Research Article

Agricultural Engineering, 45(1) (2022) 153-166

ISSN (P): 2588-526X

DOI: 10.22055/AGEN.2022.41572.1642

ISSN (E): 2588-5944

Investigating the effect of using three types of superabsorbent polymers on N.P.K absorption by acacia under drought stress conditions

N. Moallemi*[1], E. Khaleghi[2] and A. Danaeifar[3]

1. Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. PhD student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: 9 August 2022 Accepted: 19 September 2022

Abstract

Introduction: Acacia with the scientific name *Acacia salicina* is a tree or shrub from the leguminous family and a nitrogen fixer. This species is native to dry areas in southern Australia. In some areas, this species is used as a source of fodder for livestock, for ornamental purposes, and for revival areas without vegetation. Climate change is one of the most important concerns of the world's growing population. Drought is one of the most important abiotic stresses that affects the nutritional status of plants. Stresses constantly affect the growth and development of plants, which are considered the most important factors of yield reduction in the world. Stresses are the result of abnormal physiological processes that are caused by one or a combination of biological and environmental factors, and drought is one of the most important abiotic stresses that affect growth and performance, as well as this stress can cause plant death and limits approximately 25% of agricultural production. One of the most common ways to withstand drought stress is the use of super absorbent polymers. Commercial superabsorbent polymers are hygroscopic materials similar to sugar, and the shape of these polymers must be maintained after absorbing water and swelling. They don't have harm for soil, plants and environment. Considering the increase in temperature and pollution the purpose of this research is the effect of using three types of super absorbent polymers to increase N.P.K. absorption, water retention, reduce irrigation, reduce costs and improve the growth of acacia plants under drought stress conditions for cultivation in areas free of vegetation to contrast with fine dust in Khuzestan.

Materials and Methods: In order to improve the nutritional status of acacia, a research was conducted using three types of superabsorbent polymers in three concentrations at three levels of drought stress in a factorial format based on completely randomized block design with three replications in the agricultural faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz.

Results and Discussion: The results showed that the use of superabsorbent polymers significantly increases the amount of nitrogen, potassium and phosphorus absorption by leaves, stems and roots. The concentration of 2 g/kg of A200 hydrogel in the first week increased leaf nitrogen by 12.85%, leaf phosphorus by 17.64%, stem nitrogen by 50.29% and root nitrogen by 4.96%. In the first week, SNF

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

superabsorbent had the highest amount of potassium in stem and phosphorus in the root. Among the hydrogels, SNF superabsorbent polymer had the highest amount of phosphorus in the stem in the second week and a concentration of 1 g/kg, and this increase was significant compared to some treatments. The lowest amount of phosphorus in the stem were obtained s in the treatment of the first week and a concentration of 0 g/kg super absorbent polymer A200 and SNF. Increasing the concentration of super absorbent polymers increased the amount of phosphorus in the stem in most cases. Increase in the intensity of drought stress caused a decrease in the amount of leaf nitrogen compared to non-stressed conditions, so the lowest amount of nitrogen was obtained in the third week of treatment with SNF superabsorbent polymer at a concentration of 0 g/kg, which caused a decrease of 29.04% compared to the control. The increase in the severity of drought stress caused a decrease in the amount of phosphorus in leaves compared to the first week, so that the lowest amount of phosphorus was obtained in the second week in the concentration of 2 g/kg of SNF,which had a decrease of 52.94% compared to the control. Intensity of drought stress and increasing the frequency of irrigation caused a decrease in the amount of nitrogen in the stem, so that the lowest amount of nitrogen was obtained in the third week and the concentration of 0 g/kg of Barbari hydrogel, which was a 32.16% decrease compared to the control. The lowest amount of root phosphorus was obtained in the third week of treatment with a concentration of 2 grams per kilogram of Barbarii superabsorbent polymer, which caused a decrease of 54.54% compared to the control. Based on the results of this research, the use of A200 superabsorbent polymer compared to other hydrogels had the greatest effect on the nutritional status of the plant and the absorption of N.P.K elements.

Key words: drought, nitrogen, phosphorus, potassium and super absorbent polymer

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۵ شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

بررسی اثر استفاده از سه نوع پلیمر سوپر جاذب بر میزان جذب برخی عناصر غذایی پرمصرف تحت شرایط تنش خشکی در آکاسیا

نورالله معلمی*[۱]، اسماعیل خالقی[۲] و عباس دانایی فر[۳]

۱- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸

کلمات کلیدی:

پتاسیم،

پلیمر سوپر جاذب،

خشکی،

فسفر ،

نیتروژن

* عهده دار مکاتبات

Email: moalleminoor@gmail.com

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که وضعیت تغذیه-ای گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از متداول‌ترین راهکارهای تحمل به تنش خشکی استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب است که مواد هیگروسکوپی شبیه شکر هستند که شکل این پلیمرها پس از جذب آب و تورم باید حفظ شود. این پلیمرها آب را جذب و ذخیره می‌کنند و در مواقع نیاز به آسانی در اختیار گیاه قرار می‌دهند و ضرری برای انسان، خاک، گیاه و محیط ندارند. به منظور بهبود وضعیت تغذیه در آکاسیا پژوهشی با استفاده از سه نوع پلیمر سوپر جاذب (A200، SNF و بربری) در سه غلظت (۰، ۱ و ۲ گرم بر کیلوگرم) در سه سطح تنش خشکی (یک هفته، دوهفته و سه هفته) به صورت فاکتوریل با ۲۷ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. نتایج نشان داد غلظت ۲ گرم در کیلوگرم هیدروژل A200 در هفته اول موجب افزایش ۱۲/۸۵ درصدی نیتروژن برگ، ۱۷/٦٤ درصدی فسفر برگ، ۵۰/۲۹ درصدی نیتروژن ساقه و ٤/۹٦ درصدی نیتروژن ریشه گردید. سوپر جاذب SNF در هفته اول دارای بیشترین میزان پتاسیم ساقه و فسفر ریشه بود و در هفته دوم دارای بیشترین میزان فسفر در ساقه بود. بر اساس نتایج این پژوهش استفاده از پلیمر سوپر جاذب A200 نسبت به بقیه هیدروژل‌ها بیشترین تأثیر را بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه و جذب عناصر نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) داشت.

