703	2.04	3.6	0.144	0.382	0.488	6.355
خطا Error	8	0.041	36288	34.67	44.92	2.394	17.66	1.217	7.746

*، **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

*and**:indicate non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

که هیدروژل‌های سوپر جاذب رطوبت قادر هستند کـه تـأثیرات منفی ناشی از تنش خشکی را تخفیف دهند و از آن جا کـه عملکـرد غده چغندرقند در شرایط تنش و بدون تنش، زمانی که از سوپرجاذب استفاده شده از نظر آماری تفاوتی نداشت، لذا می‌توان گفت که کاربرد سوپرجاذب سبب حفظ آب و همچنین رها سـازی آن بـرای گیـاه در زمانی که تحت شرایط تنش بوده، گردید.

کاربرد اسید هیومیک احتمالاً به واسـطه ایجـاد شـرایط مطلـوب تغذیه‌ای برای گیاه و همچنین تأثیری که بر افزایش میزان کلروفیـل دارد، سبب افزایش سطح برگ و سبزینگی گیاه شد، در نتیجـه اعـداد قرائت شده از کلروفیل متر، از مقادیر بالاتری برخوردار بودند. میلفورد و همکـاران (Milford et al., 1985) علـت اخـتلاف عملکـرد بـین تیمارهای مختلف آبی در گیاه چغندر را به کاهش پتانسـیل فشـاری، هدایت روزنه‌ای و میزان نسبی آب برگ در حالت تنش آبـی نسـبت دادند که سبب افت سرعت رشد برگ‌هـا و ریشـه بـه علـت کـاهش توسعه و انبساط سلول‌ها می‌شود. آن‌ها بیان کردند زمـانی‌کـه گیـاه تحت تنش آبی قرار نداشت توانست سطح برگ خود را گسترش داده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری تولید کند و درنتیجه سهم بخش اقتصادی یعنی غده از میزان ماده تولیدی بیش‌تر شد.

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات ساده کاربرد سوپرجاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 3- Main effects of super absorbent, humic asid and irrigation on sugar beet traits

تیمار Treatment	شاخص سطح برگ LAI	ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter ($t.ha^{-1}$)	تعداد برگ در پایان فصل رشد Final leaf number	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	قند ناخالص (درصد) Gross sugar (%)	عملکردغده (تن در هکتار) Tuber yield ($t.ha^{-1}$)	عملکردقند ناخالص (تن در هکتار) Gross sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عددکلروفیل متر SPAD reading
با سوپرجاذب + Super Absorbent	3.4[a]*	5.82[a]	26.0[a]	87.1[a]	17.0[a]	23.8[a]	4.7[a]	46.2[a]
بدون سوپرجاذب _ Super Absorbent	2.8[b]	4.35[a]	20.8[a]	85.8[a]	15.8[a]	20.6[a]	3.3[b]	40.0[b]
با اسیدهیومیک + Humic acid	3.4[a]	5.50[a]	23.8[a]	86.5 [a]	17 [a]	22.3 [a]	a4.2	a45.1
بدون اسیدهیومیک - Humic acid	2.8[b]	4.66[a]	22.9[a]	86.3[a]	15.9[a]	22.1[a]	3.3[a]	41.0[b]
آبیاری هفت روز 7 Days irrigation	3.8[a]	4.95[a]	25.9[a]	84.2[a]	15.7[a]	24.9[a]	4.4[a]	44.2[a]
آبیاری چهارده روز 14 Days irrigation	2.4[b]	5.21[a]	20.8[a]	88.6[a]	17.1[a]	19.5[b]	3.5[a]	42.0[a]

