نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۹۸-۱۸۵

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 185-198

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

امراله 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 چغندرقند (*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 چغندرقند ضروری به نظر می‌رسد. اسید هیومیک می‌تواند به‌طور مستقیم، اثرات مثبتی بر رشد گیاه بگذارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه چغندرقند (*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) به عنوان 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 ۸۵، ۷۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب باعث کاهش ۰/۵، ۰/۵ 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 در صد کاهش محتوای قند شد، در حالی‌که کاربرد ۴ کیلوگرم اسید هیومیک تأثیری بر محتوای قند نداشت. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد ریشه شد به نحوی‌که 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 در صد افزایش نشان داد. کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در زراعت چغندرقند قابل توصیه می‌باشد.

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

## مقدمه

تنش خشکی، در زمان حال و آینده مهم‌ترین چالش پیش روی تولید محصولات کشاورزی به ویژه 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. درحدود یک سوم از زمین‌های قابل کشت دنیا به طور قابل توجهی با کمبود آب مواجه هستند و گزارش شده است که تنش خشکی به عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد در چغندرقند 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 راهکارهائی که بتواند اثر تنش خشکی را کاهش دهد بسیار مورد توجه است. بیشتر راهکارها شامل کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(*- نویسنده مسئول: Email: mrtadayon@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v11i1.62811

در شرایط تنش خشکی ا ست. بر رسی شش ژنوتیپ چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) تحت شرایط رطوبتی متعارف، تنش خ شکی متو سط و تنش خ شکی شدید ن شان داده ا ست که تنش خ شکی باعث کاهش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید شد (Sharifi & Dehghanian, 2014). ابیانه و جوزی (Abyaneh & Jovzi, 2016) در بررسی چغندرقند تحت شرایط کم‌آبیاری م شاهده کردند، کاهش م صرف 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 فیروزآ بادی 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 برگی چغندرقند گزارش کرد. کم آبی و دمای بالا در دوره رشد علاوه بر کاهش رشد موجب افزایش قند در ریشه و افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندرقند 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 چغندرقند می‌دانند.

امروزه با توجه به شرایط زیست‌محیطی، استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان زراعی و باغی رواج پیداکرده است، اسید هیومیک یکی از این ترکیبات است. مقادیر بسیار کم از اســیدهای آلی اثرات فراوانی در بهبود ویژگی های فیزیکی، شــیمیایی و زیســتی خاک داشــته و به علت وجود ترکیبات شــبه هورمونی، اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود محصولات کشاورزی 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 ا ست، حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی سامانه ریشه می‌گردد. ا سید هیومیک جذب نیتروژن، پتا سیم، کلسیم، منیزیم و ف سفر را تو سط گیاه افزایش می‌دهد. کاربرد ا سید هیومیک، کلروز گیاهان را بهبود می‌بخشــد که احتمالاً نتیجه توانایی اســید هیوم یک برای نگ هداری آهن خاک به فرمی که قا بل جذب و سوخت‌وساز می‌با شد. این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشــد که معمولاً کمبود آهن قا بل جذب و مواد آلی را دار ند (Sardashti & Alidoost, 2007). اســتفاده از اســید هیومیک باعث رشــد اندام هوایی و افزایش تولید گیاهان زراعی و باغی می‌شــود، که دلیل آن، افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس اســت (Harper et al., 2000). مطالعات ن شان داده ا ست که کاربرد ا سید هیومیک، موجب انتقال گلوکز از بین غشــاهای ســلولی در گیاهان پیاز، چغندرقند و گوجه‌فرنگی می‌شــود (Tan, 2003).

