دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و سوم، ۱۳۹۹

تاثیر رژیم آبیاری، محلول‌پاشی متانول و کاربرد اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های ریشه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

سیدغلامرضا موسوی[۱]، منصور فاضلی رستم‌پور[۲]، حامد جوادی[۳]، محمد رضا مالکی[٤]

دریافت: ۹۸/۲/۲۵ پذیرش: ۹۸/٤/۱۵

چکیده

با هدف بررسی سطوح آبیاری، متانول و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیکی، بعضی مواد محلول و عناصر ریشه کاسنی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۷۰، ۱٤۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) به عنوان کرت اصلی، محلول-پاشی با متانول در دو سطح (صفر و ۲۱ درصد حجمی) و اسید هیومیک با دو سطح (صفر و ۱۰ لیتر در هکتار) به صورت فاکتوریل به عنوان کرت فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تاخیر در آبیاری از ۷۰ به ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر، طول، تعداد انشعابات ریشه، درصد قند ملاس، نیتروژن و فسفر و عملکرد خشک ریشه را به ترتیب ۳۷، ٤٦، ۲۳، ۳۹، ۵۵ و ٤٤ درصد کاهش و درصد قند، سدیم و پتاسیم ریشه و کارایی مصرف آب ریشه کاسنی را به ترتیب ۱۰۰، ٤۰، ۸۷ و ٦۷ درصد افزایش داد. محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول باعث افزایش معنی‌دار صفات طول، تعداد انشعابات ریشه، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه به ترتیب به میزان ۱۲، ۲۰، ۹، ۱۱ و ۸ درصد و کاهش درصد سدیم ریشه کاسنی به میزان ۱۳ درصد نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی متانول گردید. کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار صفات طول و تعداد انشعابات ریشه، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه، عملکرد ماده خشک ریشه و کارایی مصرف آب ریشه به ترتیب به میزان ۱۲، ۱۹، ۱۵، ۱۸/۵، ۳۵، ۹ و ۷ درصد و کاهش درصد قند ریشه کاسنی به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک گردید. همچنین اگرچه کاربرد متانول باعث تاثیر معنی‌داری بر صفات ریشه گردید ولی با آبیاری برهمکنش معنی‌داری نداشت. به طور کلی نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد اسید هیومیک توانست باعث کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی بر کاسنی گردد.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، تنش کم‌آبی، عناصر ریشه، متانول، مورفولوژی ریشه

موسوی غ.ر.، م. فاضلی رستم پور، ح. جوادی و م.ر. مالکی. ۱۳۹۹. تاثیر رژیم آبیاری، محلول‌پاشی متانول و کاربرد اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های ریشه کاسنی (*Cichorium intybus* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۳: ۳٤-۲۰.

۱- دانشیار گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران-مسئول مکاتبات: s_reza1350@yahoo.com

۲- استادیار بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

۳- ا ستادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، ایران

٤- دانشجوی دکتری گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

مقدمه

کاسنی با نام علمی *Cichorium intybus* L. گیاه دارویی یکساله بوده و از آن در درمان مشکلات گوارشی، مشکلات کبدی، کیسه صفرا و اختلالات خونی استفاده می‌شود. این گیاه دارای اثرات ضد میکروبی بوده و نقش موثری در درمان دیابت و بیماری روماتیسم دارد (آذایزه و همکاران، ۲۰۰۶).

آبیاری و تغذیه مناسب نقش مهمی در تولید و کیفیت گیاهان دارویی دارد و از مشکلات اساسی بخش کشاورزی در خراسان جنوبی کمبود آب می‌باشد. از ۲۵ دشت واقع در خراسان جنوبی، ۱۲ دشت ممنوعه و ۳ دشت حالت بحرانی دارد و کمبود مخازن آبخوان‌های استان ۱۵۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است (جوان و فال سلیمان، ۱۳۸۷). بنابراین استفاده از راهکارهای مناسب برای بهره‌برداری موثرتر از منابع آبی در بخش کشاورزی یکی از مسائل حائز اهمیت در مناطق نیمه‌خشک مانند خراسان جنوبی می‌باشد.

مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی یکی از دغدغه‌های اصلی تولید در بخش کشاورزی است و به کارگیری کودهای آلی و زیستی، گامی اساسی و مطمئن در جهت کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد (فاضلی‌رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۳). استفاده از کود آلی هیومیک اسید باعث افزایش جذب عناصر غذایی و قابلیت دسترسی به مواد غذایی به ویژه در خاک‌های قلیایی با مواد آلی کم می‌شود (فاطی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین این ترکیب تحرک و نقل و انتقال عناصر غذایی پرمصرف و کم-مصرف را بیشتر کرده و قابلیت استفاده ریزمغذی‌ها را افزایش می-دهد (ختاب و همارن، ۲۰۱۲). از طرفی کاربرد متانول به صورت محلول‌پاشی با تاخیر در پیری برگ‌ها از طریق اثر بر محرک‌های تولید اتیلن در گیاه سبب فعالیت فتوسنتزی و دوام بیشتر سطح برگ‌ها می‌شود و در نهایت رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می-بخشد (رامیرز و همکاران، ۲۰۰۶). کاربرد متانول در شرایط تنش خشکی، اثرات تنش را کاهش داده و بالاترین سطح هدایت روزنه-ای را ایجاد می‌کند و در گیاهان تیمار شده با متانول پایداری عملکرد بیشتر است (پاسبان‌اسلام، ۱۳۸۳).

اعمال تنش شدید کم‌آبی در کاسنی باعث کاهش معنی‌دار و به ترتیب ۲۸/۲ و ٤٦/۳ درصدی صفات طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه گردید (موسوی، ۲۰۱۲). نتایج تحقیق انجام شده بر روی آویشن (بابایی و همکاران، ۱۳۹۱) و بابونه (قائدی‌جشنی و همکاران، ۱۳۹٤) نیز نشان داد که با افزایش تنش کم‌آبی، طول ریشه کاهش یافت. در بررسی اثر رژیم‌های آبیاری در گل گاوزبان مشخص شد که اثر رژیم آبیاری بر میزان عناصر سدیم، پتاسیم، نیتروژن و فسفر گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با افزایش تنش خشکی میزان جذب سدیم در گیاه افزایش یافته و در ظرفیت زراعی ٦۰ درصد به بالاترین مقدار خود رسیده است. همچنین در این تحقیق با افزایش تنش خشکی از میزان پتاسیم، فسفر و نیتروژن گیاه کاسته ش (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج یک تحقیق نشان داد که طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه در گیاه دارویی سرخارگل با محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۰). با بررسی محلول‌پاشی سطوح مختلف متانول شامل صفر، ۷، ۱٤، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ درصد حجمی در چغندرقند گزارش شد که تفاوت معنی‌داری از نظر درصد قند، پتاسیم، سدیم و قند ملاس بین سطوح مذکور مشاهده نشد (نادعلی و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱٤ و ۲۸ درصد حجمی متانول تاثیر معنی‌داری بر میزان سدیم و پتاسیم ریشه چغندرقند نداشت اما باعث افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن و کاهش معنی‌دار درصد قند ریشه نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی متانول گردید (نادعلی و همکاران، ۲۰۱۰).