* برای هر تیمار و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

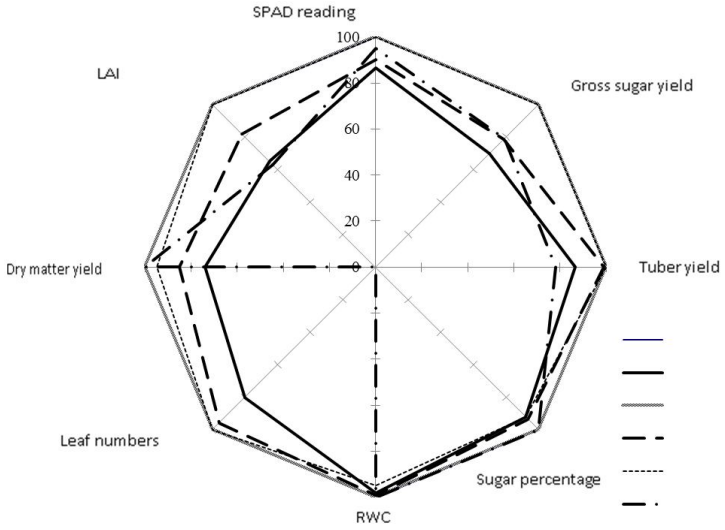
* For each factor and in each column, means followed by the same letter(s), are not significantly different ($p \leq 0.05$)based on LSD test.

تغییرات هر یک از صفات مورد بررسی چغندر قند تحت تأثیر اثرات ساده تیمارهای آزمایشی، به طور نسبی در شکل (1) نشان داده شده است و همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود کاربرد سوپر جاذب، محلول‌پاشی اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز به ترتیب منجر به بیشترین مقادیر محتوای نسبی آب برگ، عدد کلروفیل متر، عیار قند و عملکرد غده شد.

اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر معنی‌داربود (جدول 2) و مطابق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول 4)، بیشترین شاخص سطح برگ (3/6) در تیمار بدون سوپر جاذب و با اسید هیومیک به دست آمد که به لحاظ آماری با تیمارهای با سوپر جاذب و با اسید هیومیک و همچنین با سوپر جاذب و بدون اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقادیر شاخص سطح برگ در نتیجه اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک در تیمار بدون سوپر جاذب و بدون اسید هیومیک حاصل شد.

اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک و دور آبیاری بر شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل متر معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$) و بیشترین میزان آن در مورد شاخص سطح برگ (4/8) در نتیجه تیمار بدون سوپر جاذب، با اسید هیومیک و دورآبیاری هفت روزه به دست آمد (جدول 4). همچنین بیشترین عدد کلروفیل‌متر (49/9) در تیمار با سوپرجاذب، با اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز مشاهده شد. کمترین شاخص سطح برگ دو و همچنین کمترین عدد کلروفیل‌متر (36/3) در تیمار بدون سوپر جاذب، بدون اسید هیومیک و دور آبیاری ده روز حاصل شد (جدول 4).

همان طور که در جدول ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داده شده است (جدول 5)، شاخص سطح برگ با میزان ماده خشک و عملکرد غده، در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.



شکل 1- تغییرات صفات اندازه‌گیری شده چغندرقند در اثر تیمارهای آزمایشی (مقادیر مربوط به هر صفت با در نظر گرفتن با سوپر جاذب، با اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز، به عنوان مبنای صد درصد نشان داده شده‌اند).

Fig. 1– Changes in the characteristics of sugar beet under experimental treatments(valuescorresponding to each trait have been indicated respect to with super absorbent, with acid humic and 7 days irrigation interval, as100%basis).

ماده خشک و تعداد برگ، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد غده، عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل متر داشتند. بین عیار قند و عملکرد قند ناخالص همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

همچنین، همبستگی بین عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل‌متر با عملکرد غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌داربود. عملکرد قند ناخالص نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار با عدد کلروفیل متر نشان داد (جدول 4).

وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین عملکرد ماده خشک و شاخص سطح برگ (r =0/76**)، از یک سو و بین عملکرد ماده خشک و عملکرد قند ناخالص (r =0/54**) از سوی دیگر، بیانگر این مطلب است که هر عاملی که سبب افزایش شاخص سطح برگ شود، تولید ماده خشک و عملکرد قند ناخالص را افزایش خواهد داد. همچنین، وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین ماده خشک و عدد کلروفیل متر (r =0/49*) از یک طرف و بین عدد کلروفیل متر و عملکرد غده (r =0/58**) و عملکرد قند ناخالص (r =0/41*) از طرف دیگر، می‌تواند حاکی از اثر مثبت کاربرد اسید هیومیک در این پژوهش باشد. اسید هیومیک به واسطه تأمین برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌تواند سبب افزایش عدد کلروفیل متر، افزایش عملکرد ماده خشک و عملکرد غده و به دنبال آن افزایش عملکرد قند ناخالص شود. وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین عدد کلروفیل متر و میزان نیتروژن برگ و عملکرد ماده خشک، توسط محققان متعدد گزارش شده است (Anderson, 1993; Salehi et al., 2004; Jozefvova et al., 2003; Peng et al., 1992; Peng et al., 1999).

