

کاربرد اسید هیومیک و سوپرجاذب نانوکامپوزیت بر خصوصیات رشد و مقابله با تنش خشکی در چمن

حوا بیگدلی^۱، موسی سلگی^{۲*} و مینا تقی‌زاده^۳

۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۷)

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک بر ویژگی‌های چمن اسپورت تحقیقی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. عامل اول سوپرجاذب نانوکامپوزیت در سه سطح (صفر، ۲ و ۵ گرم در کیلوگرم خاک گلدان)، عامل دوم اسید هیومیک در سه سطح (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و به صورت محلول پاشی) و عامل سوم تنش خشکی در دو سطح (۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. نتایج نشان داد کاربرد اسید هیومیک در زمان تنش خشکی باعث بهبود صفات رنگ و ارتفاع اندام هوایی شد. کاربرد سوپرجاذب نانوکامپوزیت در زمان تنش خشکی سبب کاهش اثر تنش خشکی و بهبود صفات رنگ و ارتفاع اندام هوایی شد. کاربرد اسید هیومیک و سوپرجاذب نانوکامپوزیت به طور همزمان باعث بهبود ویژگی‌های تراکم، ارتفاع اندام هوایی و وزن تر، ولی کاهش میزان نشت یونی، پرولین و وزن خشک چمن شد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد اسید هیومیک و سوپرجاذب نانوکامپوزیت می‌تواند به عبور گیاه از شرایط تنش خشکی کمک نماید و باعث کاهش اثر تنش خشکی بر گیاه شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، چمن اسپورت، نشت یونی، نیاز آبی.

The application of humic acid and nanocomposite superabsorbant on growth characteristic and resistance to drought stress in turf grass

Hava Bigdelinasab¹, Mousa Solgi^{2*} and Mina Taghizadeh³

1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

(Received: May 05, 2018 - Accepted: May 29, 2019)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of nanocomposite superabsorbent and humic acid on the characteristics of lawn sport, a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was carried out. The first factor was nanocomposite superabsorbent at three levels (0, 2 and 5 g/Kg in each pot), the second factor was humic acid at three levels (0, 250 and 500 mg/L, as spray) and the third factor was drought stress at two levels (50 and 100% field capacity). Results showed that the application of humic acid during drought stress improved color traits and aerial part height. Application of nanocomposite superabsorbent during drought stress reduced the effect of drought stress on color traits, leaf texture quality and aerial part height. The application of humic acid and nanocomposite superabsorbent simultaneously improved the density, shoot height, fresh weight, but reduced the ion leakage, proline and dry weight of turfgrass. In general, the results showed that the application of humic and nanocomposite superabsorbent acid could help the stress flow through the passage, and reduced the effect of stress on the plant.

Keywords: Ion leakage, irrigation requirement, proline, sport turfgrass.

* Corresponding author E-mail: M-solgi@araku.ac.ir

مقدمه

چمن‌ها در کنترل فرسایش بادی و آبی خاک مؤثر هستند و سبب جذب گرد و غبار و افزایش اکسیژن هوا می‌گردند. استفاده از چمن در زمین‌های ورزشی کاربرد آنها را افزایش داده است ولی مهمترین نقش چمن در طراحی و احداث فضای سبز است (Kafi & Kavyani, 2002). چمن اسپورت یکی از انواع چمن سردسیری است که از ترکیب گونه‌های گوناگون چمن تشکیل شده است. از مهمترین گونه‌های آن می‌توان به *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* L. Schreb. و *Lolium perenne* L. اشاره نمود که در سطوح وسیعی در ایران کشت می‌شود. محدودیت منابع آب و هزینه نیروی انسانی برای آبیاری روزانه، از جمله مشکلات توسعه و نگهداری این چمن است (Kheirabi et al., 1996). استفاده از تحریک کننده‌های 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 که یکی از این محرک‌های زیستی ترکیبات هوموسی است (Hunter & Anders, 2004).

Alikhani et al. (2018) در پژوهشی نشان دادند که در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاهش رشد اندام هوایی چمن اسپورت مشاهده شد. کاربرد اسید هیومیک در زمان تنش خشکی تنها میزان بافت چمن را بهبود داد و صفات تراکم و طول اندام هوایی چمن تحت تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک کمتر از زمانی بود که تنش خشکی وجود نداشت. Daneshvar et al. (2015) در گزارشی غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) ماهانه به صورت محلول‌پاشی روی چمن لولیوم به کار بردند. نتایج آنها نشان داد که مقدار فسفر، پتاسیم و روی برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، مقدار کلروفیل و وزن تر ریشه تحت تأثیر اسید هیومیک قرار نگرفت. اسید هیومیک رشد ریشه و شاخساره به جز وزن تر ریشه را بهبود داد. غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ارتفاع، کیفیت بصری، مقدار نیتروژن، طول ریشه و سطح ریشه را بهبود داد. تمامی

غلظت‌های اسید هیومیک بر مقدار آهن تأثیر داشتند. این نتایج نشان دادند که محلول‌پاشی اسید هیومیک ممکن است برای بالا بردن جذب برخی مواد و توسعه چمن چندساله سودمند باشد و احتمالاً منجر به بهبود مقاومت به خشکی شود.

ترکیب سوپرچاذب به صورت خشک و شبیه ذرات شکر است و می‌تواند آب و برخی مواد محلول را به میزان ۵۰۰-۲۰۰ برابر وزن خود جذب نماید. ساختار این مواد به گونه‌ای است که می‌توانند در شرایط یونی، وجود فشار و حضور میکروارگانیسم‌های خاک، چندین سال مانند یک مخزن، آب و مواد محلول را جذب و نگهداری نمایند و بر حسب نیاز ریشه (بر اثر فشار اسمزی) در اختیار گیاه قرار دهند (Kabiri, 2002). هدف اصلی از افزودن پلیمرهای سوپرچاذب به خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش دور آبیاری است. کاربرد سوپرچاذب‌ها عاملی در جهت مصرف بهینه کودهای شیمیایی است. علاوه بر کودها، سوپرچاذب‌ها از نفوذ عمقی علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها نیز تا حد زیادی جلوگیری می‌کنند. سوپرچاذب‌ها با ارتقا و بهبود بخشیدن وضعیت خاکدانه‌های خاک، فراهم نمودن رطوبت سطح خاک، بالا بردن نفوذپذیری خاک موجب کاهش فرسایش و روان‌آب می‌شوند. همچنین سوپرچاذب‌ها منجر به استقرار بهتر گیاهچه‌ها و افزایش درصد جوانه‌زنی آنها می‌شوند. علاوه بر این منجر به افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و بهبود وضعیت تغذیه‌ای می‌شوند و همچنین در حذف برخی آلاینده‌ها در خاک مؤثر می‌باشند (Kasgo et al., 2008; Shahid et al., 2012).

بررسی اثر پنج سطح مختلف سوپرچاذب بر مصرف آب و رشد گیاه آفتابگردان در سه نوع خاک با بافت‌های مختلف نشان داد که کاربرد مقادیر ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی به ترتیب در خاک‌های ریز و متوسط و درشت سبب افزایش وزن ماده خشک، سطح برگ‌ها و افزایش ارتفاع گیاه گردیده و باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۳۰، ۴۳/۲ و ۶۷/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین با افزایش مصرف مقدار سوپرچاذب تعداد دفعات آبیاری کاهش یافته و دور آن

مواد آلی است که در شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه شده و سرانجام به آب، دی‌اکسیدکربن و ترکیبات نیتروژن‌دار غیرسمی از جمله آمونیاک تبدیل شده و به مواد آلی خاک اضافه می‌شوند. جهت بررسی تأثیر سوپرجاذب نانوکامپوزیت بر افزایش توان چمن در عبور از تنش خشکی، آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل سطوح سوپرجاذب نانوکامپوزیت در سه سطح (صفر، ۲ و ۵ گرم در هر کیلوگرم خاک)، اسید هیومیک در سه سطح (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی-گرم در لیتر) و تنش خشکی در دو سطح (شامل ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بودند. در این پژوهش صفاتی مانند وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، ارتفاع اندام هوایی، کیفیت پوشش چمن بر اساس ارزیابی NTEP (National Turfgrass Evaluation Program) (تراکم، یکنواختی و رنگ)، میزان کلروفیل، کارتنوئید، نشت یونی و پرولین اندازه‌گیری شد.