هیومیک اسید در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای باعث بهبود رشد گیاه از طریق افزایش طول ریشه می‌شود. همچنین کاربرد این ماده آلی در خاک باعث افزایش تعداد ریشه‌های جانبی و سهولت جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف می‌شود (بوهم و همکاران، ۲۰۰۵؛ بیدجاین و همکاران، ۲۰۰۰). در مطالعه روی گیاه چای ترش، کاربرد هیومیک اسید منجر به افزایش معنی‌دار محتوای پتاسیم اندام هوایی شد (حیدری و خلیلی، ۱۳۹۳). محققین اثر مواد هیومیکی را بر گیاه بنت‌گراس مورد بررسی قرار دادند و دریافتند کاربرد مواد هیومیکی به میزان معنی‌داری غلظت آنتی اکسیدان‌ها در برگ‌ها را افزایش داد و همچنین سبب افزایش در فتوسنتز، تنفس و جذب یون‌ها شد (اشمیت و همکاران، ۱۹۹۹). در بررسی تاثیر اسید هیومیک روی نوعی گیاه علوفه‌ای با نام بنت‌گراس نشان داده شد که اسید هیومیک به طور معنی‌داری سرعت فتوسنتز، توسعه زیست توده ریشه و محتوی عناصر غذایی را افزایش داد و این افزایش به ویژه در غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک مشهود بود (لیو و همکاران، ۱۹۹۸). مطالعات نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در

توتون و گیاهان دارویی موجب زیاد شدن میزان آلکالوئیدها در برگ‌ها می‌شود (تان، ۲۰۰۳). نتایج بررسی اثر سطوح اسید هیومیک نشان داد که میانگین میزان نیتروژن و فسفر برگ گیاه گل ژربرا به طور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد اسید هیومیک قرار گرفت به طوری که کاربرد این ماده، میزان نیتروژن و فسفر در برگ این گیاه را افزایش داد (امیری و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج تأثیر محلول غذائی اسید هیومیک در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بر جذب عناصر پر مصرف و ریزمغذی در گل ژربرا نشان داد که رشد ریشه، همبستگی معنی‌داری با جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی، در برگ‌ها و ساقه‌ها دارد (ساو و همکاران، ۱۹۹۵). در تحقیق دیگری بیشترین میزان پتاسیم و روی از تیمار کاربرد ۱۵۰۰ گرم اسید هیومیک در هکتار بدست آمد، اما تفاوتی بین تیمارهای کاربرد ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ گرم هیومیک اسید در هکتار مشاهده نشد (خرم‌قهفرخی و همکاران، ۱۳۹٤).

از آنجا که خشکسالی و محدودیت منابع آبی در بخش کشاورزی یکی از مشکلات جدی استان خراسان جنوبی و شهرستان بیرجند است، بررسی تاثیر روش‌های نوین به‌زراعی بر صفات گیاهان دارویی- زراعی سازگار با شرایط آب و هوایی منطقه مانند کاسنی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. از اینرو با توجه به مطالب فوق تحقیق حاضر با هدف بررسی چگونگی تاثیر محلول‌پاشی متانول و کاربرد اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیکی، درصد قند و عناصر ریشه و کارایی مصرف آب برای تولید ریشه کاسنی در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند (کیلومتر ۵ جاده بیرجند– زاهدان) واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱٤۹۱ متر از سطح دریا، به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. نتایج تجزیه خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

بافت خاک	هدایت الکتریکی (ms/cm^{-1})	اسیدیته	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل‌جذب (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)
لوم	۳/۲۳	۸/۲	۰/۳	۰/۰۳۳	٦/۸	۱۳۳

در این پژوهش، رژیم آبیاری در سه سطح (۷۰، ۱٤۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان کرت اصلی، محلول‌پاشی با متانول در دو سطح (صفر و ۲۱ درصد حجمی) و اسید هیومیک با دو سطح (صفر و ۱۰ لیتر در هکتار) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. طول هر کرت آزمایشی ۵ متر و تعداد ٤ خط کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین خطوط در هر کرت بود. فاصله بین دو تکرار حدود ۱۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی و فرعی به ترتیب چهار و دو خط نکاشت بود.

زمین سال قبل از آزمایش آیش بود و عملیات آماده‌سازی بستر کاشت در اواسط فروردین با انجام عملیات شخم و دو دیسک عمود برهم انجام گرفت و قبل از دیسک نهایی مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به خاک اضافه شد. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام با نسبت دو در هزار ضدعفونی شد و بذور کاسنی در ۲۷ اردیبهشت در عمق حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متر خاک کشت گردید. گیاهان سبز شده روی ردیف در مرحله ظهور چهارمین برگ با فاصله حدود ۱۵ سانتی‌متر تنک شدند. لازم به ذکر است که بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی، pH آن برابر ۸/۲، هدایت الکتریکی ۳/۲۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر، میزان کربن آلی و نیتروژن کل در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک به ترتیب ۰/۳ و ۰/۰۳۳ درصد و میزان فسفر و پتاسیم خاک به ترتیب ٦/۸ و ۱۳۳ قسمت در میلیون (ppm) بود.

در این آزمایش، آبیاری با کمک سیستم تحت‌فشار و با استفاده از شیلنگ و کنتور در هر کرت انجام گرفت. اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی پس از استقرار گیاهان (مرحله ٤ تا ۵ برگه شدن) انجام شد. حجم آب داده شده در کل دوره رشد کاسنی بر اساس تیمارهای

تنش اعمال شده به ترتیب ۱۱۲۰۰، ٥٦۰۰ و ۳۷٥۰ متر مکعب در هکتار بود. کود نیتروژن نیز از منبع کود اوره در دو نوبت (نیمی پس از عملیات تنک و نیم دیگر در اواسط دوره رشد) به صورت سرک به کرت‌های آزمایشی داده شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز در طی دوره رشد کاسنی در سه نوبت به صورت وجین دستی انجام شد و علف‌های هرز عمده مزرعه شامل سلمک، خارشتر، تاج‌خروس، خارخسک و علف‌هفت بند بود.

لازم به ذکر است که به هر یک از مقادیر مصرف متانول، مقدار ۲ گرم در لیتر گلیسین و ۱ میلی‌گرم در لیتر تتراهیدروفولیت نیز به عنوان کاتالیزور اضافه شد. همچنین جهت بهبود و افزایش چسبندگی محلول های متانول، مقدار یک گرم در لیتر توئین ۸۰ به عنوان مویان استفاده شد. کرت‌های مربوط به تیمار شاهد نیز در هنگام محلول‌پاشی، با آب معمولی و فاقد متانول محلول‌پاشی شد و محلول‌پاشی روی اندام‌های هوایی کاسنی ۳ بار طی فصل رشد و با فواصل ۱۵ روزه انجام گرفت. محلول‌پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورد استفاده از روی گیاه ادامه یافت. تیمار کاربرد اسید هیومیک نیز در دو نوبت با فواصل زمانی حدود ۱۵ روز پس از تنک نهایی بوته‌ها (یک ماه پس از کاشت) انجام شد. برای این منظور با توجه به مساحت کرت‌های آزمایشی، مقدار لازم از اسید هیومیک مایع را در آب معمولی ریخته و به صورت محلول در آب در آورده و پس از قطع آبیاری درون جوی‌ها ریخته شد.

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی شامل طول ریشه و تعداد انشعاب ریشه در هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید و این صفات مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور قبل از برداشت، مزرعه آبیاری شد و پس از مدت ٤ ساعت و زمانی که آب کاملا در عمق حدود ٤۰ سانتی‌متری خاک نفوذ کرد، به آرامی ریشه‌های کاسنی با کشیدن ساقه از خاک خارج گردید و پس از شستشو و شمارش تعداد انشعابات ریشه، طول ریشه اصلی با خط‌کش اندازه‌گیری شد.

نمونه‌ها (ریشه‌ها) پس از جدا کردن اندام هوائی در مزرعه جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه منتقل شدند. ریشه‌ها ابتدا به طور کامل شسته شده و پس از توزین، از آن‌ها خمیر تهیه و تا زمان تجزیه کیفی در ظروف مخصوص در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تحت شرایط انجماد نگهداری شد (مهران‌دیش و همکاران، ۱۳۹۷).