مقدمه

آکاسیا با نام علمی Acacia salicina درخت یا درختچه‌ای از خانواده لگومینوز و تثبیت‌کننده نیتروژن است. این گونه بومی ناحیه‌های خشک در جنوب استرالیا است (۱۵). در برخی مناطق این گونه به عنوان منبع علوفه دام‌ها، مصارف زینتی و احیای مناطق عاری از پوشش گیاهی استفاده می‌شود (۱۵). تغییرات شرایط آب و هوایی یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های جمعیت در حال افزایش جهان است (۲۳). افزایش دما و گرم شدن جهانی توزیع بارش‌ها و تولید محصولات به ویژه در مناطق مدیترانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهند(۱۳). ایران کشوری است که اقلیم گرم و خشک دارد و بیشتر ناحیه‌های آن خشک و نیمه‌خشک با بارش کم است (۱۷). در این مناطق ریزگردها می‌توانند مشکلاتی برای محیط زیست ایجاد کنند. ریزگردها بخش عمده‌ای از آلاینده‌های هوا را تشکیل می‌دهند که در اثر فرآیندهای صنعتی به وجود می‌آیند و تهدیدی جدی برای اکوسیستم به شمار می‌روند. فعالیت‌هایی مانند استخراج زغال سنگ، استخراج سنگ، سنگ شکن، نیروگاه های حرارتی، صنایع سیمان و غیره، مقادیر زیادی گرد و غبار را به محیط زیست اضافه می‌کنند که موجب جنگل زدایی در مقیاس بزرگ؛ تخریب موجودات زنده و سایر اجزای اکوسیستم می‌گردد (۱۸). بخش جنوبی و اعظم این نواحی دارای محدودیت منابع آب، تحلیل منابع آب زیرزمینی و تنش‌هایی مانند خشکی‌های مکرر است (۱). این تنش‌ها به طور مداوم رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند که مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد در جهان به حساب می‌آیند. تنش‌ها نتیجه فرایندهای فیزیولوژیکی غیرطبیعی هستند که در اثر یک یا ترکیبی از عوامل بیولوژیکی و محیطی ایجاد می‌شوند و خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین این تنش می‌توانند باعث مرگ گیاه شود و تقریباً ۲۵ درصد تولید کشاورزی را محدود می‌کند (۶). در شرایط تنش خشکی مدیریت رطوبت خاک و مطالعه‌ی تغییرات متابولیکی برای تولید محصول بسیار مهم است و از متداول‌ترین راهکارهای مدیریت رطوبت و تحمل به تنش خشکی تولید بیش از حد مواد آلی سازگار (۱۴)، استفاده از کود دامی (۱۱)، مواد جاذب سنتی و فوم پلی یورتان (۲۴) و استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب است (۱۰). پلیمرهای سوپر جاذب تجاری مواد هیگروسکوپی شبیه شکر هستند که به رنگ‌های سفید، زرد، روشن،سبز و غیره وجود دارند که شکل این پلیمرها پس از جذب آب و تورم باید حفظ شود (۲۴). این پلیمرها آب را جذب و ذخیره می‌کنند و در مواقع نیاز به آسانی در اختیار گیاه قرار می‌دهند و هیچ گونه ضرری برای انسان، خاک، گیاه و محیط نداشته (۱۷) و به صورت طبیعی و مصنوعی وجود دارند (۱۰). ابوباتا (۲) در نتایج حاصل از پژوهش خود گزارش کرد که پلیمرهای سوپر جاذب کاربردهای گوناگونی از جمله ذخیره آب، کاهش فرسایش خاک، بافت خاک، نفوذپذیری خاک، مواد ساختاری (تولید مالچ) و بهبود وضعیت غذایی گیاه دارند. هیدروژل‌ها کارایی مصرف آب را افزایش داده و شستشوی عناصر غذایی و میزان کود دهی را به حداقل می‌رساند. محققان زیادی (۴، ۷، ۱۰ و ۲۳) بیان کرده‌اند که کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود ویژگی های فیزیکی خاک از قبیل تخلخل و ساختار خاک می‌شود و از این طریق موجب بهبود رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شوند (۱۰). یانگ و همکاران[1] (۲۲) بیان کردند استفاده از این مواد موجب افزایش در جوانه زنی بذور می‌شود. همچنین مطالعات گذشته نشان دادند مخلوط پلیمر با خاک در گیاهانی مانند گوجه‌فرنگی جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد (۱۶).

با توجه به افزایش دما و آلودگی ناشی از ریزگردها هدف از این پژوهش تاثیرکاربرد سه نوع از پلیمرهای سوپر جاذب به منظور افزایش جذب N. P. K.، نگهداری آب، کاهش دور آبیاری، کاهش هزینه‌ها و بهبود رشد گیاهان آکاسیا تحت شرایط تنش خشکی جهت کشت در مناطق عاری از پوشش گیاهی خوزستان و برای مقابله با ریزگردها می‌باشد.

