

تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و شکر تولیدی چغندر قند (*Beta vulgaris L.*)

امراه اسماعیلی^۱ و محمودرضا تدین^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱

اسماعیلی، ا. و تدین، م. ر. ۱۳۹۸. تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و شکر تولیدی چغندر قند (*Beta vulgaris L.*). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۱۹۸-۱۸۵.

چکیده

با توجه به قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک جهان، توجه به اثرات تنش رطوبتی بر رشد گیاه چغندر قند ضروری به نظر می‌رسد. اسید هیومیک می‌تواند به‌طور مستقیم، اثرات مثبتی بر رشد گیاه بگذارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) توسط اسید هیومیک تحریک می‌شود، ولی اثر آن روی ریشه، برجسته‌تر است، حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه می‌گردد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح مختلف تنش خشکی شامل حفظ رطوبت خاک در حد ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (بدون تنش)، حفظ رطوبت خاک در حد ۸۵٪ ظرفیت زراعی (تنش ملایم)، حفظ رطوبت خاک در حد ۷۰٪ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و حفظ رطوبت خاک در حد ۴۵٪ ظرفیت زراعی (تنش شدید) به‌عنوان عامل اصلی و کاربرد چهار سطح مختلف اسید هیومیک به صورت پودر HUMAX95%-WSG (شرکت بازرگان کالا) به نسبت‌های صفر، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) (به‌صورت محلول‌پاشی در سه مرحله شامل مرحله چهار برگی، هشت برگی (پس از وجین) و شانزده برگی (پس از دومین مرحله خاک‌دهی) به‌عنوان عامل فرعی، اجرا شد. وزن شاخساره از ابتدای اندازه‌گیری‌ها روند افزایشی داشت ولی محدودیت آب باعث کاهش شیب افزایش وزن شاخساره شد و این کاهش شیب باعث شد تا در نهایت در تیمارهای تنش خشکی، حداکثر وزن شاخساره نسبت به تیمار شاهد، کاهش یافت. در همه سطوح آبیاری و غلظت‌های اسید هیومیک، شاخص سطح برگ تا اواسط فصل رشد روند افزایشی داشت و پس از آن نسبت به نیمه اول فصل رشد با شیبی ملایم‌تر، شروع به کاهش کرد. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد ریشه شد و با افزایش مقدار اسید هیومیک، عملکرد ریشه نیز روند افزایشی نشان داد به نحوی که در هر سطح تیمار آبیاری، بیشترین عملکرد ریشه از تیمار ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و کمترین عملکرد ریشه از تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک به دست آمد. کاهش آب مصرفی در تیمارهای ۰/۸، ۰/۷ و ۰/۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب باعث کاهش ۰/۵، ۰/۳ و ۱/۳ درصدی محتوای قند نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین کاربرد ۲ و ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به ترتیب باعث ۰/۱ و ۱/۵ درصد کاهش محتوای قند شد، در حالی که کاربرد ۴ کیلوگرم اسید هیومیک تأثیری بر محتوای قند نداشت. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد ریشه شد به نحوی که در تیمارهای کاربرد ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک، نسبت به تیمار عدم استفاده اسید هیومیک، عملکرد ریشه به ترتیب ۴۱/۶، ۸۴/۸ و ۱۱۰/۵ درصد افزایش نشان داد. کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در زراعت چغندر قند قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد قند خالص، شاخص سطح برگ، عملکرد ریشه

مقدمه

به‌عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد در چغندر قند است (Ober, 2001). تنش خشکی از توسعه بیشتر سلول و تقسیم سلولی ممانعت به‌عمل می‌آورد و سبب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود، با اینکه گزارش شده است که چغندر قند گیاهی نسبتاً مقاوم به خشکی است، اما جهت دستیابی به عملکرد بالا بکارگیری راهکارهایی که بتواند اثر تنش خشکی را کاهش دهد بسیار مورد توجه است. بیشتر راهکارها شامل کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری

تنش خشکی، در زمان حال و آینده مهم‌ترین چالش پیش روی تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه خواهد بود و با توجه به قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک جهان، توجه به اثرات تنش رطوبتی بر رشد گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. در حدود یک سوم از زمین‌های قابل کشت دنیا به‌طور قابل توجهی با کمبود آب مواجه هستند و گزارش شده است که تنش خشکی

(* نویسنده مسئول: Email: mrtadayon@yahoo.com)

دارند. اسید هیومیک اثرات مثبتی بر رشد گیاه دارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هیومیک تحریک می‌شود ولی اثر آن بر روی ریشه، برجسته‌تر است، حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی سامانه ریشه می‌گردد. اسید هیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد. کاربرد اسید هیومیک، کلروز گیاهان را بهبود می‌بخشد که احتمالاً نتیجه توانایی اسید هیومیک برای نگهداری آهن خاک به فرمی که قابل جذب و سوخت‌وساز می‌باشد. این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد که معمولاً کمبود آهن قابل جذب و مواد آلی را دارند (Sardashti & Alidoost, 2007). استفاده از اسید هیومیک باعث رشد اندام هوایی و افزایش تولید گیاهان زراعی و باغی می‌شود، که دلیل آن، افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس است (Harper et al., 2000). مطالعات نشان داده است که کاربرد اسید هیومیک، موجب انتقال گلوکز از بین غشاهای سلولی در گیاهان پیاز، چغندر قند و گوجه‌فرنگی می‌شود (Tan, 2003).

با توجه به مطالب مذکور آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر تنش خشکی و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و میزان قند چغندر قند اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ انجام شد. قبل از اجرای طرح، از خاک مزرعه نمونه مرکبی تهیه گردید و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین نیاز کودی گیاه به آزمایشگاه آب و خاک ارسال شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Soil properties of experimental field (0-30 cm depth)

مس	آهن	منگنز	روی	پتاسیم محلول	فسفر محلول	نیتروژن کل	کربن	اسیدیته	هدایت الکتریکی
Cu	Fe	Mn	Zn	K	P	N	C	pH	EC
(mg.kg ⁻¹)						(%)			(dS.m ⁻¹)
0.93	4.53	8.11	0.58	241	1.9	0.072	0.698	8.04	0.461

کشت، گوگرد کشاورزی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به همراه ۹ کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس قبل از کشت، سولفات آهن ۴۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت، سولفات روی ۱۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت، سولفات منگنز ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت، اسید بوریک ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت.