برای تجزیه کیفی هر نمونه پس از خارج شدن از حالت انجماد از هر نمونه ۲٦ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب در همزن ریخته و به مدت ۳ دقیقه مخلوط شد. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی شربت زلالی حاصل گردید. در شربت حاصله درصد قند به روش پلاریمتری توسط دستگاه ساکاریمتر و سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری و مقدار نیتروژن به روش عدد آبی و با استفاده از دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری (سهرابی و همکاران، ۱۳۸٥) و میزان قند ملاس نیز با استفاده از روش راینفلد برآورد گردید (راینفلد و همکاران، ۱۹۷٤). سنجش آلکالوئیدها با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام گرفت (دلنوآز و همکاران، ۲۰۱٥).

به منظور محاسبه عملکرد خشک ریشه با رعایت اثر حاشیه‌ای در هر کرت بوته‌های دو خط میانی به مساحت دو متر مربع برداشت شد و پس از جداسازی ساقه و برگ از ریشه اقدام به خشک کردن آن‌ها در آون در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد برای مدت به ترتیب ۷۲ ساعت گردید. کارایی مصرف آب برای تولید ریشه نیز از تقسیم عملکرد خشک ریشه بر میزان آب مصرفی بدست آمد.

تجزیه تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ٥٪ انجام شد. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی ریشه

اثرات ساده آبیاری، متانول و اسید هیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک در سطح پنج درصد، طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه کاسنی را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار صفات طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه گردید به طوری که کاهش آبیاری و اعمال آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی نسبت به آبیاری پس از ۱٤۰ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، طول ریشه را به ترتیب ۱۸/٤ و ۳۷/۲ درصد و تعداد انشعابات ریشه را به ترتیب ۱٥/٦ و ٤٦ درصد کاهش داد. لازم به ذکر است که در تمامی صفات مذکور سطوح آبیاری در گروه‌های آماری جداگانه قرار گرفتند (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین مربعات و درجات آزادی برای تاثیر رژیم آبیاری، متانول و اسید هیومیک بر صفات ریشه گیاه کاسنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	تعداد انشعاب ریشه	قند ملاس ریشه	قند ریشه	سدیم ریشه	نیتروژن ریشه	فسفر ریشه	پتاسیم ریشه	عملکرد خشک ریشه	کارایی مصرف آب ریشه
تکرار	۲	۹/۳۱ ns	۵/۲۳ *	۰/۲۸ **	۰/۲۶ ns	۰/٦٦ ns	۰/۷ ns	۰/۲۹ ns	۰/۰۳ ns	۳۰۰/٦۸ ns	۰/۰۰۸۰٤ *
آبیاری (A)	۲	۱۰۹/۳٦ **	٦۲/۳ **	۰/۹۹ **	۲۹/۵۲ **	۲/٤ **	۸/۲۸ **	۱٤/۲ **	٤/۱۱ **	۲۳۳٦/۳۲ **	۰/۰۹۲ **
خطای a	٤	٤/۳۷	۰/۷۳	۰/۰۵	۱/۵۸	۰/۰۹	۰/۳٤	۰/۱۱	۰/۰٦	۷۰/٦٦	۰/۰۰۰۸
متانول (B)	۱	۲۱/۳۹ **	٦/۰٤ **	۰/۰۳ ns	۳/۷۹ *	۰/۰۱ ns	۰/۷۲ **	۰/۷۹ *	۰/۱٦ **	۳۰//۳۸ ns	۰/۰۰۰۱۹ ns
اسید هیومیک (C)	۱	٤۵/۷۲ **	۳۸/۸۷ **	۰/۰۲٦ ns	۱٦/۳۵ **	۰/۰۱ ns	۲/۰۱ **	۱/۹۷ **	۲/٤۷ **	٦۷/۵ *	۰/۰۰۰٦۲ *
B×A	۲	۰/٦۲ ns	۰/۵ ns	۰/۰٤ ns	۰/۳۳ ns	۰/۰۱ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۱ ns	۱۳/٦٦ ns	۰/۰۰۰۲۸ ns
C×A	۲	۳/٤۱ *	۲/۵۳ *	۰/۰۳۳ ns	۱/۹۲ *	۰/۰٦ ns	۰/۱۲ ns	۰/۵۸ *	۰/۰٤ ns	۲۷/۵۳ ns	۰/۰۰۰٤۹ *
C×B	۱	۰/۱۷ ns	۰/۰٤ ns	۱/۰۸ ns	۰/۰۸ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰٦ ns	۰/۰٤ ns	۰/۰۵ ns	۲٤/٤۵ ns	۰/۰۰۰۳۵۲ ns
C× B ×A	۲	۰/٤۲ ns	۰/۰٦ ns	۰/۰٤۱۱ ns	۰/۳٦ ns	۰/۰٤ ns	۰/۱٤ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۱ ns	۱۲/۹۷ ns	۰/۰۰۰۱۷ ns
خطای b	۱۸	۰/۸۷	٦/٤۳	۰/۰۲	۰/۵۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۲	۱۱/٦۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۰۳	٦/۵	۷	۱۵/٤	۵/۵	٦/٤	۱۱/۲٦	۷/٦	۵/٤۷	۹/۹۱

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات ریشه کاسنی تحت تاثیر سطوح آبیاری، متانول و اسید هیومیک

تیمار	تعداد انشعاب ریشه	طول ریشه (سانتی‌متر)	درصد قند ملاس	درصد قند	درصد نیتروژن	درصد سدیم	درصد فسفر	درصد پتاسیم	عملکرد خشک ریشه (گرم بر متر مربع)	کارایی مصرف آب ریشه (کیلوگرم بر متر مکعب)
آبیاری (میلی‌متر تبخیر تجمعی)										
۷۰	a٦/۷۲	a١٦/٢٥	a٢/٣٩	c٣/١٢	a٤/١٣	c٢/٢٤	a٣/٨٧	c١/٢٩	a٧٧/٥٤	b٠/٠٦٩
١٤٠	b٥/٦٧	b١٣/٢٦	b١/٩٦	b٤/٥٧	b٣/٦٦	b٢/٧٣	b٢/٧٧	b١/٥٥	b٦٦/١٠	a٠/١١٨
٢١٠	c٣/٦٣	c١٠/٢١	b١/٨٥	a٦/٢٥	c٢/٥٢	a٣/١٣	c١/٦٩	a٢/٤١	c٤٣/٣٦	a٠/١١٥
متانول (درصد حجمی)										
صفر	b٥/٠٣	b١٢/٤٧	a٢/١٠	a٤/٩٧	b٣/٢٩	a٢/٧٢	b٢/٦٣	b١/٦٨	a٦٢/٢٢	a٠/١٠٢
٢١	a٥/٦٥	a١٥/٠١	a٢/٠٤	b٤/٣٢	a٣/٥٨	a٢/٦٨	a٢/٩٣	a١/٨٢	a٦٢/٤٤	a٠/١٠٠
اسید هیومیک (لیتر در هکتار)										
صفر	b٥/٠١	b١٢/١٢	a٢/٠٣	a ٥/٣٢	b٣/٢٠	a٢/٦٢	b٢/٥٤	b١/٤٩	b٥٩/٦١	b٠/٠٩٧
١٠	a٥/٦	a١٤/٣٧	a٢/١١	b٣/٩٧	a٣/٦٧	a٢/٥٧	a٣/٠١	a٢/٠١	a٦٥/٠٦	a٠/١٠٤

