Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 47, No 4, Winter 2017 (835-843)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.205875.1004

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵ (ص ۸۴۳-۸۳۵)

تأثیر نانوچندسازهٔ حاوی نانوذرات زئولیت و برخی عنصرهای غذایی بر ویژگی‌های رشدی گل بنفشهٔ آفریقایی رقم 'Rhapsody Clementine'

شهره خوشبین[۱]، موسی سلگی[۲*]، مینا تقی‌زاده[۲] و ابوالفضل براتی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشگاه اراک، اراک
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۱۶)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نانوچندسازهٔ (کامپوزیت) حاوی نانوذرات زئولیت و برخی عنصرهای غذایی بر ویژگی‌های رشدی گل بنفشهٔ آفریقایی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه اراک در سال ۱۳۹٤ انجام گرفت. بنفشهٔ آفریقایی (*Saintpaulia inonatha* Wendl) در کنار محبوبیتی که به‌عنوان گیاه گلدانی در جهان دارد، به نوع آبیاری حساسیت بالایی دارد. تماس مداوم آب با اندام‌های گیاه باعث پوسیدگی و پدیدار شدن لکه‌های سفید و زرد روی برگ‌ها می‌شود. در این تحقیق تأثیر کاربرد نانوچندسازهٔ حاوی نانوذرات زئولیت و برخی عنصرهای غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در چهار سطح (۰، ۱، ۲ و ۳ گرم در هر گلدان) و سه دور آبیاری (۵، ۱۰ و ۱۵ روزه) بر برخی شاخص‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی) و فیزیولوژیکی بنفشهٔ آفریقایی بررسی شد. نتایج نشان داد که نانوچندسازهٔ مورد استفاده به‌ویژه در بیشترین میزان به‌کاررفته (۳ گرم در هر گلدان) افزون بر کاهش تأثیر منفی کم‌آبیاری، باعث افزایش چند برابری جذب عنصرهای فسفر و پتاسیم در تیمارهای حاوی آن‌ها شد. همچنین افزایش معنی‌دار ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مانند طول و عرض برگ‌ها، تاج‌پوشش (کانوپی) و وزن تر) و کاهش برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی مانند نشت یونی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بسپار، تنش کم‌آبی، پتاسیم، فسفر.

The effect of nanocomposite containing zeolite Nanoparticles and some nutrients on the growth characteristics of African violets (*Saintpaulia ionantha* 'Rhapsody Clementine')

Shohreh Khoshbin[1], Mousa Solgi[2*], Mina Taghizadeh[2] and Abolfazl Barati[3]
1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak 38156-8-8349, Iran
(Received: May 4, 2016 - Accepted: Sep. 6, 2016)

ABSTRACT

A factorial experiment in completely randomized design with three replications was conducted to investigate the effects of nanocomposite containing zeolite nanoparticles and some nutrients on the growth characteristics of African violets. This experiment was run in Agriculture and Natural Resources College, Arak University, in 2015. African violet (*Saintpaulia ionantha*) as a potted plant is sensitive to the method of irrigation. Water continuous contact to plant organs may be caused to rot the plant and appearance of white and yellow spots on leaves. The effect of Nanocomposite containing zeolite nanoparticles plus nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) in four levels 0, 1, 2 and 3 grams per pot) and three irrigation intervals (5, 10 and 15 days) on some morphological and physiological characteristics of African violet were investigated in this study. The results showed that nanocomposites in the highest level (three gram per pot) in addition to reducing the negative effects of deficit irrigation, increased the multiple absorption of phosphorus and potassium. Furthermore, increasing the morphological traits (length and width leaves, canopy, fresh weight and chlorophyll index) and decreasing of some physiological characteristics such as ion leakage, were observed, significantly.

Keywords: Phosphorus, polymer, potassium, water stress.

* Corresponding author E-mail: m-solgi@araku.ac.ir Tel: +98 912 342 3519

مقدمه

بنفشهٔ آفریقایی (*Saintpaulia ionantha* Wendl) یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی بومی مناطق گرمسیر متعلق به خانوادهٔ Gesneriaceae است. به دلایل گوناگونی از جمله توانایی گلدهی در همهٔ طول سال و تنوع در رنگ و شکل گلبرگ و برگ، محبوبیت بسیاری دارد. امروز این‌گونه بالغ بر ۲۰۰۰۰ رقم دارد (Solgi & Taghizadeh, 2015; Najafi Alishah *et al*., 2013). این گیاه بی‌تفاوت به طول روز، عادت رشدی بدون ساقه، برگ‌های تخم‌مرغی شکل، دمبرگ‌های کرک‌دار و گل‌های پنج و یا مضربی از پنج گلبرگی دارد (Mithila *et al*., 2003). از عمده‌ترین دلایل آسیب‌پذیر بودن این گیاه، حساسیت بالای آن به روش آبیاری است. ریشه‌های آن به آب‌های دارای املاح زیاد حساس است. تماس مداوم آب با برگ‌های گیاه نیز باعث پوسیدگی و رنگ خاکستری برگ‌ها و دمبرگ‌ها و در موارد شدیدتر باعث پوسیدگی ریشه و از بین رفتن گیاه خواهد شد (Dole & Wilkins, 1999). از سوی دیگر گیاه نباید در معرض مداوم رطوبت (غرقاب) قرار گیرد و نیاز به دوره‌هایی از خشکی در بستر دارد. به همین دلیل توصیه می‌شود از تماس آب با برگ‌ها خودداری شده و آبیاری با روش‌هایی از جمله زیر گلدان و یا قرار دادن فتیله در زیر گلدان انجام گیرد (Hildrum & Kristofersen, 1969).

