

## اثر هومیک اسید بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی چمن اسپیدی گرین

نغمه دانشور حکیمی میبیدی<sup>۱\*</sup>، محسن کافی<sup>۲</sup>، علی نیکبخت<sup>۳</sup> و فرهاد رجالی<sup>۴</sup>  
۱، ۲، دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
۳، استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان، ۴، استادیار مرکز تحقیقات خاک و آب کشور  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۷ - تاریخ تصویب: ۹۰/۱/۲۸)

### چکیده

امروزه استفاده از تحریک‌کننده‌های زیستی مانند ترکیبات هوموسی در مدیریت چمن مرسوم شده است. از اهداف استفاده از این ترکیبات، افزایش استقرار چمن و تحریک آن به تحمل تنش است. هدف از انجام این آزمایش مطالعه تأثیر هومیک اسید بر بهبود برخی از فاکتورهای رشدی چمن بود و به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط کنترل شده اجرا شد. بذرها در گلدان‌های پلی‌اتیلن کشت شدند و بعد از استقرار گیاهان با محلول آماده شده هومیک اسید از نوع لئوناردیت در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت ماهیانه اسپری شدند. تا نه هفته بعد از زمان شروع تیمار صفاتی همچون ارتفاع، وزن تر و خشک، برخی عناصر ماکرو و میکرو و کیفیت ظاهری نمونه‌ها مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد هومیک اسید در غلظت‌های ۱۰۰ و ۴۰۰ بهتر از غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر عمل کرد. غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر صفات وزن تر، وزن خشک و کیفیت ظاهری و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر میزان آهن و پتاسیم تأثیر معنی‌داری داشتند. دو غلظت ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هومیک اسید با گذشت زمان تأثیر بهتری بر میزان جذب عنصر روی داشتند. هیچ کدام از غلظت‌ها تأثیری بر مقدار فسفر نداشتند. همچنین افزایش در میزان غلظت هومیک اسید موجب کاهش در میزان ارتفاع شد.

واژه‌های کلیدی: هومیک اسید، جذب عناصر، کیفیت ظاهری، ارتفاع

### مقدمه

هومیکی از تغییر شکل ضایعات گیاهی و حیوانی در خاک و یا هوموس به دست می‌آیند (Stevenson, 1982). این مواد هرچند عمدتاً از بازمانده‌های گیاهی منشأ می‌گیرند ولی نه تنها از نظر ویژگی‌های ساختمانی بلکه به لحاظ کارکرد و نقش‌های مفید که در خاک ایجاد می‌کنند هیچگونه شباهتی به اجزاء موجود در بافت‌های گیاهی ندارند و حاوی ترکیبات فنولی، کربوهیدرات، آمینواسیدهای تغییر شکل یافته در یک ترکیب تجزیه شده هستند (O'Donnell, 1973). مواد

امروزه استفاده از تحریک‌کننده‌های زیستی از جمله ترکیبات هوموسی در مدیریت چمن بسیار مرسوم و معمول شده است. از جمله اهداف استفاده از این ترکیبات افزایش سرعت استقرار و تحریک تحمل چمن به تنش‌ها است. یکی از این محرک‌های زیستی ترکیبات هوموسی است (Hunter & Ander, 2004). در تعریف کلی هوموس به مواد تغییر شکل یافته حاصل از ارگانیسم‌های گیاهی و حیوانی گفته می‌شود. مواد

تغییر در سطح ریشه، طول اولیه ریشه و تعداد ریشه‌های جانبی و چگالی ریشه‌های جانبی می‌شود (Canellas et al., 2008). برخی از تحقیقات اثر مواد هومیکی بر روی گیاهان هم نشان داده است که استفاده از این ترکیبات موجب افزایش وزن تر ریشه می‌شود (Cooper et al., 1998; Ervin et al., 1998; Nardi et al., 2000; Tan, 2003). (2008) نشان دادند که استفاده از محلول‌پاشی هومیک اسید روی برگ‌ها طول ریشه و توده ریشه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد ولی اثری روی کیفیت ظاهری ندارد. (Chen & Aviad, 1990) در مطالعات خود متوجه شدند که این ترکیبات موجب بهبود جوانه زدن، رشد بهتر دانه‌ها بعد از جوانه زدن، افزایش رشد ریشه و ساقه می‌شوند. در برخی از مطالعات نشان داده شد که با افزایش غلظت مواد تا حد مشخصی افزایش رشد اتفاق می‌افتد ولیکن در غلظت‌های بالاتر از حد مشخصی نتیجه عکس به وقوع می‌پیوندد. (Hunter & Anders, 2004) نشان دادند که استفاده از ترکیبات هومیکی آبشویی فسفر از سطح خاک در اطراف ریشه‌های اگروستیس به طور کامل و نیتروژن را بتدریج کاهش داد ولی تأثیری بر تغذیه بافت برگ نداشت. (Adani et al., 1998) اثر دو نوع هومیک اسید با منشاء مختلف را روی گوجه‌فرنگی بررسی کردند. نتایج نشان داد که هومیک اسید با منشاء پیت علاوه بر افزایش جذب نیتروژن، فسفر و آهن جذب مس را هم افزایش می‌دهد، در حالی که هومیک اسید با منشاء لئوناردیت تنها روی افزایش جذب نیتروژن، فسفر و آهن اثر مثبت داشت. (Bidegain et al., 2000) نشان دادند که مواد هومیکی حاصل از کمپوست خاک اره موجب افزایش جذب منیزیم، مس، فسفر و نیتروژن در چمن اگروستیس می‌شود.