1- Yang *et al.*

مواد روش

نهال آکاسیا در تاریخ ۱۳۹۷/۱۰/۲۱ از یک تولید کننده نهال بخش خصوصی در شهرستان اهواز تهیه و به مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل گردید. سپس در گلدان‌هایی به ارتفاع ۴۰، قطر دهانه ۳۵ و قطر کف ۳۰ سانتی‌متر که حاوی دو قسمت حجمی خاک و یک قسمت کود دامی بود کاشته شدند (وزن هر گلدان محتوی ۲۵ کیلوگرم خاک بود). به منظور زهکش بهتر در ته گلدان ۵ سوراخ ایجاد کرده و مقداری سنگریزه در کف گلدان استفاده شد. به منظور بررسی تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب بر روی نهال-های آکاسیا در شرایط تنش خشکی اعمال تیمار به صورت زیر انجام گرفت. پلیمرهای سوپر جاذب شامل سه نوع Barbari (تولید شده در فرانسه)، A200 و SNF (تولید شده در ایران) بود که هر کدام حاوی سه غلظت ۰، ۲۵ و ۵۰ گرم در هر گلدان بود (۰، ۱ و ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک بود). پلیمرهای سوپر جاذب مطابق با دستورالعمل شرکت تولید کننده تهیه و همزمان با کشت در بستر گیاه در اختیار ریشه قرار گرفتند. به این صورت که هیدروژل بربری یک ساعت قبل از اعمال در ۵ لیتر آب (۵ لیتر به ازای ۵۰ گرم بربری) خیسانده تا حالت ژله‌ای پیدا کند و سپس در بستر گیاه قرار گرفت و هیدروژل A200 و SNF بدون خیساندن در بستر گیاه قرار گرفت. همچنین تیمار تنش خشکی دو هفته پس از کاشت نهال‌ها اعمال شد. تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری گلدان ها بعد از یک هفته، دو هفته و سه هفته بود که به صورت وزنی و بر اساس میزان آب تبخیر شده از گلدان‌های شاهد اعمال شد.آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۳×۳ با ۲۷ تیمار در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۳ تکرار شامل سه نوع پلیمر سوپر جاذب (بربری، A200 و SNF)، سه غلظت (۰، ۲۵ و ۵۰ گرم) و سه سطح تنش خشکی (یک‌هفته، دوهفته و سه‌هفته) به اجرا درآمد. پس از پایان آزمایش در تاریخ ۹۸/۸/۱۳ گیاهان از گلدان خارج و به منظور تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب در افزایش تحمل به تنش خشکی میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه گیری شدند. نمونه‌های برگ، ریشه و ساقه ابتدا با آب معمولی سپس بااسید هیدرو کلریک۰/۱ مول و سپس دوباره با آب مقطر شستشو گردید. نمونه گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه سانتیگراد خشک و سپس آسیاب شد. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵میلی متری عبور داده شد و میزان جذب عناصر غذایی آن (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) اندازه‌گیری شد. ۲گرم نمونه گیاه خشک شده را با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین و در کروزه چینی ریخته و به مدت ۴ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰درجه حرارت داده و خاکستر حاصل را با آب مقطر کمی خیس کرده و ۱۰میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲مول اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات محتویات کروزه از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه ۱۰۰میلی لیتر صاف شد. عصاره نهایی به حجم ۱۰۰میلی لیتر رسانیده شد. میزان نیتروژن بعد از هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک-اسید سالیسیلیک –آب اکسیژنه به وسیله کجلدال تعیین گردید(۳). درصد نیتروژن در نمونه خشک گیاهی از فرمول زیر محاسبه شد:

$$N\%=0.56\times t\times (a-b)\times V/M\times 100/D.M$$

T= غلظت اسید مصرفی جهت تیتراسیون بر حسب مول در لیتر

A= میزان اسید مصرفی جهت نمونه بر حسب میلی لیتر B = میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب میلی لیتر

اندازه گیری فسفر با استفاده از کالریمتری(رنگ زرد مولیبدات وانادات) در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد(۵). میزان فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب گرم درصد از رابطه زیر بدست می آید:

$$P=(A-b)\times V/2000W\times 100/D.M$$

a = غلظت فسفر نمونهb = غلظت فسفر شاهدV = حجم نهایی محلولW = وزن نمونه خشک گیاه

اندازه گیری پتاسیم با استفاده از هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریک به روش نشر شعله ای اندازه‌گیری شد و میزان جذب توسط دستگاه فلیم فوتومتر در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر قرائت شد(۲۱).

نتایج و بحث

مطابق با نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثرات پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل آبیاری در غلظت پلیمرها در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان نیتروژن و اثرات اصلی آبیاری، پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل تنش خشکی در غلظت در سطح ۱ درصد بر میزان پتاسیم و همچنین اثرات اصلی تنش خشکی و اثرات سه گانه تنش خشکی، پلیمرهای سوپر جاذب و غلظت در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات اصلی پلیمرهای سوپر جاذب در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان فسفر موجود در برگ معنی‌دار گردید. بر اساس نتایج حاصل از جدول آنالیز واریانس (جدول ۱) اثرات اصلی آبیاری ، اثرات متقابل آبیاری در غلظت پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات سه گانه در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل آبیاری در پلیمرهای سوپر جاذب در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان نیتروژن موجود در ساقه معنی‌دار گردید. اثرات اصلی آبیاری، پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل آبیاری در پلیمرهای سوپر جاذب و همچنین اثرات سه گانه در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات اصلی غلظت پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل آبیاری در غلظت پلیمرهای سوپر جاذب در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان پتاسیم موجود درساقه معنی‌دار گردید. اثرات اصلی آبیاری در سطح ۱ درصد و اثرات اصلی پلیمرهای سوپر جاذب، اثرات متقابل آبیاری در پلیمرهای سوپر جاذب و پلیمرهای سوپر جاذب در غلظت در سطح ۵ درصد بر میزان فسفر موجود در ساقه معنی‌دار هستند.

جدول آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل آبیاری در پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل پلیمرهای سوپر جاذب در غلظت آنها در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان نیتروژن واثرات آبیاری، غلظت پلیمرهای سوپر جاذب، برهمکنش آبیاری در پلیمرهای سوپر جاذب، برهمکنش آبیاری در غلظت پلیمرها، برهمکنش پلیمرهای سوپر جاذب در غلظت و اثرات سه گانه در سطح احتمال ۱ درصد و همچنین اثرات اصلی آبیاری، پلیمرهای سوپر جاذب و اثرات متقابل آبیاری در پلیمرهای سوپر جاذب و همچنین اثرات سه گانه در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل آبیاری در غلظت پلیمرهای سوپر جاذب در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فسفر موجود در ریشه تأثیر معنی‌داری دارند.