برای اجرای آزمایش ابتدا خاک مورد نیاز با ترکیب ماسه، خاک باغچه و کود دامی (به‌ترتیب به نسبت ۶۰-۳۰-۱۰) آماده‌سازی گردید و میزان مشخص سوپرجاذب نانوکامپوزیت با خاک تهیه شده گلدان‌ها مخلوط گردید. سپس بذر چمن اسپورت با ترکیب ۶۰ درصد لولیوم (*Lolium*)، ۱۰ درصد فستوکا (*Festuca*) و ۳۰ درصد پوآ (*Poa*) به‌میزان ۴۰ گرم در مترمربع (۲/۵ گرم در هر گلدان) با توجه به سطح اندازه-گیری‌شده در هر گلدان) به‌صورت یکنواخت پاشیده شد و روی بذرها با کود دامی پوسیده و سرنده‌شده به ضخامت ۳-۴ سانتی‌متر پوشانیده شد. بلافاصله گلدان‌های کشت‌شده با آبیاری‌های دارای منافذ ریز آبیاری شدند. پس از یک هفته بذرها سبز شدند. اولین سرزنی ۴۰ روز بعد انجام گرفت. به‌طور هفتگی محلول‌پاشی با اسید هیومیک یک روز پس از هر سرزنی انجام شد.

برای بررسی تأثیر سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی، پس از استقرار کامل به‌مدت یک هفته گلدان‌ها آبیاری نشدند تا به شرایط ثابت برای اعمال تنش برسند. تنش به‌مدت دو ماه اعمال شد و در طی تنش نیز محلول‌پاشی و

افزایش یافت (Karimi, 2001). در گزارشی چهار دوره آبیاری (صفر، ۲، ۴ و ۶ روزه) و چهار سطح سوپرجاذب (صفر، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ گرم در مترمربع) بر خصوصیات کیفی چمن اسپورت بررسی شد و نتایج نشان داد که با کاربرد ۳۰ گرم سوپرجاذب و دور آبیاری ۲ روزه، تیمارها خصوصیات مناسب خود را به نحو مناسبی حفظ کردند و در مقایسه با دور آبیاری ۱ روزه تا نزدیک به ۵۰ درصد در میزان آبیاری صرفه‌جویی نشان دادند (Sheikhmoradi *et al.*, 2011). اخیراً در پژوهشی نشان داده شده است که تیمار استفاده از سوپرجاذب نانوکامپوزیت به‌میزان ۳۰ گرم در مترمربع بستر به‌همراه کود دامی در چمن اسپورت، باعث افزایش توان چمن در عبور از دوره تنش پنج روزه و حفظ صفات مطلوب گردید (Bagheri *et al.*, 2016).

این پژوهش با توجه به جدی بودن مسئله کم‌آبی در کشور ایران و همچنین نقش کلیدی آب در کشت چمن صورت پذیرفت. این تحقیق به‌منظور ارائه راه-کاری برای کاهش مصرف آب در نگهداری چمن بود و بدین منظور به بررسی تأثیر سوپرجاذب نانوکامپوزیت موجود در بستر چمن در گذر از تنش کم‌آبی پرداخته شد. از این رو با بررسی فاکتورهای ظاهری و بیوشیمیایی رشد چمن می‌توان به‌میزان تحمل تنش خشکی آن دست یافت و با کاهش مصرف آب در چمن بدون کاهش عملکرد و کیفیت، برنامه آبیاری نوینی برای نگهداری چمن اسپورت در مناطق سردسیری ارائه نمود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، سوپرجاذب نانوکامپوزیت برای کاهش مصرف آب در بستر چمن به‌کار برده شد. بدین منظور آزمایشی در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه اراک در پاییز سال ۱۳۹۶ آغاز گردید و در اوایل تابستان ۱۳۹۷ به پایان رسید. برای این پژوهش از سوپرجاذبی با نام تجاری "بلور آب" استفاده شد که سوپرجاذب نانوکامپوزیت پلیمری و با پایه پتاسیم است. این پلیمر کاملاً خنثی و بی‌ضرر است و گرانول‌ها هرگز به مواد اولیه خود بر نمی‌گردند. واکنش‌های این نانوکامپوزیت کاملاً غیرسمی است. این پلیمرها متعلق به نوعی از

استفاده گردید. مقدار ۰/۵ گرم برگ تازه از برگ‌های چمن را در هاون چینی ریخته شد و سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد شد و ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد به نمونه اضافه شد و سپس با ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفوژ داخل کووت اسپکتوفتومتر ریخته شد و سپس در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد. جذب‌های خوانده شده را در فرمول‌های زیر قرار داده شد و مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم کلروفیل استخراج شده در هر گرم بافت تر برگ محاسبه گردید.

$$\text{Chlorophylla (chl a)} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645) v/100w$$

$$\text{Chlorophyllb (chl b)} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663) v/100w$$

$$\text{Total Chlorophyll (Tchl)} = \text{Chlorophylla} + \text{Chlorophyllb}$$

در این رابطه، V: حجم محلول صاف شده، W: وزن تر نمونه بر حسب گرم، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ می‌باشد.

اندازه‌گیری کاروتنوئیدها

به منظور اندازه‌گیری کاروتنوئیدها از روش Arnon (1967) استفاده شد. بدین منظور میزان ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ گیاه به روش توضیح داده شده در مورد کلروفیل آماده گردید و جذب عصاره در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت میزان کاروتنوئیدها (شامل کاروتن و گزانتوفیل) از فرمول زیر بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه گردید.

$$C_{x+c}: (100 A470 - 3.27 \text{ chl a} - 104 \text{ chl b})/227$$

در این رابطه، C_{x+c}: میزان کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم، A470 میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر، chl a میزان کلروفیل a و chl b میزان کلروفیل b می‌باشد.

اندازه‌گیری اسید آمینه پرولین

به منظور اندازه‌گیری پرولین از روش Bates *et al.* (1973) استفاده گردید. ۰/۵ گرم از بافت تر نمونه گیاهی توزین شد و به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک سه درصد افزوده شد. مخلوط

سرزنی انجام گردید. تنش خشکی به صورت حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی به عنوان شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و از طریق وزنی بود (Hosseini *et al.*, 2016). در پایان تنش و پس از سرزنی صفات مورد نظر شامل وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، ارتفاع اندام هوایی، کیفیت پوشش چمن بر اساس ارزیابی NTEP (تراکم، یکنواختی و رنگ)، میزان کلروفیل، کارتنوئیدها، نشت یونی و میزان پرولین اندازه‌گیری شد.

با خط‌کش، ارتفاع اندام هوایی اندازه‌گیری شد و سپس به وسیله قیچی، کل اندام هوایی موجود در سطح گلدان چیده شد و توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. اندام‌های هوایی مذکور به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از این مدت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Sheikhmoradi *et al.*, 2011; Sadeghi *et al.*, 2015). برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی نیز نمونه برگ تازه تهیه شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و مراحل مختلف جهت اندازه‌گیری صفات میزان کلروفیل، کارتنوئید، پرولین و نشت یونی انجام گرفت و در نهایت با استفاده از داده‌های ثبت شده میزان صفات مذکور محاسبه گردید.

بررسی کیفیت ظاهری

برنامه ارزیابی کیفیت چمن (NTEP) به‌طور کلی یک فرایند ذهنی بر اساس تخمین‌های بصری از عواملی مانند رنگ، تراکم، بافت، یکنواختی و کیفیت ظاهری است. بهترین زمان انجام ارزیابی در روزهای ابری است که سایه‌ها و بازتاب نور حداقل است. چون جهت تابش نور و انعکاس آن می‌تواند رتبه‌بندی رنگ را تحت تأثیر قرار دهد، در غیر این صورت لازم است تا امتیازدهی در ساعت‌های یکسانی از روز و در جهت مشخصی صورت گیرد. اطلاعات جمع‌آوری شده در این روش، در مقیاس یک تا ۹ امتیاز است که عدد ۹ بهترین و بالاترین امتیاز می‌باشد (Kenvin, 2008).