هدف از این پژوهش بررسی نحوه تأثیر هومیک به صورت محلول‌پاشی و مطالعه اثر آن بر فعالیت‌های فیزیولوژی گیاه از جمله رشد، جذب عناصر و کمیت و کیفیت چمن‌های مورد مطالعه بود. نتایج این آزمایش از آن رو حایز اهمیت است که در صورت مثبت بودن اثر، هومیک اسید می‌تواند به کمک روش ساده محلول‌پاشی کیفیت چمن مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار دهد.

هومیکی از نظر ساختاری خیلی پیچیده بوده و در آب غیر قابل حل هستند و از نظر بیولوژیکی فعالیت کمی دارند. این مواد وزن مولکولی حدود ۲۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ دارند (Kuckersan et al., 2005). مواد هومیکی می‌توانند بر اساس حلالیت در اسید و باز به هومیک اسید (HA)، فولویک اسید (FA) و هیومین‌ها تقسیم‌بندی شوند (Cooper et al., 1998; Tan, 2003). مواد فوق اثرات هورمون ماندی بر رشد و بر متابولیسم گیاه دارند (Chen & Aviad, 1990) که شامل تأثیرات شبه اکسینی (Atiyeh et al., 2002; Bidegain et al., 2000; Muscolo et al., 1999; O'Donnell, 1973) و فعالیت شبه سایتوکینین (Zandonadi et al., 2007; Cacco & Dell'Agnola, 1984) است. تأثیر مثبت مواد هومیکی روی رشد خیلی از گیاهان از جمله گیاهان خانواده گرامینه به خوبی به اثبات رسیده است (Chen & Aviad, 1990). در تحقیقات مختلف بر روی چمن کرپینگ بنت گرس نشان داده شد که این گیاهان در تیمار با هومیک اسید، میزان فتوسنتز بیشتر، توده ریشه (Liu et al., 1998; Zandonadi et al., 2007; Zhang & Ervin, 2004) و طول ریشه (Cooper et al., 1998) بیشتری داشتند. به نظر می‌رسد که تأثیر این مواد به دلیل تأثیر مثبت بر جذب مواد غذایی باشد (Cooper et al., 1998; Jones et al., 2007; Sanders et al., 1990). برخی از مطالعات نشان داده‌اند که مواد هومیکی موجب رسوب فسفات کلسیم در محلول می‌شوند (Grossl & Inskip, 1992; Inskip, 1991). علاوه بر افزایش دسترسی به فسفر، این مواد موجب دسترسی بیشتر به عناصر میکرو هم می‌شود (Chen et al., 2004; Mackowiak et al., 2001). از ویژگی‌های اصلی مواد هومیک سرشار بودن آنها از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و کاهش نسبت کربن به نیتروژن این مواد نسبت به بازمانده‌های گیاهی است. مطالعات تأثیر مواد هومیکی نشان می‌دهد که این مواد می‌توانند موجب تحریک رشد ریشه‌های جانبی با تأثیر بر فعالیت پمپ‌های ATP-ase در پلاسما، تونوپلاست و واکنول شود (Zandonadi et al., 2007). تحقیقات کنونی نشان می‌دهد که استفاده از مواد هومیکی موجب واکنش بین مواد هومیکی با مواد آلی مترشحه از ریشه شده و موجب

مقدار موجود در خاک	خصوصیات خاک مورد آزمایش
۷۹	شن (درصد)
۷	رس (درصد)
۱۴	سیلت (درصد)
۱۵/۹	فسفر (ppm)
۰/۰۲	نیتروژن (درصد)
۱۲۰	پتاسیم (ppm)
۰/۵۵	EC (دسی زیمنس بر متر)
۸/۳	pH

صفات مورد نظر به ترتیب زیر بررسی شدند:

**کیفیت ظاهری چمن<sup>۱</sup>:** ارزیابی رنگ ظاهری از طریق کیفی توسط ارزیابی با تجربه و با استفاده از روش Morris (2002) انجام شد. به این منظور، هر هفته برای اندازه‌گیری در زمان خاصی از روز (۱۰ تا ۱۱ صبح) و بر اساس برنامه ملی ارزیابی چمن امریکا<sup>۲</sup> انجام شد (جهت حرکت ارزیاب در تمام تکرارها یکسان بود) و از شماره‌های ۱ (چمن‌های قهوه‌ای، نازک و غیریکنواخت) تا ۹ (کیفیت، و یکنواختی ایده‌آل) عددگذاری شد.

**ارتفاع<sup>۳</sup>:** ارتفاع تاج پوش چمن هر ۱۴ روز یکبار دو روز قبل از سربرداری محاسبه شد. برای انجام این کار یک طرف خطکش را با سطح خاک مماس کرده و سپس یک صفحه کاغذی که وسط آن سوراخی بود و به راحتی در خطکش حرکت می‌کرد را در سه نقطه از هر واحد آزمایشی با جابجایی خطکش قرار داده و ارتفاع کانوپی از فاصله بین سطح خاک تا صفحه کاغذ در نظر گرفته شد.