نتایج ارائه شده در جدول 5 نشان می‌دهد که عملکرد قند ناخالص چغندرقند با تعدادی از متغیرهای اندازه‌گیری شده در آزمایش، همبستگی دارد. به منظور تحلیل عمیق‌تر رابطه بین عملکرد قند ناخالص به عنوان متغیر تابع (Y) و صفات مؤثر بر آن (متغیرهای مستقل، X) از روش رگرسیون چند متغیری استفاده شد. به این منظور، ابتدا کلیه متغیرهای تحت بررسی شامل شاخص سطح برگ (X_1)، ماده خشک (X_2)، تعداد برگ (X_3)، محتوای نسبی آب (X_4)، عیار قند (X_5)، عملکرد غده (X_6)، و عدد کلروفیل‌متر (X_7) در مدل رگرسیون قرار گرفت. در اولین مرحله از اجرای رگرسیون، رابطه بین عملکرد قند ناخالص (Y) و کلیه متغیرهای تحت بررسی ... (X_1 X_n) برآورد گردید.

جدول ٤- اثرات متقابل سوپرجاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 4- Effects of interaction of super absorbent, humic acid and irrigation on sugar beet traits

تیمار Treatments	شاخص سطح برگ LAI	میزان ماده خشک (تن بر هکتار) Dry matter accumulation ($t.ha^{-1}$)	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	عملکرد غده (تن بر هکتار) Tuber yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	عدد کلروفیل متر SPAD reading
با سوپرجاذب×با اسیدهیومیک Super absorbent×humic acid	3.2a	5.994a	25.3a	87.0a	16.5a	23.6a	4.0a	49.5a
با سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک No super absorbent×no humic acid	3.4a	5.646a	26.7a	87.2a	17.5a	23.9a	4.6a	42.9a
بدون سوپرجاذب×با اسیدهیومیک No super absorbent×humic acid	3.6a	5.012a	20.5a	86.0a	15.1a	20.9a	2.9a	40.7a
بدون سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک No super absorbent×nohumic	2.0b	3.692a	21.0a	85.5a	16.6a	20.3a	3.8a	39.2a
با سوپرجاذب×دورآبیاری۷ روز Super absorbent×irrigation (7)	4.0a	5.973a	29.3a	86.1a	16.3a	26.9a	5.2a	46.3a
با سوپرجاذب× دور آبیاری ۱۰روز Super absorbent×irrigation(10 days)	2.8a	5.666a	22.7a	88.2a	17.7a	20.7a	4.1a	46a
بدون سوپرجاذب×دورآبیاری۷روز No Super absorbent×irrigation(7)	3.6a	4.760a	22.5a	82.4a	15.1a	22.9a	3.7a	42.0a
بدون سوپرجاذب×دورآبیاری۱۰روز No super absorbent×irrigation (10 days)	2.0a	3.491a	19a	89.1a	16.5a	18.3a	3.0a	37.9a
با اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Humic acid×irrigation(7days)	4.2a	5.376a	26.2a	84.8a	15.2a	24.9a	4.2a	45.9a
با اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Humicacid×irrigation(10 days)	2.6a	5.630a	25.7a	88.3a	16.4a	19.7a	3.4a	44.3a
بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Nohumic acid×irrigation(7 days)	3.2[a]	4.537[a]	22.0[a]	83.7[a]	16.2[a]	24.9[a]	4.7[a]	42.4[a]
بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Nohumic acid×irrigation(10 days)	2.2[a]	4.801[a]	19.7[a]	89.0[a]	17.8[a]	19.3[a]	3.6[a]	39.6[a]
با سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Super absorbent×humic acid×irrigation(7 days)	3.4[abc]	6.044[a]	29.7[a]	86.8[a]	15.8[a]	26.6[a]	5.1[a]	49.9[a]
با سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Super absorbent×Humic acid×irrigation(10 days)	3.0[bc]	5.944[a]	29.0[a]	83.3[a]	17.2[a]	20.7[a]	4.4[a]	49.1[a]
بدون سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز No super absorbent×humic acid×irrigation(7)	4.8[a]	4.709[a]	22.7[a]	82.7[a]	14.5[a]	23.2[a]	3.3[a]	42.0[ab]
بدون سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز No super absorbent×humic acid×irrigation(10 days)	2.2[c]	5.315[a]	18.3[a]	89.3[a]	15.6[a]	18.7[a]	2.5[a]	39.5[ab]
با سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Super absorbent×no humic acid×irrigation(7 days)	4.4[ab]	5.903[a]	29.0[a]	85.3[a]	16.8[a]	27.1[a]	5.4[a]	42.8[ab]
با سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Super absorbent×no humic acid×irrigation(10 days)	2.4[c]	5.839[a]	24.3[a]	89.1[a]	18.2[a]	20.7[a]	3.8[a]	42.9[ab]
بدون سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز No super absorbent×no humicacid×irrigation(7)	2.2[c]	4.212[a]	22.3[a]	82.1[a]	15.7[a]	22.7[a]	4.1[a]	42.1[ab]
بدون سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز No super absorbent×no humic acid×irrigation(10 days)	2.0[c]	8.540[a]	19.7[a]	89.0[a]	17.4[a]	17.9[a]	3.5[a]	36.3[b]