در شرایط تنش خشکی است. بررسی شش ژنوتیپ چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) تحت شرایط رطوبتی متعارف، تنش خشکی متوسط و تنش خشکی شدید نشان داده است که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید شد (Sharifi & Dehghanian, 2014). ابیانه و جوزی (Abyaneh & Jovzi, 2016) در بررسی چغندر قند تحت شرایط کم‌آبیاری مشاهده کردند، کاهش مصرف آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص می‌گردد. محدودیت رطوبت در خاک باعث کاهش سطح برگ و در پی آن کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد ریشه می‌شود (Gardner et al., 1985). در بررسی فیروزآبادی و همکاران (Firoozabadi et al., 2003) عملکرد ریشه در شرایط نرمال، تنش ملایم و شدید که بصورت مداوم طی فصل رشد اعمال شد به ترتیب ۵۸/۶، ۴۵/۸ و ۳۴/۷ تن در هکتار بود. این در حالی است که بازا (Bazza, 1993) بیشترین کاهش عملکرد را در زمان تنش در مرحله توسعه برگ چغندر قند گزارش کرد. کم‌آبی و دمای بالا در دوره رشد علاوه بر کاهش رشد موجب افزایش قند در ریشه و افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندر قند به ویژه ترکیبات نیتروژن می‌شود (Arnon, 1996). اعمال تنش خشکی در اواخر فصل رشد، سبب افزایش غلظت ناخالصی‌های ریشه به‌ویژه پتاسیم، نیتروژن مضره و گاهی سدیم شده و در نتیجه باعث افزایش ملاس می‌گردد (Ober et al., 2004). بالا بودن عیار قند در شرایط تنش خشکی را به علت از دست رفتن آب ریشه و همچنین کوچک بودن ریشه‌های چغندر قند می‌دانند.

امروزه با توجه به شرایط زیست‌محیطی، استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان زراعی و باغی رواج پیدا کرده است، اسید هیومیک یکی از این ترکیبات است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات فراوانی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک داشته و به علت وجود ترکیبات شبه هورمونی، اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود محصولات کشاورزی

بافت خاک شامل ۳۰٪ شن، ۲۵/۵٪ سیلت و ۳۴/۵٪ ماسه بود. اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در پنج نوبت (یک نوبت قبل از کشت، چهار نوبت پس از کشت (پس از رویش، چهار برگ، شش برگ، ۱۰ برگ) به صورت سرک)، سوپر فسفات تریپل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت، سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از

در پایان داده‌های جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزار SAS (9.1) و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها توسط برنامه Sigmaplot (12.5) صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن شاخساره

نتایج نشان داد به جز مرحله اول نمونه‌برداری (۲۵ روز پس از سبز شدن: قبل از اعمال تیمارهای آزمایش)، در سایر مراحل اثر آبیاری، اسید هیومیک و برهمکنش آبیاری × اسید هیومیک بر وزن خشک شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۲). وزن شاخساره از ابتدای اندازه‌گیری‌ها روند افزایشی داشت ولی محدودیت آب باعث کاهش شیب افزایش وزن شاخساره شد و این کاهش شیب باعث شد تا در نهایت در تیمارهای تنش خشکی، حداکثر وزن شاخساره نسبت به شرایط عدم وجود تنش خشکی، کاهش یافت. همان‌گونه که از شکل ۱ مشخص است، در هر رژیم رطوبتی، مصرف اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک شاخساره شده است و این اثر اسید هیومیک به‌ویژه در مراحل انتهایی رشد مشهودتر است.

در بیشتر گیاهان زراعی، روند تجمع ماده خشک در طول فصل رشد به صورت سیگموئیدی است، بدین صورت که در ابتدای رشد، سرعت تجمع ماده خشک، کم و تدریجی است و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ، میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرده و شیب تجمع ماده خشک، شدت بیشتری پیدا می‌کند؛ به طوری که در نقطه‌ای از منحنی به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن به دلیل افزایش سن و پیری برگ‌ها از مقدار ماده خشک کاسته شده و در نهایت متوقف می‌شود (Gardner et al., 1985). کاهش تجمع ماده خشک در شرایط تنش، به دلیل کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز و نیز افزایش دمای برگ است (Iramki et al., 2000). اورکات و نیلسون (Ourcut & Nilsen, 2009) نیز دلیل کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی را کاهش سطح برگ دانستند که باعث کاهش دریافت نور و میزان فتوسنتز می‌شود. تحقیقات نشان داد کاربرد اسید هیومیک باعث شد وزن خشک بوته چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط تنش خشکی کمتر کاهش یابد (Sanjarimijani et al., 2016).

اسید هیومیک به دلیل اثرات هورمونی، در بهبود جذب مواد غذایی و افزایش زیست‌توده ریشه و شاخساره، مانند یک اسید آلی مشتق از هوموس عمل می‌کند (Nikbakht & Kafi, 2008). اسید هیومیک با افزایش جمعیت موجودات زنده خاک، اصلاح وضعیت فیزیکی، اثرات آنزیمی و هورمونی، pH خاک، تعدیل رشد گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی و شوری اثر داشته و باعث

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۴ سطح مختلف تنش خشکی شامل حفظ رطوبت خاک در حد ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (بدون تنش)، حفظ رطوبت خاک در حد ۸۵٪ ظرفیت زراعی (تنش ملایم)، حفظ رطوبت خاک در حد ۷۰٪ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و حفظ رطوبت خاک در حد ۴۵٪ ظرفیت زراعی (تنش شدید) به عنوان عامل اصلی و کاربرد چهار سطح مختلف اسید هیومیک به صورت پودر HUMAX95%-WSG (شرکت بازرگان کالا) به نسبت‌های صفر، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) (به صورت محلول‌پاشی در سه مرحله شامل مرحله چهار برگی، هشت برگی (پس از وجین) و شانزده برگی (پس از دومین مرحله خاک‌دهی) به عنوان عامل فرعی، اجرا شد.

در این آزمایش از بذر مونوزم چغندر قند، رقم خارجی کاستیل تولید کشور بلژیک استفاده شد. میزان ظرفیت زراعی مزرعه جهت اعمال تنش با استفاده از دستگاه رطوبت سنج (تانسیومتر) اندازه‌گیری شد و مقادیر آب مورد نیاز برای هر تیمار با استفاده از کنتور به هر کرت داده شد. زمان اعمال تنش ۴۰ روز پس از کاشت بود.

به منظور بررسی چگونگی اثر تیمارها بر رشد گیاه و تعیین شاخص‌های رشد، در فواصل زمانی ۲۰ روز یک بار (۵ مرحله) اقدام به نمونه‌برداری از بوته‌ها شد. بدین منظور با حذف دو ردیف کناری و رها کردن یک متر حاشیه از بالا و پایین کرت، از سه ردیف وسط هر کرت نمونه‌برداری صورت گرفت. برای اندازه‌گیری قطر ریشه، تعداد ۳ ریشه سالم را انتخاب و طول و قطر آن‌ها ثبت و سپس میانگین طول و قطر آن‌ها به عنوان طول و قطر ریشه تیمار مورد نظر منظور می‌شود. وزن تر شاخساره بوته‌های انتخاب شده، توسط ترازوی دیجیتال Sartorius مدل MG 312 با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس اندام هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری گردید. برای تعیین شاخص سطح برگ (LAI) چند ندرقند در هر مرحله نمونه‌برداری، کلیه برگ‌های بوته‌های انتخاب شده روی کاغذ شطرنجی قرار داده شد و سپس عکس‌برداری شدند. سپس مساحت هر برگ با گرفتن عکس از برگ‌ها و توسط نرم‌افزار اتوکد اندازه‌گیری گردید. شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ هر بوته به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده بود محاسبه گردید. مراحل اندازه‌گیری شاخص سطح برگ شامل ۵ مرحله شامل: ۱) قبل از اعمال تنش ۲) ۲۰ روز بعد از مرحله اول ۳) ۲۰ روز بعد از مرحله دوم ۴) ۲۰ روز بعد از مرحله سوم ۵) زمان برداشت بود. در صد شکر قابل استحصال از رابطه زیر بدست آمد (Khajepoor, 2007).