**وزن تر و خشک برگ<sup>۴</sup>:** وزن تر و خشک برگ‌ها هر دو هفته یکبار اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن تر با استفاده از قیچی در ارتفاع حدود ۴ سانتی‌متری از واحدهای آزمایشی سربرداری صورت گرفت و بعد بر روی ترازو توزین شد و در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت و به آن با دمای تقریبی ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انتقال داده شد و در نهایت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیرات مواد هومیک بر برخی از خصوصیات چمن موردنظر، آزمایشی طی سال ۸۹-۱۳۸۸ در محل گلخانه‌های گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. طرح آزمایش مورد استفاده به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و در چهار غلظت هومیک اسید (صفر به عنوان شاهد، ۱۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تحت شرایط کنترل شده بعد از استقرار چمن‌ها انجام شد. بذر مورد استفاده برای کاشت در این تحقیق بذر اسپیدی گرین مخلوط سه رقم بذری باربال، بارژ و بارتینگو انتخاب گردید. بستر موردنظر از نوع لومی شنی (شامل مخلوط خاکی ۷۹ درصد شن، ۷ درصد رس و ۱۴ درصد سیلت) که در جدول ۱ بیان شده است و گلدان‌های مورد نظر ستون‌هایی از نوع پلی‌اتیلن و به قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و طول ۶۰ سانتی‌متر بود، انتخاب شدند. در زیر هر یک از گلدان‌ها برای جلوگیری از خروج خاک و اطمینان از زهکشی شن بادامی درشت ریخته شد. بذور چمن به میزان ۲۵ گرم در مترمربع کشت شدند و بعد از سبز شدن بذور چمن و آبیاری روزانه و با استقرار کامل چمن‌ها (حدود ۴۰ روز بعد از کاشت چمن) محلول هومیک اسید آماده شده در غلظت‌های ذکر شده، به صورت ماهیانه تا پایان دوره آزمایش، بر روی چمن‌هایی که روز قبل از اعمال تیمار در ارتفاع ۴ سانتی‌متری سرزنی شده بودند، به صورت اسپری بر روی برگ‌ها پاشش شد (برای اطمینان از پاشش یکنواخت بر روی برگ‌ها محلول اسید هومیک در محفظه اسپری‌کننده با نازل پخش یکنواخت ریخته شده و حدود ۱/۵ لیتر برای هر تیمار در هر بار پاشش اسپری شد). همچنین در دو هفته قبل از شروع تیمارها، قارچ‌کش متالاکسیل به میزان ۲ میلی‌گرم در لیتر برای جلوگیری از نفوذ بیماریهای قارچی بر روی برگ‌ها اسپری شد. هومیک اسیدی که برای این تحقیق استفاده شد، دارای منشاء لئوناردیت و حاوی ۶۱/۲ درصد کربن و ۳/۱۳ گرم در کیلوگرم نیتروژن و ۲/۸۹ گرم در کیلوگرم فسفر بود.

1. Visual Turf Quality
2. NTEP: National Turf grass Evaluation Program
3. Height
4. Fresh and Dry Weight

گیاه دارند احتمالاً عامل کاهش رشد در غلظت‌های زیاد، به دلیل تولید هورمون بیش از حد لازم باشد که به همین دلیل موجب کاهش در میزان رشد و نمو گیاهان شده است که با نتایج Hapkins & Stark (2003) موافق است. نتایج تحقیقات Zhang et al. (2004) نشان داد که ترکیبات هومیکی به دلیل داشتن مواد هورمونی و تأثیر این مواد بر داخل بافت گیاه بر روی شد تأثیر می‌گذارند. نتایج تحقیقات Cooper et al. (1998) نیز نشان داد که هیچ کدام از غلظت‌های هومیک اسید تأثیری بر روی رشد گیاهان نداشت. اثر هومیک اسید بر روی رشد ذرت (Tan & Nopamornbodi, 1979)، رشد دانهال گوجه‌فرنگی (David et al., 1994; Ayuso et al., 1996)، چمن کریپینگ بنت‌گرس (Liu et al., 1998; Zhang et al., 2003)، گندم (Delfine et al., 2005)، و گوجه‌فرنگی (Adani et al., 1998; Turkmen et al., 2004)، و بسیاری دیگر از گیاهان نیز بررسی شده است. نتایج تحقیقات Ferrara et al. (2007) حاکی از تأثیر مثبت این مواد بر روی افزایش ارتفاع بود، که با این آزمایش مطابقت دارد.