* برای هر اثر متقابل و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

* For each interaction and in each column, means followed by the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

سپس، به منظور حذف متغیرهای دارای تأثیر جزئی بر عملکرد قند ناخالص، از تکنیک رگرسیون گام به گام استفاده گردید. نتایج این رگرسیون نشان داد که در این پژوهش، متغیرهای عملکرد غده (X_6)، عیار قند (X_5) و عدد کلروفیل متر (X_7) اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد قند ناخالص بوده‌اند (معادله 2).

معادله (2) $Y = -6.250 + (0.206 \times X_6) + (0.239 \times X_5) + (0.041 \times X_7)$ $r = 0.87^{**}$

که در آن، Y= عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)، X_6= عملکرد غده (تن در هکتار)، X_5= عیار قند (درصد) و X_7= عدد کلروفیل متر است.

ضرایب معادله مذکور، تأثیر نسبی تغییرات هر یک از متغیرهای موجود در مدل را بر عملکرد قند ناخالص نشان می‌دهد. برای مثال، طبق ضرایب این معادله، تغییر عملکرد قند ناخالص به ازای هر واحد تغییر عیار قند، 0/239 واحد بوده در حالی‌که این تغییر به ازای هر واحد افزایش یا کاهش عدد کلروفیل متر، 0/041 خواهد بود.

با توجه به نتایج جدول ضرایب همبستگی (جدول 5) به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد غده به سبب افزایش در تولید و تجمع ماده خشک بوده است که خود در نتیجه افزایش سطح برگ رخ داد. همچنین به نظر می‌رسد که تجمع کلروفیل زمانی که گیاه در شرایط تنش به سر برد و محتوای آب نسبی پایین‌تری داشت سبب همبستگی منفی بین این دو صفت شد (جدول 4) که با نتایج نونامی و متیوز (Nonami & Matthewse, 1997) همخوانی دارد.

گزارش شده است که استفاده از هیدروژل‌های سوپرجاذب در گیاه ذرت در سطح 300 کیلوگرم در هکتار سبب بهبود عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و اجزای عملکرد شد. هیدروژل‌های سوپرجاذب باعث بهبود تعداد ردیف در بلال فقط تحت تنش خشکی شد، در حالی‌که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف را تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش بهبود بخشید (Kohestani et al., 2009). مائو و همکاران (Mao et al., 2011) با بررسی اثر کاربرد هیدروژل سوپرجاذب بر گیاه ذرت بیان داشتند که کاربرد سوپرجاذب در سطوح بالا (150 کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ و عملکرد ماده خشک شد. آن‌ها همچنین بیان کردند که محتوای نسبی آب نیز تحت تأثیر کاربرد سوپرجاذب قرار گرفت.