با توجه به مطالب مذکور آزمایش حا ضر با هدف برر سی اثر تنش خ شکی و ا سید هیومیک بر ر شد، عملکرد و میزان قند چغندرقند اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشــی دانشــگاه شــهرکرد 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 شــد. قبل از اجرای طرح، از خاک مزرعه نمونه مرکبی تهیه گردید و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شــیمیایی 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)**

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

بافت خاک شامل ۳۰٪ شن، ۳۵/۵٪ سیلت و ۳۴/۵٪ ما سه بود. اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در پنج نو بت (یک نو بت قبل از کشــت، چهار نوبت پس از کشــت (پس از رویش، چهار برگی، شــش برگی، ۱۰ برگی) به‌صورت سرک)، سوپر فسفات تریپل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت، سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از ک شت، گوگرد ک شاورزی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به همراه ۹ کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس قبل از کشت، سولفات آهن ۴۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشــت، ســولفات روی ۱۵کیلوگرم در هکتار قبل از کشــت، ســولفات منگنز۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشــت، اســید بوریک۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی درچهار 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) 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) به عنوان عامل فرعی، اجرا شد.

در این آزمایش از بذر مونوژرم 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 ۴۰روز پس از کاشت بود.

به‌منظور بررسی چگونگی اثر تیمارها بر رشد گیاه و تعیین شاخص‌های رشد، در فواصل زمانی ۲۰روز 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 به‌عنوان طول و قطر ریشه تیمار موردنظر منظور می شود. 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 سانتی گراد درون آون قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری گردید. برای تعیین شاخص سطح برگ (LAI) چغندرقند 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

در پایان داده های جمع‌آوری‌شده توسط نرم‌افزار SAS (9.1) و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته 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 وتدریجی است و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ، میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرده و شیب تجمع ماده خشک، شدت بیشتری پیدا می‌کند؛ به‌طوری‌که 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 غذائی 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

افزایش قدرت جذب مواد غذائی، افزایش جوانه‌زنی و رشـــد ریشـــه و بهبود محصـــول از لحاظ کمی و کیفی می‌گردد (Cangi et al., 2006).

**جدول ۱- تجزیه واریانس وزن خشک شاخساره چغندرقند 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**

| | | روز پس از سبز شدن Days after sowing | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 25 | 45 | 65 | 85 | 105 |
| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | 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 a 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: غیر معنی‌دار* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

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

## شاخص سطح برگ

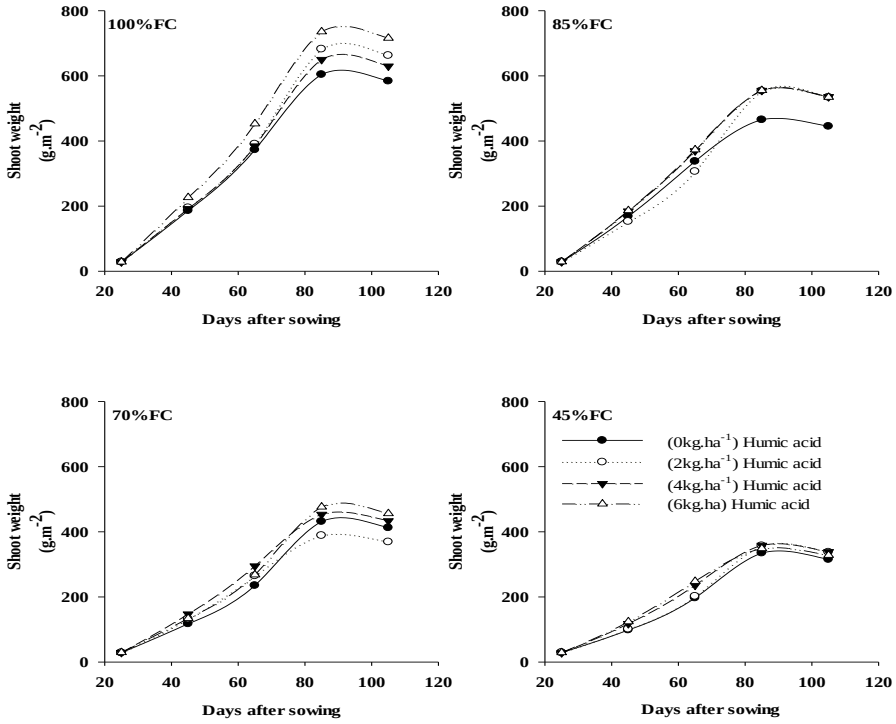
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد به جز مرحله اول اندازه‌گیری (۲۵ روز پس از سـبز شـدن) در سـایر مراحل، اثر آبیاری، اسید هیومیک و برهم‌کنش آبیاری× اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ چغندرقند معنی‌دار بود (جدول ۲). در همه ســطوح آبیاری و غلظت‌های اسید هیومیک، شاخص سطح برگ تا اواسط فصل رشد روند افزایشـی نشـان داد و پس از آن با شـیبی ملایم‌تر از نیمه اول فصل رشد، شروع به کاهش کرد. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، 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 حالی‌که در شـرایط محدودیت آب، شـاخص سـطح برگ در اواخر فصل رشد که دوره انباشت مواد فتوسنتزی در ریشه‌های چغندرقند است، پایین است.