اندازه‌گیری کلروفیل

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل از روش Arnon (1967)

نمونه‌ها (EC_2) اندازه‌گیری شد. در نهایت درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$= 100 \times (EC_1/EC_2) = \text{درصد نشت یونی}$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده سوپرجاذب نانوکامپوزیت در صفات تراکم، رنگ، بافت برگ، ارتفاع اندام هوایی، وزن تر، وزن خشک و نشت یونی معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده اسید هیومیک در صفات ارتفاع اندام هوایی، پرولین و وزن خشک معنی‌دار گردید. اثر ساده تنش خشکی در صفات تراکم، رنگ، بافت برگ، وزن تر گیاه و نشت یونی معنی‌دار شد. اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک، در صفات ارتفاع اندام هوایی، وزن تر و خشک اندام هوایی، پرولین، نشت یونی و تراکم معنی‌دار گردید. اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی، در صفات رنگ، ارتفاع اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، پرولین و نشت یونی معنی‌دار شد. اثر متقابل اسید هیومیک در صفات رنگ، ارتفاع اندام هوایی، نشت، پرولین معنی‌دار شد. اثر متقابل سه‌گانه اسید هیومیک، سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی، در صفات ارتفاع اندام هوایی، وزن تر و خشک اندام هوایی و پرولین معنی‌دار شد (جدول ۱).

تراکم

مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و سوپرجاذب نانوکامپوزیت بر تراکم چمن اسپورت در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج تجزیه واریانس نشان داده شد با افزایش میزان سوپرجاذب نانوکامپوزیت میزان تراکم اندام هوایی افزایش یافت. تنش خشکی نیز در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد و میزان تراکم در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را نشان داد. اسید هیومیک به تنهایی اختلاف معنی‌داری را روی تراکم چمن نشان نداد، اما اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان داد.

حاصل به مدت یک شب در دمای اتاق نگهداری شده و سپس با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید. سپس دو میلی‌لیتر از عصاره حاصل به همراه دو میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین به علاوه دو میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال در لوله آزمایش ریخته شد و به مدت یک ساعت در بن ماری با حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از گذشت زمان مذکور لوله‌ها از بن ماری خارج گردیدند و در دمای محیط سرد شدند. سپس به هر لوله آزمایش چهار میلی‌لیتر تولوئن افزوده شد و به مدت ۲۰ ثانیه به شدت تکان داده شدند تا کاملاً مخلوط شوند. پس از گذشت ۱-۲ ساعت دو فاز (فاز آلی صورتی رنگ در بالا و فاز آبی بی رنگ در پایین) در لوله آزمایش تشکیل گردید. از فاز آلی جهت خواندن جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده گردید. در نهایت میزان پرولین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$X = [(A*B)/C]/(D/5)$$

X: مقدار پرولین بر حسب میکرومول بر گرم، A: مقدار پرولین به دست‌آمده از منحنی استاندارد بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر (پیوست ۴)، B: مقدار تولوئن استفاده‌شده بر حسب میلی‌لیتر، C: عدد مولکولی پرولین $115/13 \mu\text{mol/g}$ و D: مقدار نمونه گیاهی وزن شده بر حسب گرم می‌باشد.

اندازه‌گیری نشت یونی

برای سنجش میزان آسیب به غشا میزان نشت یونی از روش Ben Hamed *et al.* (2007) استفاده شد. ۰/۵ گرم از بافت سالم و تازه اندام هوایی گیاه را پس از شستشو با آب مقطر درون فالکن‌های در پیچ‌دار قرار داده شد و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر یون‌زدایی شده به آن اضافه گردید. سپس فالکن‌ها به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) هر نمونه با استفاده از دستگاه EC سنج اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها، لوله‌های آزمایش در دستگاه بن‌ماری در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خنک شدند، دوباره هدایت الکتریکی ثانویه

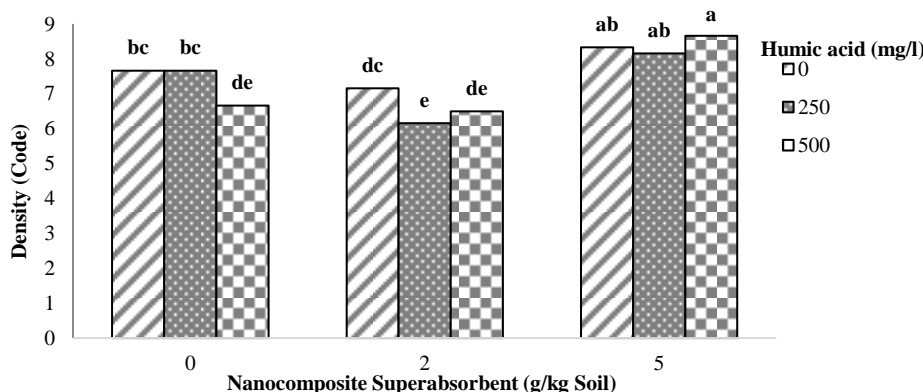
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک بر صفات برخی اندازه‌گیری شده چمن اسپورت در شرایط تنش خشکی

Table 1. Results of variance analysis effect of nanocomposite superabsorbent and humic acid on some evaluated traits in sport turfgrass under drought stress

Source of variation	d.f.	Means of Square											
		Density	Color	Texture	Height	Fresh weight	Dry weight	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll	Cartenoides	Proline	Ion leakage
Nanocomposite	2	14.38 ^{**}	12.72 ^{**}	6.68 ^{**}	24.77 ^{**}	3.21 ^{**}	0.21 [*]	0.01 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.008 ^{ns}	4.90 ^{ns}	119.8 ^{**}
Humic acid	2	1.05 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.35 ^{ns}	1.81 [*]	0.09 ^{ns}	0.29 ^{**}	0.001 ^{ns}	0 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	11.6 [*]	27.8 ^{ns}
Drought	1	32.66 ^{**}	13.50 ^{**}	11.57 ^{**}	0.009 ^{ns}	7.40 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.0009 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.002 ^{ns}	2.9 ^{ns}	110.5 ^{**}
Nanocomposite×Humic acid	4	1.44 [*]	0.77 ^{ns}	0.68 ^{ns}	4.01 ^{**}	2.08 ^{**}	1.10 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	79.7 ^{**}	132.2 ^{**}
Nanocomposite×Drought	2	1.38 ^{ns}	2.05 ^{**}	1.68 ^{ns}	4.62 ^{**}	0.52 ^{ns}	0.30 ^{**}	0.005 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.002 ^{ns}	79.0 ^{**}	347.5 ^{**}
Humic acid×Drought	2	1.16 ^{ns}	1.38 [*]	0.24 ^{ns}	1.53 [*]	0.22 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.007 ^{**}	0.0005 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	74.6 ^{**}	110.9 [*]
Nanocomposite×Humic acid×Drought	4	0.72 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.35 ^{ns}	5.65 ^{**}	1.22 ^{**}	0.27 ^{**}	0.002 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.003 ^{ns}	34.7 ^{**}	27.3 ^{ns}
Error	36	0.50	0.33	0.53	0.38	0.21	0.04	0.004	0.004	0.006	0.004	3.1	23.8
CV (%)	-	9.49	7.93	10.4	6.12	22.7	33.02	26.66	26.77	26.60	24.02	37.9	30.4

ns, *, **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و سوپرجاذب نانوکامپوزیت روی تراکم چمن اسپورت.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of nanocomposite superabsorbent and humic acid on density of sport turfgrass.