نتایج به دست آمده از جدول ۳ نشان داد که استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب مبزان نیتروژن برگ را به طور معنی-داری افزایش داد. بیشترین میزان جذب نیتروژن برگ در تیمار یک هفته‌ای با پلیمر سوپر جاذب A200 در غلظت ۲ گرم بر کیلو گرم به دست آمد که موجب افزایش ۱۲/۸۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. افزایش شدت تنش خشکی موجب کاهش میزان نیتروژن برگ نسبت به شرایط عدم تنش گردید به طوری که کمترین میزان نیتروژن در تیمار هفته سوم با پلیمر سوپر جاذب SNF در غلظت صفر گرم بر کیلوگرم به دست آمد که موجب کاهش ۲۹/۰۴ درصدی نسبت به شاهد گردید. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده میزان پتاسیم برگ تحت تأثیر پلیمر سوپر جاذب و غلظت آن‌ها قرار گرفت به طوری که هیدروژل A200 در غلظت ۱ گرم در کیلوگرم در هفته اول دارای بیشترین میزان پتاسیم برگ بود و کمترین میزان پتاسیم در هفته دوم، پلیمر بربری در غلظت ۲ گرم بر کیلوگرم به دست آمد که کاهش ۱۰/۶۲ درصدی نسبت به شاهد داشت. غلظت ۲ گرم در کیلوگرم هیدروژل A200 در هفته اول دارای بیشترین میزان فسفر بود که نسبت به برخی تیمارها افزایش معنی‌داری داشت و افزایش ۱۷/۶۴ درصدی نسبت به شاهد داشت. افزایش دور آبیاری موجب کاهش میزان فسفر نسبت به هفته اول گردید به طوری که در غلظت ۲ گرم در کیلوگرم SNF در هفته دوم کمترین میزان فسفر به دست آمد که کاهش ۵۲/۹۴ درصدی نسبت به شاهد داشت. بر اساس نتایج به دست آمده استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب تحت شرایط تنش خشکی عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار دادند به طوری که تنش خشکی میزان پتاسیم و فسفر برگ را به طور معنی‌داری کاهش داد. بیشترین میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر برگ تحت تأثیر استفاده از پلیمر A200 به دست آمد که

موجب افزایش معنی‌دار این عناصر نسبت به بقیه هیدروژل‌ها گردید. سوری و معتمدی (۱۹) در نتایج حاصل از پژوهش خود گزارش کردند که تنش خشکی عناصر غذایی از جمله میزان پتاسیم و فسفر را کاهش داد و استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب موجب افزایش معنی‌دار نیتروژن، پتاسیم و فسفر گردید. بنابراین وضعیت تغذیه گیاه تحت تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب قرار می‌گیرد. این مواد غذایی نسبت به ترکیباتی مثل نیترات آمونیوم و آمونیوم فسفات مدت طولانی‌تری در دسترس هستند. استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب همراه کود دامی میزان جذب عناصری از جمله نیتروژن، پتاسیم و کلسیم را افزایش می‌دهند. افزایش میزان عناصر غذایی به علت افزایش مواد آلی کافی و افزایش میزان رطوبت و تسریع دسترسی گیاه به عناصر به علت حضور پلیمرهای سوپر جاذب هست (۱۲).

جدول(۱) جدول آنالیز واریانس عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شده در اندام هوایی آکاسیا تحت تنش خشکی، پلیمرهای سوپر جاذب و غلظت آنها

Table (1) Variance analysis of N.P.K. elements measured in acacia shoot under drought stress, superabsorbent polymers (SAP) and their concentration

منابع تغیرات Variable Source	درجه آزادی Degree of free	نیتروژن برگ (٪) Leaves Nitrogen(٪)	پتاسیم برگ (٪) leaves potassium(٪)	فسفر برگ (٪) Leaves phosphorus(٪)	نیتروژن ساقه(٪) Stem Nitrogen(٪)	پتاسیم ساقه (٪) Stem potassium(٪)	فسفر ساقه (٪) Stem phosphorus(٪)
تکرار Replication	2	0.06 ns	0.05ns	0.001ns	0.044ns	0.019ns	0.002ns
آبیاری Irrigation	2	0.07ns	0.41**	0.003*	0.296*	0.689**	0.010**
پلیمر سوپر جاذب (SAP)	2	0.33*	0.25**	0.016**	0.762**	0.641**	0.002*
غلظت Concentration	2	0.21ns	0.03ns	0.0001 ns	0.129ns	0.164*	0.001ns
آبیاری*پلیمر سوپر جاذب Irrigation× (SAP)	4	0.10ns	0.04ns	0.001ns	0.416**	0.387**	0.002*
آبیاری*غلظت Irrigation×Concentration	4	0.37*	0.11**	0.001ns	0.214*	0.134*	0.0009ns
پلیمر سوپر جاذب*غلظت (SAP)* Concentration	4	0.05ns	0.003ns	0.001ns	0.082ns	0.048ns	0.003*
آبیاری*پلیمر سوپر جاذب*غلظت Irrigation* (SAP)*Concentration	8	0.06ns	0.04ns	0.002*	0.214*	0.210**	0.001ns
خطاError	52	0.10	0.03	0.0009	0.081	0.048	0.0007
ضریب تغییرات (CV)		16.21	3.35	19.78	14.24	4.96	20.06

ns: عدم معنی‌داری؛ *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد؛ **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ns: non significance; *: significance at the 5% probability level; **: Significance at the 1% probability level

جدول(۲) جدول آنالیز واریانس عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شده در ریشه آکاسیا تحت تنش خشکی، پلیمرهای سوپر جاذب و غلظت آنها