با کاهش آب مصرفی، شاخص سطح برگ چغندرقند روند کاهشی داشته است، همچنین در هر سطح آبیاری نیز، با کاهش غلظت اسید هیومیک، شاخص سطح برگ روند کاهشی نشان داد به نحوی‌که در هر سطح آبیاری، بیشترین شاخص سطح برگ، در غلظت شش لیتر اسـید هیومیک در هکتار و کمترین میزان شـاخص سـطح 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 شـدید و در نهایت، پیری زودرس برگ‌های گیاه می‌باشـد (Earl et al., 2003). در شرایط تنش شدید سرعت توسعه برگ کاهش یافته و رشد برگ ممکن است متوقف شود. همچنین، تنش خشکی، شاخص ســطح برگ را با کاهش آغازش برگ های جدید تحت تأثیر قرار می‌دهد (Prasad et al., 2008). تداوم تنش خشـــکی 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

برگ شـد. پژوهش‌ها نشـان داد کاربرد اسـید هیومیک باعث افزایش سطح برگ گندم شد (Sabzevari & Khazaei, 2009).




**شکل ۱- روند تغییرات وزن خشک شاخساره چغندرقند 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**

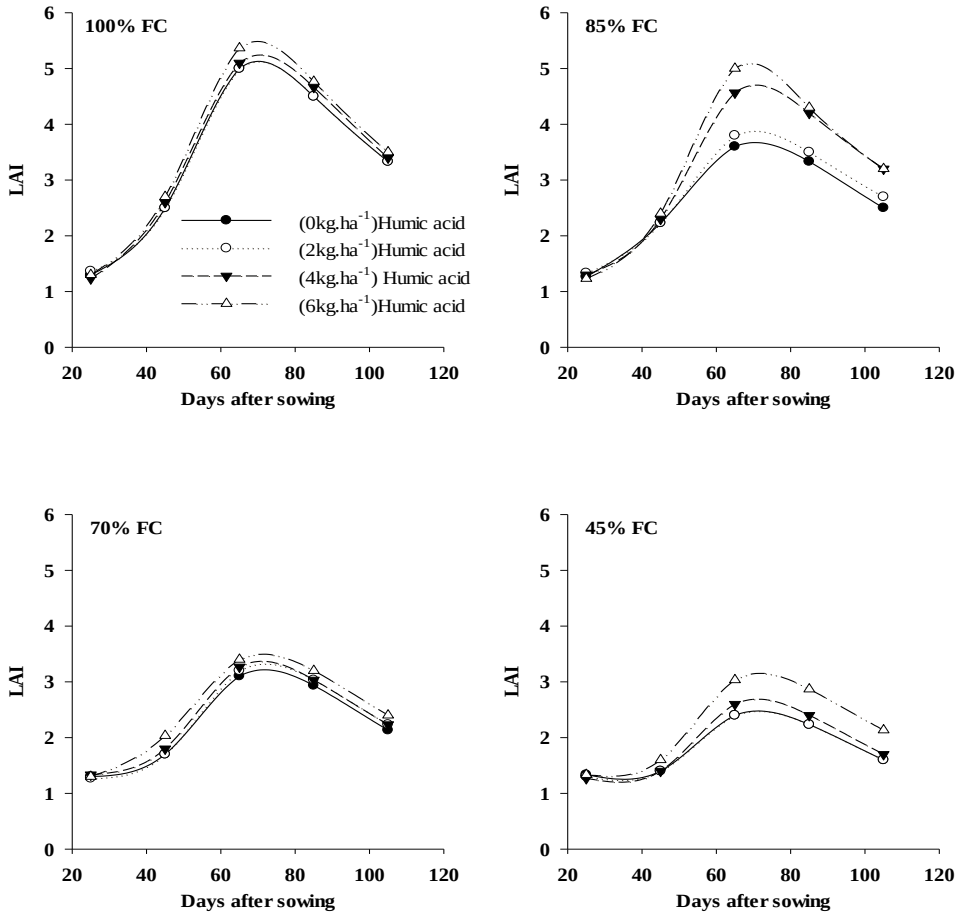
**جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص سطح برگ چغندرقند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک**