یکی از اثرات مثبت مواد هومیکی، تأثیر بر رشد طولی و رشد سلول‌ها است. در خصوص نحوه اثر مواد هومیکی گزارش‌های متعددی وجود دارد. به نظر می‌رسد این مواد بر تغییرات بیوشیمیایی دیواره سلولی، غشاء سلول و حتی سیتوپلاسم اثر می‌گذارند (Chen & Aviad, 1990). این مواد مکانیسم‌هایی برای تحریک رشد طولی در گیاهان دارند. یکی از این مکانیسم‌ها به اثر مستقیم این ترکیبات و وجود ترکیبات شبه هورمونی از جمله ترکیبات اکسینی و شبه‌اکسینی مربوط می‌باشد که می‌توانند رشد سلول‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Atiyeh et al., 2002; Bidegain et al., 2000; Muscolo et al., 1999; O'Donnell, 1973; Zhang & Ervin, 2004). همچنین این مواد دارای ترکیبات شبه جیبرلینی هستند که می‌تواند بر روی رشد سلول‌ها اثر بگذارد (Nardi et al., 2002). احتمالاً این ترکیبات با تأثیر بر رشد سلول و افزایش طولی شدن در سلول با تأثیر بر غشای ممبران و سلول، بر افزایش ارتفاع با گذشت زمان مؤثر بوده‌اند (جدول ۴).

**میزان عناصر:** میزان جذب مواد غذایی در تیمارهای به کار رفته (عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی) به فاصله زمانی یک ماه یکبار (قبل از شروع تیمارها و با فاصله یک ماه یکبار بعد از شروع تیمارها) صورت گرفت. بعد از آماده سازی نمونه‌های برگی نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند تا خشک شوند و آنگاه آسیاب شدند تا نمونه‌های یکنواخت به دست آید و بعد از آن اندازه‌گیری‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری عناصر فسفر، آهن، روی و پتاسیم بعد از تهیه عصاره به روش خاکستر خشک و عصاره حاصل برای اندازه‌گیری پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و همچنین فسفر به روش کالریمتری و دستگاه اسپکتروفتومتر سنجش شد. همچنین عناصر آهن و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مشخص شدند. داده‌ها بعد از وارد شدن در نرم‌افزار اکسل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار MSTATC استفاده شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع

اثر غلظت‌های مختلف هومیک اسید و زمان‌های مختلف بر ارتفاع در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. در غلظت‌های پایین تر هومیک اسید نسبت به غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان ارتفاع بیشتر بود. با مقایسه میانگین بین اثرات اصلی، با افزایش در غلظت هومیک اسید میزان ارتفاع کاهش یافت به طوری که در غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر بیشترین ارتفاع (۹/۰۲ سانتی‌متر) دیده شد و این مقدار در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین میزان (۷/۸۷ سانتی‌متر) بود. در مطالعات Atiyeh et al. (2002) نشان داده شد که گیاهان در غلظت‌های ۵۰-۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هومیک اسید افزایش در میزان رشد داشتند در حالی که این روند کاهش معنی‌داری در غلظت‌های بیشتر داشت. هرچند استفاده از هومیک اسید موجب افزایش در میزان جذب عناصر در بافت‌های برگی شد (جدول ۳) ولیکن این ترکیبات به دلیل خاصیت هورمون ماندگی که روی

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر هومیک اسید بر رشد چمن اسپیدی گرین

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)
بلوک	۳	۰/۶۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>
هومیک اسید	۳	۴/۸۳ <sup>**</sup>	۳/۱۶ <sup>**</sup>	۳/۶۷ <sup>**</sup>
زمان	۴	۳/۰۱ <sup>**</sup>	۱۸/۷۹ <sup>**</sup>	۱۵/۷۳ <sup>**</sup>
هومیک اسید*زمان	۱۲	۰/۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۹*	۰/۴۹ <sup>**</sup>
خطا	۵۷	۰/۵۰	۰/۱۰	۰/۰۷
C.V%		۸/۲۸	۱۲/۷۵	۱۳/۸۸

ns: معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلا معنی‌دار.

جدول ۳- اثر تیمارهای مختلف هومیک اسید روی برخی از صفات کمی و کیفی چمن اسپیدی گرین

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	کیفیت ظاهری	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	آهن (پی‌پی‌ام)	روی (پی‌پی‌ام)
شاهد	۹/۰۲ a	۲/۰۴ c	۱/۴۶ d	۶/۵۳ c	۰/۹۲ c	۰/۳۲ a	۶۶/۷۲ c	۱۱/۵۸ c
غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۸/۷۷ a	۳/۰۱ a	۲/۴۲ a	۷/۵ a	۱/۱۸ bc	۰/۳۴ a	۸۴/۴۸ b	۱۸/۱۸ b
غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۸/۶۴ a	۲/۴۶ b	۱/۷۶ c	۷/۰۰ b	۱/۵۷ a	۰/۳۳ a	۹۱/۱۱ a	۲۱/۵۲ a
غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۷/۸۷ b	۲/۵۹ b	۲/۱۸ b	۶/۶۷ bc	۱/۲۲ b	۰/۳۴ a	۸۲/۴۹ b	۲۰/۳۶ a

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- تأثیر زمان بر ارتفاع، وزن تر و وزن خشک در چمن اسپیدی گرین

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)
۰ روز	۷/۹۴ c	۳/۸۴ a	۳/۲۱ a
۱۴ روز	۸/۴۸ b	۲/۹۸ b	۲/۸۲ b
۲۸ روز	۸/۶۲ ab	۳ b	۱/۵۷ c
۴۲ روز	۸/۶۷ ab	۱/۳۴ c	۱/۱۱ d
۵۶ روز	۹/۱۴ a	۱/۴۶ c	۱/۱ d