Table (2) Variance analysis of N.P.K. elements measured in acacia root under drought stress, superabsorbent polymers (SAP) and their concentration

منابع تغیرات Source	درجه آزادی Degree of free	Variable	نیتروژن ریشه (٪) Root Nitrogen(٪)	پتاسیم ریشه (٪) Root potassium(٪)	فسفر ریشه (٪) Root phosphorus (٪)
تکرار Replication	2		0.086ns	0.027ns	0.001ns
آبیاری Irrigation	2		0.468**	0.718**	0.012**
پلیمر سوپر جاذب polymer	2	Super absorbance	0.034ns	0.020ns	0.019**
غلظت	2	Concentratio	0.053ns	0.060**	0.001ns
آبیاری*پلیمر سوپر جاذب (SAP)	4	Irrigation*	0.150*	0.185**	0.008**
آبیاری*غلظت Concentratio	4	Irrigation*	0.050ns	0.150**	0.006*
پلیمر سوپر جاذب*غلظت	4	(SAP)* Concentratio	0.113*	0.154**	0.003ns
آبیاری*پلیمر سوپر جاذب*غلظت	8		0.053ns	0.085**	0.007**
خطا Error	52	Irrigation* (SAP)* Concentration	0.043	0.011	0.001
ضریب تغییرات		CV	18.61	2.72	31.25

ns: عدم معنی‌داری؛ *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد؛ **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ns: non significance; *: significance at the 5% probability level; **: Significance at the 1% probability level

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی در پلیمر سوپر جاذب در غلظت هیدروژل(جدول ۴) نشان داد که استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب و غلظت آن‌ها میزان نیتروژن ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند به طوری که بیشترین میزان نیتروژن در هفته اول و استفاده از پلیمر سوپر جاذب A200 در غلظت ۲ گرم بر کیلوگرم به دست آمد که افزایش ۵۰/۲۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. اعمال شدت تنش خشکی و افزایش دور آبیاری موجب کاهش میزان نیتروژن گردید به طوری که کمترین میزان نیتروژن در هفته سوم و غلظت صفر گرم بر کیلوگرم هیدروژل بربری به دست آمد که کاهش ۳۲/۱۶ درصدی نسبت به شاهد داشت. غلظت ۱ گرم در کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب SNF در هفته اول دارای بیشترین میزان پتاسیم در ساقه بود که نسبت به اغلب تیمارها افزایش معنی-داری داشت. همچنین افزایش شدت تنش خشکی در اغلب موارد موجب کاهش میزان پتاسیم گردید به طوری که کمترین میزان پتاسیم در تیمار صفر گرم در کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب بربری در هفته دوم به دست آمد که موجب کاهش ۱۲/۱۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب میزان فسفر ساقه را تحت تأثیر قرار داد. در بین هیدروژل‌ها پلیمر سوپر جاذب SNF در هفته دوم و غلظت ۱ گرم بر کیلوگرم دارای بیشترین میزان فسفر بود که این افزایش نسبت به برخی تیمارها معنی‌دار گردید و کمترین میزان فسفر ساقه در تیمار هفته اول و غلظت صفر گرم بر کیلو گرم پلیمر سوپر جاذب A200 و SNF به دست آمد.

جدول(۳) اثرات متقابل پلیمرهای سوپر جاذب در غلظت بر میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر برگ تحت شرایط تنش خشکی

Table (3) The interaction effects of superabsorbent polymers in concentration on the amount of nitrogen, potassium and phosphorus in Leaves under drought stress conditions

تنش خشکی Drought stress	پلیمر سوپر جاذب Super absorbance polymer	غلظت Concentration	نیتروژن برگ (٪) Leaves Nitrogen(٪)	پتاسیم برگ (٪) leaves potassium(٪)	فسفر برگ (٪) Leaves phosphorus(٪)
یک هفته ای(one week)	A200	0	2.10abc	5.46ab	0.17abc
یک هفته ای(one week)	A200	1	2.23ab	5.51a	0.17abc
یک هفته ای(one week)	A200	2	2.37a	5.39abcd	0.20a
یک هفته ای(one week)	SNF	0	1.92abc	5.34abcd	0.15abcde
یک هفته ای(one week)	SNF	1	2.11abc	5.28abcdef	0.15abcde
یک هفته ای(one week)	SNF	2	1.75abc	5.28abcdef	0.14bcdef
یک هفته ای(one week)	بربری	0	1.62bc	5.50a	0.15abcde
یک هفته ای(one week)	بربری	1	1.79abc	5.22abcdefgh	0.15abcde
یک هفته ای(one week)	بربری	2	1.87abc	5.38abcd	0.18abc
دو هفته ای(two week)	A200	0	2.27ab	5.39abcd	0.14abcde
دو هفته ای (two week)	A200	1	1.98abc	5.42abc	0.19ab
دو هفته ای(two week)	A200	2	1.74abc	5.08cdefgh	0.11def
دو هفته ای(two week)	SNF	0	2.00abc	5.18abcdefgh	0.13bcdef
دو هفته ای(two week)	SNF	1	1.98abc	4.92gh	0.12cdef
دو هفته ای(two week)	SNF	2	1.96abc	4.97efgh	0.08f
دو هفته ای(two week)	بربری	0	2.01abc	5.11bcdefgh	0.14abcde
دو هفته ای(two week)	بربری	1	1.96abc	5.22abcdefgh	0.16abcde
دو هفته ای(two week)	بربری	2	1.98abc	4.88h	0.19ab
سه هفته ای(three week)	A200	0	2.36a	5.18abcdefgh	0.17abc
سه هفته ای(three week)	A200	1	1.97abc	5.18abcdefgh	0.16abcde
سه هفته ای(three week)	A200	2	2.22ab	5.31abcde	0.18ab
سه هفته ای(three week)	SNF	0	1.49c	4.94fgh	0.10ef
سه هفته ای(three week)	SNF	1	2.27ab	5.26abcdefg	0.10ef
سه هفته ای(three week)	SNF	2	2.12abc	5.05defgh	0.13bcdef
سه هفته ای(three week)	بربری	0	2.19ab	5.10cdefgh	0.17abc
سه هفته ای(three week)	بربری	1	1.73abc	5.31abcde	0.17abc
سه هفته ای(three week)	بربری	2	2.26ab	5.38abcd	0.15abcde