**Table 3- Analysis of variance of sugar beet LAI under irrigation regimes and humic acid application conditions**

| | | روز پس از سبز شدن Days after sowing | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 25 | 45 | 65 | 85 | 105 |
| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | میانگین مربعات Mean of squares | | | | |
| 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 چغندرقند 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 چغندرقند 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 در صد 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 در صد ظرفیت زراعی به ترتیب ۱۸/۹، ۲۱/۸ و ۲۷/۱ در صد 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 در صد کاهش قطر ریشه نسبت به تیمار شاهد شدند. محدودیت آب، علاوه بر کاهش واحدهای فتوسنتز کننده (برگ ها) 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 می شود 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 در صد 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 چغندرقند 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**

| | | روز پس از سبز شدن Day after sowing | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 65 | 85 | 105 |
| منابع تغییرات SOV | درجه آزادی df | 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 ٤- قطر ریشه (سانتی‌متر) چغندرقند 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.

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 در صد و برهمکنش تیمارهای آبیاری× اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵).

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 نحوی‌که 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 در صد کاهش نشان داد. همچنین کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد ریشه شد به نحوی‌که 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.

**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 sugar beet root yield | محتوای قند sugar content | درصد قند خالص pure sugar percent | درصد ملاس 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 |

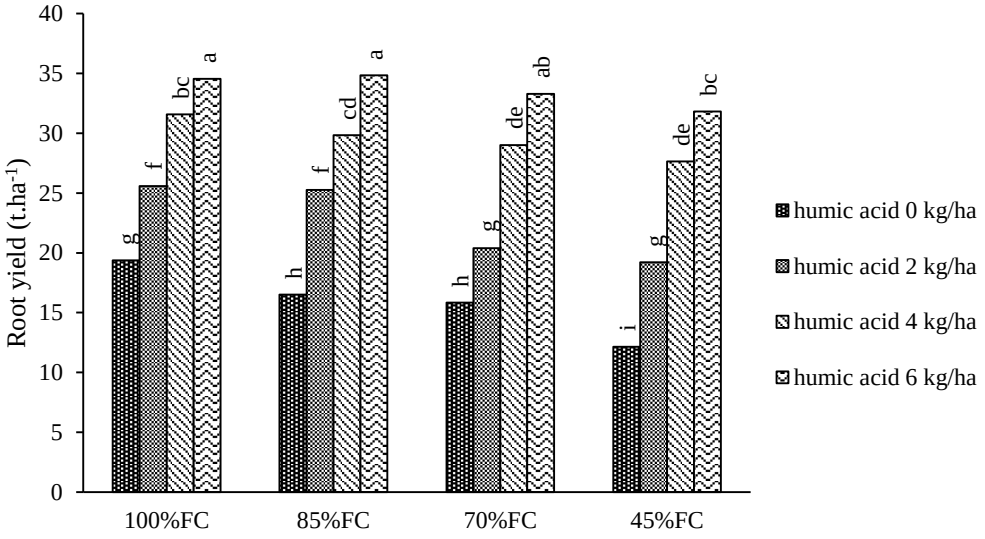
ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

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

تعدادی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که عملکرد ریشه در چغندرقند شدیدا 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 چغندرقند را کاهش داده، بویژه باعث 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

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 رابیسکو و افزایش فتو سنتز می‌گردد (Delfine et al., 2005)، همچنین همان‌گونه 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 چغندرقند منتقل شده و در نهایت عملکرد ریشه نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یابد.