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

### وزن تر و وزن خشک

همانطور که در جدول‌های ۳ و ۴ نیز نشان داده شده است، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مورد وزن تر (۳/۰۱ گرم) و وزن خشک (۲/۴۲ گرم) تأثیر بهتری را نسبت به سایر غلظت‌ها داشته است. غلظت‌های ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هم تأثیر بسزایی بر میزان وزن تر داشتند، در حالی که در مورد وزن خشک روند مشخصی نیست به طوری که غلظت ۱۰۰۰ (۲/۱۸ گرم) و بعد از آن غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۱/۷۷ گرم) بهتر بود. در مورد تأثیر زمان هم همانطور که جدول ۴ نشان می‌دهد با گذشت زمان میزان وزن تر و همچنین

وزن خشک کاهش پیدا کرد. تحقیقات Liu et al. (1998) بر روی کریپینگ بنت‌گرس نشان داد که استفاده از ترکیبات هومیکی هیچ تأثیری بر وزن خشک نداشت. نتایج تحقیقات Turkmen et al. (2004) نشان داد که استفاده زیاد از هومیک اسید رشد گیاه را کند و یا متوقف می‌کند. همچنین نتایج کار Chen & Aviad (1990) و Ferrara et al. (2007) نشان داد که با استفاده از هومیک اسید در صورت تأمین مناسب عناصر برای گیاه ممکن است رشد تا حدی کاهش یابد. علت تفاوت نتایج این تحقیق با آزمایشات محققین دیگر بر روی فاکتور رشد شاید به این دلیل باشد که این محققین در

جدول ۵- تأثیر زمان بر میزان کیفیت ظاهری در چمن

اسپیدی گرین									
تیمارهای	۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸	۳۵	۴۲	۴۹	۵۶
آزمایشی	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز
کیفیت ظاهری	a	ab	a	abc	abc	abc	bc	c	
	۷/۳۱	۷/۱۹	۷/۳۲	۷/۰۶	۷	۶/۸۲	۶/۶۹	۶/۱۵	۶/۴۴

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددانه‌های دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر هومیک اسید بر کیفیت

ظاهری چمن		
میانگین مربعات	درجه	منابع تغییرات
کیفیت ظاهری	آزادی	S.O.V
۳/۱۷*	۳	بلوک
۶/۷۲**	۳	هومیک اسید
۱/۷۶*	۸	زمان
۰/۴۸ <sup>ns</sup>	۲۴	هومیک اسید × زمان
۰/۸۰	۱۰۵	خطا
۱۲/۹۷		C.V%

\*, \*\*: معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

با نگاهی به جدول ۹، میانگین اثرات متقابل زمان و غلظت هومیک اسید بر میزان پتاسیم نشان می‌دهد که در بین غلظت‌ها، غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر بهتری (۱/۸۱ درصد در گرم وزن خشک) نسبت به سایر غلظت‌ها مخصوصاً در ۶۰ روز بعد از شروع تیمار داشت. در زمان قبل از شروع تیمار غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر کمترین تأثیر داشت. با گذشت مدت زمان از شروع تیمار هم روند افزایشی در میزان این عنصر در برگ‌های گیاه دیده شد. در مقایسه بین میانگین‌ها و تأثیر متقابل زمان و هومیک اسید بر میزان فسفر (جدول ۱۰) در برگ‌ها غلظت‌های ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مخصوصاً در ۶۰ روز بعد از شروع تیمار بالاترین (۰/۳۹ درصد در گرم وزن خشک) تأثیر را بر میزان فسفر داشت. در ۳۰ روز بعد از شروع تیمار تفاوتی بین غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر دیده نشد و هر دو غلظت، بهتر از غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. در مورد عنصر آهن (جدول ۱۱) غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در دو ماه بعد از اعمال تیمار بیشترین تأثیر (۱۱۴/۱ پی‌پی‌ام در گرم وزن خشک) را بر افزایش

آزمایشات خود از محلول‌های غذایی استفاده کردند و دوم اینکه احتمالاً پاسخ گونه‌ها و گیاهان مختلف در پاسخ به این مواد می‌تواند با هم تفاوت داشته باشد. همچنین این مواد بیشتر بر روی اندام‌های زیرزمینی گیاه تأثیر مثبت نشان می‌دهند و احتمالاً کاهش در میزان وزن تر و خشک به دلیل توسعه اندام‌های زیرزمینی در مقایسه با اندام‌های هوایی باشد (Nardi et al., 2002 & 2000).

### کیفیت ظاهری

جدول‌های ۳ و ۵ هم تأثیر زمان و همچنین هومیک اسید بر کیفیت ظاهری نشان می‌دهد. در نتایج جدول ۲ همانطور که دیده می‌شود غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۷/۵) و بعد از آن دو غلظت ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر میزان کیفیت ظاهری تأثیر داشتند. در طول زمان هم با گذشت هشت هفته این تأثیر بیشتر دیده شد به طوری که در هفته‌های آخر انجام کار میزان کیفیت افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت، همچنین اثر متقابل زمان و هومیک اسید بر کیفیت ظاهری معنی‌دار نبود. نتایج تحقیقات Liu et al. (1998) بر روی چمن کریپینگ بنت گرس نشان داد که استفاده از ترکیبات هومیکی تأثیری بر کیفیت ظاهری ندارد. تحقیقات بسیاری از محققین حاکی از تأثیر مثبت این مواد بر افزایش کیفیت ظاهری است (Varshovi, 1991; Zhang et al., 2003).