چندسازه (کامپوزیت)های بسپاری (پلیمری) هیدروژل‌ها[1] زنجیره‌های آب‌دوستی هستند که به سبب داشتن گروه‌های عاملی OH-، CONH- و CONH2- در حضور آب متورم می‌شوند و مولکول‌های آب را در بین پیوندهای خود جای می‌دهند (Bajpai & Giri, 2003). درصورتی‌که نسبت جذب آب بالا باشد به آن‌ها بسپار سوپرجاذب[2] گفته می‌شود (Karadag *et al*., 2007). درفرآیند پژوهشی تأثیر استفاده از نوعی چندسازه در بستر کشت گیاه داوودی رقم "Sunny munndalay" بررسی شد. نتایج گویای افزایش رشد و همچنین افزایش عمر گلجایی[3]، افزایش شمار گل و کاهش دورهٔ آبیاری بود (Still, 1976). در پژوهشی دیگر با عنوان بررسی تأثیر هیدروژل بر پژمردگی و تنش رطوبتی دو گل بستری جعفری[4] و آهار[5] نتایج نشان داد، با افزایش میزان هیدروژل، شمار ساعت‌ها تا پژمردگی[6] افزایش می‌یابد (Gehring & Lewis, 1980). همچنین معلوم شد که استفاده از نوعی سوپرجاذب در بستر کروتون[7]، زمان لازم برای آغاز پژمردگی را سه روز افزایش می‌دهد (Wang & Gregg, 1992). در بررسی دیگری نوعی بسپار آب‌دوست در بستر کشت برگ نو[8] باعث بهبود رشد، کاهش دفعات آبیاری، افزایش میزان پتاسیم نسبت به گیاهان شاهد شد (Taylor & Halfacre, 1986). چندسازه‌های بسپاری مورد استفاده در کشاورزی به دو دستهٔ بدون کود و بارگذاری‌شده با کود برای تغذیهٔ گیاه تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع دوم افزون بر مواد تشکیل‌دهندهٔ زنجیره‌های بسپاری شبکهٔ خود، انواع عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را در میان زنجیرهٔ خود جای می‌دهند و در اختیار ریشهٔ گیاهان قرار می‌دهند (Baker *et al*., 1995). چندسازه‌ای که دست‌کم یکی از اجزای آن در مقیاس نانو باشد، نانوچندسازه نامیده می‌شود. به‌طورمعمول استفاده از یک نانوذره در ساختار نانوچندسازه به‌منظور تقویت برخی ویژگی‌های ساختاری آن مرسوم است (Schexnailder & Schmidt, 2009).

زئولیت‌ها یکی از اصلی‌ترین این ترکیب‌ها هستند. توان تبادل یونی، جذب فراوان آب به دلیل داشتن گروه‌های آب‌دوست، افزایش میزان عنصرهای غذایی در دسترس گیاه و افزایش راندمان استفاده از کودهای حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از جمله ویژگی‌هایی است که باعث بهره‌گیری از زئولیت در بخش کشاورزی می‌شود (Ahmed *et al*., 2010). در گزارشی تأثیر مقادیر گوناگون را در کشت سورگوم دانه‌ای[9] بررسی شد. بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده بیشترین عملکرد دانه

1. Hydrogels
2. Super absorbents
3. Vase Life

4. *Tagetes erecta* L.
5. *Zinnia elegans* Jacq
6. Hours to wilting
7. *Codiaeum variegatum*
8. *Ligustrum indicum* Ait
9. *Sorghum bicolor*

در تیمار ۱۲ تن زئولیت به دست آمد (Naseri *et al.*, 2012). در نتایج پژوهشی دیگر افزایش عملکرد دو گیاه زراعی ذرت[1] و سورگوم به‌واسطهٔ کاربرد زئولیت در بستر کشت نیز گزارش شده است (Bernardi *et al.*, 2012). این پژوهش با توجه به ارزشمند بودن گل بنفشهٔ آفریقایی و کاهش شمار بارهای آبیاری و همچنین تأثیر عنصرهای غذایی موجود در ترکیب نانوچندسازهٔ سوپرجاذب، به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تحقیقاتی بسپار و گلخانهٔ تحقیقاتی علوم باغبانی دانشگاه اراک در سال ۱۳۹۴ انجام شد. در فرآیند آن نوعی بسپار نانوچندسازه تولید شد. این بسپار توسط ذرات نانوزئولیت تقویت شد و عنصرهای غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم درون ساختار آن قرار داده شد. سپس تأثیر این نانوچندسازه بر نیاز آبی و رشد و نمو گل بنفشهٔ آفریقایی بررسی شد.

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار و سه گلدان در هر تکرار اجرا شد. عامل‌ها شامل چهار سطح نانوچندسازه (۰، ۱، ۲ و ۳ گرم در هر گلدان) و سه دورهٔ آبیاری (۵، ۱۰ و ۱۵ روزه) بود. به همین منظور شمار ۱۰۸ عدد گیاهچهٔ یکسان و یکنواخت بنفشهٔ آفریقایی رقم 'Rhapsody Clementine' تهیه شد و در گلدان‌هایی از جنس پلاستیک با قطر دهانهٔ ۱۰ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر با بستر کشت به نسبت حجمی یک‌سوم پیت ماس، یک‌سوم کوکوپیت و یک‌سوم پرلیت به همراه مقادیر مختلف مدنظر نانوچندسازه با خاک بستر گلدان‌ها کاشته شدند. پس از اعمال تیمارها شرایط نگهداری گل‌ها شامل رطوبت نسبی گلخانه ۸۰-۷۵ درصد، دمای ۲۵-۲۰ درجهٔ سلسیوس و شدت نور طبیعی مناسب برای رشد آن‌ها بود. در پایان آزمایش (۱۳۰ روز پس از اعمال تیمار) ویژگی‌های طول و عرض برگ‌ها، تاج‌پوشش (کانوپی) بوته‌ها، وزن تر، درصد مادهٔ خشک، نشت یونی، میزان عنصرهای فسفر و پتاسیم در برگ‌ها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری طول و عرض برگ‌ها، طول ریشه و قطر تاج‌پوشش از خط‌کش استفاده شد.

برای اندازه‌گیری نشت یونی، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگی پس از شستشو با آب مقطر درون لوله‌های درب‌دار قرار داده شدند. به‌میزان ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد و پس از بیست دقیقه قرارگیری در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس، هدایت الکتریکی محلول (EC1) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت سی دقیقه در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس قرار گرفتند و دوباره هدایت الکتریکی آن‌ها (EC2) اندازه گرفته شد. در نهایت نشت یونی بر پایهٔ رابطهٔ ۱ محاسبه شد:

$$EL(\%) = \frac{EC1}{EC2} \times 100 \quad (۱)$$

برای اندازه‌گیری میزان فسفر و پتاسیم از روش‌های محققان پیشین استفاده شد (Creus *et al.*, 2004; Wang & Oyaizu, 2009). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز با تجزیهٔ آماری ANOVA و نرم‌افزار SAS (نسخهٔ ۹/۱) انجام گرفت و تعیین معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) صورت گرفت.

نتایج و بحث

فسفر

تأثیر سطوح مختلف نانوچندسازه و دورهٔ آبیاری و همچنین اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر تجمع فسفر داشتند (جدول ۱). بیشترین میزان تجمع فسفر (۲/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) مربوط به تیمار سه گرم نانوچندسازه با دورهٔ آبیاری پنج روزه و کمترین میزان آن مربوط به تیمار بدون نانوچندسازه و دورهٔ آبیاری پانزده روزه (۰/۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) بود (شکل ۱). با افزایش دوره‌های آبیاری از پنج به پانزده روز میزان جذب عنصر غذایی کاهش یافت. با افزایش تنش کم‌آبی میزان جذب یون فسفر کاهش می‌یابد، چراکه جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط مستقیم دارد. به‌طوری‌که با کاهش رطوبت خاک، جریان انتشاری

1. *Zea mays*

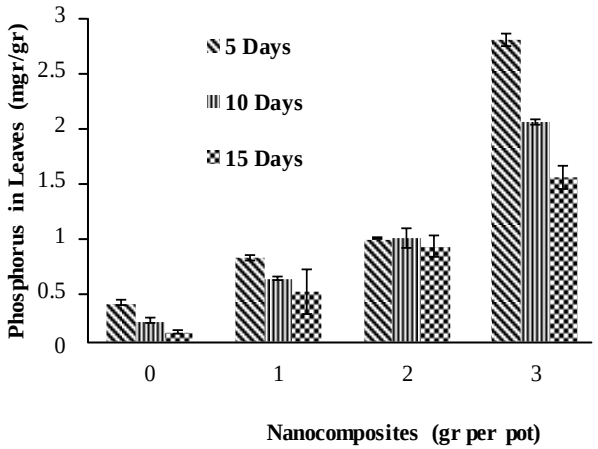
فسفر از خاک به سطح ریشه‌ها به میزان چشم‌گیری کاهش می‌یابد (Arndt *et al*., 2001). به‌کارگیری نانوچندسازه در این تحقیق باعث افزایش حدود شش برابری جذب یون فسفر شد. دلیل این امر وجود یون فسفر درون زنجیره‌های بسپاری ساختار نانوچندسازه است. از سوی دیگر سوپرجاذب‌ها باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های موجود در بستر از جمله فسفاتازها می‌شوند. این آنزیم‌ها باعث در دسترس قرار گرفتن فسفر برای گیاه و جذب آن توسط گیاه می‌شوند (Joner *et al*., 2000). همسان این نتیجه در آزمایشی با به‌کارگیری سوپرجاذب در بستری با بافت سیلتی‌رسی به همراه کود آلی که باعث افزایش میزان فسفر در غده‌های سیب‌زمینی شده، گزارش شده است (Rashidi *et al*., 2013).