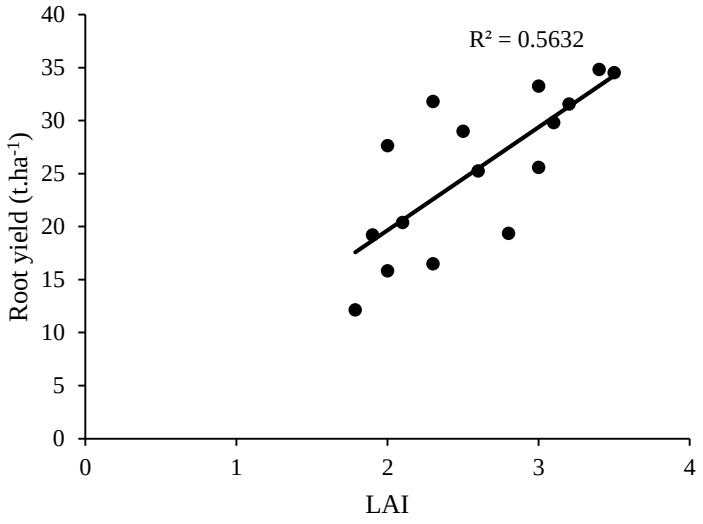



**شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد ریشه چغندرقند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک**

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.



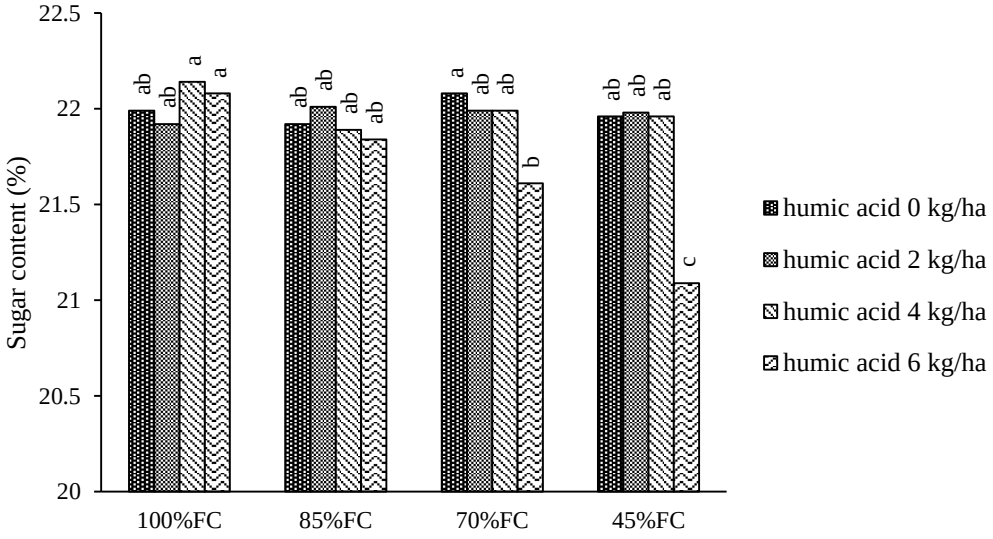

**شکل ٤- برازش عملکرد ریشه چغندرقند در مقابل شاخص سطح برگ**

**Fig. 4- Sugar beet root yield versus LAI**

**محتوای قند**

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، ۰/۵ 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 حالی‌که کاربرد ۴ کیلوگرم اسید هیومیک تاثیری بر محتوای قند نداشت. چنین به نظر می‌سد که غلظت بهینه برای افزایش محتوای 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 چغندرقند دارای ۷۵ در صد آب و حدود ۲۵ در صد ماده خشک است که از ۲۵ درصد ماده خشک حدود ۲۰ درصد آن محلول در آب و حدود ۵ درصد آن در آب غیرمحلول است که بخش انحلال‌ناپذیر ریشه را شامل می شود و جزء الیافی ریشه چغندرقند 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 می ماند 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 غیرساکارزی تشکیل می‌دهد که شامل انواع قندها مانند گلوکز، فروکتوز، رافینوز و غیره است.