### تغییرات عناصر

به نظر می‌رسد که هومیک اسید بر روی جذب عناصر و همچنین افزایش آن در بافت‌های گیاه تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است. در بین غلظت‌های هومیک اسید، غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر افزایش در جذب پتاسیم و آهن تأثیر بیشتری داشت و در مورد روی دو غلظت ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر بهتری داشت (جدول ۳). در مورد عنصر فسفر، در بین غلظت‌ها هیچ تفاوت معنی‌داری به چشم نخورد. در مقایسه بین زمان‌ها هم همانطور که در جدول ۸ نشان داده شده است با گذشت زمان از شروع تیمار، روند افزایشی در مورد هر چهار عنصر دیده می‌شود. با گذشت زمان میزان عناصر پتاسیم، فسفر، آهن و روی به میزان زیادی افزایش پیدا کرد.

قبل از اعمال تیمار به چشم می خورد. افزایش در میزان فسفر و آهن در برگ‌ها با نتایج تحقیقات محققین دیگر از جمله Liu & Cooper (2000) بر روی چمن کریپینگ بنت گرس در توافق است. در مورد تأثیر متقابل هومیک اسید و زمان بر تغییرات آهن، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با گذشت زمان به نسبت سایر غلظت‌ها تأثیر بهتری داشت ولی بین غلظت‌های ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوتی وجود نداشت. در فاصله یک ماه بعد از شروع تیمار در واقع تفاوتی بین تیمارها از نظر تأثیر بر میزان آهن وجود نداشت (جدول ۱۱).

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از هومیک اسید به صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها موجب

میزان آهن داشت، در حالی که تأثیر سایر غلظت‌ها در مرتبه بعدی نسبت به آن قرار داشت. افزایش در میزان آهن در مورد شاهد با گذشت یک ماه از شروع تیمار تغییر معنی‌داری نداشت ولیکن در ماه دوم بعد از شروع تیمار این تأثیر و افزایش در حد مقبولی مورد توجه قرار گرفت. با مقایسه میانگین بین غلظت‌های مختلف هومیک اسید در طول زمان، غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مخصوصاً در دو ماه بعد از اعمال تیمار، بیشترین (۳۴/۰۲ پی‌پی‌ام در گرم وزن خشک) تأثیر را روی تغییرات میزان روی در برگ‌ها داشت (جدول ۱۲) و غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر هم تأثیر مشابهی در این زمان بر جای گذاشت در حالی که کمترین تأثیر (۴/۳۴ پی‌پی‌ام در گرم وزن خشک) در مورد شاهد و در زمان

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر هومیک اسید بر برخی از عناصر چمن اسپیدی گرین

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات S.O.V
روی	آهن	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)		
۲/۴۱ <sup>ns</sup>	۱/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰ <sup>**</sup>	۲	بلوک
۱۳۳/۹۴ <sup>**</sup>	۴۴۶/۰۳ <sup>*</sup>	۰/۵۶ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۳	هومیک اسید
۶۰۲/۵۴ <sup>**</sup>	۴۰۴۳/۰۷ <sup>**</sup>	۰/۶۲ <sup>**</sup>	۰/۰۲۱ <sup>**</sup>	۲	زمان
۸۲/۱۱ <sup>**</sup>	۳۹۹/۲۳ <sup>**</sup>	۰/۳۱ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴ <sup>*</sup>	۶	هومیک اسید × زمان
۱/۵۸	۱۳/۴۰	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۲۲	خطا
۷/۰۲	۴/۵۰	۱۵/۴۱	۱۱/۹۵		C.V%

ns, \*\* معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

جدول ۸- تأثیر زمان بر میزان عناصر در چمن اسپیدی گرین

تیمارهای آزمایشی	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	آهن (پی‌پی‌ام)	روی (پی‌پی‌ام)
۰ روز	۰/۸۵ c	۰/۲۹ b	۶۸/۷۹ c	۱۱/۴۲ c
۳۰ روز	۱/۳۳ b	۰/۳۵ a	۷۲/۵۱ b	۱۶/۸۶ b
۶۰ روز	۱/۴۹ a	۰/۳۸ a	۱۰۲/۲۸ a	۲۵/۴۷ A

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۹- تأثیر متقابل زمان و هومیک اسید بر میزان پتاسیم در گرم وزن خشک

هومیک اسید	بعد از اعمال تیمار		
	صفر روز	۳۰ روز	۶۰ روز
شاهد	۰/۴۰ f	۱/۱۸ cde	۱/۲ bcde
غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۰/۹۳ de	۱/۲۷ bcd	۱/۳۳ bcd
غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱/۲۵ bcd	۱/۶۳ ab	۱/۸۱ a
غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۰/۸۱ e	۱/۲۳ bcde	۱/۶۱ abc

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱۰- تأثیر متقابل زمان و هومیک اسید بر میزان فسفر در گرم وزن خشک