نتایج آزمایشی که در آن اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک و نیتروژن بر گندم دوروم مورد بررسی قرارگرفت، نشان دادکه اسیدهیومیک سبب افزایش معنی دار وزن خشک ساقه و ریشه گندم شد، همچنین عملکرد دانه، باروری سنبله و محتوای پروتئین دانه در هر دوتیمارافزایش یافت که این افزایش در محلول پاشی نیتروژن به همراه اسیدهیومیک بسیار بیشتر بود. همچنین اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی شد (Delfine et al., 2005). بیان شده است که تنش آبی سبب افزایش درصد قند ناخالص می‌گردد. از سوی دیگر، علت افزایش درصد قند در حالت تنش، به کوچک بودن غده‌ها نسبت داده شده است (Koocheki & Soltani, 1996)

نتیجه‌گیری

چغندرقند گیاهی است که به دلیل دوره رشد طولانی، گاهی اوقات 9-8 ماه در زمین باقی می‌ماند و حجم زیادی از آب مصرفی کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد. از طرفی به علت محدودیت منابع آبی و همزمانی آبیاری غلات در مراحل زایشی و رسیدگی با آبیاری مزارع چغندرقند، این محصول در اوایل فصل رشد به مدت نسبتاً طولانی با مشکل کمبود آب مواجه می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اغلب صفات مهم چغندر قند مثل عملکرد ماده خشک عملکرد، تعداد برگ، عملکرد قند ناخالص، عیار قند و عدد کلروفیل‌متر در دور آبیاری هفت و ده روز تفاوت معنی‌دار نداشتند، لذا می‌توان گفت زمانی‌که این گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد استفاده از سوپر جاذب رطوبت سبب تفاوت معنی‌دار عملکرد قند ناخالص، عدد کلروفیل‌متر و شاخص سطح برگ نسبت به حالت عدم کاربرد سوپر جاذب شد، ضمن این‌که در مورد سایر صفات نیز سبب برتری چشمگیر از نظر کمی نسبت به حالت عدم کاربرد سوپر جاذب گردید. همین موضوع برای اسید هیومیک نیز صادق بود، به طوری‌که شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر در نتیجه کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن افزایش معنی‌دار نشان دادند. به طور کلی، کاربرد سوپرجاذب رطوبت می‌تواند رطوبت قابل دسترس برای چغندرقند را در ناحیه ریشه افزایش داده و در نتیجه سبب حفظ و ثبات تولید در شرایط نامساعد گردد.

جدول 5- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در چغندر قند در نتیجه کاربرد سوپر جاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری

Table 5- Correlation coefficients **between traits in sugar beetas a result ofsuperabsorbent application, acid humic foliar application and irrigation**

متغیر Variable	شاخص سطح برگ LAI	میزان ماده خشک (تن بر هکتار) Dry matter accumulation (t.ha^{-1})	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	عملکرد غده (تن بر هکتار) Tuber yield (t.ha^{-1})	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield
شاخص سطح برگ LAI							
میزان ماده خشک (تن بر هکتار) Dry matter accumulation (t.ha^{-1})	0.76**						
تعداد برگ Leaf number	0.26	0.19					
محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	-0.35	-0.37	-0.08				
عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	-0.24	-0.02	-0.08	0.07			
عملکرد غده (تن بر هکتار) Tuber yield (t.ha^{-1})	0.54**	0.45*	0.46*	0.37	-0.01		
عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	0.29	0.54**	0.40*	-0.13	0.42*	0.71**	
عدد کلروفیل متر SPAD reading	0.32	0.49*	0.14	-0.22	0.39	0.58**	0.41*

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

*and ** :indicate statistically significance at 5 and 1% probability levels, respectively.

با توجه به این که استفاده بی‌رویه از کودهای نیتروژنی در زراعت چغندرقند آثار نامطلوب محیطی به همراه دارد، نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که استفاده از اسید هیومیک می‌تواند علاوه بر حفظ سلامت محیط زیست، امکان افزایش تولید در این گیاه را فراهم آورد. بدیهی است که تأیید نهایی نتایج این پژوهش، نیازمند تکرار آزمایش در طول زمان است.