**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**

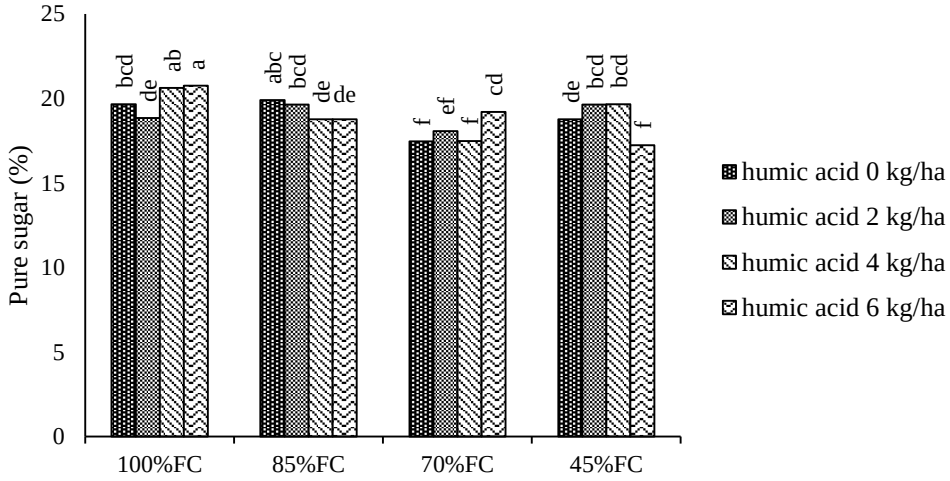
Means with same letters don't have significant difference, LSD, 0.05.

**درصد 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 در صد قند خالص مشهودتر از اثر تیمارهای اسید هیومیک بود (شکل ۶)، به نحوی‌که 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 حالی‌که در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۰/۲درصد افزایش نشان داد.

**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.

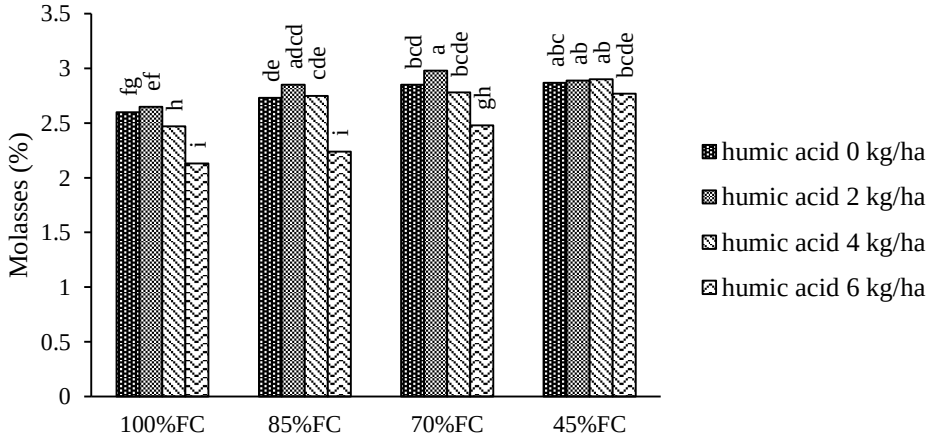



**شکل ٦- مقایسه میانگین قند خالص چغندرقند در رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف اسید هیومیک**

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 چغندرقند 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.

## نتیجه گیری

نتایج نشـــان داد تنش خشـــکی باعث کاهش عملکرد ریشـــه چغندرقند می‌گردد اما کاربرد اســـید هیومیک تا حدودی اثرات مخرب تنش خ شکی را کاهش می‌دهد. بنابراین، در صورتی که امکان تأمین ۱۰۰ در صد رطوبت ظرفیت زراعی نبا شد، می‌توان با تأمین ۸۵ در صد رطوبت ظرفیت زراعی و کاربرد شش کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک نیز به عملکرد ریشه و قند قابل قبولی دست یافت.

## 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. Lowa States University Press.404 pp.
Harper, S.M., Kerven, 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, KW., 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. Londan, Champan 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.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 185-198

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۹۸-۱۸۵

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

**A. Esmaili [1] 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 and 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 $4^{th}$, $8^{th}$ and $16^{th}$ 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