هومیک اسید	بعد از اعمال تیمار		
	صفر روز	۳۰ روز	۶۰ روز
شاهد	۰/۲۳ cd	۰/۳۱ bc	۰/۳۵ abc
غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر	۰/۲۷ cd	۰/۳۶ ab	۰/۳۶ ab
غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر	۰/۳۳ abc	۰/۳۴ abc	۰/۴۰ a
غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر	۰/۳۳ abc	۰/۳۶ ab	۰/۳۹ a

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱۱- تأثیر متقابل زمان و هومیک اسید بر میزان آهن در گرم وزن خشک

هومیک اسید	بعد از اعمال تیمار		
	صفر روز	۳۰ روز	۶۰ روز
شاهد	۵۳/۵۵ c	۵۶/۳۴ c	۹۰/۲۹ abc
غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر	۶۵ bc	۷۴/۳۵ abc	۱۱۴/۱a
غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر	۸۵/۳۴ abc	۸۵/۴۹ abc	۱۰۲/۵ ab
غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر	۷۱/۳۲ bc	۷۳/۸۶ abc	۱۰۲/۳ ab

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱۲- تأثیر متقابل زمان و هومیک اسید بر میزان روی در گرم وزن خشک

هومیک اسید	بعد از اعمال تیمار		
	صفر روز	۳۰ روز	۶۰ روز
شاهد	۴/۳۴ d	۱۴/۳۷ cd	۱۶/۰۴ bcd
غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر	۱۴/۰۶ cd	۱۸/۵۶ bc	۲۱/۹۴ abc
غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر	۱۷/۴ bcd	۱۷/۳۲ bcd	۲۹/۸۶ ab
غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر	۹/۸۵ cd	۱۷/۲۲ bcd	۳۴/۰۲a

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون جدید چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

میکرو به دلیل افزایش در کلات کنندگی، توان کمپلکس کردن مواد هومیکی و همچنین احیاء کنندگی و حفظ نفوذپذیری غشاء باشد (Hunter & Anders, 2004; Pertuit et al., 2001). به نظر می‌رسد مواد هومیکی با وزن مولکولی پایین با قرار گرفتن در غشاهای سلولی نه تنها موجب پایداری غشا می‌شوند بلکه جذب یکسری از عناصر غذایی را نیز بهبود می‌بخشند (Nardi, 2002).

#### نتیجه‌گیری کلی

از بین صفات مورد بررسی در این آزمایش، به نظر می‌رسد که غلظت‌های ۱۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر در مجموع توانستند بر خیلی از صفات به صورت مؤثر عمل کنند. به استثناء ارتفاع و آن هم در غلظت‌های کم، سایر

افزایش در میزان جذب برخی از عناصر از جمله پتاسیم و آهن می‌شود (Fernandez et al., 1996). نتایج تحقیقات Chen & Aviad (1990) نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی هومیک اسید با منشا لئوناردیت بر روی گیاه گوجه‌فرنگی روی جذب به دلیل خاصیت کلات‌کنندگی مؤثر است. ترکیبات هومیکی در خیلی از موارد بر جذب عناصر میکرو و هم بر جذب آهن تأثیر مثبت دارد (Ayuso et al., 1996). برخی از مطالعات نشان داده اند که اثرات تحریک‌کننده مواد هومیکی به دلیل افزایش در جذب عناصر ماکرو مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد است (Cacco et al., 2000; David et al., 1994). احتمالاً افزایش در میزان جذب عناصر



رشد در چمن در صورتی که چمن با شرایط استرس مواجه نشود حتی می‌تواند یک مزیت هم محسوب گردد. در ارتباط با وزن تر و خشک و تأثیر غلظت‌ها، به نظر می‌رسد که تحقیقات بیشتری لازم باشد.

غلظت‌های هومیک اسید بر خیلی از فاکتورها تأثیر مثبتی داشتند. به نظر می‌رسد که با گذشت زمان این مواد تأثیرات مثبت خود را به صورت بهتری نشان داده‌اند. در مورد ارتفاع و تأثیر غلظت‌ها بر روند کاهش

