Archive of SID

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۹ شماره ۱/ بهار ۱۳۹۸

بررسی اثر سوپرنانوجاذب ASN-320 روی رشد کلزا در سطوح مختلف آبیاری

داود زارع‌حقی[۱*]، مهدی نصیری[۲]، رضا حسن‌پور[۳]، احمد حامی[۴]، سهیل سلیمی[۵]، ثریا علی‌پور جداری‌فر[۶]

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱۷

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
٤- استادیار گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
٥-دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
٦- دانشجوی کارشناسی، رشته علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: E-mail: davoudhaghi@tabrizu.ac.ir

چکیده

یکی از مهم‌ترین مشکلات در تولید محصولات کشاورزی، کمبود آب است. با کاربرد برخی مواد جاذب رطوبت می‌توان از بارندگی‌های پراکنده استفاده و موجب کاهش تبخیر آب از خاک، حفظ و ذخیره آب در خاک شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بصورت گلخانه‌ای اجرا شد. در این تحقیق چهار سطح سوپرنانوجاذب ASN-320 شامل صفر (شاهد)، ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب (۲ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک)، ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب (٤ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک)، ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب (٦ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک) و سه سطح آبیاری، I_1: FC-۰/۸۵FC ، I_2: ۰/۸۵FC-۰/٦۵FC ، I_3: ۰/٦۵FC-۰/۵FC، روی برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک کلزا مورد بررسی قرار گرفت. این صفات، به طور معنی‌داری تحت تاثیر سوپرنانوجاذب قرار گرفتند. بیش‌ترین قطر ساقه، ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، تعداد غلاف، تعداد خورجین، وزن تر و خشک بخش هوایی و وزن هزار دانه در بالاترین سطح سوپرنانوجاذب (٦ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک) حاصل شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده سوپرنانوجاذب موجب کاهش خسارات وارد شده در تنش خشکی گردید. بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه با استفاده از سوپرنانوجاذب نشان دهنده نقش تأثیر گذار آن در شرایط تنش خشکی است. در این پژوهش مشخص گردید که هر چند که با کاهش مقدار آب، شاخص‌های رشدی کاهش یافت، ولی با اضافه نمودن سوپرنانوجاذب میزان کاهش کمتر از عدم کاربرد سوپرنانوجاذب بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سوپرنانوجاذب، شاخص کلروفیل، صفات فیزیولوژیک، کلزا

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of ASN-320 Super Nano-absorbent on the Growth of Rapeseed at Different Irrigation Levels

Davoud Zarehaghi[1], Mehdi Nasiri[2], Reza Hassanpour[3], Ahmad Hami[4], Soheil Salimi[5], Soraya Alipour Jedarifar[6]

Received: December 2, 2017 Accepted: December 8, 2018
1-Assist. Prof., Dept. of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2-Graduated MSc, Dept. of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
3-PhD. Student, Dept. of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
4-Assist. Prof., Dept. of landscape Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
5-Graduate MSc Student, Dept. of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
6-Graduate BSc Student, Dept. of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: davoudhaghi@tabrizu.ac.ir

Abstract

One of the most important problems in agricultural production is water shortage. Application of absorbent materials can help usage of sporadic rain fall and cause more maintenance of water storage. This research was conducted as factorial based on a randomized complete design with three replication and four levels super nano-absorbent consisted of 0 (control), 0.2% super nano-absorbent (2 gram super nano-absorbent per kg of soil), 0.4% super nano-absorbent (4 g super nano-absorbent per kg of soil), 0.6% super nano-absorbent (6 gram super nano-absorbent per kg of soil) and three levels of irrigation; I_1: FC- 0.85FC, I_2: 0.85FC- 0.65FC, I_3: 0.65FC- 0. 5 FC, was evaluated on the some physiological and morphological traits of rapeseed. These traits were affected significantly by super nano-absorbent. The highest stem diameter, plant height, chlorophyll index, number of pods and panicles, fresh and dry weight of the aerial part and 1000-seed weight were obtained with the use of more super nano-absorbent. (6 g super nano-adsorbent per kg of soil). Depending on the results, super nano-absorbent reduced damages caused by drought stress. The highest fresh and dry weights of the aerial parts of the plant using super nano-absorbent showed its role in drought stress conditions. In this study, it was found that although the growth indices decreased by reducing the amount of water, but by adding super nano-absorbent, the reduction was less than the non-use of super-adsorbent.

Keywords: Chlorophyll Index, Drought Stress, Rapeseed, Super Nano-Absorbent, Physiological Traits

مقدمه

با توجه به قرار داشتن ایران در اقلیم خشک و نیمه-خشک و به دلیل پایین بودن بارش‌های جوی در این نواحی، کمبود آب یکی از چالش‌های اصلی بخش کشاورزی است. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق و محدودیت منابع آبی سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود (رضایی چپانه و همکاران ۲۰۱۳). از سویی دیگر رشد جمعیت و در پی آن

www.SID.ir

Archive of SID

تأمین امنیت غذایی و نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی، شناخت ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه، اهمیت مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی و لزوم افزایش بهره‌وری آب در این بخش را بیشتر نمایان می‌کند (توکلی ۲۰۱۳). تنش کمبود آب فرآیندهای گیاهی را مختل کرده و با افزایش شدت تنش، این اثرات تشدید شده و برخی دیگر از فرآیندها هم تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