قدردانی

هزینه انجام این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح پژوهه به شماره 18356 مصوب 90/4/22 تأمین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

Allen, R., Pereira, L.A., and Smith, M. 1998. Crop Evopotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirement. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, Italy.

Almani, M.P., Abd-Mishani, C., and Yazdi Smadi, B. 1997. Drought resistance in sugar beet genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science 28: 15-25.

Anderson, D., Bullock, D., Johnson, G., and Taets, C. 1993. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for on farms N management of corn in Illinois. Proceedings of the Fertilizer Conference. January 25- 27. Illinois.

Barary, M., Warwich, N.W.M., Jessop, R.S., and Taji, A.M. 2002. Osmotic adjustment and drought tolerance. In, Australian triticale 1: 135-141. 2002. Osmotic adjustment and drought tolerance, Proceeding of the 5th International Triticale Symposium. Radzikow, Poland. June 30- July 5, 2002.

Bayat, M., Rostami, G., and Haddadian, M. 2009. Large amount of water resources and watersupply projects in the state. Academic Journal of Civil Engineering 39: 26-37.

Bazuband, M. 1992. Effects of stress on thinning after the first round of quantitative and qualitative properties of sugar beet, Beet. Research Khorasan Research Report 37-38.

Campbell, R.J., Mobley, K.M., Marini, R.P., and Pfeiffer, D.G. 1990. Growing conditions alter the relationship between SPAD-502 values and apple leaf chlorophyll. Horticulture 25: 330-331.

Cole, A. 1975. Changes in leaf area and specific leaf weight of sugar beet leaves during the growing season. Crop Science 15: 882-883.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.

Hasanzade Daluie, M. 1994. Effect of foliar application time with humic acid on yield, component yield protein and nitrogen remobilization and dry matter of two wheat cultivars, PhD Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Islam, M., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Eneji, A., and Hu, Y. 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., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Eneji, A., and Hu, Y. 2011b. Effects of watersaving superabsorbent 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.

Johnson, M., and Veltkamp, C. 1985. Structure and functioning of waterstoring agricultural polyacrylamides. Journal of the Science of Food and Agriculture 36: 789-793.

Jozefvova, L., Pulkrabek, J., and Urban, J. 2003. Possibility of chlorophyll meter use for sugar beet's nitrogen fertilizing optimization. Available at http://agris.czu.cz (accessed 20 July 2009)

Kabiri, A. 2005. super absorbent, Introduction to Applied. The third workshop and seminar application of super absorbent in agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Karda, C.F. 2002. Deficit irrigation practices: Deficit irrigation shielding based on plant growth stages showing water stress tolerance Available from: http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E00.htm.

Karimi, A. 1995. Igeta effect on some physical properties of soil and plant breeding. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University. (In Persian with English Summary)

Karimi, A. 2005. Super Absorbent material effect on water use and growth of sunflower breeding. Desert 31: 19-34.

Kauser, A., and Azam, F. 1985. Effect of humic acid on wheat seeding growth. Environmental and Experimental Botany 25: 245-252.

Khorshidi, M., Rahim, B., Mirhadi, M., and Noormohammadi, G. 2002. Effects of water stress at different growth stages of potato. Iranian Journal of Crop Sciences 4(1): 59-48. (In Persian with English Summary)

Kohestani, S., Asgari, N., and Maghsudi, K. 2009. Super absorbent effect on the performance of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. Journal of Water 5: 71-78.

Koocheki, A., and Soltani, V. 1996. The Sugar Beet Crop. Mashhad: Publications of Mashhad University Jihad, Mashhad, Iran 200 pp. (In Persian)

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

Mambelli, S., Dal Rio, M.P., Amaducci, M.T., and Venturi, G. 1997. Method of plant analysis to evaluate nitrogen status in sugar beet. Proceedings of the 60th IIRB Congress. Cambridge (UK), p. 321-326.

Mao, R., Islam, S., Xue, X., Yang, X., Zhao, X., and Hu, Y. 2011. Evaluation of a water-saving superabsorbent

polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. African Journal of Agricultural Research 6(17): 4108-4115.

Michael, K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidizwd lignites in agriculture. Soil Science 1: 25-27.

Milford, G.F.J., Pocock, T.O., and Riley, J. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops. Annals of Applied Biology 106: 163-172.

Mirzaei, M., Rezvani, M.A., and Gohari, J. 2005. Effect of water stress at different growth stages on yield and some physiological characteristics of sugar beet. Journal of Sugar Beet 21(1): 1-14.

Moosavi-Nia, M., and Atapour, A. 2005. Effect of super absorbent polymer on reducing low irrigation. The third seminar, specialized training and agricultural applications Hydrvzhlhay super catchy. The third workshop and seminar application of super absorbent in agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Nautiyal, P.C., Rachaputi, N.R., and Joshi, Y.C. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leafcarbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crops Research 74: 67-79.

Nonami, H., and Matthewse, V. 1997. Decreased growth-induced water potential a primary cause of growth inhabitation at low water potentials. Plant Physiology 114: 501-509.

Ober, E.S., Clark, C.J.A., Lebloa, M., Royal, A., Jaggard, K.W., and Pidgeon, J.D. 2004. Assessing the genetic resources to improve drought in sugar beet. Agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crops Research 90: 213-234.

Parvizi, M., and Yazdi Samadi, B. 1993. Evaluation of different lines of sugar beet drought tolerance. Abstracts of Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. p. 15-18. Faculty of Agriculture, Tehran University, Karaj,Iran. (In Persian)

Peng, S., Garcia, F.V., Laza, R.C., and Cassman, K.G. 1992. Leaf thickness affects the estimation of leaf nitrogen concentration using a chlorophyll meter. Rice Research 17: 19-20.

Peng, S., Sanico, A.L., Garcia, F.V., and Laza, R.C. 1999. Effect of leaf phosphorus and potassium concentration on chlorophyll meter reading in rice. Plant Production Science 2: 227-231.

Prnyazpour, A., Habib, D., and Roshan, B. 2007. What is super absorbent? Journal of Agricultural and Natural Resources Engineering 4(15): 1-3.

Rahimian, M., and Asadi, J. 2000. Effects of water stress on yield and quantity and quality of sugar beet production function and its crop coefficient. Journal of Soil and Water 12(10): 57-63.

Salar, N., Farahpour, M., and Bahari, M. 2005. Effect of hydrophilic polymers on crop irrigation in melon. The third seminar, specialized training and super absorbent Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Salehi, M., Koocheki, A., and Nasiri Mahalati, M. 2004. Nitrogen and chlorophyll content as an indicator of salt stress in wheat. Journal of Agricultural Research 2(1): 25-33.

Samavat, S., Malakuti, M., Samavat, S., and Malakooti, M. 2006. important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical Issue 463: 1-13.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B., and Morhinweg, D.W. 1998. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science 28: 526-531.

Sebahattin, A., and Necdet, C. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Agronomy Journal 4: 130-133.

Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-39.

Sinclair, T.R., and Ludlow, M.M. 1985. Who thought plant thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Journal Plant Physiology 33: 312-317.

Talaee, A., and Asadzade, A. 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)

Taleghani, D., Gohari, J., Tohid loo, G., and Ruhi, A. 1999. The Final Report of Water Use Efficiency and Nitrogen Stress Conditions at Planting Sugar Beets. Sugar Beet Research Institute, Mashhad, Iran. (In Persian)

Thompson, J.A., Schweitzer, L.E., and Neison, R.L. 1996. Association of specific leaf weight, an estimate of chlorophyll and chlorophyll concentration with apparent photosynthesis in soybean. Photosynthesis Research 49: 1-10.

Tsialtas, J.T., and Maslaris, N. 2008. Sugar beet response to N fertilization as assessed by late season chlorophyll

and leaf area index measurements in a semi-arid environment. Plant Production 2(1): 57-66.

Tugnoli, V., and Bettini, G. 2000. Nitrogen fertilizers in sugar beet spring sowing: use of the SPAD optical instrument. Proceedings of the 63rd IIRB: Congress (Switzerland). p. 419-424.

Ucan, K., and Gencoglan, C. 2004. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28(3): 163-172.

Van Eerd, L., and Zandstra, V. 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.

Vos, J., Van der Putten, P.E.L., and Birch, C.J. 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). Field Crops Research 93: 64-73.

Winter, S.R. 1980. Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agronomy Journal 72: 118-123.

Winter, S.R. 1990. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. Agronomy Journal 82: 984-988.