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

به نظر می‌رسد که در تنش کم‌آبی، سنتز کمتر مواد فتوسنتزی به علت محدودیت دسترسی گیاه به آب و دی‌اکسید کربن باعث اختصاص کم‌تر مواد فتوسنتزی به بخش‌های زیرزمینی گیاه شده و در نتیجه پتانسیل رشدی گیاه (طول و تعداد انشعابات ریشه) در مقایسه با شرایط دسترسی به آب بیشتر، به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به عبارتی کاهش سطح برگ گیاهان تحت تنش به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌ها و در نتیجه کاهش تولید، رشد و توسعه برگ‌ها و همچنین ریزش برگ‌های پیر به منظور کاهش سطح تعرق گیاه به عنوان پاسخی برای سازگاری به شرایط تنش کم‌آبی و بقاء صورت می‌گیرد (عبدالباکی و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده که با افزایش دور آبیاری از ۷ به ١٤، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روز طول ریشه کاسنی به ترتیب ۷۷، ٤٨/۷، ۳٦/۳ و ۲۱/۸ درصد کاهش یافت (افضل و همکاران، ۲۰۱۷). کاهش معنی‌دار ۳۳ و ٤٦ درصدی به ترتیب طول و تعداد انشعابات ریشه کاسنی با افزایش دور آبیاری از ٦۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر نیز گزارش شده است (موسوی، ۲۰۱۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار صفات طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه گردید به طوری که با کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک صفات مذکور به طور معنی‌دار و به ترتیب ۱۸/٦ و ۱۲/۳ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (جدول ۲). گزارش شده که اسید هیومیک با اثرات شبه‌هورمونی که دارد موجب افزایش رشد ریشه و ریشه‌زایی می‌شود (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱). در بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید برگیاه گندم

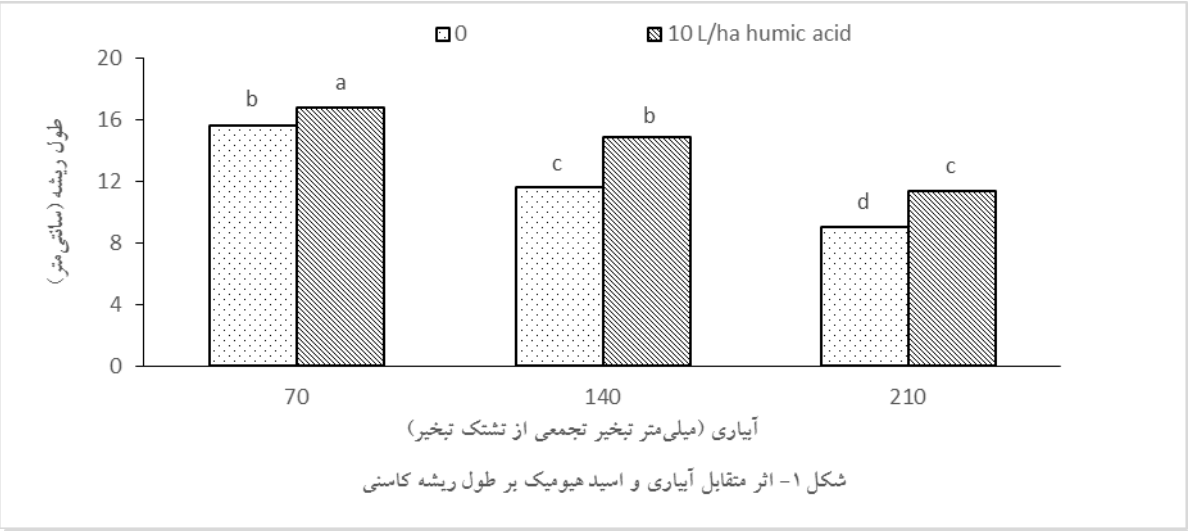
مشخص شد که هیومیک اسید، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلولی بیشتر است (هین‌کاپی و همکاران، ۲۰۱۱).

همچنین محلول‌پاشی متانول باعث افزایش معنی‌دار ۱۲/۳ و ۲۰/٤ درصدی به ترتیب طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی متانول گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار صفات طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه گردید به طوری که با کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک صفات مذکور به طور معنی‌دار و به ترتیب ۱۸/٦ و ۱۲/۳ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول با افزایش تولید سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی، تحریک رشد گیاهان تیمار شده را موجب شده باشد (هلند و همکاران، ۱۹۹۷). احتمالا اثر متانول بر افزایش رشد گیاهان سه کربنه مانند کاسنی ناشی از کاهش تنفس نوری آن‌ها باشد، زیرا در شرایط مزرعه زمانی که دمای هوا و شدت نور زیاد باشد، تنفس نوری زیاد شده و در نتیجه محلول‌پاشی متانول با کاهش تنفس نوری، رشد رویشی گیاهان را افزایش می‌دهد (دووین و همکاران، ۲۰۰٤).

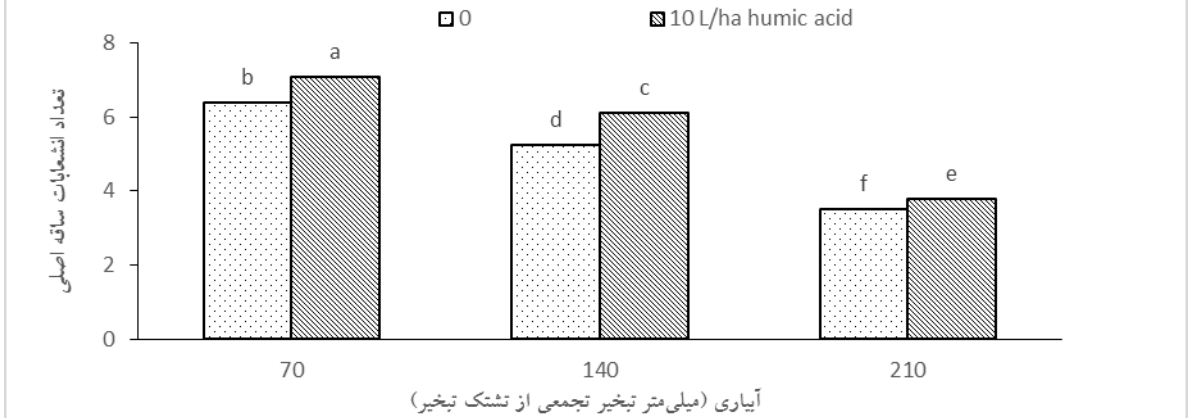
مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیش‌ترین طول ریشه در کاسنی با میانگین ١٦/٨ سانتی‌متر در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک و کم‌ترین آن با میانگین ۹/۱ سانتی‌متر در تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد اسید هیومیک بدست آمد. لازم به ذکر است که در همه سطوح آبیاری، با کاربرد اسید هیومیک افزایش معنی‌دار طول ریشه مشاهده شد. همچنین تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی و عدم کاربرد اسید هیومیک و آبیاری پس از ١٤۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی و کاربرد اسید هیومیک در یک گروه آماری قرار گرفتند و بین تیمارهای آبیاری پس از ١٤۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی و عدم کاربرد اسید هیومیک و آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی و کاربرد اسید هیومیک نیز تفاوت آماری مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیش‌ترین تعداد انشعابات ریشه در کاسنی با میانگین ۷/۱، در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک و کم‌ترین آن با میانگین ۳/۵، در تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد اسید هیومیک بدست آمد. لازم به ذکر است که در همه سطوح آبیاری افزایش معنی‌دار تعداد انشعابات ریشه با کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد (شکل ۲).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که کاربرد اسید هیومیک توانسته است اثر منفی تنش کم‌آبی بر رشد ریشه (افزایش طول و ریشه‌زایی) را تا حد زیادی کاهش دهد. به نظر می‌رسد اسید هیومیک باعث نگهداری بیشتر آب در خاک، کمک به رشد سریع باکتری‌های مفید در خاک، کمک به انحلال و آزادسازی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و در نتیجه افزایش جذب آن‌ها و رشد بیشتر ریشه و افزایش ریشه‌زایی می‌شود (اویسی و قوشچی، ۱۳۹۱). همچنین اسید هیومیک می‌تواند با تأثیر مثبت بر فیزیولوژی گیاه، باعث توسعه ریشه و ریشه‌های جانبی گردد (کامپانلا و همکاران،

۲۰۱۵) که نتیجه آن افزایش دسترسی گیاه به رطوبت و تحمل بیشتر کم‌آبی است.