کاهش تلفات آب مصرفی همواره مورد نظر متخصصین کشاورزی بوده است، یکی از روش‌های نوین صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش هزینه‌های آبیاری استفاده از سوپرجاذب‌هاست (زنگوئی نسب ۲۰۱۲). سوپرجاذب‌ها در اثر جذب آب متورم می‌شوند و پس از تبخیر تدریجی آب به حالت اولیه خود باز می‌گردند. آب جذب شده به مرور زمان و با سرعتی کاملاً کنترل شده به محیط خشک اطراف نفوذ می‌کند، در نتیجه خاک به مدت نسبتاً طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (عباس ابهری و همکاران ۲۰۱۷). مزایای کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در کشاورزی عبارت است از: استفاده بهینه از آب و کود، جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسان رطوبتی، بهبود شرایط فیزیکی خاک، بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، جلوگیری از شست و شوی مواد غذایی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک، افزایش قوه نامیه و افزایش بازده محصول است (مسلمی و همکاران ۲۰۱۱). این مواد بی‌خطر، غیر سمّی بوده و در اثر تجزیه میکروبی و یا تأثیر نور خورشید به تدریج به آب، دی‌اکسیدکربن، آمونیوم و پتاسیم تجزیه می‌شوند (فاضلی رستم‌پور و همکاران ۲۰۱۳). هاترمن و همکاران (۱۹۹۹) در پژوهشی بر روی گونه صنوبر در چهار مخلوط صفر، ۲، ٤ و ۷ درصد پلیمر سوپرجاذب استوکوزورب با خاک نشان دادند، که غلظت بالاتر سوپرجاذب سبب افزایش درصد ماده خشک تولیدی توسط ریشه شده و توسعه ریشه را نیز سبب شد. نتایج بسیاری از بررسی‌ها نشان داده‌اند که کاربرد سوپرجاذب باعث کاهش اثر ناشی از تنش خشکی می‌شود (یزدانی و همکاران ۲۰۱۱؛ اسلام و همکاران ۲۰۰۷). در پژوهشی به ارزیابی پویایی (دینامیکی) نفوذ آب در خاک با کاربرد سوپرجاذب پرداخته شد و نتایج به‌دست آمده نشان داد که کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش حجم آب اشباع خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و نفوذپذیری آب در خاک می‌شود (هان و همکاران ۲۰۱۲). نصیری (۲۰۱۵) در بررسی تاثیر پومیس به عنوان خاکپوش روی روابط آبی گیاه ذرت به این نتیجه رسید که اثر مقادیر متفاوت پومیس بر شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. دلیل آن می‌تواند این باشد که پومیس با ایجاد لایه‌ای روی سطح خاک، رطوبت خاک را حفظ و شرایط بهتری را برای رشد و نمو و جذب عناصر غذایی گیاه فراهم نموده و باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ می‌گردد. که این نیز افزایش جذب تشعشع فتوسنتزی را در پی خواهد داشت. هم‌چنین با حفظ رطوبت بیشتر خاک، هدایت روزنه‌ای به‌طور قابل توجه و با تشدید تعرق باعث کاهش دمای سطح برگ می‌شود (گاتوروکو و همکاران ۲۰۱۲). شیرانی راد و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاربرد زئولیت در خاک تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه کلزا داشت. در آزمایشی روی گیاه ارزن دم روباهی (*Setaria italica* L.) مشخص شد که پلیمر سوپرجاذب موجب کاهش خسارت وارده در شرایط تنش خشکی شد (چهل‌گردی و همکاران ۲۰۱۵). مطالعه کشاورز و فرح‌بخش (۲۰۱۲) در خصوص اثر سوپرجاذب (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد ارزن تحت تنش آبی (٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ نیاز آبی) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح آبیاری و سوپرجاذب برای ارتفاع بوته، عملکرد علوفه خشک، علوفه تر، کارایی مصرف آب، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای پروتئین (درصد)، خاکستر (درصد) و شاخص کلروفیل وجود دارد. زارع‌حقی و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر پومیس بر رشد و عملکرد گلرنگ بهاره در شرایط دیم را بررسی و گزارش کردند که کاربرد پومیس در خاک باعث افزایش معنی‌دار رطوبت حجمی خاک، تعداد بذور جوانه زده، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و ارتفاع گیاه در سطح احتمال پنج درصد

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. دلیل آن می‌تواند افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک و جلوگیری از تشکیل سله در سطح خاک در اثر مخلوط شدن پومیس با خاک باشد. بنابراین پومیس به خاطر داشتن بافت متخلخل و سبک و خاصیت بالای جذب آب از یک طرف باعث افزایش تخلخل،کاهش جرم مخصوص ظاهری و کاهش تشکیل سله در سطح خاک می‌شود و شرایط فیزیکی مناسب برای رشد ریشه به وجود می‌آورد و از طرف دیگر با جذب آب باران و حفظ رطوبت در خاک از تنش کم آبی گیاه در طول فصل رشد جلوگیری می‌کند.

یکی از مشکلات عمده سوپرجاذب‌ها مدت زمان نسبتا کوتاه ماندگاری آنها در خاک است؛ زیرا به طور میانگین ۵ سال (بازه ۲ تا ۸ سال) نقش خود را ایفا کرده و سپس در خاک دچار تخریب می‌شوند. این مشکل زمانی حاد می‌شود که از آنها در مناطق غیرشهری و بیابانی استفاده گردد زیرا حمل و دفن آنها در مقیاس وسیع در بازه زمانی ۵ ساله دشوار است. به همین دلیل متخصصان به دنبال روشی بودند که مواد سوپرجاذب در بازه زمانی طولانی‌تری قادر به سرویس‌دهی باشد تا فقط با یک بار دفن آنها مشکل کم‌آبی پوشش‌های گیاهی رفع شود. آنچه در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، نوع جدیدی از سوپرجاذب‌هایی است که محدودیت زمانی نمونه‌های آلمانی استاکوزورب (مدت زمان میانگین ماندگاری ۵ سال) را نداشته و با قیمت یک سوم نمونه خارجی به تولید می‌رسد که علاوه بر قابلیت جذب و نگهداری آب در خاک، تقویت رویش و غنی سازی بافت گیاهی را به دنبال دارد؛ به خاطر اینکه در تولید آن از املاح کاتیونی پتاسیمی به جای سدیم استفاده شده تا از شوری و سفتی خاک نیز ممانعت به عمل آورد.

کلزا (*Brassica napus* L.) در بسیاری از مناطق جهان یک زراعت مهم اقتصادی به شمار می‌آید و با دارا بودن ٤٠-٤٤ درصد روغن یکی از مهم ترین دانه های روغنی محسوب شده و پس از سویا و نخل روغنی، سومین منبع تامین‌کننده روغن و کنجاله جهان به‌شمار می‌آید. دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (یانگ و همکاران ۲۰۱٤). کلزا از گیاهان روغنی است که کشت آن در سال‌های اخیر در حال گسترش است، از سال ۱۹۷٤ تا سال ۲۰۱٤ ، افزایش چشمگیری در تولید سالانه (حدود چهار برابر) در اغلب کشورهای تولید کننده روی داده است. این افزایش در تولید نه تنها در نتیجه افزایش سطح زیرکشت محصول بلکه به دلیل افزایش عملکرد در واحد سطح است (احمدی و همکاران ۲۰۱۵).

بنابراین هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی تأثیر نوع جدیدی از سوپرنانوجاذب به نام ASN-320 بر روی شاخص‌های رشد گیاه کلزا در سطوح مختلف آبیاری می‌باشد.

مواد وروش‌ها

این تحقیق در گلخانه گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور سوپرنانوجاذب و آبیاری هر کدام به ترتیب در چهار و سه سطح و در سه تکرار و در گلدان‌هایی به قطر ۳۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انجام گردید. برای انجام این پژوهش از سوپرنانوجاذب تولید شده در مرکز تحقیقات علوم پایه دانشگاه تبریز استفاده گردید.

خاک مورد استفاده از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز برداشته شد. پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مانند بافت خاک به روش هیدرومتری در زمان‌های ۳۰ و ٦۰ ثانیه، و ۱/۵ و ۲٤ ساعت (گی و بادر ۱۹۷۹)، کربن آلی به روش اکسایش تر (نلسون و سامرس ۱۹۹٦)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی، واکنش خاک در عصاره اشباع توسط دستگاه pHمتر، کربنات کلسیم معادل (جکسون ۱۹۵۸)، نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر قابل استفاده (اُلسن و سامرس ۱۹۸۲)، پتاسیم قابل استفاده با استفاده از استات آمونیوم، آهن قابل استفاده با عصاره‌گیر DTPA و روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول ۱). رطوبت

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت مزرعه (FC) در مکش ۰/۳ بار توسط دستگاه محفظه فشاری تعیین گردید (بلک و هارتج ۱۹۸٦).