جدول ۱. مقایسهٔ میانگین میزان نانوچندسازه و دوره‌های آبیاری بر شمار و طول برگ‌ها، شاخص سبزینه و میزان پتاسیم برگ‌های بنفشهٔ آفریقایی*

Table 1. Mean comparison of nanocomposite levels and irrigation periods on number and length of leaves, chlorophyll index and potassium contents in African violet leaves

Potassium content (mgr/gr dry weight)	Leaf Length (cm)	Nanocomposite (gr per pot)	Irrigation periods
45.86 a	6.01 a		5 days
41.09 b	5.54 b		10 days
45.57 c	5.27 b		15 days
22.04 d	4.93 d	0	
35.16 c	5.29 c	1	
47.46 b	5.83 b	2	
61.36 a	6.37 a	3	

* میانگین‌های با حرف‌های ناهمسان اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارند.



شکل ۱. اثر متقابل سطوح نانوچندسازه و دوره‌های آبیاری بر میزان فسفر برگ‌های بنفشهٔ آفریقایی

Figure 1. Interaction effect of nanocomposite levels and irrigation periods on leaf phosphorus of African violet

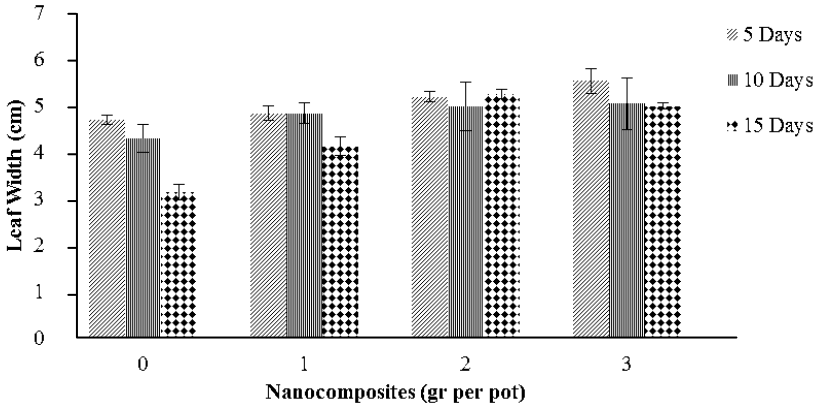
پتاسیم

هر دو عامل میزان نانوچندسازه و دورهٔ آبیاری تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع پتاسیم در برگ‌ها داشتند. درصورتی‌که اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نشد. با افزایش دورهٔ آبیاری میزان پتاسیم رو به کاهش می‌گذارد. بیشترین میزان تجمع پتاسیم در دورهٔ آبیاری پنج روزه (۴۵/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و کمترین میزان در تیمار پانزده روزه (۳۷/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) مشاهده شد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان نانوچندسازه، میزان پتاسیم موجود در برگ‌ها نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که در تیمار بدون نانوچندسازه کمترین میزان (۲۲/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و در تیمار ۳ گرم

نانوچندسازه بیشترین میزان جذب (۶۱/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) پتاسیم به دست آمد. از سوی دیگر به دلیل اینکه گیاه برای جذب عنصرهای غذایی نیاز به تهویهٔ مناسب دارد، کاربرد نانو چندسازه‌های سوپرجاذب کمک شایانی به جذب خواهد کرد. در این پژوهش با افزایش میزان نانوچندسازه، میزان یون پتاسیم در برگ‌ها افزایش یافت. زیرا با کاربرد نانو چندسازه‌های سوپرجاذب شرایط لازم برای تهویهٔ مناسب و رطوبت کافی در خاک به وجود می‌آید. از سوی دیگر یون‌های پتاسیم و فسفر در ترکیب و مخلوط (فرمولاسیون) نانوچندسازه قرار داده شدند و به‌صورت آهسته وتدریجی در اختیار گیاه قرار گرفتند. بنابراین این فرآیند در جذب این دو عنصر مزید بر علت است. افزایش پتاسیم در گیاه با به‌کارگیری سوپرجاذب در پژوهش‌های پیشین نیز گزارش شده است (Ebadi koupayi & sohrab, 2004). همچنین افزایش پتاسیم در غده‌های سیب‌زمینی با استفاده از بسپار سوپرجاذب گزارش شده است (Rashidi *et al*., 2013).