شکل ۱- اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر طول ریشه کاسنی



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر تعداد انشعابات ساقه اصلی کاسنی

مواد محلول و عناصر ریشه

اثر ساده آبیاری بر میزان قند ملاس، قند، سدیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه کاسنی در سطح یک درصد، اثر ساده متانول بر میزان نیتروژن و پتاسیم ریشه کاسنی در سطح یک درصد و بر میزان قند و فسفر ریشه در سطح پنج درصد و اثر ساده اسید هیومیک بر میزان قند، نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه کاسنی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر میزان قند و فسفر ریشه کاسنی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

همچنین آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی نسبت به آبیاری پس از ۱۴۰ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر، میزان قند ریشه را به ترتیب ۳۶/۸ و ۱۰۰/۳ درصد، میزان سدیم را به ترتیب ۱۴/۷ و ۳۹/۷ درصد و میزان پتاسیم را به ترتیب ۵۵/۵ و ۸۶/۸ درصد افزایش داد (جدول ۲). بالا بودن درصد قند در شرایط تنش خشکی بیشتر به علت از دست رفتن آب ریشه و کوچک بودن ریشه‌ها تحت این شرایط می‌باشد (رانجی و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از سازوکارهای گیاهان در شرایط تنش خشکی شکستن پلی‌ساکاریدها به مونوساکاریدها و در نتیجه افزایش غلظت مواد قندی در سلول است (کر و لیامان، ۱۹۹۷). گزارش شده که درصد قند در غده چغندرقند با افزایش تنش خشکی افزایش معنی‌داری نشان داد و در شرایط تنش شدید عیار قند بیشتری مشاهده شد به طوری که در شرایط آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی درصد قند به میزان ۱۳/۱

درصد نسبت به آبیاری پس از ٤٠ درصد تخلیه رطوبتی خاک کاهش یافت (نادعلی و همکاران، ۱۳۹۳).

افزایش غلظت سدیم، پتاسیم و قند در ریشه کاسنی در شرایط تنش کم‌آبی را می‌توان به مکانیسم تنظیم اسمزی گیاه مربوط دانست که گیاه تحت تنش به منظور تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و بافت‌های تحت تنش، از طریق تجمع اسمولیت‌هایی مانند سدیم، پتاسیم و قند در سلول‌های ریشه و کاهش پتانسیل آب سلول‌های خود، قابلیت جذب آب خود را از خاک افزایش می‌دهند (بصیری و همکاران، ۱۹۷۷). همچنین گزارش شده که سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر میزان پتاسیم، سدیم و قند ریشه چغندرقند تاثیر معنی‌دار دارد و با افزایش تنش کم‌آبی میزان آن‌ها در ریشه افزایش معنی‌داری پیدا کرد که نتایج تحقیق حاضر را تائید می‌کند (نادعلی و همکاران، ۱۳۹۳).

با این وجود با افزایش دور آبیاری از ۷۰ به ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر، میزان قند ملاس ریشه ۲۲/٦ درصد کاهش یافت و با افزایش دور آبیاری از ۷۰ به ١٤٠ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر، میزان نیتروژن ریشه به ترتیب ١١/٤ و ۳۹ درصد و میزان فسفر را به ترتیب ۲۸/٤ و ۵۵/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). نادعلی و همکاران (۱۳۹۳) نیز اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش خشکی و آبیاری مطلوب در صفت میزان درصد قند ملاس ریشه چغندرقند را گزارش کردند و اظهار داشتند که در شرایط آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی، درصد قند ملاس به میزان ۱۹ درصد نسبت به آبیاری پس از ٤٠ درصد تخلیه رطوبتی خاک افزایش یافت و همچنین با افزایش قند ملاس، عیار قند کاهش معنی‌داری می‌یابد که این امر با نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر مطابقت دارد.

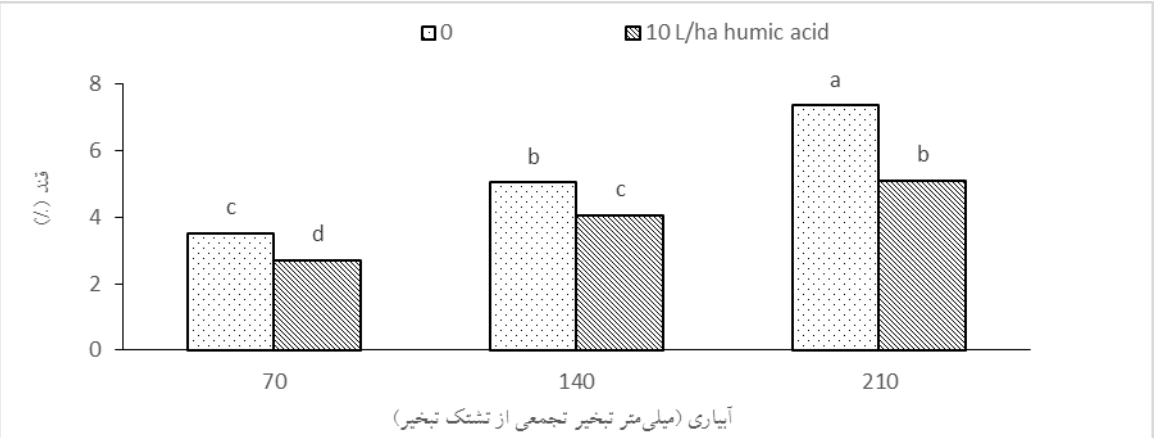
کاهش درصد نیتروژن و فسفر در ریشه کاسنی را در شرایط تنش خشکی می‌توان به کاهش قدرت جذب این عناصر توسط ریشه گیاه به علت کاهش آب در خاک مربوط دانست. کاهش معنی‌دار درصد فسفر در کاسنی با افزایش تنش خشکی و تاخیر در آبیاری از ۹۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توسط رضایی‌نیا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش معنی‌دار ۸/۸، ١١/٤ و ۸/۳ درصدی به ترتیب میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه کاسنی نسبت به تیمار عدم استفاده از متانول گردید اما درصد قند ریشه کاسنی به طو معنی‌دار و ۱۳/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۲). به نظر می‌رسد با افزایش دوام سطح برگ که در اثر بهبود وضعیت فتوسنتز گیاه در شرایط کاربرد متانول اتفاق می‌افتد (رامیرز و همکاران، ۲۰۰٦)، گیاه نیاز کم‌تری به صرف هزینه جهت تنظیم اسمزی داشته و درنتیجه میزان کم‌تری از قند را در ریشه تجمع می‌دهد. از طرف دیگر کاربرد متانول با تاخیر در پیری برگ‌ها سبب فعالیت فتوسنتزی بیشتر در برگ‌ها و در نهایت افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه گیاه شده و از طریق افزایش طول و تعداد انشعابات ریشه کاسنی (جدول ۳) قدرت جدب آب و عناصر غذایی را در ریشه افزایش داده و از این‌رو درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه کاسنی در گیاهان تیمار شده با متانول به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تیمار نشده می‌باشد. گزارش شده که متانول می‌تواند از طریق اثر بر سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق اندازد و توان فتوسنتزی و ماده‌سازی گیاه را افزایش دهد (مطهری و همکاران، ۱۳۹۰).