فاکتور اول سوپرنانوجاذب ASN-200 در ٤ سطح؛ عدم استفاده از سوپرنانوجاذب (شاهد)، ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب (۲ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک)، ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب (٤ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک)، ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب (٦ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک) بود. فاکتور دوم آبیاری در ۳ سطح؛ I_1: FC–۰/۸۵FC، I_2: ۰/۸۵FC–۰/٦۵FC ، I_3: ۰/٦۵FC–۰/۵FC، صورت گرفت. رطوبت خاک گلدان‌ها در طول دوره رشد گیاه به روش وزنی تأمین شد.

قبل از کشت، مقدار سوپرجاذب برای هر گلدان با توجه به وزن خاک موجود در گلدان، محاسبه شد. این مقادیر در تیمارها به طور یکنواخت با خاک گلدان‌ها مخلوط گردید. پس از آماده شدن گلدان‌ها، در هر گلدان ۵ بذر در عمق ۵ سانتی‌متری به صورت دستی کاشته شد که پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه به ۳ بوته تقلیل یافت و در طول این مدت آبیاری در تمام گلدان به طور یکسان صورت می‌گرفت. پس از این آبیاری به صورت کنترل شده صورت گرفت. پارامترهای قطر ساقه، ارتفاع گیاه، شاخص کلروفیل، تعداد غلاف و تعداد خورجین اندازه‌گیری گردید و همچنین در پایان فصل رشد وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه و وزن هزار دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

برای تعیین تعداد خورجین در هر گلدان، همهٔ خورجین‌های نمونه‌های برداشت شده از گلدان‌ها شمارش شدند. برای به‌دست آوردن تعداد دانه نیز از هر گلدان ۱۰۰ عدد دانه با کاربرد ترازوی حساس (±۰/۰۰۱ گرم) توزین و با ضرب در عدد ۱۰، برای هزاردانه تعمیم داده شد.

شاخص کلروفیل سه مرتبه در طول مدت آزمایش توسط دستگاه کلروفیل‌متر (Model: Hansatech CL-01, UK) تعیین شد. برای این منظور در هر گلدان سه تا برگ توسعه یافته انتخاب و میانگین آن‌ها به عنوان شاخص کلروفیل برگ در هر گلدان در نظر گرفته شد.

قطر ساقه با استفاده از کولیس و ارتفاع بوته با استفاده از نوار متری هر کدام در چهار مرتبه، در هر سه بوته موجود در هر گلدان در طول مدت آزمایش اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها در هر مرتبه اندازه‌گیری به ترتیب به عنوان قطر ساقه و ارتفاع بوته گزارش گردید.

برای تعیین وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه در پایان فصل رشد بوته‌های موجود در هر گلدان برداشته شد و وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی حساس (±۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌های موجود در هر گلدان هر کدام جداگانه در داخل پاکت گذاشته شده و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ٤۸ ساعت در داخل آون گذاشته شد تا خشک شوند. سپس وزن خشک آن‌ها تعیین شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

کلاس بافت	کربن آلی	FC	$CaCo_3$	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
	(درصد)				
لوم شنی	۰/۷۹٤٤	۱٦/۵۸	۳۰/۷۳	۷/٦۲	۲/٤۵

ادامه جدول ۱

نیتروژن (درصد)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
		($mg.kg^{-1}$)				
۰/۰۵٦	۰/۱۷۱	۱۸۸	۲/۱۲۵	۰/۰٦۵	۰/۵٦	۰/۱۵۵

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات سطوح مختلف سوپرنانوجاذب، آبیاری و اثرات متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد روی قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار قطر ساقه در تیمار ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب حاصل گردید که با تیمار ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار قطر ساقه در تیمار شاهد حاصل گردید. نتایج نشان داد که قطر ساقه در تیمار ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب نسبت به تیمار شاهد و تیمار ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب افزایش ٤۱/۹ و ۲٤/۹ درصدی داشت. یافته‌های تحقیق جاری با یافته‌های همتی‌نفر و رحیمی (۲۰۱۸) مبنی بر افزایش قطر ساقه در اثر استفاده از سوپرجاذب مطابقت دارد. آنها در بررسی تأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب بر کارایی مصرف آب و صفات کمی سورگوم در رژیم‌های مختلف آبیاری به این نتیجه رسیدند که تیمار دارای بیشترین مقدار سوپرجاذب (۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (بدون سوپرجاذب) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین قطر ساقه را ایجاد کردند. ملکیان و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که قطر ساقه ذرت بطور معنی‌داری تحت تاثیر مقدار سوپرجاذب پومیس قرار گرفت و افزودن پومیس قطر ساقه ذرت را افزایش داد.

در مقایسه سه سطح آبیاری اعمال شده، بیش‌ترین قطر ساقه (۰/٤٦ میلی‌متر) از آبیاری I_1 به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح آبیاری داشت. کم‌ترین مقدار این صفت از آبیاری I_2 با میانگین ۰/۳۷ میلی‌متر (با کاهش ۳۷/۹ درصدی نسبت به آبیاری I_1) به‌دست آمد. همچنین بین سطوح آبیاری I_2 و I_3اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بین مقادیر مختلف آبیاری در هریک از سطوح سوپرنانوجاذب اختلاف معنی‌داری وجود دارد که نتایج مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل برای قطر ساقه در جدول ۳ آمده است. در سطوح آبیاری I_3، بیش‌ترین قطر ساقه مربوط به کاربرد ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب است؛ ولی در شرایط آبیاری I_1 بیشترین این صفت از ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب به‌دست آمد. افاضاتی و همکاران (۲۰۱۵) تحقیقی در مورد تأثیر پلیمر سوپرجاذب بر رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای در شرایط کم‌آبیاری انجام داده و گزارش کردند که گیاهان تیمارشده با مقادیر ۰/٤ و ۰/٦ درصد سوپرجاذب بیشترین قطر ساقه را ایجاد کردند و از لحاظ آماری در مقایسه با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین در گزارش این محققین، اثر متقابل کم‌آبیاری و سوپرجاذب برای این صفت معنی‌دار نشد.

به نظر می‌رسد تنش کمبود آب از طریق کاهش سطح برگ، افزایش مقاومت روزنه‌ای، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد، در این حالت انتقال مواد فتوسنتزی در زمان گلدهی به سمت گل آذین نیز کاهش یافته و باعث کاهش اجزای عملکرد کلزا نظیر قطر ساقه می‌گردد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر سوپرنانوجاذب در سطح احتمال پنج درصد، آبیاری و اثر متقابل سوپرنانوجاذب با آبیاری در سطح احتمال یک درصد در مورد ارتفاع بوته معنی‌دار است. گیاهان رشد کرده در خاک محتوی ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب بیشترین میانگین ارتفاع بوته (٦۳/۲۲ سانتی‌متر) را داشتند که از لحاظ آماری با گیاهان رشد کرده در خاک محتوی ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار ارتفاع بوته از تیمار شاهد (۵۰/۲۲ سانتی‌متر) حاصل گردید که کاهش ۲۰/۵ و ۱۸/٦ درصدی به‌ترتیب نسبت به تیمار ۰/٦ و ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب نشان داد. این نتایج با یافته‌های زارع-حقی و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر افزایش ارتفاع بوته با استفاده سوپرجاذب مطابقت دارد. آنها در تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

خودشان از سوپرجاذب پومیس استفاده کرده و گزارش کردند که بیش‌ترین ارتفاع بوته گیاه گلرنگ با کاربرد بیشترین مقدار سوپرجاذب پومیس (۳۰ تن در هکتار) به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد سوپرنانوجاذب با بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود ساختمان و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، شرایط بهتری را برای رشد و نمو گیاه در شرایط تنش خشکی فراهم و از طریق افزایش فراهمی آب و مواد غذایی موجود در خاک گیاه، سبب افزایش ارتفاع و قطر گیاه می‌شود.

بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین ارتفاع بوته به‌ترتیب از تیمار آبیاری I_1 و I_3 به‌دست آمد که بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با کاهش آب آبیاری ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد، که این کاهش در مورد آبیاری I_3 نسبت به آبیاری I_1 و I_2 به‌ترتیب ۳۵/۵ و ۱۷/۷۵ درصد است. مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و سوپرنانوجاذب (جدول ۳) نشان می‌دهد که در شرایط کاهش آب آبیاری بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به‌ترتیب از ۰/٦ و ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با آبیاری معمولی (I_2) و کاربرد ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب بیشترین ارتفاع بوته حاصل شد. کاهش ارتفاع گیاه در اثر اعمال تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به‌واسطه کم‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارایه به بخش‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع بوته نسبت داد. داولاتزای و همکاران (۲۰۱۷) طی آزمایشی در مورد تاثیر سطوح مختلف هیدروژل روی گل حُسن یوسف به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار هیدروژل ارتفاع گل نیز افزایش پیدا کرد. همچنین نتایج مشابهی توسط سِندور و همکاران (۲۰۰۱) و سیواپالان (۲۰۰٦) به‌ترتیب در مورد گوجه‌فرنگی و سویا گزارش شده است. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های ملکیان و همکاران (۲۰۱۲) از نظر افزایش ارتفاع بوته با کاربرد سوپرجاذب مطابقت دارد. آنها بیان کردند که ارتفاع بوته ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای پومیس قرار گرفته و افزایش پیدا کردند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف سوپرنانوجاذب و آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		قطر ساقه	ارتفاع بوته	شاخص کلروفیل	تعداد غلاف	تعداد خورجین	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۲	۲۰/۷۵۷	۹/۹۳۵	۰/۰۵۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۲۰٤
سوپرنانوجاذب (A)	۳	۰/۰۳۲**	٤۳۹/٦۱۱*	۲۲۰/۷۳۷**	۰/۱۸۹**	۰/۰۲۸**	۰/۰۳٦**	۰/۰۳٤**	۲/۰۸۰**
آبیاری (B)	۲	۰/۰۲۹**	۱۸٦٦/۱۳۲**	۲٤۵/۱۸۸**	۰/۱۸۲**	۰/۰۲۱**	۰/۰۱۷**	۰/۰۱۰**	۱/۹۱۷**
A×B	٦	۰/۰۲۵**	۷٦٤/۹۳۸**	۷٤/۸۵٦*	۰/۰۳۵*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۵۲**	۰/۰۳۸**	۰/۳٤۵*
اشتباه آزمایشی	۲۲	۰/۰۰۲	۹۲/۲۱۱	۲۸/۷٤۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۱۱٤
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۳	۱۷/۰۱	۱٤/٦٤	۷/۷۱	۵/۰۳	۲/۹۹	٤/۵٦	۱۳/۲۲

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر سوپرنانوجاذب و آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل این دو در سطح احتمال پنج درصد روی شاخص کلروفیل معنی‌دار است. در مقایسه بین سطوح مختلف سوپرنانوجاذب اعمال شده، بیش‌ترین شاخص کلروفیل از تیمار ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب به‌دست آمد و بین سطوح ۰/٤ و ۰/۲ درصد، بین ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب و شاهد از لحاظ این صفت تفاوت معنی-داری وجود نداشت. کم‌ترین مقدار این صفت از تیمار شاهد با میانگین ۳۰/۸ به‌دست آمد. با توجه به این که میزان کلروفیل در برگ به‌طور مستقیم با فراهمی نیتروژن در ارتباط است و سوپرنانوجاذب یک جاذب انتخابی مناسب برای آمونیوم بوده که باعث کاهش شست‌وشوی نیتروژن از محل ریشه می‌شود، لذا به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی بالا موجب استفاده گیاه از تمامی عناصر موجود در خاک می‌شود. با استفاده از سوپرنانوجاذب می‌توان از کاهش کلروفیل تا حدی جلوگیری کرد.

اثر متقابل سوپرنانوجاذب با آبیاری برای این صفت نیز معنی‌دار بود. بیش‌ترین میانگین شاخص کلروفیل مربوط به گیاهان دارای بیش‌ترین مقدار سوپرنانوجاذب و تحت آبیاری I_1 بود (جدول ۳). کم‌ترین میانگین این صفت مربوط به گیاهان مستقر در خاک دارای ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب تحت آبیاری I_3 بود. گزارش‌های متناقضی در مورد تاثیر تنش آبی بر روی میزان کلروفیل برگ وجود دارد. بردمیر و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند شاخص کلروفیل در تنش خشکی نسبت به گیاه شاهد افزایش می‌یابد. طوری که برگ‌های گیاهان تحت تیمار تنش خشکی نسبت به برگ‌های گیاهان تحت آبیاری مطلوب شاخص کلروفیل بالاتری نشان می‌دهند. دین و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کمبود رطوبت خاک در مرحله گلدهی سبب کاهش ۱۳ تا ٤٥ درصدی میزان کلروفیل a و b در ارقام مختلف کلزا در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب شد. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به واسطه کاهش سنتز کمپلکس پروتئین محافظت کننده دستگاه فتوسنتزی و صدمه اکسیداتیو لیپیدها، رنگ‌دانه و پروتئین‌های کلروپلاست به همراه افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش خشکی باشد. حیاتو و مختار (۲۰۱۰) بیان داشتند که در تنش متوسط و شدید خشکی میزان شاخص کلروفیل ۱۰۰ درصد کاهش یافت. همچنین دیده شده است که شاخص کلروفیل با افزایش مقدار سوپرجاذب در خاک افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد (خادم و همکاران ۲۰۱۰). تنش خشکی تاثیر مستقیم بر کاهش شاخص کلروفیل برگ و در نتیجه عملکرد گیاه دارد (اسچلیمر و همکاران ۲۰۰۵). در شرایط تنش آب، انتقال الکترون در فتوسیستم II گیاه مختل شده (ایرل و دیویس ۲۰۰۳) و در این وضعیت، انتقال الکترون اضافی خارج شده از آب باعث تولید اکسیژن فعال و در نتیجه خسارت به غشاء سلولی به دلیل پراکسیدشدن چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش میزان کلروفیل گیاه می‌گردد (پاری و همکاران ۲۰۰۲).

تعداد غلاف

با بررسی نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص گردید که بین سطوح مختلف سوپرنانوجاذب و آبیاری در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد و اثرات متقابل بین آبیاری و سوپرنانوجاذب از لحاظ تعداد غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد که نتایج مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل برای این صفت در جدول ۳ آورده شده است. بیش‌ترین تعداد غلاف در تیمار دارای بیش‌ترین سوپرنانوجاذب (۰/٦ درصد) و کم‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید. تیمار شاهد نسبت به تیمار ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب کاهش ٤۷/۱٥ درصدی را نشان داد. همچنین بین تیمار ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب و شاهد از لحاظ این صفت تفاوت معنی-داری مشاهده نشد. در سطوح آبیاری I_1 و I_3، بیشترین تعداد غلاف مربوط به کاربرد ۰/٦ درصد سوپرنانو

www.SID.ir

Archive of SID

جاذب و کمترین این از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های ابهری و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که بیشترین تعداد غلاف از گیاهان دارای بیشترین سوپرجاذب (۱۰۰ کیلوگرم) به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد سوپرنانوجاذب با جلوگیری از تنش ناشی از نوسانات رطوبتی و با جلوگیری از شست‌وشوی سریع عناصر غذایی موجود خاک، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گردیده است.

با کاهش آب آبیاری تعداد غلاف در بوته کاهش یافت. در بین تیمارهای آبیاری، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد غلاف از آبیاری I_1 و I_3 به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری بین آبیاری I_2 و I_3 وجود نداشت. عده‌ای از محققین تعداد غلاف در بوته را حساس‌ترین جزء عملکرد گیاه نسبت به تنش خشکی معرفی کرده‌اند و گزارش شده که تنش خشکی شدید در اوایل گسترش غلاف‌های سویا، رشد غلاف‌ها را کاهش داد و موجب کاهش قابل ملاحظهٔ تعداد غلاف شد (لیو و همکاران ۲۰۰۴). تنش خشکی باعث توسعهٔ کمتر اندام‌های رویشی و فتوسنتزکننده شده و با ادامه رشد، مدت گلدهی کاهش و ریزش گل‌ها و سقط غلاف‌ها افزایش می‌یابد. وقوع تنش خشکی در اوایل دوران غلاف‌بندی دارای بیشترین تأثیر بر کاهش تعداد غلاف و دانه در گیاه است. از دلایل این امر می‌توان به اثر تنش خشکی بر تقسیم سلول‌های تخمک اشاره کرد (تارومین‌کِنگ و کوتو ۲۰۰۳).

تعداد خورجین

همان‌طور که در جدول ۲ آمده است تاثیر تیمارهای سوپرنانوجاذب و آبیاری روی تعداد خورجین در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بوده و اثرات متقابل سوپرنانوجاذب و آبیاری روی پارامتر ذکر شده غیر معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تعداد خورجین در تیمار سوپرنانوجاذب، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن را به ترتیب در تیمار ۰/٦ و ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب نشان داد. افزایش میزان مصرف سوپرنانوجاذب از صفر (تیمار شاهد) به ۰/٦ درصد باعث افزایش ٦۲/۱ درصدی در تعداد خورجین گردید. تیمار ۰/٦ درصد نسبت به تیمار ۰/٤ و ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب به‌ترتیب افزایش ۱٤/۷ و ٦۷/۸ درصدی را نشان داد. همچنین بین سطوح ۰/٦ با ۰/٤ درصد سوپرنانوجاذب و سطح ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب با شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج با یافته‌های جلیلی و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که سوپرجاذب باعث افزایش تعداد خوشه گندم شده و افزایش سوپرجاذب از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۲٤ درصدی تعداد خوشه در واحد سطح گردید.

مقایسه میانگین تعداد خورجین در تیمار آبیاری نشان داد که بین تیمار آبیاری I_3 و I_2 با وجود کاهش آن در تیمار آبیاری I_3، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بیش‌ترین مقدار این صفت از آبیاری I_1 بدست آمد. همچنین آبیاری I_3 نسبت به آبیاری I_1 کاهش ۳۱/۹ درصدی را نشان داد. این نتایج با یافته‌های کیخایی و گنجی خرم‌دل (۲۰۱٦) مبنی بر کاهش تعداد خورجین در اثر کاهش آب آبیاری مطابقت دارد. آنها تحقیقی در مورد تاثیر کم‌آبیاری روی عملکرد و کارایی مصرف آب انجام داده و گزارش کردند که تعداد خوشه گندم به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش آبی قرار گرفته و بیشترین آن از آبیاری کامل حاصل شد. کاهش تولیدات فتوسنتزی کلزا می‌تواند به دلیل کاهش منابع آب قابل دسترس به خاطر کمبود رطوبت موجود در خاک باشد. کاهش تعداد خورجین‌ها را می‌توان به کاهش تعداد پنجه های بارور نسبت داد.

وزن تر بخش هوایی

نتایج تحلیل داده‌ها در جدول (۲) نشان داد که تاثیر سوپرنانوجاذب و آبیاری و اثرات متقابل این دو، بر وزن تر بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. افزایش سطوح مختلف سوپرنانوجاذب باعث افزایش وزن تر بخش هوایی نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن تر بخش هوایی مربوط به گیاهان رشد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سوپرنانوجاذب و آبیاری برای برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی کلزا

تیمار	تیمار	میانگین						
آبیاری	سوپرنانوجاذب	قطر ساقه	ارتفاع بوته	شاخص کلروفیل	تعداد غلاف	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی	وزن هزار دانه
I_1	۰	۰/٤٤ bcd	٦٨ bc	۳۲/٤٦ cd	۳۲/۰۰ bc	۳/۹۹ f	۲/۹۹ f	۲/٤۰ cd
	۰/۲ درصد	۰/٤۷ bc	٦٨/۸۳ bc	٤۰/۱٥ abc	۳٦/۰۰ b	۹/۷۰ b	۷/۹۷ b	۲/۲٤ cde
	۰/٤ درصد	۰/٤۹ b	٦۷/٦٦ cd	٤۳/۲٦ ab	۳۲/٦٦ bc	۱۳/۸۲ a	۹/۷٤ a	۳/۱۷ b
	۰/٦ درصد	۰/۳۹ cdef	۸۰/۳۳ ab	٤۸/٤۹ a	٥٥/۰۰ a	۸/۱٤ bcd	٦/۱۱ c	٤/۰٤ a
I_2	۰	۰/۳۱ g	٤۰/۰۰ e	۳۰/۹۳ cd	۲۲/۸۳ bcd	٥/۸۸ e	٤/۲۱ cdef	۲/۲۰ cde
	۰/۲ درصد	۰/۳۲ efg	٤۲/٦٦ e	۲۲/۰۱ cd	۱٤/۳۳ cd	٥/۹۲ e	٤/٤۸ cdef	۲/٤٦ cd
	۰/٤ درصد	۰/٤۰ cde	۸۷/۳۳ a	٤۳/٤٥ ab	۳۳/۰۰ b	٦/٦٤ de	٥/۹٦ cd	۲/۷٦ bc
	۰/٦ درصد	۰/٤۱ bcd	٤۹/٦٦ de	۳۹/٤۲ abc	۳۲/۳۳ bc	۷/۹۲ cd	٥/۸۰ cde	۲/۷۰ bc
I_3	۰	۰/۲۲ h	٤۲/٦٦ e	۲۹/۰۰ d	۱۲/۰۰ d	۹/۱۹ bc	٥/۹۱ cd	۱/۷۰ e
	۰/۲ درصد	۰/۳۱ fg	٤۱/۳۳ e	۳۰/۸۰ bcd	۱۷/۸۳ bcd	٥/۰۰ ef	۳/۹۰ ef	۱/۹٦ de
	۰/٤ درصد	۰/۳۷ defg	۳٦/۱٦ e	۲٤/۸۸ d	۳۰/٦٦ bc	٥/۳٤ ef	٤/۰۲ def	۲/۳۲ cde
	۰/٦ درصد	۰/٥۷ a	٥۹/٦٦ cd	٤۰/٥٤ abc	۳٥/۳۳ b	۱٤/۸۱ a	۱۱/۱٦ a	۲/٦٦ bc

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

کرده در خاک محتوی ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب (۱۰/۲۹ گرم) بود که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کمترین مقدار (٦/۳٦ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود که این تیمار هم با تیمار ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب تفاوت معنی‌داری نداشت. افزایش سوپرنانوجاذب از صفر به ۰/٦ درصد، موجب افزایش ٦۱/۸ درصدی وزن تر بخش هوایی گردید. این نتایج با یافته‌های خالقی و معلّمی (۲۰۱۸) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که کم‌ترین وزن تر زیتون در گیاهان تیمار نشده با پلیمر سوپرجاذب و آبیاری ۳۰ درصد تبخیر وتعرق گیاه مشاهده شد. در نتایج آزمایشی گزارش شد، که سوپرجاذب تاثیر مثبتی روی رشد گیاه (گازانیا)[۱] داشت به‌ویژه موجب افزایش وزن تر گیاه گردید (فتحی و همکاران ۲۰۱۷). نتایج حاصل از این تحقیق در مورد این صفت می تواند به علت افزایش جذب عنصرهای غذایی باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که بیش-ترین و کم‌ترین وزن تر بخش هوایی به‌ترتیب مربوط به آبیاری I_1 و I_2 می‌باشد. همچنین بین آبیاری I_1 و I_3 از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری حاصل نگردید. در بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل سوپرنانوجاذب و آبیاری (جدول ۳) در این مورد مشاهده شد که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر به‌ترتیب مربوط به کاربرد ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب با آبیاری I_3 و تیمار شاهد سوپرنانوجاذب با آبیاری I_1 بود. گرچه بیش‌ترین مقدار مربوط به سوپرنانوجاذب ۰/٦ درصد با آبیاری I_3 بود ولی بین این و کاربرد ۰/٤ سوپرنانوجاذب با آبیاری I_1 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در حقیقت کاربرد سوپرنانوجاذب با کم‌ترین آب آبیاری بیشترین عملکرد

۱- Gazania

www.SID.ir

Archive of SID

را نسبت تیمار بدون سوپرنانوجاذب با بیشترین آب آبیاری را ایجاد کرد. جزی‌نژاد و مرتضایی (۲۰۱۷) مطالعه‌ای در مورد اثرات تنش خشکی بر شاخص های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه کاسنی انجام داده و مشاهده کردند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری روی وزن تر گیاه داشت.

وزن خشک بخش هوایی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف سوپرنانوجاذب، آبیاری و اثرات متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی با کاربرد بیش‌ترین مقدار سوپرنانوجاذب (۰/٦ درصد) و کم‌ترین از شاهد حاصل شد. کاهش سوپرنانوجاذب از ۰/٦ درصد به صفر موجب کاهش ٤۳ درصدی وزن خشک گیاه گردید. تیمار ۰/٦ درصد نسبت به تیمار ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب افزایش ٤۱/۱ درصدی را نشان داد. استرن و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپرجاذب در هکتار موجب افزایش وزن خشک گیاه گندم گردید. مقایسه میانگین آبیاری نشان داد که آبیاری I_1 و I_2 به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک بخش هوایی را ایجاد کردند. همچنین بین آبیاری I_1 و I_3 از این لحاظ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. روند عمومی که گیاهان در شرایط تنش خشکی با آن روبرو هستند کاهش وزن تر و خشک گیاه است (فاروق، ۲۰۰۹). راندمان تولید گیاه تحت تنش خشکی شدیداً به فرآیندهای دسته‌بندی مواد و توزیع موقتی بیوماس (زیست توده) مرتبط می‌باشد (کِگ و همکاران ۲۰۰٤).

از بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل سوپرنانو جاذب و آبیاری روی وزن خشک، تقریباً به نتایج مشابهی هم‌چون وزن تر برخورد کردیم (جدول ۳). همانند وزن تر، بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک به‌ترتیب مربوط به کاربرد ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب با آبیاری I_3 و تیمار شاهد سوپرنانوجاذب با آبیاری I_1 بود. در تحقیق انجام شده روی آویشن توسط بحرینی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده شد که تنش رطوبتی شدید باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی و میزان سطح برگ گیاه (Leaf Area Index) به ترتیب به میزان ٤۹ و ٥۹ درصد می‌شود. به‌نظر می‌رسد گیاه در هنگام مواجه شدن با تنش کم آبی، در فرآیندهای فیزیولوژیک خود تغییراتی ایجاد و از خود محافظت می‌کند (دان و همکاران ۲۰۰۷). یکی از دلایل کاهش فتوسنتز، عدم انتقال مواد فتوسنتزی است که تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد می‌شود و فتوسنتز را محدود می‌نماید. تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آن‌ها را هم تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید را بیشتر از آنچه به علت اثرات ناشی از شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد (تایز و زایگر ۲۰۰٦).

وزن هزار دانه

تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین کننده عملکرد محسوب می‌شود. هر چه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۲ آمده است تاثیر تیمارهای سوپرنانوجاذب و آبیاری روی وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل سوپرنانوجاذب و آبیاری روی پارامتر ذکر شده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. کاربرد سوپرنانوجاذب، باعث افزایش وزن هزار دانه شده است که مقایسه میانگین وزن هزار دانه در تیمار سوپرنانوجاذب، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن را به ترتیب در تیمار ۰/٦ درصد سوپرنانوجاذب و شاهد نشان داد. همچنین بین تیمار ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار سوپرنانوجاذب ۰/٦ درصد نسبت به تیمار شاهد و ۰/۲ درصد سوپرنانوجاذب به‌ترتیب افزایش ٤۹ و ٤۱/٥ درصدی داشت. این نتایج با یافته‌های ملکیان و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۱۲) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که سوپرجاذب پومیس تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد در وزن هزاردانه ذرت ایجاد کرد. با افزایش پومیس وزن هزاردانه ذرت نیز افزایش یافت. وزن هزار دانه بستگی به طول و سرعت دوره پر شدن دانه دارد (نظرلی و همکاران ۲۰۱۰). اصولاً گزارش شده که کمبود آب در مراحل زایشی گیاه کلزا سبب کاهش طول دوره گلدهی تا رسیدگی گیاه شده و بدین سبب با کاهش طول دوره پر شدن دانه کاهش وزن دانه‌ها نیز رخ می‌دهد. به‌نظر می‌رسد نگه‌داری رطوبت بیشتر توسط سوپرنانوجاذب در طول دوره رشد، به‌خصوص در مرحلهٔ رسیدگی منجر به بیشتر شدن سرعت فتوسنتز و طول دورهٔ پر شدن دانه گردیده است.

نتایج مقایسه میانگین تیمار آبیاری حاکی از اینست که با کاهش رطوبت خاک از مقدار وزن هزار دانه کاسته شد. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به گیاهان تحت آبیاری I_1 و کمترین آن مربوط به گیاهان تحت آبیاری I_3 بود. این کاهش وزن هزار دانه در آبیاری I_3 نسبت به آبیاری I_1، ۲۷ درصد بود. در شرایط آبیاری کامل، گیاه با بهره‌گیری از کلیه شرایط محیطی و توسعه کافی اندام های رویشی و تولید مناسب مواد فتوسنتزی، بیشترین تعداد غلاف را تولید می‌نماید و درنتیجه بیش‌ترین تعداد دانه نیز در این سطح حاصل می‌شود ، اما با وقوع تنش خشکی و کاهش تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی تعداد غلاف و درنتیجه تعداد دانه در گیاه کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق جاری با گزارش‌های همتی‌نفر و رحیمی (۲۰۱۸) مبنی بر کاهش وزن هزار دانه با کاهش آب آبیاری مطابقت دارد. آنها در تحقیق خودشان به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین وزن هزار دانه از تیمار I_1 (۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین از تیمار I_3 (۳۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) حاصل شد. اثر متقابل سوپرنانوجاذب با آبیاری برای این صفت نیز معنی‌دار بود. بیش‌ترین میانگین وزن هزار دانه مربوط به گیاهان دارای بیش‌ترین مقدار سوپرنانوجاذب و تحت آبیاری I_1 بود (جدول ۳). کم‌ترین میانگین این صفت مربوط به گیاهان مستقر در خاک بدون سوپرنانوجاذب تحت آبیاری I_3 بود. به نظر می‌رسد که تنش خشکی از مرحله ساقه‌دهی تا رسیدگی گیاه احتمالاً بیشتر به واسطه کاهش تولید آسیمیلات‌های فتوسنتزی در فاصله ساقه-دهی تا آغاز پر شدن دانه و در نتیجه کاهش محسوس شیره پرورده برای پر شدن دانه‌ها، چروکیدگی و کاهش وزن دانه‌ها را موجب شده است (جمشیدی و همکاران ۲۰۱۲؛ ما و همکاران ۲۰۰۶).

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد سوپرنانوجاذب ASN-320 در خاک باعث افزایش معنی‌دار تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد گردید. هم‌چنین با استفاده از سطح ٦ و ٤ گرم سوپرنانوجاذب به ازای هر کیلوگرم خاک (به‌ترتیب ۲۷ و ۱۸ تن در هکتار) نتیجه بهتری حاصل شد. در این پژوهش مشخص گردید هر چند که با کاهش مقدار آب، شاخص‌های رشدی کاهش یافت، امّا با اضافه نمودن سوپرنانوجاذب میزان کاهش صورت گرفته در شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه کمتر از عدم استفاده از سوپرنانوجاذب بود. در واقع سوپرنانوجاذب به دلیل افزایش ظرفیت نگه‌داشت آب و در نتیجه افزایش آب قابل دسترس، کاهش تبخیر، افزایش تخلخل، بهبود رشد عمقی ریشه در خاک سبب کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش آبی شده است. بنابراین می‌توان از سوپرنانوجاذب به عنوان یک ماده موثر در کاهش اثرات تنش خشکی و افزایش مقاومت گیاه به شرایط خشکی استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

Abheri A, Azizi E and Hares Abadi B. 2017. Effect of super adsorbent on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress conditions of the end of season. Journal of Crop Production, 10(1):191-202. (In Persian).

Afazati M, Irandost M, and Rezaei Estakhroeih A. 2015. Effect of superabsorbent polymer on growth and yield of greenhouse cucumber under irrigated conditions. Water and Irrigation Management, 5(2): 203-214. (In Persian).

Ahmadi K, Golizadeh H, Ebadzadeh H, Hoseinpur R, Hatami F, Fazli B, Kazemian A and Rafiee M. 2015. Agricultural statistics, Volume I: crops. Ministry of Jihade-Agriculture. Pp. 169. (In Persian).

Bahreininejad B, Razmjoo J and Mirza M. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in Thymus daenensis. International Journal of Plant Production. 7:151-166.

Black GR and Hartge KH, 1986. Bulk density determination. Pp: 363-373. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA, Madison. WI.

Bredemeier C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD. Thesis. Technical University of Munich, Germany.

Chehel Gordi A, Saffari M and Abboshahi R. 2015. Effect of super absorbent polymer, potassium sulphate and farmyard manure on physiological characteristics of millet (Setaria italica) optimum irrigation and drought stress conditions. Journal of Crop Production, 7(2): 43-60. (In Persian).

Dawlatzai AS, Jayanthi R and Atiq Abdiani S. 2017. Efficacy of graded doses of Pusa Hydrogel on growth and quality of coleus (*Coleus blumei* L.) under polyhouse condition. International Journal of Agriculture & Environmental Science, 4(4): 33-38.

Din J, Khan SU, Ali I, and Gurmani AR. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Sciences, 1: 78-82.

Duan B, Yang Y, Lu Y, Korpelainen H, Berninger F and Li C. 2007. Interactions between water deficit, ABA, and provenances in Picea asperata. Journal of Experimental Botany. 58(11): 3025-3036.

Earl HJ and Davis RF. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, 95: 688-696.

Farooq M, Wahid A, Kobayashi M, Fujita D and Basra SMA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.

Fathi B, Reezi S, Rouhi V and Ghobadinia M. 2017. Effect of different levels of superabsorbent and vermicompost on qualitative and quantitative traits of gazania (*Gazania hybrida*) in green roof condition. Iranian Journal of Horticultural Science. 48(2): 423-429. (In Persian).

Fazeli Rostampour M, Yarnia M, Rahimzadeh Khoee F, Seghatoleslami MJ and Moosavi GR. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal, 105(4): 951-959.

Gaturuku JK, Isutsa DK and Aguyoh JN. 2012. Irrigation rate and mulch type significantly affect some physiological processes of purple passion fruit (*Passiflora edulis f. edulis* Sims.) under drought stress. International Journal of Advanced Biotechnology and Research, 2(1): 46-52.

Gee GW and Bauder JW. 1986. Particle size analysis. Pp. 383-411. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA, Madison. WI.

Han Y, Yu X, Yang P, Li B and Wang C. 2012. Dynamic on water diffusivity of soil with superabsorbent polymer application. Environ Earth Science, 69: 289-296.

Hayatu M and Mukhtar FB. 2010. Physiological responses of some drought resistant cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* (L.) WALP) to water stress. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences, 3(2): 69-75.

www.SID.ir

Archive of SID

Hemmatinafar K and MM Rahimi, 2018. Effect of Different Superabsorbent Levels on Water Use Efficiency and Quantitative Sorghum Traits in Different Irrigation Regimes. Journal of Plant Growth and Aquaculture, 9(31): 32-41. (In Persian).

Huttermann A, Reise K and Zommorodi M. 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of Pinus halepensis seedling subjected to drought. Soil and Tillage Research Journal, 50: 295-304.

Islam Robiul M, Shahidul Alam AM, Egrinya Eneji A, Ren C, Song W and Hu Y. (2011). Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for forage oat (*Avena sativa* L.) production in arid regions of northern China. Food, Agriculture & Environment, 9(2): 514-518.

Jackson ML. 1958. Soil Chemical Analysis. Pp. 480. Prentice Hall, Englewood Cliff.

Jalili S, Hadi M and Majnoon Heris A. 2017. Effect of superabsorbent polymer using on irrigated and rainfed wheat yield and yield components. Iranian Journal of Field Crop Science, 48(4): 923-931. (In Persian).

Jamshidi N, Shirani rad AH, Takht chin F, Nazeri P and Ghafari M. 2012. Evaluation of Rapeseed Genotypes under Drought Stress Condition. Journal of Crop Ecophysiology, 6(3): 323-338.

Jazi Nejad E and Mortezaei Nejad F. 2017. Effects of Drought Stress on Morphological and Physiological Indices of Chicory (*Cichorium intybus* L.) for introduction in urban green space. Iranian Journal of Plant Physiology, 6(21): 279-290. (In Persian).

Kage H, Kochler M and Stutzel H. 2004. Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation. European Journal of Agronomy, 20: 379-394.

Kaykhaee F and Ganji Khorramdel N. 2016. Effect of low irrigation with two strip and strip methods on yield and water use efficiency of wheat. Water Research in Agriculture, 30(1): 1-11.

Keshavarz L and Farahbakhsh H. 2012. Effect of superabsorbent on physio-morphological traits and forage yield of millet (*Pennisetum Amercanum* L.) under different irrigation treatments. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2(3): 149-156.

Khadem SA, Galavi M, Ramrodi M, Mousavi SR, Rousta RJ 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(8): 642-647.

Khaleghi E and Moallemi N. 2018. Effect of Superabsorbent Polymers on some Morphological Characteristics of Olive Cultivars 'Baghmalek' and 'Dezphol' under Water Deficit. Journal of Horticultural Science, 31(4): 671-682.

Liu F, Jensen CR and Andersen MN. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research, 86: 1-13.

Ma Q, Niknam SR and Turner DW. 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and B. juncea to soil water deficit at different growth stages. Australian Journal of Agricultural Research, 57(2): 221-226.

Malekian A, Valizadeh E, Dastoori M, Samadi S and Bayat V. 2012. Soil water retention and maize (*Zea mays* L.) growth as affected by different amounts of pumice. Australian Journal of Crop Science, 6(3): 450-454.

Moslemi Z, Habibi D, Asgharzadeh A, Ardakani MR, Mohammadi A and Sakari A. 2011. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. African Journal of Agricultural Research, 6: 4471-4476.

Nasiri M. 2015. Pumice mulch and deficit irrigation effects on water relations, forage corn yield, and weeds control. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

Nazarli H, Zardashti MR, Darvishzadeh R, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

Nelson DW and Sommers LE. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp: 961-1010. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.

Olsen SR and Sommers LE. 1982. Chemical and microbiological properties. Pp. 403–430. In: Methods of soil analysis. Part 2, Phosphorus. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Parry MAJ, Andraloje PJ, Khan S, Lea PJ and Keys AJ. 2002. Rubisco activity: Effects of drought stress. Annals of Botany, 89: 833-839.

Rezai Chiane E, Zehtab Salmasi S, Ghasemi Golezani K and Delazar A. 2013. Physiological reactions of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) to water limtation. Journal of Agroecology, 4: 347-355. (In Persian).

Schlemmer MR, Francis DD, Shanahan JF and Schepers JS. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal, 97(1): 106-112.

Sendur Kumaran S, Natarajan S, Muthvel I and Sathiayamurthy VA. 2001. Efficacy of graded doses of polymers on processing quality of tomato cv. CO3. The Madras Agricultural Journal, 88:298-299.

Shirani Rad AH, Taherkhani T, Moradi Akhdam A, Nazari GA and Eskandari K. 2011. Effect of Nitrogen and Zeolite on Agronomic Traits of Rapeseed under Drought Stress Conditions. Ecophysiology of Crops, 3(2): 125-135. (In Persian).

Sivapalan S. 2006. Benefits of treating a sandy soil with a crosslinked-type polyacrylamide. Australian Journal of Experimental Agriculture, 46: 579-584.

Taiz L and Zeiger E. 2006. Plant physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Inc, Publishers Sunderland, Massachusetts.

Tarumingkeng RC and Coto Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Science Philosopy PPs 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institute Ppertanian Bogor).

Tavakoli AR. 2013. Deficit irrigation and supplemental irrigation management for rainfed and irrigated wheat at Selseleh region. Journal of Water Research in Agricultur, 27(4): 589-600. (In Persian).

Yang C, Gan Y, Harker KN, Kutcher HR, Gulden R, Irvine B and May WE. 2014. Up to 32 % yield increase with optimized spatial patterns of canola plant establishment in western Canada. Agronomy for Sustainable Development, 34(4): 793-801.

Yazdani F, Allahdadi I and Akbari GA. 2007. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of Soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. Pakistan Biological Sciences, 10: 4190-4196.

Zangoee Nasab Sh, Emami, H, Astaraei A and Yari A. 2012. Effects of different amounts of super absorbent and irrigation interval on some soil physical properties and Atriplex growth indices. Journal of Water Science in Agriculture (formerly Soil and Water Sciences), 26(2): 211- 223. (In Persian).

Zarehaghi D, Neyshabouri MR, Sadeghzadeh Reyhan MI and Hassanpour R. 2015. Effect of pumice on water holding capacity in soil, growth and yield of spring Safflower in dry land conditions. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 5(3): 191-204. (In Persian).

www.SID.ir