## REFERENCES

- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P. & Zocchi, G. (1998). The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21(3), 561-575.
- Atiyeh, R. M., Lee, S. & Edwards, C. A. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84, 7-14.
- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C. & Pascual, J. A. (1996). Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Biosource Technology*, 57, 251-257.
- Bidegain, R. A., Kaemmerer, M., Guiesse, M., Hafidi, M., Rey, F., Morard, P. & Revel, J.C. (2000). Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge. 134, 259-267.
- Cacco, G. & Dell'Agnola, G. (1984). Plant growth regulator activity of soluble humic complex. *Canadian Journal of Soil Science*, 64, 225-228.
- Cacco, G., Attina, E., Gelsomino, A. & Sidari, M., (2000). Effect of nitrate and humic substances of different molecular size on kinetic parameters of nitrate uptake in wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*, 163, 313-320.
- Canellas, L. P., Teixeira, Jr., Dobbss, L. R. L., Silva, L. B., Medici, C. A., Zandonadi, L. O., Fac, D. B. & Ana, A. R. (2008). Humic acids crossinteractions with root and organic acids. *Annual application Biology*, 153, 157-166.
- Chen, Y. & Aviad, T. (1990). *Effects of humic substances on plant growth*. In P. MacCarthy et al. (ed) *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. P. 161-186. SSSA and ASA, Madison, WI.
- Chen, Y., Clapp, C. E. & Magen, H. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrient*, 50(7), 1089-1095.
- Cooper, R. J., Liu, C. & Fisher, D. S. (1998). Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. *Crop Science*, 38(6), 1639-1644.
- David, P. P., Nelson, P. V. & Sanders, D. C. (1994). Humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant nutrition*, 17, 173-184.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. & Alvieno, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy Sustainable Development*, 25, 183-191.
- Ervin, E. H., Zhang, X. & Roberts, J. C. (2008). Improving Root Development with Foliar Humic Acid Applications during Kentucky Bluegrass Sod Establishment on Sand. *Acta Horticulturae*, 783, 317-322.
- Fernandez-Escobar, R., Benlloch, M., Barranco, D., Duenas, A. & Guterrez Ganan, J. A. (1996). Response of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. *Scientia Horticulturae*, 66, 191-200.
- Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P. & Ferrara, E. (2007). Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on "Italia" table grape. In: *Proceedings of XXX<sup>th</sup> O.I.V World Congress of vine and wine Budapest*, 10-16 June. Bari University, Budapest, Hungary, (on cd).
- Grossl, P. R. & Inskeep, W. P. (1992). Kinetics of octacalcium phosphate crystal growth in the presence of organic acids. *Geochim. Cosmochim. Acta Hortscience*, 56, 1955-1961.
- Grossl, P. R. & Inskeep, W. P. (1991). Precipitation of dicalcium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. *Soil Science Society of American Journal*, 55, 670-675.
- Hopkins, B. & Stark, J. (2003). Humic acid effects on potato response to phosphorus. *Idaho Potato Conference*. 22 - 23 January 2003, Idaho.
- Hunter, A. & Anders, A. (2004). The influence of humic acid on turfgrass growth and development of creeping bentgrass. *Acta Horticulturae*, 661, 257-264.
- Jones, C. A., Jacobsen, J. S. & Mugaas, A. (2007). Effect of low-rate commercial humic acid on phosphorus availability, micro-nutrient uptake and spring wheat yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 921-933.
- Kuckersan, S., Kuckersan, K., Colpan, I., Goncuoglu, E., Reisli, Z. & Yesilbag, D. (2005). The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Veterinari medicina*, 50, 406-410.
- Liu, C. R., Cooper, J. & Bowman, D. C. (1998). Humic acid application affects photosynthesis, root

- development, and nutrient content of creeping bentgrass. *Hort Science*, 33, 1023-1025.
23. Liu, C. & Cooper, R. J. (2000). Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Management*. October 2000. From <http://www.gcsaa.org/gcm/2000/oct00/pdfs/10humic.pdf>
  24. Mackowiak, C. L., Grossl, P. R. & Bugbee, B. G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Journal of Soil Science Society*, 65, 1744-1750.
  25. Morris, K. N. (2002). National bentgrass (fairway/tee) tests 1999-2002 data. National Turfgrass Evaluation Program, Beltsville, Maryland. Yield. Comm. *Soil Plant Analysis*, 38, 921-933.
  26. Muscolo, A., Bavolo, F., Gionfriddo, F. & Nardi, S. (1999). Earthworm humic matter produced auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1303-1311.
  27. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A., (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
  28. Nardi, S., Pizzeghello, D., Reniero F. & Rascio, N. (2000). Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. *Soil Science Society of American Journal*, 64, 639-645.
  29. O'Donnell, R. W. (1973). The auxin-like effects of humic preparations from leonardite. *Soil Science*, 116, 106-112.
  30. Pertuit, A., Dudley, J. B. & Toler, J. E. (2001). Leonardite and fertilizer levels influence tomato seedling growth. *Hort Science*, 36, 913-915.
  31. Sanders, D. C., Ricoua, J. A. & Hodges, L. (1990). Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. *Hort Science*, 25, 181-183.
  32. Stevenson, F. J. (1982). Humus chemistry genesis, composition, reactions. *Wiley Interscience*, New York. USA.
  33. Tan, K. H. & Nopamornbodi, V. (1979). Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn. *Journal of Plant and Soil*, 51, 283-287.
  34. Tan, K. H. (2003). Chemical composition of humic matter. In: Humic Matter in Soil and the Environment. Principles and Controversies. *Marcel and Dekker INC.*, New York. USA.
  35. Turkmen, N., Dursun, A., Turan, M. & Erdinc, C. (2004). Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 54(3), 168-174.
  36. Varshovi, A. A. (1991). *Humate: properties and influence on the growth and nitrogen uptake of bermudagrass*. M.Sc. thesis. University of Florida, Gainesville.
  37. Zandonadi, D. B., Canellas, L. P. & Facmana, A. R. (2007). Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta*, 225, 1583-1595.
  38. Zhang, X. & Ervin, E. H. (2004). Cytokinin containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, 5, 1737-1745.
  39. Zhang, X., Ervin, E. H. & Schmidt, R. E. (2003). Physiological effects of liquid applications of a seaweed extract and a humic acid on creeping bentgrass. *Journal of Horticulture Science*, 128(4), 492-496.