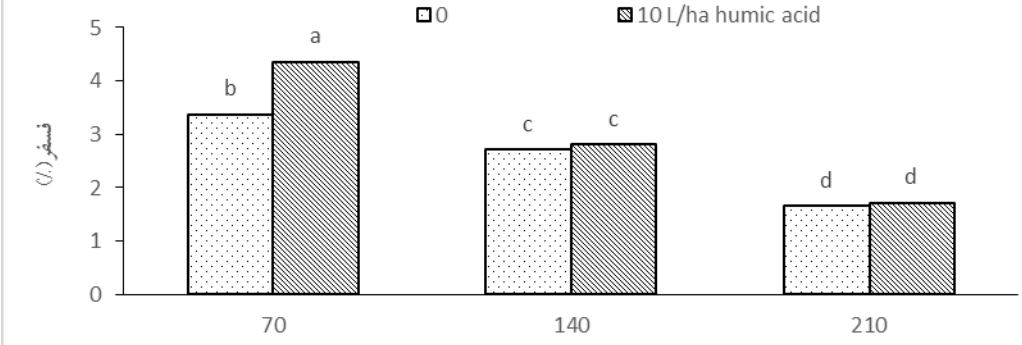
نتایج نشان داد که با افزایش کاربرد اسید هیومیک از صفر به ۱۰ لیتر در هکتار، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه کاسنی به طور معنی‌دار و به ترتیب ١٤/٧، ۱۸/۵ و ۳٤/۹ درصد افزایش یافت اما درصد قند ریشه به طور معنی‌دار و ۲۵/٤ درصد کاهش یافت (جدول ۲). به نظر می‌رسد با کاربرد اسید هیومیک میزان آب در دسترس گیاه افزایش یافته و درنتیجه میزان کم‌تری از قند جهت تنظیم اسمزی در ریشه گیاه تجمع می‌دهد. گزارش شده که افزایش سطح ریشه سبب جذب بهتر برخی عناصر از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌گردد. بنابراین علت افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط کاربرد اسید هیومیک را نیز می‌توان ناشی از افزایش قابلیت جذب این عناصر به واسطه تحریک مواد هیومیکی دانست (کامپانلا و همکاران، ۲۰۱۵). در مجموع به نظر می‌رسد کاربرد اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی (سماوات و ملکوتی، ۲۰۰۵) و با تاثیر بر متابولیسم گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲)، افزایش جذب عناصر غذایی و غلظت بیشتر آن‌ها را در ریشه کاسنی سبب شده است. برخی محققین نیز گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن بافت‌های گیاهی سبب افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد (ورونیکا و همکاران، ۲۰۱۰؛ آیاس و گاسلر، ۲۰۰۵).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیش‌ترین میزان قند ریشه کاسنی با میانگین ۷/۳۸ در تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد اسید هیومیک و کم‌ترین آن با

میانگین ۲/۷۲ درصد در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک بدست آمد. لازم به ذکر است که هر چند کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش متوسط و تنش شدید کم‌آبی تفاوت معنی‌داری بر میزان قند و فسفر ریشه کاسنی را باعث نشد اما در شرایط بدون تنش کم‌آبی، کاربرد اسید هیومیک افزایش معنی‌دار این صفت را به دنبال داشت (شکل ۳). همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد کاربرد اسید هیومیک در هر یک از سطوح آبیاری کاهش معنی‌دار قند ریشه کاسنی گردید که احتمالا علت این امر می‌تواند توسعه سطح جذب ریشه و بهبود شرایط مناسب‌تر جذب آب و در نتیجه کاهش فرآیند تنظیم اسمزی (تجمع اسمولیت‌های قندی در واکوئل سلول‌های ریشه کاسنی) باشد.



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر میزان قند ریشه کاسنی



شکل ٤- اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر میزان فسفر ریشه کاسنی

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیش‌ترین میزان فسفر ریشه کاسنی با میانگین ٤/٣٦ درصد در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک و کم‌ترین آن با میانگین ١/٦٧ درصد در تیمار تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) و عدم کاربرد اسید هیومیک بدست آمد. لازم به ذکر است که هر چند کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش متوسط و شدید کم‌آبی تفاوت معنی‌داری بر میزان فسفر ریشه کاسنی را باعث نشد اما در شرایط عدم تنش کم‌آبی، کاربرد اسید هیومیک افزایش معنی‌دار این صفت را به دنبال داشت (شکل ٤). علت این امر را به قابلیت تحرک کم فسفر در خاک خصوصا در شرایط کمبود رطوبت خاک می‌توان مربوط دانست. فسفر از عناصری است که در شرایط خشکی برای گیاه غیر قابل استفاده و جذب بوده و در این شرایط به شدت جذب ذرات رس خاک شده و فقط بخش کمی از فسفر خاک در محلول خاک برای گیاه قابل دسترس می‌باشد (کاروازوگلو و همکاران، ۲۰۰۷). بنا بر این با توجه به

ماهیت این عنصر می‌توان نتیجه گرفت که احتمالا در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد اسید هیومیک نتوانسته است افزایش معنی-داری در توانایی کاسنی برای جذب این عنصر داشته باشد.

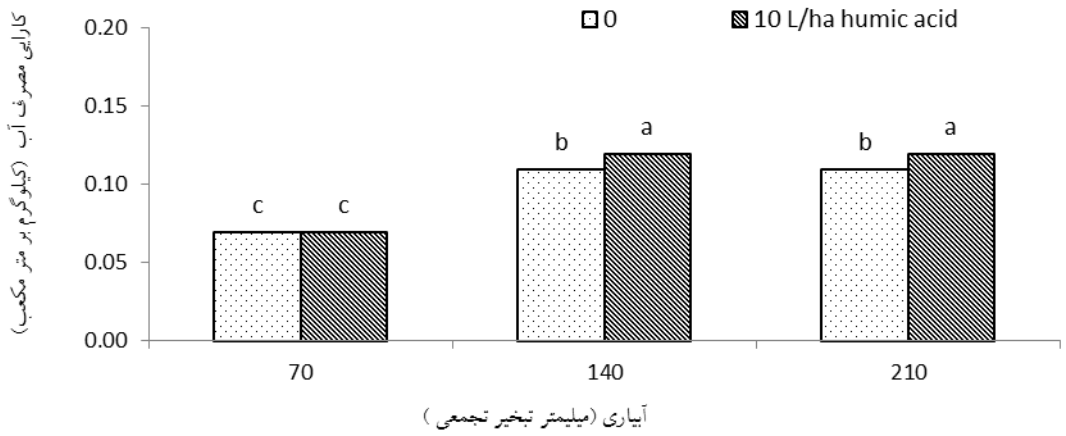
عملکرد و کارایی مصرف آب ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری و اسید هیومیک بر صفات عملکرد خشک ریشه و کارایی مصرف آب برای تولید ریشه معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر کارایی مصرف آب برای تولید ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).

میانگین‌های صفات مذکور نشان داد که اعمال تنش شدید کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک) نسبت به آبیاری پس از ۱٤۰ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی باعث شد تا عملکرد خشک ریشه به ترتیب ۳٤/٤ و ٤٤/۱ درصد کاهش یابد (جدول ٤). به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب، به علت کاهش تعداد و سطح برگ و کاهش صفات رشدی ریشه کاسنی، قدرت فتوسنتزی گیاه و نیز قدرت جذب آب گیاه به مقدار زیادی کاهش یافته که نتیجه آن افت پتانسیل آب گیاه و فشار آماس سلول‌ها، بسته شدن روزنه‌ها و در نهایت کاهش کربن‌گیری و تولید ماده خشک گیاه خواهد بود. این موضوع می‌تواند کاهش معنی‌دار عملکرد خشک ریشه کاسنی در تیمارهای تنش کم‌آبی را توجیه نماید. از طرفی دیگر می‌توان گفت که افزایش تنش کمبود آب، به طور مستقیم بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود گازکربنیک به روزنه‌ها را که به علت تنش آب مسدود می-باشند را کاهش می‌دهد و در نهایت کاهش عملکرد خشک را در کاسنی باعث می‌گردد. در تحقیقی، اعمال تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد خشک برگ، ریشه و کل در کاسنی شد (موسوی، ۲۰۱۲). در مطالعه دیگری نیز به کاهش عملکرد کاسنی در شرایط کمبود آب اشاره شده است (ثانی و علی‌آبادی فراهانی، ۲۰۱۰).