درصد قند ملاس - درصد قند ناخالص = شکر قابل استحصال

افزایش قدرت جذب مواد غذایی، افزایش جوانه‌زنی و رشد ریشه و بهبود محصول از لحاظ کمی و کیفی می‌گردد (Cangi et al., 2006).

جدول ۱- تجزیه واریانس وزن خشک شاخساره چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک
Table 2- Analysis of variance of sugar beet shoot weight under irrigation regimes and humic acid application conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	روز پس از سبز شدن Days after sowing				
		25	45	65	85	105
		میانگین مربعات Mean of squares				
بلوک Block	2	1.43**	33.23ns	134.31ns	450.59ns	427.61ns
آبیاری Irrigation (irr)	3	0.19ns	19462.33**	77882.26**	223361.32**	223047.86**
خطای Error a	6	0.09	79.7	318.5	110.45	106.42
اسید هیومیک Humic acid (humic)	3	0.16ns	1707.20**	6832.83**	10015.54**	9897.78**
آبیاری × اسید هیومیک irr*humic	9	0.36ns	299.02**	1196.93**	3207.81**	3271.90**
خطا Error	24	0.33	45.15	180.45	790.03	756.4
ضریب تغییرات CV (%)	-	2	4.4	4.4	5.7	5.8

ns: Non-significant* and **: significant at 1% probability level

ns: Non-significant* and **: significant at 1% probability level

شاخص سطح برگ

هر سطح آبیاری، بیشترین شاخص سطح برگ، در غلظت شش لیتر اسید هیومیک در هکتار و کمترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد (شکل ۲).

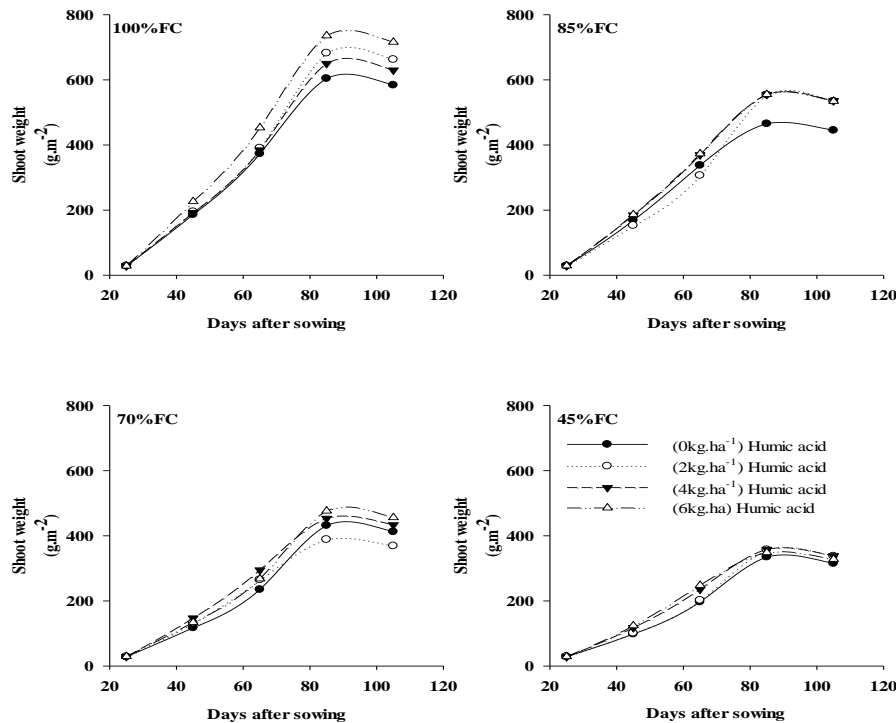
خشکی باعث کاهش سطح برگ می‌شود که این وضعیت به دلیل کاهش آماس سلولی و پژمردگی و جمع شدن پهنک در شرایط تنش شدید و در نهایت، پیری زودرس برگ‌های گیاه می‌باشد (Earl et al., 2003). در شرایط تنش شدید سرعت توسعه برگ کاهش یافته و رشد برگ ممکن است متوقف شود. همچنین، تنش خشکی، شاخص سطح برگ را با کاهش آغازش برگ‌های جدید تحت تأثیر قرار می‌دهد (Prasad et al., 2008). تداوم تنش خشکی پیری برگ را سرعت می‌بخشد (Souza Claudia, 2003) و به مرگ بافت برگ و ریزش آن، به‌ویژه برگ‌های قدیمی و رسیده منجر می‌شود.

مصرف اسید هیومیک باعث افزایش شاخص سطح برگ در ذرت شد (Ghorbani et al., 2010). اسید هیومیک به دلیل افزایش میزان نیتروژن گیاه (Sharif et al., 2002) سبب افزایش شاخص سطح و همچنین سرعت بالاتر گسترش سطح برگ شده است. آلبایراک و کاماز (Albayrak & Camas, 2005) نیز گزارش کردند که تیمار ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک، سبب گسترش بیشتر سطح

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد به جز مرحله اول اندازه‌گیری (۲۵ روز پس از سبز شدن) در سایر مراحل، اثر آبیاری، اسید هیومیک و برهم‌کنش آبیاری × اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ چغندر قند معنی‌دار بود (جدول ۲). در همه سطوح آبیاری و غلظت‌های اسید هیومیک، شاخص سطح برگ تا اواسط فصل رشد روند افزایشی نشان داد و پس از آن با شیبی ملایم‌تر از نیمه اول فصل رشد، شروع به کاهش کرد. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با کاهش میزان آب مصرفی، شاخص سطح برگ در مرحله آخر اندازه‌گیری (۱۰۵ روز پس از سبز شدن) کمتر شده است، در واقع این موضوع بدان معنا است که با وجود آب کافی، گیاه تا اواخر فصل رشد سطح برگ بیشتری را جهت انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک حفظ می‌کند؛ در حالی که در شرایط محدودیت آب، شاخص سطح برگ در اواخر فصل رشد که دوره انباشت مواد فتوسنتزی در ریشه‌های چغندر قند است، پایین است.