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

جدول(٤) اثرات متقابل پلیمرهای سوپر جاذب در غلظت بر میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر ساقه تحت شرایط تنش خشکی

Table (4) The interaction effects of superabsorbent polymers in concentration on the amount of nitrogen, potassium and phosphorus in stem under drought stress conditions

تنش خشکی Drought stress	پلیمر سوپر جاذب Super absorbance polymer	غلظت Concentration	نیتروژن ساقه (٪) Stem Nitrogen (٪)	پتاسیم ساقه (٪) Stem potassium(٪)	فسفر ساقه (٪) Stem phosphorus (٪)
یک هفته ای(one week)	A200	0	1.71e	4.61bcd	0.08f
یک هفته ای(one week)	A200	1	1.72e	4.59bcde	0.10cdef
یک هفته ای(one week)	A200	2	2.57a	4.23defg	0.10cdef
یک هفته ای(one week)	SNF	0	1.85de	4.62bcd	0.08f
یک هفته ای(one week)	SNF	1	2.11abcde	5.21a	0.13bcdef
یک هفته ای(one week)	SNF	2	1.84de	5.15a	0.10cdef
یک هفته ای(one week)	بربری	0	2.13abcde	4.44cdefg	0.12cdef
یک هفته ای(one week)	بربری	1	2.38abcd	4.62bcd	0.14abcd
یک هفته ای(one week)	بربری	2	2.02abcde	4.30defgh	0.12cdef
دو هفته ای(two week)	A200	0	2.23abcde	4.23defg	0.11cdef
دو هفته ای (two week)	A200	1	1.99bcde	4.52bcdef	0.13bcdef
دو هفته ای(two week)	A200	2	1.82de	4.91ab	0.18ab
دو هفته ای(two week)	SNF	0	2.53ab	4.34cdefg	0.18ab
دو هفته ای(two week)	SNF	1	2.36abcd	4.48cdefg	0.19a
دو هفته ای(two week)	SNF	2	2.02abcde	4.43cdefg	0.13bcdef
دو هفته ای(two week)	بربری	0	1.79e	4.05g	0.11cdef
دو هفته ای(two week)	بربری	1	1.99bcde	4.11fg	0.15abcd
دو هفته ای(two week)	بربری	2	1.83de	4.06g	0.14abcd
سه هفته ای(three week)	A200	0	2.03abcde	4.43cdefg	0.12cdef
سه هفته ای(three week)	A200	1	1.76e	4.76bc	0.12cdef
سه هفته ای(three week)	A200	2	1.89cde	4.16efg	0.11cdef
سه هفته ای(three week)	SNF	0	1.87de	4.45cdefg	0.14abcd
سه هفته ای(three week)	SNF	1	2.44abc	4.49cdefg	0.15abcd
سه هفته ای(three week)	SNF	2	2.17abcde	4.16efg	0.11cdef
سه هفته ای(three week)	بربری	0	1.16f	4.39cdefg	0.11cdef
سه هفته ای(three week)	بربری	1	1.82de	4.16fg	0.15abcd
سه هفته ای(three week)	بربری	2	2.04abcde	4.50bcdef	0.13bcde

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

افزایش غلظت پلیمرهای سوپر جاذب میزان فسفر را در اغلب موارد افزایش دادند. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب تحت شرایط تنش خشکی عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار دادند به طوری که تنش خشکی میزان پتاسیم موجود در ساقه را به طور معنی‌داری کاهش داد و بیشترین میزان نیتروژن ساقه تحت تأثیر استفاده از پلیمر A200 به دست آمد که موجب افزایش معنی-دار این عناصر نسبت به بقیه هیدروژل‌ها گردید. در بین استفاده

از سه نوع پلیمر سوپر جاذب استفاده از پلیمر سوپر جاذب SNF موجب افزایش معنی‌دار میزان پتاسیم و فسفر موجود در ساقه نسبت به بقیه پلیمرها گردید. تانگو و همکاران[۲] (۲۰) گزارش کردند که تنش خشکی رشد برگ‌ها را متوقف و مصرف انرژی و کربن را در ساقه کاهش می‌دهد و میزان انرژی از طریق آوند آبکش به ریشه‌ها منتقل می‌شود که موجب کاهش میزان عناصر غذایی در اندام هوایی می‌گردد. استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب از طریق نگه داشتن رطوبت و رهاسازی در مواقع ضروری موجب افزایش رطوبت اطراف ریشه و در نهایت افزایش وزن، حجم، سطح و طول ریشه می‌شوند. در واقع استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب موجب بهبود شرایط فیزیولوژیکی خاک و افزایش ریشه‌های ثانویه و تراکم ریشه می‌شوند که از این طریق ریشه‌ها دسترسی بیشتری به آب قابل استفاده دارند و جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه‌ها و انتقال آن به اندام هوایی افزایش می‌یابد.