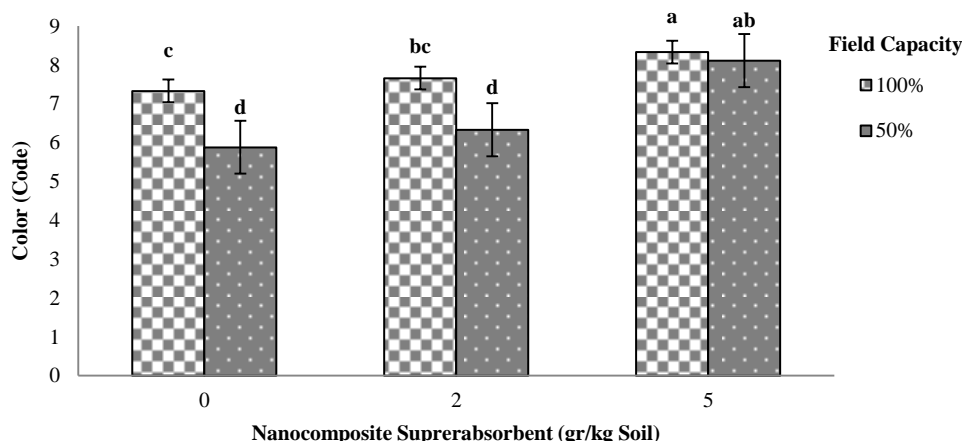
کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در خاک باعث حداکثر زنده‌مانی بذرهای کاشته شده می‌گردند. گزارش شده است که افزایش میزان تراکم گیاه مورد تحقیق در مقایسه با شاهد گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Shafiei, 2002). (2011) *et al.* Sheikmoradi با کاربرد چهار دوره آبیاری (صفر، ۲، ۴ و ۶ روزه) و چهار سطح سوپرجاذب (صفر، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ گرم در مترمربع) نشان دادند که با افزایش میزان سوپرجاذب (و دور آبیاری کوتاه‌تر (یک روزه در مقایسه با چهار روزه) میزان تراکم چمن افزایش نشان می‌دهد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در گل داوودی کاربرد

گرچه در سطح ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و با کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما بیشترین تراکم در سطح ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک (۸/۶۶) به دست آمد. کمترین میزان تراکم نیز در سطح ۲ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک (۶/۱۶) حاصل گردید. اثر متقابل سوپرجاذب و تنش خشکی، اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی و اثر متقابل سه‌گانه سوپرجاذب نانوکامپوزیت، اسید هیومیک و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری را در این صفت نشان ندادند.

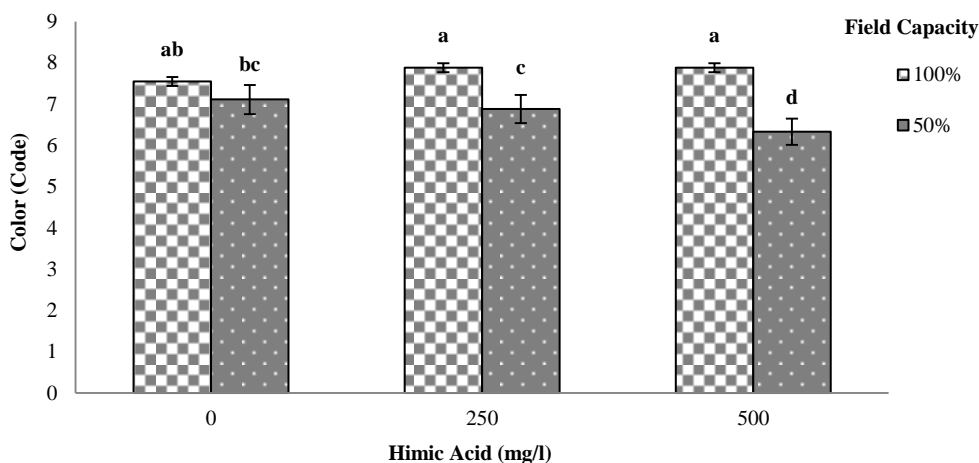
رنگ چمن

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی و همچنین اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و تنش خشکی بر صفت رنگ چمن در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی از طریق بهبود سرعت فتوسنتز گیاه، صفات رشد گیاه را بهبود بخشید (Fan et al., 2014). در گیاه *Cahathea insignis* استفاده از اسید هیومیک سبب بهبود صفات رشد شد (Zhang et al., 2014) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی بر رنگ اندام هوایی در چمن اسپورت.
Figure 2. Mean comparison interaction effect of nanocomposite superabsorbent and drought stress on color of sport turfgrass.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی بر رنگ اندام هوایی در چمن اسپورت.
Figure 3. Mean comparison interaction effect of humic acid and drought stress on color of Sport turfgrass.

معنی‌داری را نشان داد و میزان رنگ در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین درجه رنگ را نشان داد. اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. گرچه در سطح ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و با

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سوپرجاذب نانوکامپوزیت بر رنگ چمن در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت و با افزایش میزان سوپرجاذب نانوکامپوزیت در کیلوگرم خاک میزان رنگ اندام هوایی بهبود یافت. تنش خشکی نیز در سطح یک درصد تفاوت

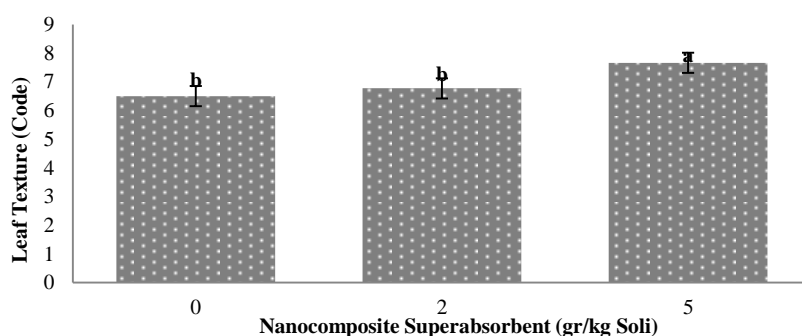
است، روی رنگ چمن که یکی از دیگر نمادهای کیفیت است، اثرگذار است (Morris, 2002). Aalami *et al.* (2011) گزارش کردند که با کاربرد ۲، ۴ و ۶ گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک میزان رنگ و تراکم چمن افزایش یافته است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. بررسی اثر اسید هیومیک بر چند گیاه نشان داد که کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش شاخ و برگ گیاهان مرتعی می‌شود (Verlinden *et al.*, 2010). تحقیقات مختلف روی چمن بنت‌گراس خزنده نشان داد که اسید هیومیک بر میزان فتوسنتز و جذب عناصر غذایی اثر افزایشی داشته است (Zandonadi *et al.*, 2007). بنابراین می‌توان بیان نمود که اسید هیومیک با تأثیر بر فتوسنتز گیاه و جذب عناصر غذایی موجب بهبود کیفیت چمن از جمله رنگ آن گردیده است.

بافت برگ

اثر سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اثر تنش خشکی بر بافت برگ در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

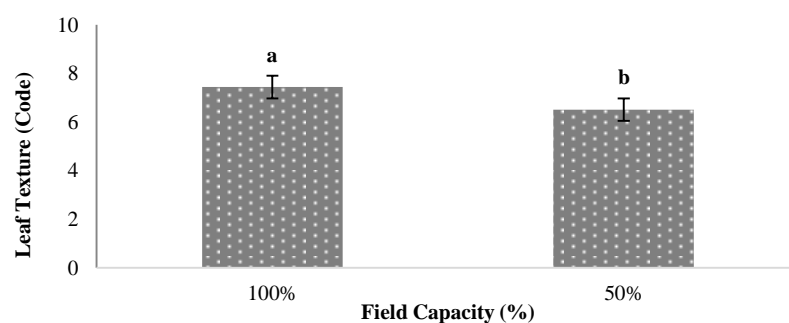
اعمال دو سطح ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما بیشترین میزان رنگ (۸/۳۳) در تیمار ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت با اعمال ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. کمترین مقدار رنگ (۵/۸۸) در تیمار صفر گرم سوپرجاذب و تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی دیده شد، هر چند که با تیمار ۲ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اعمال تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌دار نشان نداد. همچنین اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری را نشان داد و بیشترین میزان رنگ (۷/۸۸) در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک همراه با اعمال ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد و کمترین مقدار رنگ (۶/۳۳) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به همراه تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی دیده شد.

ارزیابی کیفیت چمن‌ها معمولاً بر پایه تخمین صفات مختلف کیفی نظیر رنگ، تراکم و بافت صورت می‌گیرد. خشکی با اثر منفی بر میزان رشد شاخساره سبب کاهش تراکم و عرض برگ‌ها می‌شود. از طرف دیگر کاهش محتوای کلروفیل که از اثر تنش خشکی



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر سوپرجاذب نانوکامپوزیت بر بافت اندام هوایی در چمن اسپورت.

Figure 4. Mean comparison effect of nanocomposite superabsorbent on leaf texture of sport turfgrass.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر بافت اندام هوایی در چمن اسپورت.

Figure 5. Mean comparison effect of drought stress on leaf texture of sport turfgrass.