طول و عرض برگ و تاج‌پوشش گیاه

نتایج مقایسهٔ میانگین (جدول ۱) بیانگر تأثیر معنی‌دار اثرگذاری تیمارهای مختلف آبیاری و نانوچندسازه بر طول و عرض برگ‌ها است (جدول ۱). اثر متقابل این دو عامل بر ویژگی عرض برگ اثر معنی‌دار نشان داد ولی بر طول برگ معنی‌دار نبود. بنا بر نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها، طول و عرض برگ‌ها تحت تأثیر کم‌آبی کاهش می‌یابند (جدول ۱ و شکل ۲). تنش خشکی به دلیل کاهش فشار اسمزی درون‌یاخته باعث کاهش تقسیم یاخته‌ای و کاهش اندازه یاخته‌ها و در نهایت کاهش سطح برگ می‌شود (Rennenberg *et al*., 2006). در بررسی‌هایی روی گیاهان دیگر مشخص شده است که تنش کم‌آبی شاخص سطح برگ را به دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و افزایش ریزش آن‌ها کاهش می‌دهد. بنابراین تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی حساس است و در اثر تنش کمبود آب شاخص سطح برگ کاهش خواهد یافت (Pagter *et al*., 2005). در این پژوهش بیشترین میزان طول برگ (۶/۴ سانتی‌متر) در تیمار ۳ گرم نانوچندسازه و کمترین آن مربوط به تیمار بدون نانوچندسازه (۴/۹ سانتی‌متر) ثبت شد که نشان می‌دهد با افزایش میزان نانوچندسازه، افزایش در طول برگ‌ها ایجاد شده است (جدول ۱). همچنین بیشترین عرض برگ (۵/۵۳ سانتی‌متر) در بیشترین سطح سوپرجاذب (۳ گرم) و دورهٔ آبیاری پنج روزه و کمترین آن (۳/۱۳ سانتی‌متر) مربوط به نمونهٔ شاهد (بدون نانوچندسازه) و در دورهٔ آبیاری پانزده روزه مشاهده شد (شکل ۲).



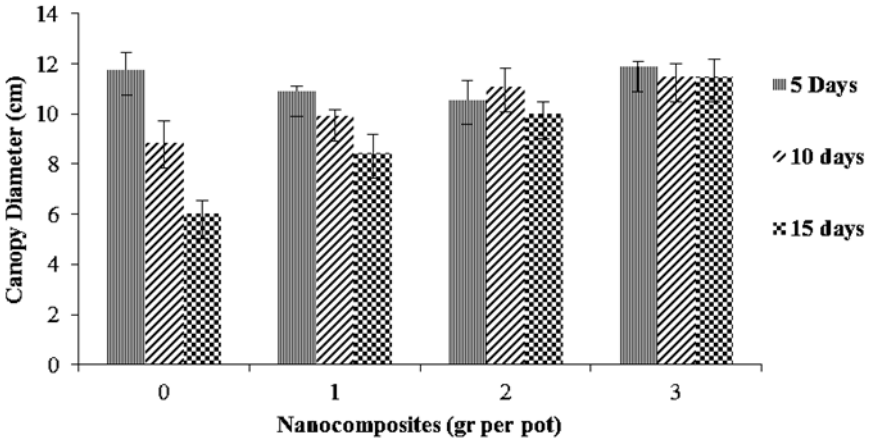
شکل ۲. اثر متقابل سطوح نانوچندسازه و دوره‌های آبیاری بر عرض برگ در بنفشهٔ آفریقایی

Figure 2. Interaction effect of nanocomposite levels and irrigation periods on leaf width of African violet

علت این امر را می‌توان به کاهش رشد رویشی و در پی آن کاهش سطح برگ‌ها در شرایط تنش مرتبط دانست. کاهش اندازهٔ برگ مشاهده شده در این تحقیق بر اثر اعمال تنش کم‌آبی، با بررسی‌های صورت گرفته در داوودی، آکاسیا و دو گونهٔ مرتعی همخوانی دارد (Tango *et al*., 2013; Ghasemi & Khoshkhoi,

2007; Abassi, 2007). از سویی به‌نظر می‌رسد سطوح مختلف نانوچندسازه می‌تواند با بهبود ساختمان خاک باعث بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه شود. در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار بسپار سوپرجاذب باعث افزایش شاخص سطح برگ گیاه سورگوم در مقایسه با شاهد شد (Fazeli Rostanpour *et al*., 2012).

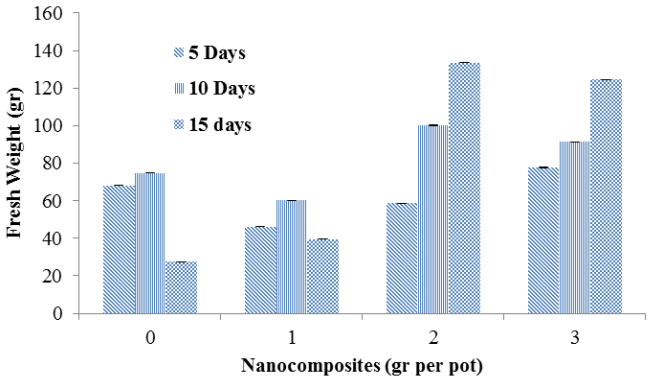
بررسی اثر متقابل نشان می‌دهد که بیشترین قطر تاج‌پوشش (۱۱/۸۹ میلی‌متر) مربوط به نمونهٔ شاهد با دورهٔ آبیاری پنج روزه و ۳ گرم نانوچندسازه و کمترین میزان آن (۶/۰۳ میلی‌متر) مربوط به نمونهٔ شاهد با آبیاری هر پانزده روز یک‌بار و بدون حضور نانوچندسازه است (شکل ۳). با افزایش میزان بسپار در بستر کشت تأثیر تنش بر تاج‌پوشش گیاه کمتر می‌شود. به‌طوری‌که قطر تاج‌پوشش در تیمار ۳ گرم نانوچندسازه بین دوره‌های آبیاری مختلف تفاوت زیادی دیده نمی‌شود. همچنین در دورهٔ آبیاری پانزده روزه بین تیمار ۳ گرم نانوچندسازه و بدون نانوچندسازهٔ آن اختلاف بسیاری وجود دارد (شکل ۲). به‌طورکلی در شرایط تنش، کاهش رشد رویشی و در پی آن کاهش فشار تورژسانس باعث کاهش میزان رشد و محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها در گیاه در حال رشد می‌شود. از سوی دیگر افزایش غلظت مواد محلول در بافت‌هایی که تحت تنش خشکی هستند موجب کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود. این مسئله بر دیوارهٔ یاخته‌ای تأثیر می‌گذارد و سبب کاهش رشد برگ‌ها، کاهش محتوای نسبی آب و در نهایت کاهش اندازه و سطح برگ‌ها می‌شود (Lichtenthaler & Welburn, 1983). این نتیجه با گزارشی که در آن نوعی سوپرجاذب در بستر کشت خیار و ریحان به‌جای پرلیت موجب بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد بوته در هر دو گیاه شد، همخوانی دارد (Montesano *et al*., 2015).



شکل ۳. اثر متقابل سطوح نانوچندسازه و دوره‌های آبیاری بر تاج‌پوشش بنفشهٔ آفریقایی
Figure 3. Interaction effect of nanocomposite levels and irrigation periods on African violet canopy

وزن تر

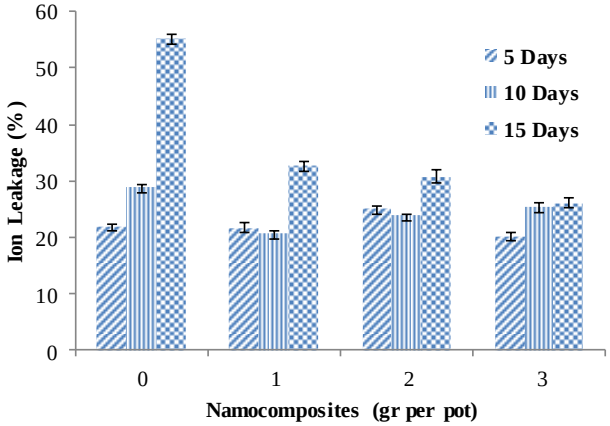
نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف نانوچندسازه و دوره‌های آبیاری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن تر گیاه معنی‌دار بود. کمترین وزن تر (۲۷/۴۸ گرم) در تیمار بدون نانوچندسازه در دورهٔ آبیاری پانزده روز مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان وزن تر (۱۳۳/۴ و ۱۲۴/۶۱ گرم) به ترتیب در سطوح ۲ و ۳ گرم نانوچندسازه و در دورهٔ آبیاری ده و پانزده روزه مشاهده شد (شکل ۴). به‌عبارتی با افزایش میزان نانوچندسازه در بستر کشت میزان وزن تر گیاه افزایش یافت. با کاربرد بسپارهای سوپرجاذب نوسان‌های رطوبتی کاهش یافت و در نتیجه رشد گیاه افزایش نشان داد. بدیهی است با تداوم رشد بر وزن تر گیاه افزوده می‌شود که با نتایج یک بررسی در کاهش تأثیر تنش خشکی روی گیاه داودی و آکاسیا همخوانی دارد (Tango *et al*., 2013; Ghasemi & Khoshkhoi, 2007).



شکل ۴. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل دوره‌های مختلف آبیاری و نانوچندسازه بر وزن تر بوتهٔ بنفشهٔ آفریقایی
Figure 5. Interaction effect of nanocomposite levels and irrigation periods on fresh weight of African violet

نشت یونی

مقادیر گوناگون نانوچندسازه و دوره‌های مختلف آبیاری و همچنین اثر متقابل این دو عامل بر نشت یونی معنی‌دار بود. به‌کارگیری نانوچندسازه تأثیر تنش کم‌آبی را در دوره‌های طولانی‌تر آبیاری کاهش داد. به‌این‌ترتیب که بیشترین میزان نشت یونی (۵۵/۲۰ درصد) در تیمار شاهد با دورهٔ آبیاری پانزده روزه بود و در تیمارهای حاوی نانوچندسازه تأثیر سطوح آبیاری بر نشت یونی کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که در تیمار ۳ گرم نانوچندسازه در دورهٔ آبیاری پنج روز کمترین میزان نشت یونی (۲۰/۲۷ درصد) ثبت شد (شکل ۵). در این تحقیق با افزایش سطح تنش کم‌آبی، میزان نشت یونی افزایش پیدا کرد، به‌گونه‌ای که بیشترین نشت یونی در دورهٔ آبیاری پانزده روز و کمترین میزان آن در دورهٔ آبیاری پنج روز مشاهده شد. افزایش نشت یونی بر اثر تنش‌های گوناگون نشان‌دهندهٔ آسیب به غشای یاخته‌ای است. زیرا افزایش نفوذپذیری غشا، تراوش الکترولیت‌ها را به همراه دارد (Blum & Ebercon, 1981). همچنین نشان داده شده است که با افزایش تنش، نشت یونی در چهار رقم مختلف برنج افزایش پیدا می‌کند (Guo *et al.*, 2006). افزایش نشت یونی در چمن رقم "کنتاکی بلوگرس" تحت تنش خشکی و گرما نیز گزارش شده است (Liu *et al.*, 2008). با به‌کارگیری نانوچندسازه تأثیر کم‌آبی بر نشت یونی به کمینه رسید و این نتیجه گویای کاهش تاثیر تنش بر گیاه و جلوگیری از تخریب فیزیولوژیکی در حین تنش است. در بررسی دیگر به‌کارگیری بسپار سوپرجاذب در رقم‌های گندم کشت شده در شرایط دیم باعث کاهش نشت یونی در تنش خشکی شد (Abedini & Sajedi, 2011).



شکل ۵. اثر متقابل سطوح سوپرجاذب و دورهای آبیاری بر نشت یونی برگ بنفشهٔ آفریقایی
Figure 7. Interaction effect of nanocomposite levels and irrigation periods on leaf ion leakage of African violet

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانو چندسازه‌های سوپرجاذب به دلیل فراهمی رطوبت در ناحیهٔ ریشه و در نتیجه افزایش آب قابل استفاده گیاه و همچنین توانایی بارگذاری و ارائهٔ تدریجی انواع عنصرهای مغذی، شرایط بهینه‌ای را برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌کند. در این پژوهش حتی در شرایط آبیاری همسان تیمارهایی که در آن‌ها نانوچندسازه استفاده شده بود، نسبت به شاهد رشد بهتری داشته و کیفیت و شادابی بهتری داشتند. با توجه به تأثیر مثبت بسپارهای نانوچندسازه در استقرار، جذب عنصرهای غذایی و بهبود رشد گیاه بنفشهٔ آفریقایی، می‌توان استفاده از بسپارهای نانوچندسازهٔ سوپرجاذب را به‌عنوان یک روش موفقیت‌آمیز برای حفظ رطوبت در بستر کشت پیشنهاد کرد. با تولید نانوچندسازه‌های سوپرجاذب و به‌کارگیری عنصرهای غذایی در ساختار این نوع بسپارها گام بزرگی در جهت بهبود شرایط پرورش انواع گیاهان باغبانی به‌ویژه گل‌های گلدانی برداشته خواهد شد.

سپاسگزاری

این تحقیق به عنوان بخشی از طرح پژوهشی به شماره ۹۴/۸۸۴ مورخ ۱۳۹۴/۲/۱ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه اراک می‌باشد که بدین‌وسیله از همکاری ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abassi, F. (2007). Interaction effect of drought and salinity on the growth of two species *Aeluropus logopoides* and *Aeluropus litttoralis*. *Journal of Islamic Azad University*, 66, 138-121. (in Farsi)
2. Abedini, A. & Sajedi, N. (2011). The impact on the percentage of superabsorbent polymer electrolyte leakage and remobilization wheat cultivars. *Journal of agriculture* (*Research and development*). 103: 140-146. (in Farsi)
3. Ahmed, O. H., Sumalatha, G. & Nik Mohamad, A. M. (2010). Use of zeolite in maize (*Zea mays* L.) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. *International Journal of Physical Sciences*, 15, 2393-2401.
4. Arndt, S. K. K., Clifford, S.C., Wanek, W., Jones, H. G. & Popp, M. (2001). Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, 21, 705-715.
5. Bajpai, A. K. & Giri, A. (2003). Water sorption behavior of highly swelling (Carboxy methylcellulose-g-polyacrylamide) hydrogels and release of potassium nitrate as agrochemical. *Carbohydrate Polymers*, 53, 271 -279.
6. Baker, J. P., Blanch, H. W. & Prausnitz, J. M. (1995). Swelling properties of acrylamide-based ampholytic hydrogels: comparison of experiment with theory. *Polymer*, 36, 1061-1069.
7. Bernardi, A. C., Souza, G. B. D., Polidoro, J. C., Paiva, P. R. & Mello, M. B. D. (2011). Yield quality components and nitrogen levels of silage corn fertilized with urea and zeolite. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 1-10.
8. Blum, Z. A. & Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sciences*, 21, 43-47.
9. Creus, C. M., Sueldo, R. J. & Barrasi, C. A. (2004). Water relation in Azospirillum inoculated wheat seedling under osmotic Stress. *Canadian Journal of Botany*, 76, 238-244.
10. Dole, J. M. & Wilkins, H. F. (1999). *Floiculture: principles and species*. Prentice Hall Pub, Washington, USA. pp: 508-513.
11. Ebadi koupayi, G. & Sohrab, F. (2004). Assess the impact of superabsorbent polymers based on three types of soil water holding capacity and potential. *Journal of Polymer Science and Technology*, 17(3), 173-163. (in Farsi)
12. Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M. & Rahimzadeh Khoee, F. (2012). Effect of polymer and irrigation regimes on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum. *African Journal of Biotechnology*, 11(48), 10834-10840.
13. Gehring, J. M. & Lewis, A. J. (1980). Effect of hydrogel of wilting and moisture stress of Bedding plants. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 105, 511-513.
14. Ghasemi, M. & Khoshkoi, M. (2007). Effect of Super Absorbent Polymer on irrigation and plant growth and development of David. *Iranian Horticultural Science and Technology*, 82, 65-65. (in Farsi)
15. Guo, Z., Lu, W. & Zhang, Q. (2006). Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensivity. *Plant Physiology Biochemistry*, 44, 828-836.

16. Hildrum, H. & Kristoffersen, A. (1969). The effect of temperature and light intensity on flowering in Saintpaulia ionantha. *Acta Horticulturae*, 14, 249-255.
17. Hsiao, T. C. (1973). Plant response to water stress. *Plant Physiology*, 24, 516-570.
18. Joner, E. J., Van Aarle, I. M. & Vosatka, M. (2000). Phosphatase activity of extra-radical arbuscular mycorrhizal hyphae: a review. *Plant Soil*, 226, 199-210.
19. Karadag, E., Uzum, O. B., Saraydin, D. & Guven, O. (2007). Swelling Characterization of gamma radiation induced crosslinked acrylamide/maleic acid hydrogels in urea solutions. *Material and Design*, 576-584.
20. Lichtenthaler, H. K. & Welburn, A. R. (1983). Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical society transactions*. 11: 591-592.
21. Liu, J., Du, X., Sun, J. & Bai, X. (2008). Effect of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. *Scientia Horticultrae*, 115, 190-195.
22. Mithila, J., Hall, J. C., Victor, J. M. R. & Saxena, P. K. (2003). Thidiazuron induces shoot organogenesis at low concentrations and somatic embryogenesis at high concentrations on leaf and petiole explants of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). *Plant Cell Report*, 21, 408-414.
23. Montesano, F., Parente, A., Santamaria, P., Sannino, A. & Serio, F. (2015). Biodegradable Superabsorbent Hydrogel Increases Water Retention Properties of Growing Media and Plant Growth. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 451-458.
24. Najafi Alishah, F., Golchin, A. & Mohebi, M (2013). Effects of super absorbent polymers Akoasorb and irrigation on yield, water use efficiency and growth indices greenhouse cucumber. *Science and Technology of Greenhouse Culture*, 4(15), 13-1. (in Farsi)
25. Naseri, M., Khalatbari, M. & Paknejad, F. (2012). Evaluation the effect of different ranges Zeolite consuming on yield and yield component and physiological characteristics of grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Var. Kimiya under water deficit stress. *Annals of Biological Research*, 3, 3547-3550.
26. Pagter, M., Bragato, C. & Brix, H. (2005). Tolerance and physiological responses of Phragmites australis to water deficit. *Aquatic Botany*, 81, 285-299.
27. Rennenberg, H., Loreto, L., Polle, A., Brilli, F., Fares, S., Beniwal, R. S. & Gessler, A. (2006). Physiological responses of forest trees to heat and drought. *Journal of Plant Biology*, 8, 556-571.
28. Schexnailder, P. & Schmidt, G. (2009). Polymer nanocomposite hydrogels. *Colloid Polymer Sciences*, 287, 1-11.
29. Solgi, M. & Taghizadeh, M. (2015). Disinfection of African violet In vitro culture by using silver nanoparticles by plant extracts. *Journal Processing of Agricultural and Horticultural Crops*, 17, 357-349. (in Farsi)
30. Still, S. M. (1976). Growth of sunny Mandalay chrysanthemums in hardwood bark amended media as affected by insolublized polyethyle ne oxide. *HortScience*, 11, 483-484.
31. 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. (in Farsi)
32. Taylor, K. C. & Halfacre, R. G. (1986). The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to Ligustrum lucidum. *Journal of Horticultural Sciences*, 21, 1159-1161.
33. Wang, Y. & Gregg, L. L. (1992). Hydrophilic polymers- Their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 115, 943-948.