براساس نتایج به دست آمده از جدول ۵ اعمال تنش خشکی میزان نیتروژن ریشه را تحت تأثیر قرار داد و استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب موجب افزایش میزان جذب نیتروژن ریشه تحت شرایط تنش خشکی گردید. همچنین افزایش غلظت پلیمرهای سوپر جاذب در اغلب موارد موجب افزایش میزان جذب نیتروژن گردید. بیشترین میزان نیتروژن ریشه در غلظت ۲ گرم بر کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب A200 در هفته اول به دست آمد که موجب افزایش ۴/۹۶ درصدی نیتروژن نسبت به شاهد گردید. اعمال تنش خشکی میزان نیتروژن ریشه را کاهش داد و کمترین میزان نیتروژن ریشه در هفته دوم پلیمر سوپر جاذب A200 با غلظت صفر گرم در کیلوگرم به دست آمد که موجب کاهش ۵۱/۰۶ درصدی نیتروژن نسبت به شاهد گردید. افزایش غلظت پلیمرهای سوپر جاذب در اغلب موارد موجب افزایش میزان پتاسیم ریشه تحت شرایط تنش گردید. تیمار ۱ گرم در کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب A200 در هفته اول دارای بیشترین میزان پتاسیم ریشه و صفر گرم در کیلو گرم پلیمر سوپر جاذب A200 در هفته دوم دارای کمترین میزان پتاسیم ریشه بود. افزایش شدت تنش خشکی موجب کاهش میزان فسفر ریشه گردید و استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب موجب افزایش میزان فسفر ریشه شد به طوری که بیشترین میزان فسفر ریشه در تیمار هفته اول با غلظت ۱ گرم در کیلو گرم پلیمر سوپر جاذب SNF به دست آمد و کمترین میزان فسفر ریشه در تیمار هفته سوم با غلظت ۲ گرم در کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب بربری به دست آمد که موجب کاهش ۵۴/۵۴ درصدی نسبت به شاهد گردید. مطابق با یافته‌های به دست آمده استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب جذب عناصر غذایی را تحت شرایط تنش خشکی تحت تأثیر قرار داد به طوری که تنش خشکی میزان نیتروژن موجود در ریشه و پتاسیم موجود در ریشه را به طور معنی‌داری کاهش داد. بیشترین میزان نیتروژن و پتاسیم ریشه تحت تأثیر استفاده از پلیمر A200 به دست آمد که موجب افزایش معنی‌دار این عناصر نسبت به بقیه هیدروژل‌ها گردید. در بین استفاده از سه نوع پلیمر سوپر جاذب استفاده از پلیمر سوپر جاذب SNF موجب افزایش معنی‌دار میزان فسفر موجود در ریشه نسبت به بقیه پلیمرها گردید. بر اساس این مطالعات رطوبت خاک ویژگی های بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین تنش خشکی جذب عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار داده و سبب باروری کمتر خاک می‌شود. خشک کردن یا مرطوب کردن خاک اثرات بیشتری بر ترکیبات میکروبی خاک و شستشوی مواد غذایی خاک دارد. فعالیت‌های میکروبی در طی یک چرخه مرطوب شدن افزایش و موجب تغییر عناصر غذایی خاک می‌شوند (۸). استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک از قبیل نیتروباکتر و نیتروزوموناس گردید و همچنین فرایند نیتریفیکاسیون و دیگر فعالیت‌های شیمیایی که منجر به تغییر وضعیت غذایی خاک می‌شوند را تسهیل می‌کند. بنابراین استفاده از پلیمرها سوپر جاذب فعالیت‌های میکروبی را تحت تأثیر قرار داده و سبب سهولت دسترسی ریشه گیاهان به عناصر غذایی و تجمع بیشتر این عناصر در گیاه می‌شود (۱۹).

2- Tongo *et al.*

جدول(۵) اثرات متقابل پلیمرهای سوپر جاذب در غلظت بر میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر ریشه تحت شرایط تنش خشکی

Table (5) The interaction effects of superabsorbent polymers in concentration on the amount of nitrogen, potassium and phosphorus in root under drought stress conditions

تنش خشکی Drought stress	پلیمر سوپر جاذب Super absorbance polymer	غلظت Concentration	نیتروژن ریشه (٪) Root Nitrogen(٪)	پتاسیم ریشه (٪) Root potassium(٪)	فسفر ریشه (٪) Root phosphorus(٪)
یک هفته ای(one week)	A200	0	1.41ab	4.22abc	0.11cdef
یک هفته ای(one week)	A200	1	1.46a	4.32a	0.14bcd
یک هفته ای(one week)	A200	2	1.48a	4.27ab	0.09cdefg
یک هفته ای(one week)	SNF	0	1.19abcd	4.00defg	0.12cdef
یک هفته ای(one week)	SNF	1	1.21abcd	4.27ab	0.24a
یک هفته ای(one week)	SNF	2	0.99cde	4.18abcd	0.10cdefg
یک هفته ای(one week)	بربری	0	1.11abcd	3.88fghij	0.05efg
یک هفته ای(one week)	بربری	1	1.10abcd	4.14abcd	0.13cde
یک هفته ای(one week)	بربری	2	1.30abc	3.92efgh	0.06efg
دو هفته ای(two week)	A200	0	0.69e	3.28k	0.06efg
دو هفته ای (two week)	A200	1	0.92cde	3.87fghij	0.04fg
دو هفته ای(two week)	A200	2	1.13abcd	4.02cdefg	0.09cdefg
دو هفته ای(two week)	SNF	0	0.84de	3.76hij	0.15bc
دو هفته ای(two week)	SNF	1	0.96cde	3.67j	0.08cdefg
دو هفته ای(two week)	SNF	2	1.16abcd	3.90efghi	0.08cdefg
دو هفته ای(two week)	بربری	0	1.22abcd	4.07bcdef	0.12cdef
دو هفته ای(two week)	بربری	1	1.02bcde	3.92efgh	0.06defg
دو هفته ای(two week)	بربری	2	0.95cde	3.78hij	0.08cdefg
سه هفته ای(three week)	A200	0	0.98cde	3.70ij	0.06defg
سه هفته ای(three week)	A200	1	1.17abcd	4.02cdefg	0.08cdefg
سه هفته ای(three week)	A200	2	1.19abcd	3.86ghij	0.12cdef
سه هفته ای(three week)	SNF	0	0.97cde	3.79hij	0.11cdef
سه هفته ای(three week)	SNF	1	1.21abcd	4.16abcd	0.21ab
سه هفته ای(three week)	SNF	2	1.28abc	4.25ab	0.10cdefg
سه هفته ای(three week)	بربری	0	0.98cde	4.09bcde	0.15bc
سه هفته ای(three week)	بربری	1	0.99cde	3.79hij	0.10cdefg
سه هفته ای(three week)	بربری	2	1.31abc	3.93efgh	0.04fg