پژوهش مشاهده گردید که استفاده از سوپرجاذب نانوکامپوزیت اثر سوء تنش خشکی را بهبود بخشیده است.

اثر متقابل سه‌گانه عامل‌های سوپرجاذب نانوکامپوزیت، اسید هیومیک و تنش خشکی بر صفات ارتفاع اندام هوایی، وزن تر و خشک و مقدار پرولین معنی‌دار شد و مقایسه میانگین مربوط به این صفات در جدول ۲ نشان داده شده است.

ارتفاع اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه سوپرجاذب نانوکامپوزیت، اسید هیومیک و تنش خشکی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار دارند. به‌طوری‌که مقایسه میانگین نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت اسید هیومیک و سوپرجاذب در کاهش اثر تنش خشکی است. اثر تنش خشکی نیز با تفاوت بین میزان ارتفاعی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشهود بود. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع در تیمار ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد (۱۲/۷ سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن در عدم کاربرد سوپرجاذب نانوکامپوزیت و صفر میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۸/۴ سانتی‌متر) حاصل گردید (جدول ۲).

نتایج این پژوهش نشان داد که سوپرجاذب نانوکامپوزیت بر بافت برگ چمن در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشت و با افزایش میزان سوپرجاذب نانوکامپوزیت افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت در ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت (۷/۶۶) مشاهده شد و کمترین میزان در شاهد (۶/۵۰) حاصل شد که با میزان ۲ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). میزان بافت برگی در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصد به‌ترتیب کمترین (۶/۷۷) و بیشترین (۷/۷۷) میزان را نشان داد (شکل ۵).

طبق نتایج این مطالعه کیفیت بافت در تیمارهای حاوی سوپرجاذب نانوکامپوزیت افزایش قابل ملاحظه ای داشت. این تفاوت ممکن است به‌علت افزایش خاصیت ظرفیت تبادل کاتیونی بستر توسط پلیمر و تأمین عناصر ضروری برای رشد (Kafi *et al.*, 2009) و همچنین به‌دلیل افزایش میزان نگهداری رطوبت باشد (Sheikhmoradi *et al.*, 2011). خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد چمن‌ها را محدود می‌سازد و کیفیت چمن مخصوصاً انواع سردسیری را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (Aronson *et al.*, 1987). تنش خشکی معمولاً سبب کاهش اندازه برگ، کاهش تراکم، افزایش رنگ پریدگی، پژمردگی، خشکی برگ‌ها و سرانجام کاهش کیفیت در چمن می‌شود (Tatari, 2015). در این

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک، سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی چمن اسپورت
Table 2. Mean comparison interaction effects of humic acid, nanocomposite superabsorbent and drought stress on evaluated traits of sport turfgrass

Nanocomposite Superabsorbent (g kg ⁻¹)	Humic acid (mg l ⁻¹)	Drought stress (% Field capacity)	Prolin (μmol g ⁻¹)	Dry weight (g)	Fresh weight (g)	Height (cm)
0	0	100	9.2 ^{cd}	0.63 ^{def}	1.9 ^{cd}	9.5 ^{de}
		50	14.9 ^a	0.94 ^{bcd}	1.2 ^{de}	8.4 ^e
	250	100	2.4 ^{cd}	0.63 ^{def}	2.1 ^{cd}	9.3 ^{de}
		50	4.1 ^{bcd}	0.81 ^{cd}	1.4 ^{de}	8.8 ^{de}
	500	100	1.4 ^d	0.69 ^{de}	2.3 ^c	9.9 ^d
		50	2.6 ^{cd}	0.55 ^{def}	1.4 ^{de}	9.8 ^d
2	0	100	3.7 ^{bcd}	1.32 ^a	2 ^{de}	8.8 ^{de}
		50	5.1 ^{bc}	1.22 ^{ab}	1.4 ^{de}	8.8 ^{de}
	250	100	6.8 ^b	1.13 ^{ab}	1.8 ^{dce}	9.6 ^{de}
		50	2.1 ^{cd}	0.18 ^g	0.9 ^e	9.1 ^{de}
	500	100	2.2 ^{cd}	0.10 ^g	3.1 ^{ab}	11.4 ^{bc}
		50	4.3 ^{bcd}	0.13 ^g	1.3 ^{de}	9.4 ^{de}
5	0	100	1.3 ^d	0.27 ^{gf}	3.2 ^{ab}	11.6 ^{abc}
		50	3.4 ^{cd}	0.15 ^g	2.6 ^{bc}	11.1 ^c
	250	100	3.7 ^{bcd}	0.36 ^{efg}	3.5 ^a	12.5 ^{ab}
		50	3 ^{cd}	0.71 ^{cd}	2.1 ^{cd}	12.2 ^{ab}
	500	100	14.9 ^a	0.75 ^{cde}	1.2 ^{de}	12.7 ^a
		50	4 ^{bcd}	0.78 ^{cd}	2.1 ^{cd}	8.5 ^{de}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5 % probability level.

درصد ظرفیت زراعی میزان وزن تر بیشتر از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده تغییر ناموزون صفت وزن خشک در سطوح مختلف بود به طوری که بیشترین میزان آن (۱/۲۳ گرم) در تیمار ۲ گرم سوپر جاذب نانوکامپوزیت در کیلوگرم و بدون کاربرد اسید هیومیک با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی دیده شد و کمترین میزان آن (۰/۱۵ گرم) در تیمار ۵ گرم سوپر جاذب و بدون کاربرد اسید هیومیک با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۲). در گزارشی بیان گردید که بیشترین وزن تر شاخساره‌های چمن اسپورت در بستری شامل سوپر جاذب نانوکامپوزیت کود دامی و حاصل شده است (Bagheri *et al.*, 2016) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

طی تنش خشکی تعداد روزنه‌ها کاهش می‌یابد. این موضوع بر میزان سنتز ماده تر و خشک در اندام هوایی تأثیر گذاشته و باعث کاهش وزن تر و خشک گیاهان می‌شود (Anjum *et al.*, 2011). نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از سوپر جاذب نانوکامپوزیت در شرایط تنش خشکی سبب افزایش وزن تر گیاه گردید که این موضوع می‌تواند به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود در رشد گیاه باشد (Yadav & Rhee, 2012; Wu *et al.*, 2012). Johnson *et al.* (1990) اعلام کردند که کاربرد سوپر جاذب در کشت گندم باعث افزایش وزن خشک می‌شود. همچنین در تحقیقات Dehghan *et al.* (1994) مشاهده شد که میزان تولید ماده خشک گیاه در خاک بدون پلیمر کمتر از ماده خشک به دست آمده در تیمار خاک با پلیمر می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش با کاربرد سوپر جاذب نانوکامپوزیت رشد گیاه افزایش نشان داد. بدیهی است که با تداوم رشد بر وزن تر گیاه افزوده می‌شود که با نتایج یک بررسی در کاهش تأثیر تنش خشکی روی گیاه داوودی و آکاسیا همخوانی دارد (Tango *et al.*, 2013; Fan *et al.*, 2014; Ghasemi & Khoshkhai, 2007). افزایش وزن تر گل داوودی در اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز گزارش گردیده است. استفاده از سوپر جاذب با فراهم آوردن آب قابل دسترس در خاک

اولین اثر کم‌آبی در گیاهان اندازه کوچک‌تر و تعداد کمتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاه است که ناشی از کاهش توسعه سلولی و رشد می‌باشد (Mohamadi, 2012). لذا به نظر می‌رسد که سوپر جاذب نانوکامپوزیت از طریق فراهم نمودن آب و مواد غذایی موجود در خاک سبب افزایش ارتفاع شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد پلیمر سوپر جاذب توانسته سبب افزایش شاخص‌های رشد رویشی مانند ارتفاع گیاه گردد که با نتایج سایر پژوهشگران روی چمن (Panayiotis *et al.*, 2014; Sheikhmoradi *et al.*, 2011) همخوانی دارد. پژوهشگران نشان داده‌اند که ارتفاع بوته در گل آهار (Memon *et al.*, 2014) و اطلسی هیبرید در حضور اسید هیومیک افزایش پیدا کرد (Chamani *et al.*, 2001). همچنین در گزارشی دیگر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک ارتفاع گل همیشه بهار را افزایش داد (Arancon *et al.*, 2001). بالاترین ارتفاع بوته و تعداد گل در گل حنا در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اسید هیومیک و اسید فولیک حاصل شد (Esringu *et al.*, 2015). محققین اشاره نموده‌اند که اسید هیومیک و اسید فولیک در غلظت‌های ۲۵ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی قادر به تحریک رشد ساقه گیاهان مختلف می‌شوند (Chen & Aviad, 1990). نتایج این پژوهش با یافته‌های این بررسی‌ها مبنی بر اثر مثبت اسید هیومیک بر افزایش رشد و ارتفاع گیاهان همخوانی داشت.

وزن تر و وزن خشک

اثر متقابل سه‌گانه سوپر جاذب نانوکامپوزیت، اسید هیومیک و تنش خشکی اختلاف معنی‌داری را نشان داد و مقایسه میانگین نتایج (جدول ۲) نشان‌دهنده اثر مثبت سوپر جاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک بر صفت وزن تر بود. بر اساس نتایج بیشترین میزان آن (۳/۵ گرم) در تیمار ۵ گرم سوپر جاذب به همراه ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد و کمترین میزان در تیمار ۲ گرم سوپر جاذب نانوکامپوزیت به همراه غلظت ۲۵۰ گرم در لیتر اسید هیومیک و در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۹ گرم) حاصل گردید. در همه‌ی سطوح نیز ۱۰۰

پراکسیداسیون لیپیدی در کلزا می‌شود (Lotfi et al., 2015). تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در دوره کوتاهی بعد از تنش خشکی زنده بماند و گیاه بتواند بعد از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند و در نتیجه اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت. اما در تنش طولانی مدت اثرات مفید آن عمل نخواهد کرد و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد داشت، زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به سمت فرایندهایی دیگر منحرف می‌نماید (Sanchez et al., 1995). نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد سوپرجاذب نانوکامپوزیت با فراهم آوری آب قابل دسترس برای گیاه تا حدود زیادی از تجمع پرولین که در واکنش به کمبود آب و برای تنظیم پتانسیل اسمزی ایجاد می‌گردد، جلوگیری کرد که نتایج آن با پژوهش‌های Yazdani et al. (2006) مطابقت دارد. همچنین در گزارشی دیگر بر روی چمن اسپورت نشان داده شد که استفاده از سوپرجاذب نانوکامپوزیت در ترکیب با کود دامی سبب کاهش میزان پرولین و در نتیجه کاهش اثرات تنش خشکی گردید (Bagheri et al., 2016). Garciaa et al. (2012)، اعلام کردند که اسید هیومیک می‌تواند نقش عمده‌ای در مقاومت به تنش‌های اکسیداتیو با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و بهبود پایداری غشا ایفا نماید. اسید هیومیک با تحریک تولید کاتالاز و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن باعث ایجاد اثر آنتی‌اکسیدانی در سازوکارهای دفاعی گیاه شود (Cordeiro et al., 2011).

نشت یونی چمن

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت با اسید هیومیک در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با افزایش سطوح سوپرجاذب نانوکامپوزیت میزان نشت یونی کاهش پیدا کرد و با افزایش اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ دیده نشد. به‌نحوی که کمترین میزان نشت یونی مربوط به سطح ۵ گرم در کیلوگرم خاک سوپرجاذب نانوکامپوزیت و بدون کاربرد اسید هیومیک بود (۹/۲ درصد) و بیشترین میزان نشت یونی (۱۹/۲ درصد) در شاهد حاصل گردید (شکل ۶). اثر متقابل سوپرجاذب

می‌تواند تحت سطوح مختلف رطوبتی رشد بهتری را برای چمن به‌وجود آورد (Ahrar et al., 2009). کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش می‌تواند تحت تأثیر تخصیص بیشتر زیست‌توده به سمت ریشه‌ها و یا در اثر کاهش میزان کلروفیل و بازدهی فتوسنتز رخ داده باشد. در گزارشی اثر اسید هیومیک بر وزن تر مشهودتر از وزن خشک بود و در بین غلظت‌ها، ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین اثر را بر وزن خشک داشت (Kafi et al., 2009).

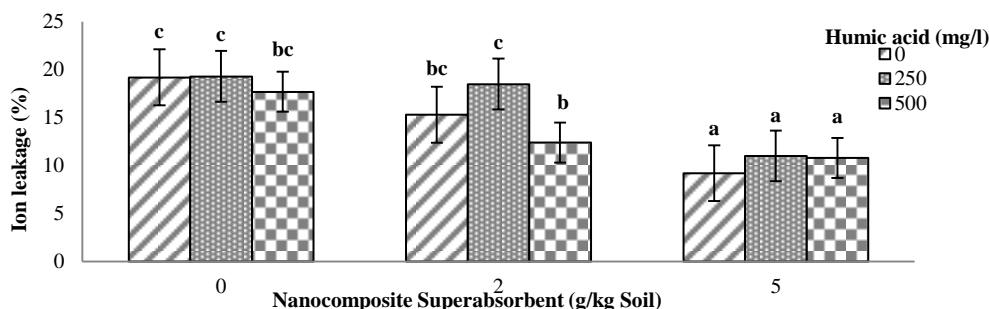
پرولین

اثر متقابل سه‌گانه سوپرجاذب نانوکامپوزیت، اسید هیومیک و تنش خشکی همگی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده بیشترین میزان پرولین در سطح صفر گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۱۴/۹ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه) و همین‌طور این میزان در سطح ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۱/۳ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه) مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان می‌دهند که میزان پرولین در سطح ۵ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و صفر میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۱/۳ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه) مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان می‌دهند که میزان پرولین در سطوح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر از ۱۰۰ درصد است که نشان‌دهنده اثر تنش خشکی بر میزان سنتز پرولین می‌باشد (جدول ۲).

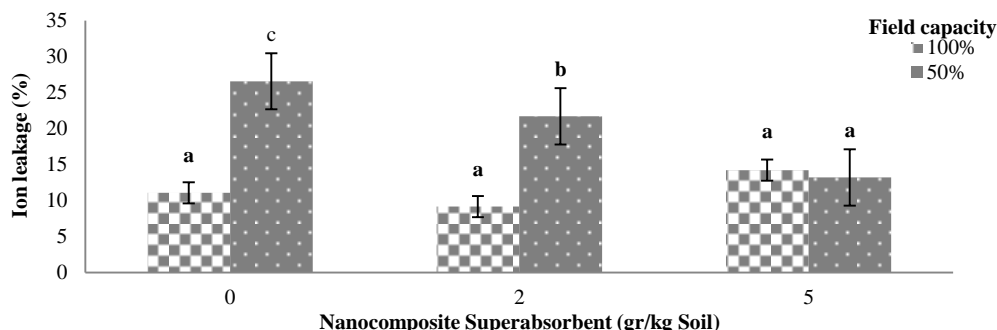
پرولین در طی تنش خشکی افزایش پیدا می‌کند و سوپرجاذب نانوکامپوزیت با فراهمی آب برای گیاه و کاهش اثر تنش در گیاه باعث کاهش میزان پرولین می‌گردد و اسید هیومیک نیز اثر مثبت در جلوگیری از روند تنش دارد. استفاده از ترکیبات ارگانیک مانند اسید هیومیک یکی از روش‌هایی است که ممکن است بتواند باعث بهبود بهره‌وری مصرف آب و کاهش اثر تنش خشکی در گیاهان شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسید هیومیک سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، بهبود فعالیت فتوسیستم دو (PSII) و کاهش

اختلاف معنی‌داری را نشان داد و درصد نشت یونی در شرایط تنش خشکی روند افزایشی را نشان داد و بیشترین میزان نشت یونی با اعمال تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۲۳/۲ درصد) و کمترین میزان نشت در تنش ۱۰۰ درصد زراعی (۹/۴۸ درصد) مشاهده شد. کمترین و بیشترین میزان نشت یونی در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک حاصل گردید و با افزایش میزان اسید هیومیک میزان نشت یونی افزایش پیدا کرد (شکل ۸).

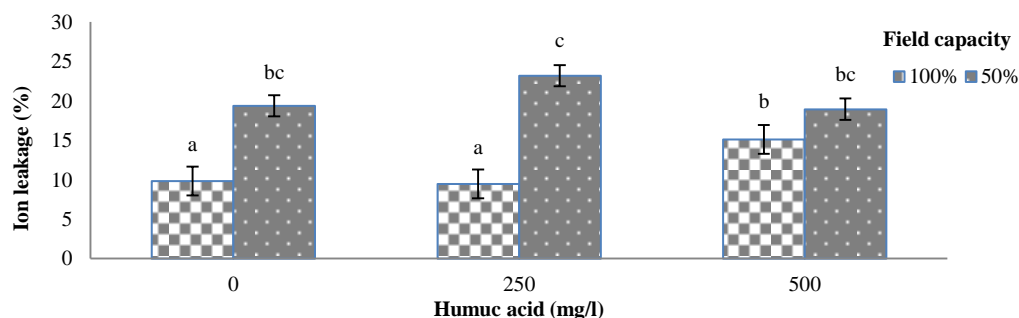
نانوکامپوزیت با خشکی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به‌طوری‌که با افزایش سوپرجاذب نانوکامپوزیت میزان نشت یونی کاهش پیدا کرد و بیشترین میزان نشت یونی در تیمار صفر گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان آن در تیمار ۲ گرم سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (شکل ۷). همچنین اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی در سطح پنج درصد



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و اسید هیومیک بر نشت یونی در چمن اسپورت
Figure 6. Mean comparison interaction effect of nanocomposite superabsorbent and humic acid stress on ion leakage of sport turfgrass.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سوپرجاذب نانوکامپوزیت و تنش خشکی بر نشت یونی در چمن اسپورت
Figure 7. Mean comparison interaction effect of nanocomposite superabsorbent and drought stress on ion leakage of sport turfgrass.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی بر نشت یونی در چمن اسپورت
Figure 8. Mean comparison interaction effect of humic acid and drought stress on ion leakage of sport turfgrass

معنی‌دار شد و با افزایش مدت تنش نشت یونی تا حدود چهار برابر افزایش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از چمن اسپورت در فضاهای سبز و زمین‌های ورزشی نیازمند مصرف آب فراوان است. با توجه به این‌که کشور ایران در طی چندین سال اخیر با مسئله کم‌آبی مواجه است، بنابراین کاهش نیاز آبی این چمن اهمیت زیادی دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سوپرچاذب نانوکامپوزیت (به‌ویژه پنج گرم در کیلوگرم) در زمان تنش خشکی سبب کاهش اثر تنش خشکی و همچنین باعث بهبود ویژگی‌های رشد چمن شده ولی افزایش ویژگی‌های کیفی آن گردید. صفات فیزیولوژیکی (مانند میزان نشت یونی و میزان پرولین) چمن اسپورت تحت تنش خشکی با افزایش میزان سوپرچاذب نانوکامپوزیت روند کاهشی را نشان دادند. کاربرد اسید هیومیک در زمان تنش خشکی نیز باعث بهبود برخی صفات رشد این چمن گردید. کاربرد همزمان این دو ترکیب نیز سبب بهبود برخی صفات رشد (تراکم، ارتفاع، وزن تر) و کاهش میزان نشت یونی و پرولین شد، به‌طورکلی کاربرد سوپرچاذب نانوکامپوزیت به‌ویژه در ترکیب با اسید هیومیک می‌تواند به کاهش تنش خشکی در چمن اسپورت و در نتیجه کاهش مصرف آب کمک نماید و با اعمال تیمارهای بیشتر و اندازه‌گیری صفات بیشتر به نتایج بهتری دست یافت.

سپاسگزاری

این تحقیق به‌عنوان بخشی از طرح پژوهشی به شماره ۹۷/۳۹ مورخ ۱۳۹۷/۱/۲۹ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه اراک می‌باشد، که بدین‌وسیله از همکاری ایشان تقدیر و تشکر می‌گردد.

تیمار خشکی از تکامل دیواره سلول‌ها جلوگیری می‌نماید و باعث نشت الکترولیت‌ها از دیواره سلولی می‌گردد (Vannozi & Larner, 2007). در شرایط تنش، عدم تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و توانایی گیاه برای سمیت‌زدایی این گونه‌ها باعث آسیب به گیاه می‌شود و تنش اکسیداتیو را به‌دنبال دارد (Arghavani *et al.*, 2010). نتایج یک بررسی نشان داد که میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در چمن‌های کنتاکی بلوگراس (Kentucky Blue grass) و تالفسکیو (Tall Fescu) طی تنش به‌طور معنی‌داری بر کاهش تأثیرات تنش افزایش یافت (Xu *et al.*, 2013). هرچند که گونه‌ها و ارقام گراس‌های چمنی نسبت به کاهش آب سطوح تحمل متفاوتی دارند اما هیچ یک نمی‌توانند در شرایط خشکی طولانی مدت زنده بمانند و با کاهش میزان آبیاری نشت یونی در گراس‌ها افزایش می‌یابد (2001 Huang, Inze & Mantgu, 1995) گزارش کردند که مقادیر نشت یونی از یاخته‌های با سطوح رطوبتی کم بیشتر اتفاق می‌افتد. نتایج این مطالعه نشانگر کاهش میزان نشت یونی با کاربرد سوپرچاذب نانوکامپوزیت بود که با نتایج (2016) Khoshbin *et al.* که اثر نانوذرات زئولیت و برخی عناصر غذایی بر ویژگی‌های گل بنفشه آفریقایی را بررسی کردند همخوانی داشت. گرچه تحقیقات بسیار اندکی در زمینه کاربرد سوپرچاذب‌های نانوکامپوزیت بر چمن انجام پذیرفته است. با این‌حال در تحقیقی (2016) Bagheri *et al.* با کاربرد فاکتور سه نوع بستر (کود دامی، سوپرچاذب نانوکامپوزیت به‌همراه کود دامی و ورمی‌کمپوست به‌علاوه سوپرچاذب نانوکامپوزیت) و دوره آبیاری (سه سطح بدون تنش، آبیاری پنج روزه و ۱۰ روزه) نشان دادند که تأثیر نوع بستر بر نشت یونی معنی‌دار نبود در صورتی‌که تأثیر دوره‌های تنش بر نشت یونی

REFERECNES

1. Aalami, M., Tehranifar, A., Davarinejad, Gh. & Selahvarzie, Y. (2011). Effect of hydrogel, paclobutrazol and irrigation intervals on qualitative characteristics of turf grass (*Lolium perenne* cv. Barbal) in Mashhad climate. *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(3), 288-295. (in Farsi)
2. Ahrar, M., Delshad, M. & Babalar, M. (2009). Improving water/fertilizer use efficiency of hydroponically cultured greenhouse cucumber by grafting and hydrogel amendment. *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 23, 69-77. (in Farsi)

3. Alikhani, A. (2018). *The investigation effects of humic acid on Sport turfgrass under drought and cadmium stresses*. MSc Thesis, Faculty of agriculture and Natural Resources, Arak University. (in Farsi)
4. Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C. & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Africam journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
5. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S. & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, 65-69.
6. Arghavani, M., Kafi, M., Babalar, M. & Nadari, R. (2010). *A physiological and morphological study on Lolium perenne L. and Poa pratensis L. as affected by trinexapac-ethyl, mowing management and nitrogen source under salt stress conditions*. Ph.D. Thesis, University of Tehran, Karaj, Iran. (in Farsi)
7. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
8. Aronoson, L. J., Gold, A. J. & Hull, R. J. (1987). Cool season turf grass responses to drought stress. *Crop Science*, 27, 1261-1266.
9. Bagheri, H. (2016). *The evaluation of superabsorbents nanocomposites on growth and resistance to drought and salinity stresses in sport turfgrass*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University. (in Farsi)
10. Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free prolin for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
11. Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. & Abdelly, C. (2007). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation*, 53, 185-194.
12. Chamani, E., Esmailpour, B., Poorbeiramihir, Y., Malekilajayer, H. & Saadati, A. (2012). Investigation the effects of thidiazouron and humic acid on postharvest life of cut *Alstroemeria aurantifolia* cv. "Konyambe". *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 26(2), 147-152. (in Farsi)
13. Chen, Y. & Aviad, T. (1990). Effect of humic substances on plant growth. In: Humic substances in soil and crop sciences. *Soil Science Society America*, 161-187.
14. Cordeiro F. C., Santa-Catarina, C., Silveira, V. & Souza, S. R. (2011). Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea Mays* L.). *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 75, 70-74.
15. Daneshvar, H. M., Kafi, M., Nikbakht, A. & Rejali, F. (2015). Effect of foliar applications of humic acid on growth, visual quality, nutrients content and root parameters of perennial Ryegrass (*Lolium Perenne* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 38, 224-236.
16. Dehgan, B., Yeager, T.H. & Almira, F.C. (1994). Photinin and podocarpus growth response to a hydrophilic polymeramendend medium. *Horticultural Science*, 29 (6), 641-644.
17. Estringu, A., Sezen, I., Aytali, B. & Ercisli, S. (2015). Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(1), 37-42.
18. Fan, H. M., Wang, X. W., Sun, X., Li, Y. Y., Sun, W. Z. & Zheng, C. S. (2014). Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 177, 118-123.
19. Garciaa, A. C., Santos, L. A., Izquierdo, F. G., Sperandio, M. V. L., Castro, R. N. & Berbara, R. L. L. (2012) Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecological Engineering*, 47, 203-208.
20. Ghasemi, M. & Khoshkoi, M. (2007). Effects of superabsorbent polymer on irrigation interval and growth and development of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* Kitam Syn. *Chrysanthemum morifolium* Ramat). *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(2), 65-65. (in Farsi)
21. Hosseini, F., Kafi, M. & Arghavani, M. (2016). Effect of Salicylic acid on physiological and morphological characteristics of *Lolium perenne* cv. "Numan" under drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(2), 167-176. (in Farsi)
22. Huang, B. & Fu, J. (2001). Growth and physiological responses of tall fescue to surface soil drying. *International Turfgrass Society Research Journal*, 9, 291-296.
23. Hunter, A. & Anders, A. (2004). The influence of humic acid on turfgrass growth and development of creeping bentgrass. *Acta Horticulturae*, 661, 257-264.
24. Inze, D. & Van Montagu, M. (1995). Oxidative stress in plants. *Current Opinion Biotechnology*, 6, 153-158.
25. Johnson, M.S. & Woodhouse J. 1990. Effect of super absorbent polymers on efficiency of water use by crop seeding. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 52, 431-434.
26. Kabiri, K. (2002). Acrylic superabsorbent hydrogels. *Iranian Polymer and Petrochemical Insitute*. (in Farsi)
27. Kafi, M., Babalar, M., Nikbakht, A., Ebrahimzade, H., Etemadi, N. & Samavat, S. (2009). Effect of humic acid spray on nutrients uptake, protein content and postharvest life of *Gerbera jamesonii* cv. Malibu. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 40(1), 69-75. (in Farsi)

28. Kafi, M. & Kavyani, Sh. (2002). *Management of establishment and maintenance of turfgrass*. Iran, Shaghayeg-e-Roosta Press, 232. (in Farsi)
29. Karimi, A. (2001). The evaluation of wter superabsorbent improving material on water consumption and plant growth of sunflower. *Desert Journal*, 6(1), 19-34. (in Farsi)
30. Kasgo, H., Durmus, A. & Kasgoz, A. (2008) Enhanced swelling and adsorption properties of AAm-AMPSNa/clay hydrogel nanocomposites for heavy metal ion removal. *Polymers for Advanced Technology*, 19, 213-220.
31. Kenvin, N. & Morris, K. N. (2008). *A Guide to NTEP Turfgrass Rating*. Retrieved February 25, 2019. From <https://www.ntep.org/ntep/reports/ratings.htm>.
32. Kheirabi, J., Tavakoli, A.R., Entesari, M. R. & Salamat, A. R. (1996). *Low irrigation manual*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Press, 288. (in Farsi)
33. Khoshbin, Sh, Solgi, M., Taghizadeh, M. & Barati, A. (2017). The effect of nanocomposite containing zeolite Nanoparticles and some nutrients on the growth characteristics of African violets (*Saintpaulia ionantha* 'Rhapsody Clementine'). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), 835-843. (in Farsi)
34. Lotfi, R., Gharavi Kouchebagh, P. & Khoshvaghti, H. (2015). Biochemical and physiological responses of brassica napus plants to humic acid under water stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62(4), 480-486.
35. Memon, S. A., Bangulzai, F. M., Keerio, M. İ., Baloch, M. A. & Buriri, M. (2014). Effect of humic acid and iron sulphate on growth and yield of zinnia (*Zinnia elegans*). *Journal of Agricultural Technology*, 10(6), 1517-152.
36. Mohammadi Alborzi, M., Safikhani, F., Masoud Sinaki, J. & Abbaszadeh, B. (2012). The effect of drought on morphological characteristics of anisum (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 4(10), 14-25. (in Farsi)
37. Morris, K. N. (2002). *A guide to NTEP turfgrass rating. A publication of the National Turfgrass Evaluation Program*. NETP, 11, 30-39.
38. Panayiotis, A., Nektarios, K., Nikolopoulou, A.E. & Chronopulos, I. (2004). Sod establishment and turf grass growths as affected by urea-formaldehyde resin foam soil amendment. *Scientia Horticulture*, 100, 203-213.
39. Sadeghi, A., Etemadi, N., Nikbakht, A. & Sabzalian, M. R. (2015). Effect of drought stress and different levels of shade on the growth and performance of wheatgrass and tall Fescue. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(4), 523-534. (in Farsi)
40. Sanchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J. & Bermúdez, D. (2002). Humic substances and aminoacids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. *Plant Nutrition*, 25, 2433-2442.
41. Shafiei, Sh. (2002). *The effect of superabsorbent polymer on increasing soil water, fertilizer efficiency, growth and establishment of Panicum*. Iranian Polymer and Petrochemical Insitute. (in Farsi)
42. Shahid, S. A., Qidwai, A. A., Anwar, F., Ullah, I. & Rashid, U. (2012). Improvement in the water retention characteristics of sandy loam soil using a newly synthesized poly (acrylamide-co-acrylic acid)/AlZnFe₂O₄ superabsorbent hydrogel nanocomposite material. *Molecules*, 17, 9397-9412.
43. Sheikmoradi, F., Arji, I., Emaeili, A. & Abdosi, V. (2011). Evaluation the effects of cycle irrigation and super absorbent on qualitative characteristics of lawn. *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(2), 170-177. (in Farsi)
44. Tango, A., Mahdavi, A. & Sayad, A. (2013). Effects of super absorbent polymers Akoasorb on growth, deployment and some physiological characteristics acacia tree (*Acacia victoriae*) under drought stress. *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 28(5), 963-951.
45. Tatari, M., Mousavi, A. & Etemadi, N. (2013). Study of some morphological characteristics in three turf grass species under drought stress conditions. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 5(2), 12-26. (in Farsi)
46. Vannozi, G. & Larner, F. (2007). Proline accumulation during drought rhizogene in maize. *Journal Plant Physiology*, 85, 441-467.
47. Verlinden, G., Coussens, T., De Vliegheer, A. & Baert, G. (2010). Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. *Grass and Forage Science*, 65, 133.
48. Wu, F., Zhang, Y., Liu, L. & Yao, J. (2012). Synthesis and characterization of a novel cellulose-g-poly (acrylic acidco-acrylamide) superabsorbent composite based on flaxyarnwaste. *Carbohydrate Polymers*, 87, 2519-2525.
49. Xu, R., Yamada, M. & Fujiyama, H. (2013). Lipid peroxidation and antioxidative enzymes of two turfgrass species under salinity stress. *Pedosphere*, 23(2), 213-222.
50. Yadav, M. & Rhee, K. Y. (2012). Superabsorbent nanocomposite (alginate-g PAMPS/MMT): synthesis, characterization and swelling behavior. *Carbohydrate Polymers*, 90, 165-173.

51. Yazdani, F., Allah Dadi, A., Akbari, Gh. & Behbahani, M. (2006). Effect amounts of superabsorbent (Tarawat 200) and levels of water stress on yield and yield components of soybean. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 75(1), 167-174. (in Farsi)
52. Zandonadi, D. B., Canellas, L. P. & Facmana, A. R. (2007). Indolacetic acid and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. *Planta*, 22, 1583-1595.
53. Zhang, L., Sun, X. Y., Tian, Y. & Gong, X. G. (2014). Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. *Scientia Horticulturae*, 176, 70-78.