نتایج نشان داد که با افزایش کاربرد اسید هیومیک از صفر به ۱۰ لیتر در هکتار، عملکردهای خشک ریشه کاسنی به طور معنی‌دار و از ٥۹/٦۱ به ٦٥/۰٦ گرم در متر مربع (۹/۱ درصد) افزایش یافت. به نظر می‌رسد علت افزایش وزن خشک ریشه در کاسنی با کاربرد اسید هیومیک، افزایش شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و ماده خشک تولیدی در گیاه است. در تحقیقی، استفاده از اسید هیومیک (۰/۹ کیلوگرم در هکتار) تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد ریشه کاسنی داشت (غلامی و همکاران، ۲۰۱۸).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که هر چند در شرایط آبیاری مطلوب، کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد این اسید منجر به افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب برای تولید ریشه کاسنی نشد، اما در شرایط تنش متوسط و شدید کم‌آبی کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار و ۹/۱ درصدی این صفت گردید (شکل ٥). عدم تفاوت معنی‌دار تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک در شرایط آبیاری مطلوب را می‌توان به عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد ریشه در این تیمارها مربوط دانست. به نظر می‌رسد که با وجود کاهش عملکرد ریشه کاسنی در شرایط تنش متوسط کم‌آبی، کاهش حجم آبیاری در این شرایط توانسته است باعث افزایش معنی‌دار صفات کارایی مصرف آب برای تولید ساقه و برگ و کارایی مصرف آب برای تولید بیوماس کاسنی در شرایط تنش متوسط کم‌آبی در مقایسه با دو سطح دیگر آبیاری گردد. احتمالاً بسته شدن بیشتر روزنه‌ها در تیمار تنش متوسط کم‌آبی، تعرق را در مقایسه با تولید ماده خشک به مقدار بیشتری کاهش داده است و این موضوع باعث افزایش بهره‌وری از آب برای تولید ماده خشک در کاسنی شده است. همچنین در شرایط تنش شدید کم‌آبی هر چند کارایی مصرف آب برای تولید ریشه کاسنی نسبت به تیمار آبیاری بدون تنش کم‌آبی برتری معنی‌داری داشت، اما کاهش شدید این عملکرد ریشه در شرایط تنش شدید کم‌آبی باعث شد تا علیرغم کاهش آب مصرفی، کارایی مصرف آب در این شرایط نسبت تنش متوسط کم‌آبی کاهش معنی‌داری را نشان دهد. به نظر می‌رسد که کاربرد هیومیک اسید از طریق توسعه ریشه، کارایی مصرف آب را افزایش داده و با برقراری برهمکنش مناسب با فعالیت آنزیم-های آنتی‌اکسیدانت منجر به افزایش توانایی گیاه در مقابله با تنش کمبود آب می‌شود (اویسی و قوشچی، ۲۰۱۲). همچنین هیومیک اسید از طریق افزایش ریشه‌زایی، نگهداری بیشتر آب در خاک، کمک به رشد سریع باکتری‌های مفید در خاک، کمک به انحلال و آزادسازی عناصر ماکرو و میکرو (صالحی و همکاران، ۲۰۱۰؛ اویسی و قوشچی، ۲۰۱۲) توان فتوسنتزی گیاه و تجمع ماده خشک را در ریشه کاسنی افزایش داده و از این طریق کارایی مصرف آب برای تولید ریشه را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج تحقیقات متعددی به تأثیر مثبت کاربرد اسید هیومیک بر بیوماس و کاهش اثرات مخرب ناشی از کم‌آبی و ثبات عملکرد اشاره دارد (جهان و همکاران، ۲۰۱۵؛ غلامی و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل ۵- اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر کارایی مصرف آب ریشه کاسنی

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک خراسان جنوبی، تنش کم‌آبی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر صفات مورد بررسی ریشه کاسنی داشت به طوری که کاهش میزان آبیاری باعث کاهش معنی‌دار تعداد انشعابات ریشه، طول ریشه، درصد قند ملاس، نیتروژن و فسفر ریشه گردید ولی درصد قند، سدیم و پتاسیم افزایش یافت. در این شرایط اسید هیومیک توانست احتمالا از طریق افزایش قابلیت دسترسی گیاه به رطوبت باعث کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی بر کاسنی گردد. همچنین اگرچه کاربرد متانول باعث تاثیر معنی‌داری بر صفات ریشه گردید ولی با تیمار آبیاری برهمکنش معنی‌داری نداشت.

سپاسگزاری

از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند برای حمایت مالی اجرای این تحقیق تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

امیری، م.، عرب، ب.، آزادگان، ا. و مطلبی، ب. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر اسید هیومیک بر اجزاء عملکرد و دوام عمرگل شاخه بریده ژربرا. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی. جلد ۱۱، شماره ٤٢: ٤٣-٤٦.

اویسی، م .و ف. قوشچی. ۱۳۹۱. بررسی اجمالی نقش اسید هیومیک در تخفیف اثرات تنش کمبود آب در گیاهان زراعی .دو ماهنامه کشاورزی و توسعه پایدار. شماره ٤٣: ١٦-٢١.

بابایی، پ.، گلچین، ا.، بشارتی، ح. و افضلی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کود میکروبی گوگردی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲، شماره ٢٦: ١٥٠-١٤٥.

پاسبان‌اسلام ، ب. ۱۳۸۳. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های بی‌خار جدید گلرنگ. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ٤: ٨٦٩-٨٧٤.

جوان، ج. و فال‌سلیمان، م. ۱۳۸۷. بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشک (مطالعه موردی: دشت بیرجند). مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۱: ۱۱۵-۱۳۸.

حیدری، م. و س. خلیلی. ۱۳۹۳. تاثیر اسید هیومیک و کود فسفر بر عملکرد دانه و گل، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر معدنی در گیاه چای ترش (*Hisbiscus sabdariffa* L.). مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ٤٥، شماره ٢: ١٩١-١٩٩.

خرم‌قهفرخی، ا.، رحیمی، ا.، ترابی، ب. و مداح حسینی، ش. ۱۳۹٤. تأثیر کاربرد کود هیومیک اسید، محلولپاشی برگی چای کمپوست و ورمی-واش بر جذب عناصر و محتوای کلروفیل گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). مجله تولید گیاهان روغنی. جلد ۲، شماره ۱: ۷۱-۸٤.

خسروی، م.ت.، ع. مهرآفرین، ح. نقدی بادی، ر. حاجی‌آقایی و ا. خسروی. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد متانول و اتانول بر عملکرد گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) در منطقه کرج. مجله داروهای گیاهی. جلد ۲، شماره ۲: ۱۲۱-۱۲۸.

سهرابی، ی.، م.ر. شکیبا، م. عبداللهیان نوقابی، ف.رحیم‌زاده خویی، م. تورچی و ک. فتوحی. ۱۳۸۵. ارزیابی اثر آبیاری محدود و زمان برداشت ریشه روی عملکرد و خصوصیات کیفی چغندرقند. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۷۰: ۸-۱۵.

قاسمی، ا.، توکلی، م.ر. و ذبیحی، ح.ر. ۱۳۹۱. تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی تیوبر سیب زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸، شماره ۱: ٥٦-۳۹.

قائدی‌جشنی، م. و س.م. موسوی‌نیک. ۱۳۹٤. تأثیر تنش خشکی و کودهای فسفر و روی بر صفات زراعی مورفولوژیکی و میزان اسانس بابونه آلمانی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۸، شماره ۱: ٦٥-۷۲.

قلی‌نژاد، ر. ع. سیروس‌مهر و ب. فاخری. ۱۳۹۵. ارزیابی رژیم آبیاری و کودهای آلی برعملکرد کمی و کیفی گاوزبان (*Borago officinalis* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد۱۰، شماره ۳: ٦۸۳-۳۹٦.

مطهری، ح.، پ. مرادی، ا.س. هانی و م. مطهری. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد کود نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر صفات مورفولوژیکی و مواد موثرع همیشه‌بهار. اولین همایش ملی ایده‌های نوبن در کشاورزی، داشگاه آزاد ساوه، ایران.