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

نتیجه گیری

مطابق با یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر جذب عناصر ماکرو از جمله .N. P. K تحت تأثیر اعمال تیمارها قرار گرفت به طوری که تنش خشکی موجب کاهش و استفاده از سوپر جاذب‌ها میزان جذب این عناصر را افزایش داد. از سه نوع پلیمر A200، بربری و SNF هیدروژل A200 در غلظت ۲ گرم بر کیلوگرم در هفته اول بیشترین تأثیر را در جذب عناصر مذکور داشت.که موجب افزایش ۱۲/۸۵ درصدی نیتروژن برگ، ۱۷/۶۴ درصدی فسفر برگ، ۵۰/۲۹ درصدی

نیتروژن ساقه گردید. بیشترین میزان پتاسیم ساقه و فسفر ریشه تحت تأثیر استفاده SNF به دست آمدند. بر اساس نتایج این پژوهش استفاده از پلیمر سوپر جاذب A200 نسبت به بقیه هیدروژل‌ها بیشترین تأثیر را بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه و جذب عناصر نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) داشت.

سپاس‌گزاری

در پایان نویسندگان از مرکز ریزگردهای دانشگاه شهید چمران اهواز که هزینه اجرای این پژوهش را به عهده گرفتند تشکر می‌نمایند.

References

1. Abbaspour, K. C., Faramarzi, M., Ghasemi, S. S., and Yang, H. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water resources research, 45: 1-16.

2. Abobatta, W. 2018. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. Agriculture Environment Science, 1: 59-64

3. Anderson, J. P. E. 1982. Methods of soil analysis Part2 Chemical and microbiological properties. Ameri- can Society of Agronomy, Madison, 9: 831-871.

4. Blodgett, A. M., Beattie, D. J., White, J. W., and Elliott, G. C. 1993. Hydrophilic polymers and wetting agents affect absorption and evaporative water loss. Horticulture Science, 28: 633-645

5. Chapman, H. D., and Pratt, D. F. 1961. Methods of analysis of soil, plant, and water. California University, Berkeley (USA)

6. Fathi, A., and Tari, D. B. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences, 10: 1-6.

7. Gehring, J. M., and Lewis, A. J. 1980. Effect of Hydrogel on Wilting and Moisture Stress of Bedding Plants1. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105: 511-513.

8. Gordon, H., Haygarth, P. M., and Bardgett, R. D. 2008. Drying and rewetting effects on soil microbial community composition and nutrient leaching. Soil Biology and Biochemistry, 40: 302-311.

9. Hoffman, L., DaCosta, M., Ebdon, J. S., and Zhao, J. 2012. Effects of drought preconditioning on freezing tolerance of perennial ryegrass. Environmental and experimental botany, 79: 11-20.

10. Islam, M. R., Hu, Y., Mao, S., Jia, P., Eneji, A. E., and Xue, X. 2011. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea mays* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 813-819.

11. Khadem, S. A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S. R., Rousta, M. J., and Rezvani-Moghadam, P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. Australian Journal of Crop Science, 4: 642-658.

12. Khadem, S. H., Rousta, M. J., Chorom, M., Khadem, S. A., and Kasraeyan, A. 2010. The effects of different rates of super absorbent polymers and manure on corn nutrient uptake. In Proceedings of the 19th world congress of soil science: soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 2: 1-6.

13. Navarrete, D., Bravo, L. A., Rubilar, R. A., Emhart, V., and Sanhueza, R. 2013. Drought effects on water use efficiency, freezing tolerance and survival of Eucalyptus globulus and Eucalyptus globulus× nitens cuttings. New Forests, 44: 119-134.

14. Nazarli, H., Zardashti, M. R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. Notulae Scientia Biologicae, 2: 53-58.

15. Ouchi, S., Nishikawa, A., and Kamada, E. 1990. Soil-improving effects of a super-water-absorbent polymer (part 2). Evaporation, leaching of salts and growth of vegetables. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 61: 606-613.

16. Oliet, J. A., Planelles, R., Artero, F., and Domingo-Santos, J. M. 2016. Establishing Acacia salicina under dry Mediterranean conditions: The effects of nursery fertilization and tree shelters on a mid-term experiment with saline irrigation. Ciencia e investigación agraria, 43: 69-84.

17. Sayyari, M., and Ghanbari, F. 2012. Effects of super absorbent polymer A200 on the growth, yield and some physiological responses in sweet pepper (*Capsicum Annuum* L.) under various irrigation regimes. International Journal of Agricultural and Food Research, 1: 45-58

18. Sett, R. 2017. Responses in plants exposed to dust pollution. Horticulture International Journal, 1: 53-56.

19. Souri, M., and Motamedi, J. 2015. Effects of super-absorbent polymers (SAPs) plus manure treatments on vegetation cover and soil nutrients of Festuca ovina under drought stress.

20. Tongo, A., Mahdavi, A., and Sayad, E. 2014. Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of Acacia victoriae seedlings under drought stress. Ecopersia, 2: 571-583.

21. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G., and Vander Lee, J. J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7. Plant Analysis ProceduresWageningen Agriculture University.

22. Yang, F., Cen, R., Feng, W., Liu, J., Qu, Z., and Miao, Q. 2020. Effects of Super-Absorbent Polymer on Soil Remediation and Crop Growth in Arid and Semi-Arid Areas. Sustainability, 12: 7825-7838.

23. Yazdani, F., Allahdadi, I., and Akbari, G. A. 2007. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. Pakistan Journal Biological Science, 10: 4190-4196.

24. Zohuriaan-Mehr, M. J., and Kabiri, K. 2008. Superabsorbent polymer materials: a review. Iranian polymer journal, 17: 451-468.