با کاهش آب مصرفی، شاخص سطح برگ چغندر قند روند کاهشی داشته است، همچنین در هر سطح آبیاری نیز، با کاهش غلظت اسید هیومیک، شاخص سطح برگ روند کاهشی نشان داد به نحوی که در

برگ شد. پژوهش‌ها نشان داد کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش سطح برگ گندم شد (Sabzevari & Khazaei, 2009).

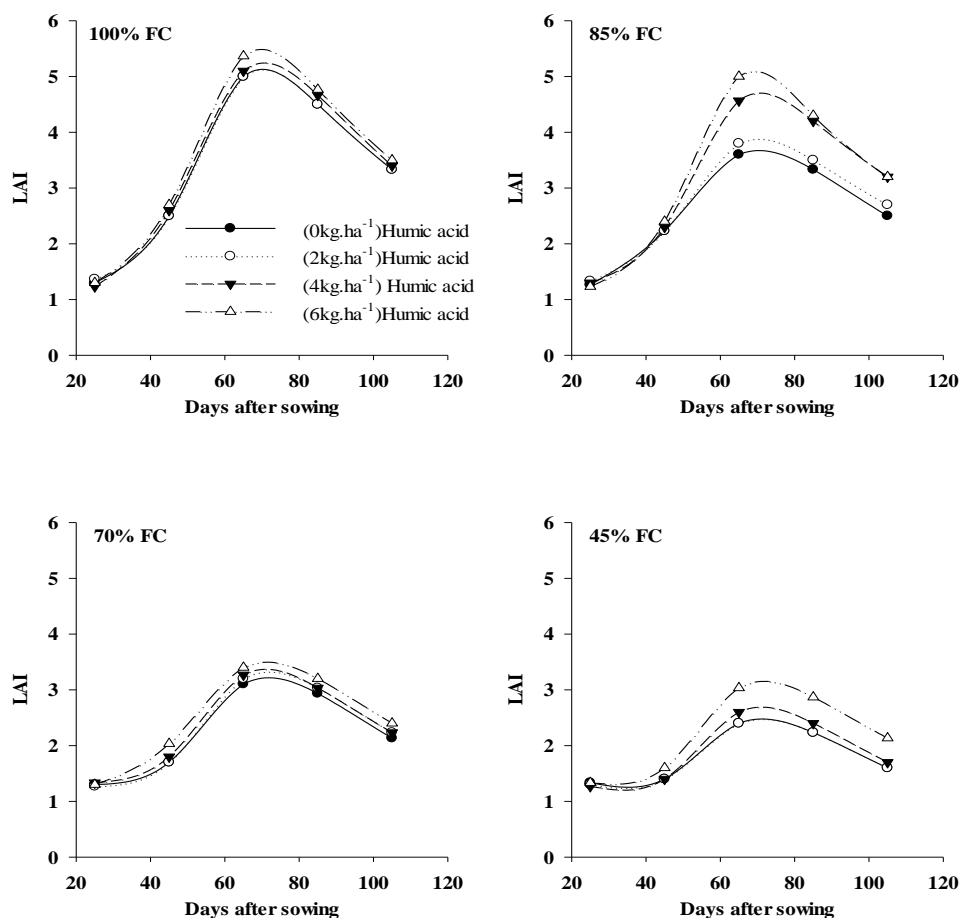


شکل ۱- روند تغییرات وزن خشک شاخساره چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک در طی روزهای پس از کاشت
 Fig. 1- Trends of sugar beet shoot weight under irrigation regimes and humic acid application conditions during days after sowing time

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص سطح برگ چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک
 Table 3- Analysis of variance of sugar beet LAI under irrigation regimes and humic acid application conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	روز پس از سبز شدن Days after sowing				
		25	45	65	85	105
بلوک Block	2	0.0015ns	0.192**	0.226ns	0.132ns	0.053ns
آبیاری Irrigation (irr)	3	0.0013ns	3.122**	14.642**	10.714**	6.181**
خطای a Error a	6	0.0017	0.001	0.123	0.164	0.036
اسید هیومیک Humic acid (humic)	3	0.0024ns	0.152**	1.130**	0.722**	0.413**
آبیاری × اسید هیومیک irr*humic	9	0.0058ns	0.005**	0.187**	0.116**	0.072**
خطا Error	24	0.0097	0.0005	0.004	0.006	0.002
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.6	1.1	1.7	2.2	1.5

ns: غیر معنی‌دار* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱
 ns: Non-significant* and **: significant at 1% probability level



شکل ۲- شاخص سطح برگ چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک
 Fig. 2- Sugar beet LAI under irrigation regimes and humic acid application conditions

قطر ریشه

اثر آبیاری، اسید هیومیک و برهمکنش آبیاری × اسید هیومیک بر قطر ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد کاهش آب آبیاری، باعث کاهش قطر ریشه چغندر قند و مصرف اسید هیومیک باعث افزایش قطر ریشه در همه مراحل اندازه‌گیری شد (جدول ۴). شصت و پنج روز پس از سبز شدن، در تیمارهای ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی، قطر ریشه به ترتیب ۸/۹، ۲۰/۲ و ۳۳/۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. ۸۵ روز پس از کاشت نیز قطر ریشه در تیمارهای ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۱۸/۹، ۲۱/۸ و ۲۷/۱ درصد کاهش نشان داد. همچنین در ۱۰۵ روز پس از سبز شدن نیز، تیمارهای ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب باعث کاهش ۱۴/۶، ۲۴/۲ و ۲۹/۷ درصد کاهش قطر ریشه نسبت به تیمار شاهد شدند. محدودیت آب، علاوه بر کاهش واحدهای فتوسنتز کننده (برگ‌ها) باعث کاهش فتوسنتز نیز می‌گردد، زیرا که در شرایط محدودیت آب، گیاه برای حفظ رطوبت، اقدام به بستن روزنه‌ها کرده و

در این شرایط ورود دی اکسید کربن به گیاه دچار محدودیت می‌شود و این موضوع باعث محدودیت عمل فتوسنتز و کاهش تولید مواد پرورده می‌گردد (Shabala, 2011)، به دنبال کاهش مواد پرورده، انتقال این مواد به ریشه‌ها نیز کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه رشد قطری و طولی ریشه محدود می‌گردد.

در زمان ۶۵ روز پس از سبز شدن، مصرف ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار، به ترتیب باعث افزایش ۵/۴، ۸/۶ و ۱۰/۱ درصد افزایش قطر ریشه شد. مقادیر افزایش قطر ریشه، ۸۵ روز پس از سبز شدن در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به ترتیب برابر ۱/۹، ۴ و ۶/۵ درصد بود. ۱۰۵ روز پس از سبز شدن نیز ۳/۱، ۷/۷ و ۱۲/۳ درصد افزایش قطر ریشه در اثر مصرف به ترتیب ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار مشاهده شد. همچنین، نتایج نشان داد در هر سه مرحله اندازه‌گیری، بیشترین قطر ریشه از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس قطر ریشه چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک
 Table 4- Analysis of variance of sugar beet root diameter under irrigation regimes and humic acid application conditions

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	روز پس از سبز شدن Day after sowing		
		65	85	105
		میانگین مربعات Mean of Squares		
بلوک Block	2	0.89**	0.92ns	1.25ns
آبیاری Irrigation (irr)	3	9.81**	12.32**	21.39**
خطای a Error a	6	0.05	0.21	0.57
اسید هیومیک Humic acid (humic)	3	0.50**	0.49**	2.51**
آبیاری × اسید هیومیک irr*humic	9	0.02**	0.19**	0.45**
خطا b Error b	24	0.001	0.01	0.04
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.1	1.6	2.5

ns: غیر معنی‌دار و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

ns: Non-significant * and **: significant at 1% probability level

جدول ۴- قطر ریشه (سانتی‌متر) چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک
 Table 5- Sugar beet root diameter (cm) under irrigation regimes and humic acid application conditions

رژیم آبیاری (براساس ظرفیت زراعی) Irrigation regime	اسید هیومیک Humic acid (kg.ha ⁻¹)	روز پس از سبز شدن Days after sowing		
		65	85	105
100%	0	6.0c [*]	8.1c	9.2d
	2	6.1b	8.2c	9.6c
	4	6.3a	8.5b	10.2b
	6	6.3a	9.3a	11.4a
85%	0	5.3f	6.7e	8.1ef
	2	5.6e	6.9d	8.3e
	4	5.7d	7.0d	9.0d
	6	5.9c	7.0d	9.0d
70%	0	4.6i	6.6e	7.4hi
	2	5.0h	6.6e	7.6gh
	4	5.0h	6.7e	7.6gh
	6	5.1g	6.7e	7.9fg
45%	0	3.8l	6.0g	6.8k
	2	4.0k	6.2fg	7.0jk
	4	4.3j	6.3f	7.2ij
	6	4.3j	6.3f	7.3hij

* در هر مرحله صفات دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

* In each measurement, means with same letters don't have significant difference, LSD, 0.05.

بررسی‌ها نشان داد کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد ریشه شد و با افزایش مقدار اسید هیومیک، عملکرد ریشه نیز روند افزایشی نشان داد به نحوی که در هر سطح تیمار آبیاری، بیشترین عملکرد ریشه از تیمار ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و کمترین عملکرد ریشه از تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک به دست آمد (شکل ۳). عملکرد ریشه در رژیم‌های آبیاری ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی، نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۴/۲، ۱۱/۳ و ۱۸/۲ درصد کاهش نشان داد. همچنین کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد ریشه شد به نحوی که در تیمارهای کاربرد ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار، نسبت به تیمار عدم استفاده اسید هیومیک، عملکرد ریشه به ترتیب ۴۱/۶، ۸۴/۸ و ۱۱۰/۵ درصد افزایش نشان داد.

در سطوح تنش خشکی، کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی می‌گردد (Rahi et al., 2012). آنها اظهار داشتند در شرایط تنش خشکی، اسید هیومیک از طریق افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باعث تحمل بیشتر گیاه به تنش خشکی می‌گردد. افزایش قطر ریشه در زمان استفاده از اسید هیومیک در تحقیق حاضر نیز احتمالاً به دلیل نقش اسید هیومیک در افزایش رشد و جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی بوده است

عملکرد ریشه

نتایج نشان داد اثر تیمارهای آبیاری و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش تیمارهای آبیاری × اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد ریشه، عملکرد قند کل، عملکرد قند خالص، محتوای قند، درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر در

رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک

Table 6- Analysis of variance of sugar beet root yield, sugar content, pure sugar percent and molasses percent under irrigation regimes and humic acid application conditions

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	عملکرد ریشه	محتوای قند	درصد قند خالص	درصد ملاس
		sugar beet root yield	sugar content	pure sugar percent	molasses percent
میانگین مربعات Mean of squares					
بلوک Block	2	4.81ns	0.15ns	0.11ns	0.02ns
آبیاری Irrigation (irr)	3	2896**	0.33ns	0.08ns	0.45**
خطای a Error a	6	2.74	0.13	0.02	0.02
اسید هیومیک Humic acid (humic)	3	238.1**	0.17ns	7.82**	0.35**
آبیاری × اسید هیومیک irr*humic	9	17.24*	0.14*	3.09**	0.03**
اسید هیومیک × بلوک Block*humic	6	3.2ns	0.069ns	0.58ns	0.01**
خطا b Error b	18	8.03	0.059	0.27	0.003
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.1	1.1	3.1	2.8

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

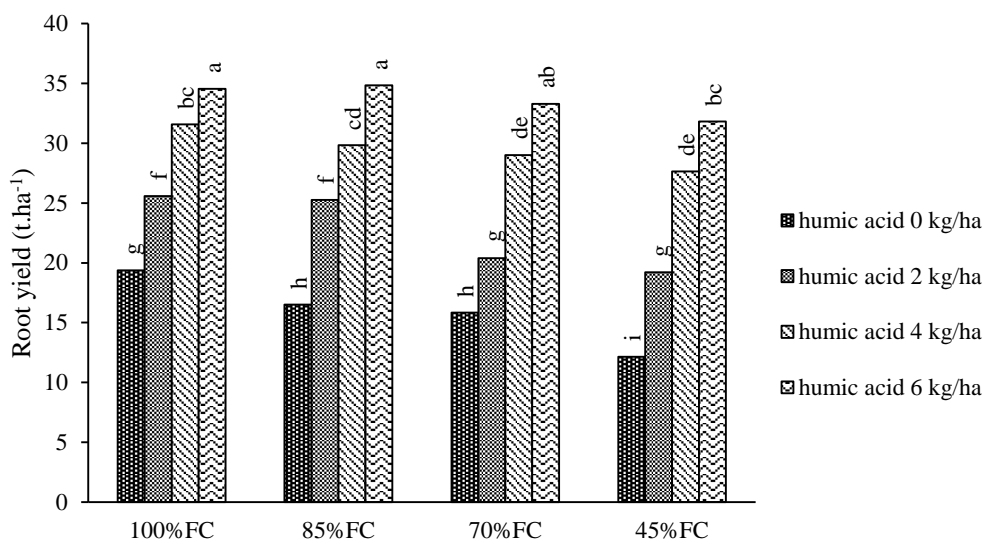
ns: Non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

کم شدن آماس سلول و افزایش پتانسیل آب خاک شده است (Scott & Jaggard, 1993). همان‌گونه که از شکل ۴ مشخص است، در شرایطی که شاخص سطح برگ افزایش داشته است عملکرد ریشه نیز روند افزایشی نشان می‌دهد، در آزمایش حاضر نیز تنش خشکی شاخص سطح برگ را کاهش داد و کاهش این صفت به نوبه خود باعث کاهش عملکرد ریشه شده است. از طرفی، باید به نقش اسید

تعدادی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که عملکرد ریشه در چغندر قند شدیداً به کم آبی حساس بوده و با بروز تنش، کاهش می‌یابد (Mohamadian et al., 2005). نادعلی و همکاران (Nadali et al., 2010) نیز گزارش کردند عملکرد ریشه در شرایط رطوبت نرمال نسبت به تنش افزایش معنی‌داری داشت علت کاهش عملکرد تحت تنش آن است که کمبود آب رشد چغندر قند را کاهش داده، بویژه باعث

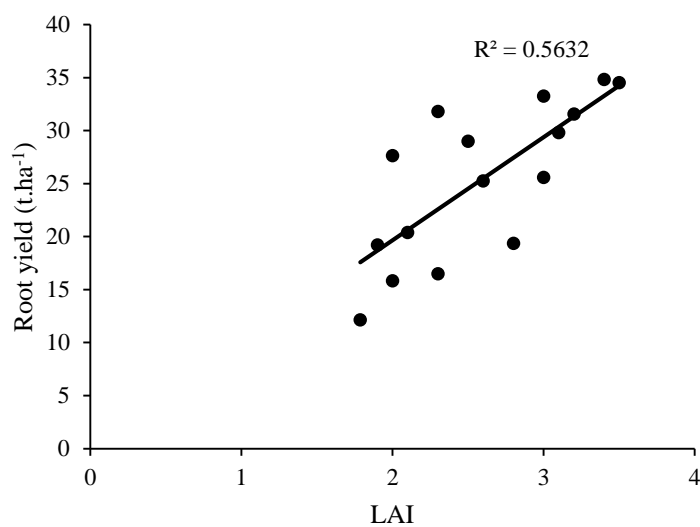
همچنین همان گونه که در بالا اشاره شد کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ نیز می‌گردد. در نتیجه افزایش صفات مذکور باعث می‌گردد آسیمیلات بیشتری به سمت ریشه چغندر قند منتقل شده و در نهایت عملکرد ریشه نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یابد.

هیومیک در افزایش شاخص سطح برگ نیز توجه کرد، اسید هیومیک از طریق افزایش شاخص سطح برگ باعث افزایش تولید ماده خشک و انباشت آن در ریشه و در نهایت افزایش عملکرد ریشه شده است. گزارش شده است که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش فعالیت آنزیم رایبوسکو و افزایش فتوسنتز می‌گردد (Delfine et al., 2005)،



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد ریشه چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Fig. 3- Mean comparisons for sugar beet root yield under irrigation regimes and humic acid application conditions Means with same letters don't have significant difference, LSD, 0.05.



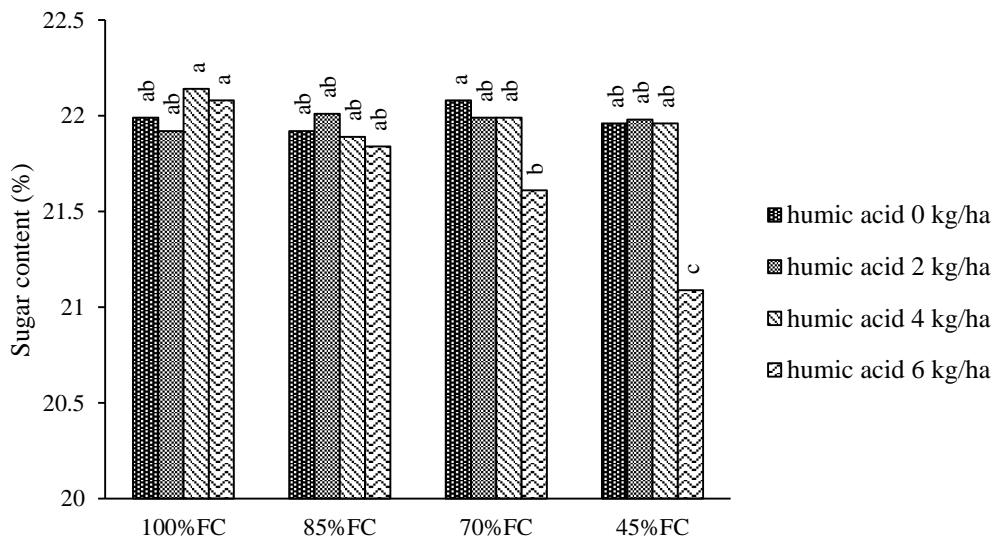
شکل ۴- برازش عملکرد ریشه چغندر قند در مقابل شاخص سطح برگ

Fig. 4- Sugar beet root yield versus LAI

محتوای قند

قند، ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک باشد و مقادیر کمتر یا بیشتر از این مقدار اثر معکوس داشته و باعث کاهش محتوای قند شده است. ریشه چغندر قند دارای ۷۵ درصد آب و حدود ۲۵ درصد ماده خشک است که از ۲۵ درصد ماده خشک حدود ۲۰ درصد آن محلول در آب و حدود ۵ درصد آن در آب غیر محلول است که بخش انحلال‌ناپذیر ریشه را شامل می‌شود و جزء الیافی ریشه چغندر قند است که به آن مارک گفته می‌شود (Winter, 1981). به دلیل اینکه تمامی قند موجود در ریشه قابل استخراج نیست و قسمتی نیز در داخل ملاس باقی می‌ماند از ۲۰ درصد مواد محلول، فقط حدود ۱۶ درصد آن به‌عنوان ماده قندی یا ساکارز می‌باشد که قابلیت کریستاله شدن را داراست و حدود چهار درصد مابقی را مواد غیر ساکارزی تشکیل می‌دهد که شامل انواع قندها مانند گلوکز، فروکتوز، رافینوز و غیره است.

نتایج نشان داد اثر برهمکنش آبیاری × اسید هیومیک بر محتوای قند در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی میانگین داده‌ها نشان داد به جز در تیمارهای ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی، میانگین محتوای قند سایر تیمارها اختلاف چندانی با یکدیگر نداشت (شکل ۵). کاهش آب مصرفی در تیمارهای ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب باعث کاهش ۰/۵، ۰/۳ و ۱/۳ درصدی محتوای قند نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین کاربرد ۲ و ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به ترتیب باعث ۰/۱ و ۱/۵ درصد کاهش محتوای قند شد، در حالی که کاربرد ۴ کیلوگرم اسید هیومیک تاثیری بر محتوای قند نداشت. چنین به نظر می‌رسد که غلظت بهینه برای افزایش محتوای



شکل ۵- مقایسه میانگین محتوای قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون LSD ندارند.

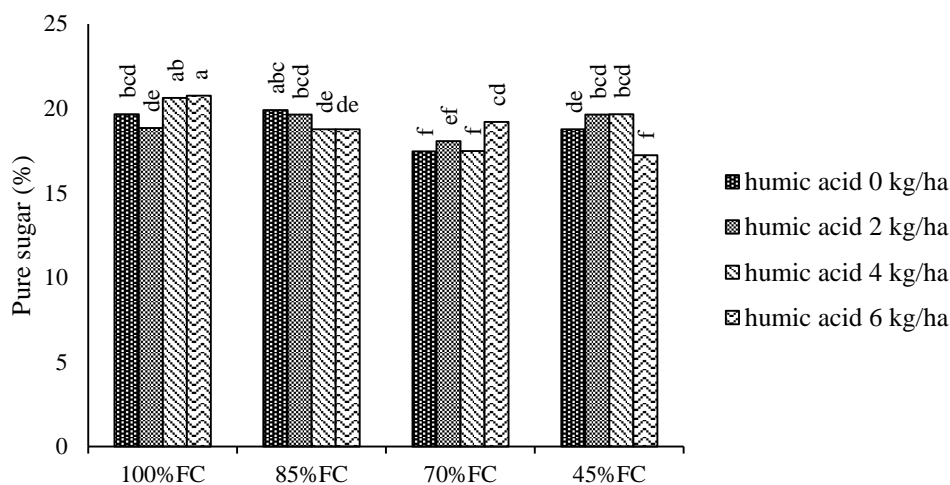
Fig. 5- Means comparisons for sugar beet sugar content under irrigation regimes and humic acid application conditions
Means with same letters don't have significant difference, LSD, 0.05.

درصد ملاس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، اسید هیومیک و برهمکنش آبیاری × اسید هیومیک بر درصد ملاس معنی‌دار است (جدول ۵). تنش خشکی باعث افزایش درصد ملاس شد (شکل ۷). تیمارهای آبیاری ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد آبیاری باعث شد درصد ملاس به ترتیب ۷/۳، ۱۲/۶ و ۱۶ درصد افزایش یابد. کاربرد ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به ترتیب درصد ملاس را ۲/۹ درصد افزایش و ۱/۴ و ۱۲/۹ درصد کاهش داد.

درصد قند خالص

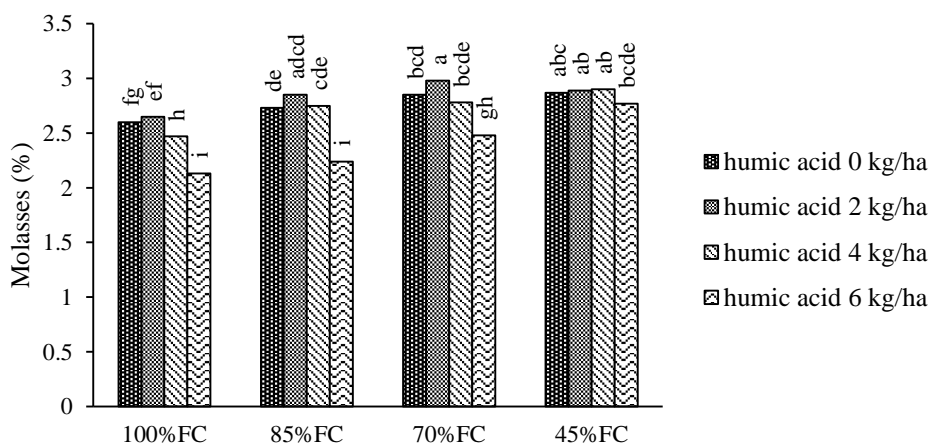
اثر اسید هیومیک و برهمکنش آبیاری × اسید هیومیک بر درصد قند خالص معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج نشان داد اثر تیمارهای آبیاری بر درصد قند خالص م‌شهودتر از اثر تیمارهای اسید هیومیک بود (شکل ۶)، به نحوی که در تیمارهای آبیاری ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی، درصد قند خالص به ترتیب ۳/۵، ۹/۶ و ۵/۸ درصد کاهش نشان داد در حالی که در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۰/۲ درصد افزایش نشان داد.



شکل ۶- مقایسه میانگین قند خالص چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Fig. 6- Means comparisons for sugar beet pure sugar (%) under irrigation regimes and humic acid application conditions
Means with same letters don't have significant difference, LSD, 0.05.



شکل ۷- مقایسه میانگین درصد ملاس چغندر قند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Fig. 7- Means comparisons for sugar beet molasses (%) under irrigation regimes and humic acid application conditions
Means with same letters don't have significant difference, LSD, 0.05.

تنش خشکی را کاهش می‌دهد. بنابراین، در صورتی که امکان تأمین ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی نباشد، می‌توان با تأمین ۸۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و کاربرد شش کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک نیز به عملکرد ریشه و قند قابل قبولی دست یافت.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش عملکرد ریشه چغندر قند می‌گردد اما کاربرد اسید هیومیک تا حدودی اثرات مخرب

منابع

Albayrak, S., and Camas, N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turnip. Journal of Agronomy 42: 130-133.

- Bazza, M. 1993. Effect of drought stress and the time of its occurrence in the cycle on sugar beet yield and technological quality. Pp. 119-130. In: Proceedings of the 56th IIRB Winter Congress, Brussels, Belgium.
- Cangi, R., Tarakcioglu, C., and Yasar, H. 2006. Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in Ercis grape (*V. vinifera* L.) cultivar. *Asian Journal of Chemistry* 18: 1493-1499.
- 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.
- Earl, H.J., and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal* 95: 688-696.
- Firoozabadi, M., Abdollahian-Noghabi, M., Rahimzadeh, F., Moghadam, M., Fisher, R.A., and Wood, J.T. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. III, Yield associations with morpho-physiological traits. *Australian Journal of Agricultural Research* 30.
- Gardner, F., Brentpearce, R., and Mitchell, R. 1985. Iowa States University Press. 404 pp.
- Harper, S.M., Kerwen, G.L., Edwards, D.G., and Ostatek-Boczynski, Z. 2000. Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulesis* and from decomposed hay. *Soil Biochemistry* 32: 1331-1336.
- Jaggard, K.W., Dewar, A.M., and Pidgeon, J.D. 1998. The relative effects of drought stress and virus yellows on the yield of sugar beet in the UK, 1980–1995. *Journal of Agricultural Science* 130: 337-343.
- Jovzi, M., and Zare Abyaneh, H. 2016. Effects of nitrogen fertilizer and deficit irrigation on quantitative and qualitative traits of sugar beet. *Journal of Sugar Beet* 31: 156-141.
- Khajepoor, M.R. 2007. Cultivation of Industrial Crops. Jihad Daneshgahi, Isfahan, Iran. 564 pp. (In Persian)
- Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., and Sadeghian, S.Y. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29(5): 357-368.
- Nadali, I.M.A.N., Paknejad, F.A.R.Z.A.D., Moradi, F.O.U.A.D., and Vazan, S.A.E.I.D. 2010. Effects of methanol on yield and some quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Rasoul in drought and non-drought stress conditions. *Seed and Plant Production Journal* 26(1): 95-108.
- Nikbakht, A., and Kafi, M. 2008. Effect of humic acid on plant growth. *Journal of Plant Nutrition* 31: 2155-2167.
- Ober, E. 2001. The search for drought tolerance in sugar beet. *British Sugar Beet* 69(1): 40-43.
- Ober, E.S., Clark, C.J.A., Jaggard, K.W., and Pidgeon, J.D. 2004. Progress towards improving the drought tolerance of sugar beet. *Zuckerindustrie* 129(2): 101-104.
- Ourcut, D., and Nilsen, E.T. 2009. Salinity and drought stress. In: *Physiology of Plants under Stress* 177-235.
- Pidgeon, J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H., and Jones, P.D. 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe 1961–1995. *Agricultural for Meteorology* 109: 27–37.
- Prasad, P.V.V., Pisipati, S.R., Mutava, R.N., and Tuinstra, M.R. 2008. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. *Crop Science* 48(5): 1911-1917.
- Rahi, A., Davoodifar, M., Azizi, F., and Habibi, D. 2012. Evaluation of humic acid and graph trends in *Dactylis glomerata*, *Gronomy and Plant breeding* 8(3): 15-28.
- Sabzevari, S., and Khazaie, H.R. 2010. The effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 1(2): 53-63. (In Persian with English Summary)
- Sanjarimijani, M., Sirousmehr, A.R., and Fakheri, B. 2016. The effects of drought stress and humic acid on morphological traits, yield and anthocyanin of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Agroecology* 8(3): 346-358. (In Persian with English Summary)
- Sardashti, A., and Alidoost, M. 2007. Evaluation of humic acid compounds in north forest soil of Iran. 15th congress of Crystal. Iran. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 361pp. (In Persian with English Summary)
- Scott, R.K., and Jaggard, K.W. 1993. Crop Physiology and Agronomy. In: D. A. Cooke and R. K. Scott (Eds.). *The Sugar Beet Crop*. pp. 179-237. London, Chapman and Hall.
- Shabala, S. 2011. *Plant Stress Physiology*. Cabi Press, 329 pp.
- Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Plant Analysis* 33: 3567–3580.
- Sharifi, M., and Dehghanian, E. 2014. Evaluation of root yield and sugar content of new sugar beet hybrid to deficit and optimum irrigation. *Sugar Beet* 30(2): 193-205. (In Persian with English Summary)
- Souza Claudia, R., de, Maroco João, P., Santos Tiago, P., dos, Rodrigues, M., Lucília, Lopes Carlos, M., Pereira João, S. Chaves, M., Manuela. 2003. Partial root zone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Functional Plant Biology* 30: 653-662.
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in Soil and the Environment*. Marcel Dekker, New York.

Influence of Drought Stress and Humic Acid on Growth, Yield and Sugar Production of Sugar Beet

A. Esmaili¹ and M.R. Tadayon^{2*}

Submitted: 23-02-2017

Accepted: 13-08-2017

Esmaili, A and Tadayon, M.R. 2019. Influence of drought stress and humic acid on growth, yield and sugar production of sugar beet. Journal of Agroecology. 11(1):185-198.

Introduction

Most of the food for the world comes from some 150 plant species cultivated as crops. Sugar (the common name for sucrose) is obtained from only two crops, cane and beet. Sugar cane has been produced in large quantities in tropical regions for many centuries and continues to dominate the world supply of sugar. In contrast, sugar beet is a relatively new crop, appearing in temperate regions in the nineteenth century and spreading widely only in the twentieth century. Sugar beet is now grown in some 50 countries and provides about a quarter of the 140 Mt sugar currently used each year. In a world with increasing demand for water, and where agriculture consumes most of the available fresh water, the problem of how to maintain or increase agricultural productivity with sustainable use of water resources is an enormous challenge. Drought is a major limitation and the most significant environmental stress to crop productivity worldwide. This stress is the most important and common abiotic factor that limits sugar beet production in semi-arid regions and also in some parts of Europe. Due to putting Iran in the arid and semi-arid climate, it is essential to study the effects of water stress on plant growth. In the last decade, the impact of drought has been recognized as a major cause of yield losses in sugar beet. Humic substances play a vital role in soil fertility and plant nutrition. Plants grown on soils which contain adequate humic acid are less subject to stress, are healthier, produce higher yields; and the nutritional quality of harvested foods and feeds are superior. Humic acid can be directly, have positive effects on plant growth. Shoots and roots growth is stimulated by the humic acid, but its effect on the roots, is more prominent, root volume and the effectiveness of its root system will increase by humic acid.

Materials and Methods

In order to study the effect of drought stress and humic acid on sugar beet an experiment was conducted as split plot in randomized complete block design (RCBD) base at Research Station of Shahrekord University in 2013. The main factor including: irrigation treatments (100%, 85%, 70% and 45% FC) and sub factors were humic acid at four levels (0, 2, 4 and 6 kg ha⁻¹). Before planting seeds were disinfected with benomyl fungicide. Then planting was conducted in 10 plants m⁻² density. Irrigation treatments was applied 40 days after sowing (unfolding of third trifoliate leaf) and continued in the growing season. Humic acid application was performed at three stages inclusive 4th, 8th and 16th leaf formation. Shoot dry weight, leaf area index, root diameter, root yield, sugar content, pure sugar percentage and molasses percentage was recorded. Data from these experiments were analyzed by analysis of variance using t-Student test for LSD calculation and are described as significant at the P < 0.05 level.

Results and Discussion

Shoots weight showed increasing trend at all treatments, but application of water restriction treatments reduced shoot weight. At all levels of irrigation and concentrations of humic acid, leaf area index showed an increasing trend until mid-season and then a gentler slope than the first half of the growing season began to fall. Deficit irrigation reduced root diameter but humic acid application increased it. Humic acid application increased root yield and increase the amount of humic acid, also increased the root yield. So that, highest root yield was recorded from of six kg.ha⁻¹ humic acid treatment and the lowest root yield was obtained from the treatment of not using of humic acid application at each level of irrigation. Root yield in 85%, 70% and 45% of field capacity decreased by 4.2%, 11.3% and 18.2% respectively, while application

1 and 2- Msc. student and Associated Professor of Agronomy, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

(* Corresponding Author Email: mrtadayon@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v11i1.62811

of 2, 4 and 6 kg.ha⁻¹ humic acid increased root yield by 416%, 84.8% and 110 % respectively. Application of 2, 4 and 6 kg.ha⁻¹ humic acid reduced molasses percentage by 2.9%, 1.4% and 12.9% respectively.

Conclusion

Application of humic acid enhances the root yield so that treatments 2, 4 and 6 kg per hectare humic acid, increased root yield by 41.6, 84.8 and 110.5 percent respectively.

Keywords: Leaf area index, Pure sugar content, Root yield