مهراندیش، م.، م. جامی و م. آرمین. ۱۳۹۷. اثر منبع و مقدار مصرف پتاسیم بر ویژگی‌های کیفی چغندرقند رقم ارس در شرایط آبیاری کامل و محدود. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۱۰، شماره ۳٤: ۹۷-۱۰۸.

نادعلی، ا.، ف. پاک‌نژاد و م. غفاری. ۱۳۹۳. اثر متانول به عنوان منبع کربن بر صفات کمی و کیفی چغندرقند در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. جلد ٦، شماره ۳: ۲۳۱-۲٤٦.

Abd El-Baky, H.M., M. Hussein and G. El-Baroty. 2008. Algal extracts improve antioxidant defense abilities and salt tolerance of wheat plant irrigated with sea water. Afric. J .Biochem. 2: 151–164.

Afzal, F., A.K. Yar, R.H. Ullah, B.G. Ali, J.S. Ali, J.S. Ahmad and S. Fu. 2017. Impact of drought stress on active secondary metabolite production in cichorium intybus roots. J .Appl. Environ .Biol. Sci. 7(7): 39-43.

Bassiri, A., M. Kosh-Khui, and I. Rouhani. 1977. The influence of simulated moisture stress conditions and osmotic substrates on germination and growth of cultivated and wild safflowers. J. Agric. Sci. 88:95-100.

Campanella, A., C. Fontanini and M.A. Baltanas. 2015. High yield incorporate with humic acid and water deficit generated in castor. Chem. Eng. J. 170: 280- 289.

Dlnoaz Hashimloyan, B., A. Ataiazimin and M. Mozhdehi. 2015. Identification and measurement of some secondary metabolites of leaves, stems and roots of *Dendrostellera lessertii* and their allelopathy effects on barley and mungbean plants. J. Plant Ecophysiol. 7(22): 162-177. (In Persian)

Dowine, A., S. Miyazaki, H. Bohnert, P. John, J. Coleman, M. Parry and R. Haslam. 2004. Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Phytochem. 65: 2305–2316.

Fathy, M.F., A. Motagally and K.K. Attia. 2009. Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. Int. J. Agric. Biol. 11: 695-700.

Fazeli Rostampour, M., M. Yarnia, R. Farokhzadeh Khoee, M.J. Seghatoleslami and G.R. Moosavi. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agron. J. 105 (4): 1-9.

Gholami, H., F. Raouffard, M.J. Saharkhiza and D. Askarghani. 2018b. Yield and physicochemical properties of inulin obtained from Iranian chicory roots under vermicompost and humic acid treatments. Indust. Crops Produc. 123: 610-616.

Hincapie, C.S.G., F. Mondragon and D. Lopez. 2011. Conventional in situ transesterification of castor seed oil for biodiesel production. Fuel. 90: 1618-1623.

Holland, M.A. 1997. Occam's razor applied to hormonology. Are cytokinins produced by plants? Plant Physiol. 115: 865-868.

Jahan, M., Sh. Ghalenoee, A. Khamooshi and M.B. Amiri. 2015. Evaluation of some agroecological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) as affected by simultaneous application of water-saving superabsorbent hydrogel in soil and foliar application of humic acid under different irrigation intervals in a lowinp. J. Hort. Sci. *29*(2): 240-254.

Karaivazoglou, N., D. Papakost and S. Divanidis. 2007. Influence of liming form of phosphor fertilizer on nutrent uptake, growth, yield and quality of virginia tobacco. Field Crops Res. 15(2): 52-60.

Kerr, S. and M. leaman. 1997. Varieties for 1998. British Sugar Beet Rev. 65(2): 7-11.

Liu, C.H., R.J. Cooper and D.C. Bowman. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. Hort. Sci. 33: 1023-1025.

Mohammadipour, E., A. Golchin, J. Mohammadi, N. Negahdar and N. Zarchini. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). Ann. Biol. Res. *3*: 5095- 5098.

Moosavi, S.G.R. 2012. Effects of irrigation and nitrogen (N) fertilization levels on yield, morphological traits and water use efficiency of chicory (*Cichorium intybus* L.). J. Medi. Plants Res. 6(31): 4647-4652.

Oveysi, M. and F. Ghoshchi. 2012. Study of humic acid role on reduction of water deficit stress effects on crops. Agric. Sustain. Develop. 43*:* 12-16.

Ramirez, I., F. Dorta, V. Espinosa, A. Mercado and H. Pena-cortes. 2006. Effect of foliar and root application of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. J. Plant Growth Regul. 56: 165-174.

Reinefeld, E., B. Emmerich, G. Baumgarten, C. Winner and U. Beiss. 1974. Prediction of molasses with beet analysis. Zucker. 27: 2-15.

Salehi, B., A. Bagherzadeh and M. Ghasemi. 2010. Effect of humic acid on growth, yield and yield components traits of three variety of *Lycopersicon esculentum* L. Agroecol. J. *2*(4): 640-647.

Sani, B. and H. Aliabadi Farahani. 2010. Effect of P_2O_5 on coriander induced by AMF under water deficit stress. J. Ecol.Natu. Environ. *2*(4): 52-58.

Save, R., J. Penuelas, I. Filella and C. Olivella. 1995. Water relations, hormonal level, and spectral reflectance of gerbera- jamesonii bolus subjected to chilling stress. J. Am. Soc. Hort. Sci. 120: 515-519.

Schmidt, R.E., X. Zhang and D.R. Chalmers. 1999. Response of photosynthesis and superoxidide dismutase to silica applied to creeping bentgrass grownunder two fertility levels. J. Plant Nutri. 22: 1763-1773.

Tan, K.H. 2003. Humic matter in soil and the environment. Marcel Dekker, New York.

The effects of irrigation, methanol and humic acid foliar application on the chicory (*Cichorium intybus* L.) roots traits

S.Gh. Moosavi[1], M. Fazeli Rostampour[2], H. Javadi[3], M.J. Maleki[4]

Received: 2019-5-15 Accepted: 2019-7-6

Abstract

In order to study the effects of irrigation, methanol and humic acid foliar application on the traits, some of the soluble content and chicory root elements, the present research was carrid out in Birjand Azad University research farm using split plots-factorial based on randomized complete blocks design with three replications in 2016. In the present research a three level irrigation was used as the main plot (irrigation after 70T 140 and 210 mm of accumulative evaporation from pan) and methanol foliar in two levels (zero and 21 % of the volume) well as humic acid with two levels (zero and 10 li per hectar) in the form of factorial as the sub plot. The results showed that irrigation delay from 70 to 210 mm of accumulative evaporation from pan, the root length, number of root branch, percent of molasses sugar, N and P and dry root yield decreaseb by 46, 37, 23, 39, 56 and 44% respectively and increase in percent of sugar, Na and K and water use efficiency of root in chicory root by 100, 40, 87 and 67% respectively. The foliar application of 21 % volume of methanol caused a significant increase in the root length, number of root branch, N, P and K by 12, 20, 9, 11 and 8 % respectively and a decrease in the sugar percent in chicory root by 13 % compared to the control treatment. Also applying of 10 li of humic acid per hectar resulted in a significant increase in the root length, number of root branch, N, P and K, dry root yield and water use efficiency of root by 12, 19, 15, 18.5, 35, 9 and 7% respectively and a decrease in the sugar percent in chicory root by 25 % compared to the control treatment. Also, although methanol application had a significant effect on root traits, it did not have significant interaction with irrigation. In general, the results of the study showed that the use of humic acid could reduce the negative effects of deficit water stress on Chicory.

Keywords: Acid humic, methanol, root morphology, root elements, water deficit stress

1- Associated Professor, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
2- Assistant Professor, Horticultural crops research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran
3- Assistant Professor of Agriculture Colleage, Payam-e-Noor University, Iran
4- Ph.D. Student, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran