نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۱ شماره ۲ صفحه‌های ۶۹ تا ۸۶/ سال ۱۴۰۰

تاثیر پلیمر سوپر جاذب A200 و کود دامی بر کاهش اثرات تنش خشکی در ارقام مختلف گندم

اسماعیل قلی نژاد[1]*، علیرضا عیوضی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۳۰

۱-دانشیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲-استادیار، بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

مسئول مکاتبه، پست الکترونیکی: gholinezhad1358@yahoo.com

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پلیمر سوپر جاذب A200 و کود دامی بر کاهش اثرات تنش خشکی در ارقام مختلف گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی ساعتلوی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی اجرا شد. فاکتور اول آبیاری در دو سطح مطلوب (آبیاری بعد از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) و تنش خشکی (آبیاری بعد از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) انجام شد فاکتور دوم سوپرجاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ٤٠ تن در هکتار، مصرف توام آنها و شاهد (بدون مصرف سوپر جاذب و کود دامی) و فاکتور سوم ارقام گندم آبی (میهن، حیدری و زرینه) بود. نتایج نشان داد تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به میزان ۳۲ درصد کاهش داد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و مصرف توام آنها در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۲۰، ۲۲ و ۳۳ درصد افزایش داد. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم میهن از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح در هر دو شرایط رطوبتی برتر از دو رقم دیگر بود. مصرف پلیمر سوپر جاذب و کود دامی با افزایش دسترسی گیاه به آب و کاهش اثرات تنش خشکی، باعث بهبود اجزای عملکرد دانه (شامل وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله) در ارقام مختلف گندم شد و در نهایت سبب افزایش عملکرد گردید. با آبیاری مطلوب و تنش خشکی، بیشترین درآمد حاصل از عملکرد دانه و کاه و کلش با مصرف کود دامی و با رقم حیدری بدست آمد.

واژهای کلیدی: آبیاری، رقم، سوپر جاذب، عملکرد دانه، کود دامی

The Effect of Super Absorbent Polymer A200 and Manure on Reducing Drought Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Different Cultivars

E Gholinezhad[1*], A Eivazi[2]

Received:February 26, 2019 Accepted: December 20, 2020
[1]Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.
[2]Assist. Prof., Seed and Plant Research Division, Agriculture and Natural Resources center of Urmia, Education and Extension Organization, Urmia, Iran.
*Corresponding author, Email: gholinezhad1358@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effect of super absorbent polymer (A200) and manure on reducing drought stress effects in wheat (*Triticum aestivum*) cultivars, a factorial experiment was carried out based on randomized complete block design with three replications. This study was done in the Agricultural Research Center, West-Azerbaijan (Saatlo Station) during 2017-2018 cropping seasons. The first factor was irrigation at two levels of normal conditions (irrigation after 75 mm evaporation from class A pan) and drought stress conditions (irrigation after 220 mm evaporation from class A pan). The second factor was super absorbent polymer (200 kg ha^{-1}), manure (40 ton ha^{-1}), their concomitant application and the control (no manure), and the third factor included wheat cultivars (Mihan, Heidari and Zarineh). The results indicated that drought stress, as compared to the normal irrigation reduced grain yield about 32%. Separate and concomitant application of super absorbent polymer and manure in comparison with the control, increased grain yield by 20, 22 and 33%, respectively. Between cultivars, Mihan cultivar for grain yield, 1000-kernel weight, grain per spike and spike per square meter was superior under two different moisture conditions. Application of super absorbent polymer and manure with increasing plant access to water and decreasing drought stress led to improved grain yield components including, 1000-kernel weight and grain per spike in wheat different cultivars that cause to increased grain yield. Under optimum irrigation and drought stress conditions, the highest income from grain yield and straw was obtained from the use of manure and Heidari cultivar.

Key words: Cultivar, Grain yield, Irrigation, Manure, Super absorbent

مقدمه

گندم غذای اصلی انسان بوده و در تامین کالری بدن نقش مهمی دارد. این گیاه، مهمترین محصول زراعی روی زمین است (کاظمی اربط ۲۰۰۹). سطح زیر کشت گندم آبی و دیم در استان آذربایجان غربی در سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۹۰ و ۲۵ هزار هکتار بوده و میزان تولید آن ۷۵۰ هزار تن می‌باشد (فائو ۲۰۱۸).

مدیریت صحیح منابع آب در دسترس و استفاده از روش‌های علمی به خصوص در بخش کشاورزی علاوه بر افزایش کارائی مصرف آب موجب کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی در این بخش می‌گردد. از جمله این راهکارها می‌توان به استفاده از مواد سوپر جاذب اشاره نمود (مرتضوی و همکاران ۲۰۱۵).

پلیمرهای سوپرجاذب که در کشاورزی استفاده می‌شوند شبکه پلیمری آبدوستی هستند که از طریق افزایش ظرفیت

نگهداری آب در خاک، کاهش آبشویی مواد غذایی خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و افزایش تهویه خاک موجب رشد و نمو بهتر گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط مطلوب و تنش خشکی می‌شوند (عابدی کوپائی و مس فروش ۲۰۰۹). این نوع از پلیمرها چندین برابر وزن خود آب جذب کرده و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (وایدیاس توتی و همکاران ۲۰۰۸). کود دامی نیز از جمله مواد آلی است که به علت دارا بودن هوموس فراوان باعث افزایش کربن آلی خاک، بهبود حاصلخیزی، حفظ رطوبت خاک و افزایش رشد گیاه شده و خطر فرسایش و بیابان‌زایی را کاهش می‌دهد (کوئیان و همکاران ۲۰۱٤). اصلاح خاک با استفاده از کود دامی و پلیمر سوپرجاذب راهکار مناسبی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود سیستم‌های کشاورزی محسوب می‌شود (مرادی گاهدریجانی و همکاران ۲۰۱۷). مرتضوی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپر جاذب (کوپلیمر آکریلامید -آکریلیک اسید) باعث افزایش جذب آب شده و با افزایش شاخص کلروفیل سبب افزایش فتوسنتز در گیاه گندم شد. همچنین افزایش در اجزای عملکرد شامل تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در اثر به کارگیری سوپرجاذب حاصل گردید. اشکیانی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپرجاذب تحت شرایط قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد از طریق کاهش اثر تنش خشکی سبب افزایش عملکرد دانه گندم گردید. پلیمر سوپرجاذب (پایه پتاسیمی) بیشترین تاثیر را بر تعداد شاخه فرعی، کلروفیل a، b و کلروفیل کل گیاه کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo*) داشت (صفوی گاردینی ۲۰۱٦). عابدینی و ساجدی (۲۰۱٤) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۱٦۱ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب استاکوزورب و گیاه گندم رقم آذر ۲ بدست آمد و کمترین عملکرد دانه به میزان ۸۵۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار بدون مصرف سوپر جاذب و رقم سرداری حاصل شد. توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و کلروفیل کل شد در حالی که کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب A200 در شرایط تنش خشکی موجب بهبود ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و کلروفیل کل در گندم گردید. جامی و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند کود دامی همراه با مصرف سطوح بالاتر زئولیت، باعث تولید بالاترین عملکرد دانه آفتابگردان شد. زارعی سیاه بیدی و رضایی زاد (۲۰۱۸) نتیجه‌گیری نمودند که استفاده از پلیمر سوپر جاذب A200 به طور نسبی می‌تواند اثرات منفی حاصل از تنش خشکی را در گیاه آفتابگردان کاهش دهد. بر اساس نتایج سایر محققان، برای بالا بردن عملکرد کمی و کیفیت دانه گندم و اصلاح ویژگی‌های خاک، مصرف گوگرد به میزان ٦۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی به میزان ٤۰ تن در هکتار توصیه شده است (جلیلی، ۲۰۱۷). در تحقیقی بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم در تیمار ٦۰ تن کود دامی+ ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار گزارش شده است (احمدی نژاد و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به اهمیت مساله تنش خشکی و محصول گندم در استان آذربایجان غربی و نیز با توجه بر اینکه در مورد تاثیر جداگانه و توام پلیمر سوپر جاذب و کود دامی بر ارقام مختلف گندم اطلاعات جامع و کافی وجود ندارد، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب و کود دامی بر کاهش اثرات تنش خشکی در سه رقم گندم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی ساعتلوی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا واقع در ۲۵ کیلومتری ارومیه اجرا گردید.

روش اجرای آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول آبیاری مطلوب (آبیاری بعد از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) و تنش خشکی (آبیاری بعد از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) در دو سطح و فاکتور دوم در چهار سطح شامل سوپرجاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۴۰ تن در هکتار، مصرف توام آنها و شاهد (بدون سوپر جاذب و کود دامی) و فاکتور سوم ارقام گندم آبی (میهن، حیدری و زرینه) در سه سطح بود. پلیمر مورد استفاده سوپر جاذب A200 بوده که از شرکت الساپا تهیه گردید و کوپلیمری از جنس آکریلیک اسید-پتاسیم آکریلات است (برخی از خصوصیات آن در جدول ۲ آمده است). پس از شخم و آماده سازی زمین، کرت‌هایی به طول سه و عرض دو متر ایجاد شد و عملیات تسطیح صورت گرفت. بین کرت‌ها، حدود ۰/۵ متر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بین تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی نیز فاصله ۴ متر منظور شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی با pH برابر ۷/۴۸ و هدایت الکتریکی ۰/۹ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۱). بر اساس آزمون تجزیه خاک (بی نام ۱۹۹۷) ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات منگنز و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی به طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش گردید. کود دامی به مقدار ۴۰ تن در هکتار، پلیمر سوپر جاذب (جدول ۲) به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف توام آنها در عمق ۱۵-۲۰ سانتی‌متری خاک به کرت‌های مورد نظر اضافه گردید. کاشت گندم در نیمه اول آبان ماه با تراکم ۴۵۰ بذر در هر مترمربع در عمق پنج سانتی‌متری خاک به صورت هیرم‌کاری صورت گرفت. هفته آخر فروردین ماه با علف کش توفوردی با علف‌های هرز مبارزه شد. یک بار هم وجین دستی در تاریخ نیمه اول اردیبهشت ماه انجام گرفت. کود اوره در سه نوبت در مراحل پیش از کاشت، ساقه‌دهی و سنبله-دهی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. تیمارهای آبیاری از اول اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۷ اعمال شد حجم آب آبیاری برای کرت آزمایشی از طریق کنتور آب پایش شد. روش آبیاری با استفاده از لوله‌های پلی اتیلنی سه اینچی انجام گرفت. مقدار آب آبیاری برای هر کرت بر حسب مترمکعب در هکتار از طریق فرمول زیر (طایفه رضایی ۲۰۱۶) محاسبه شد:

$$I = W \times D \times f \times 10000$$

که در این معادله I: حجم آبی است که باید در هر نوبت آبیاری داده شود

W: توانایی ذخیره آب هر مترمکعب خاک (در خاک لومی رسی، ۰/۱۶ بود).

D: عمق توسعه ریشه یا مقدار عمق مورد نظر برای خیس کردن خاک که بهتر است ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق توسعه ریشه باشد (بر حسب متر). در این آزمایش ۰/۶ متر در نظر گرفته شد.

f: ضریب آب سهل الوصول که گیاه می‌تواند به راحتی آب را از خاک توسط ریشه جذب کند. در این آزمایش ۰/۶ در نظر گرفته شد. عدد ۱۰۰۰۰ هم برای تبدیل معادله به مترمکعب در هکتار است (طایفه رضایی ۲۰۱۶). تعداد سه نوبت آبیاری برای تیمار آبیاری مطلوب و یک نوبت

آبیاری برای تنش خشکی انجام گرفت. برداشت در نیمه اول تیرماه سال ۱۳۹۷ صورت گرفت.

اندازه‌گیری صفات

برای این منظور محصول از وسط هر کرت ۱ مترمربع برداشت شد و برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل شد. برای محاسبه ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و برگ پرچم از هر تیمار ۱۰ نمونه به طور تصادفی انتخاب شد و با خط کش اندازه‌گیری شده و سپس میانگین گرفته شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۵ نمونه صدتایی از هر کرت شمارش و با ترازوی حساس توزین شده و سپس میانگین گرفته شد و حاصل در ۱۰ ضرب شد. برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، کل نمونه‌های برداشت شده شمارش شدند. برای محاسبه عملکرد دانه و ماده خشک کل کرت برداشت و توزین گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	اشباع رطوبت حجمی (٪)	آهک (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)
۳۰-۰	لوم – رسی	۰/۹	۷/٤۸	٤٥	١٦	۳۳	۳۸	۲۹	۱ /۲۲	۰ /١٤	۱۳	۳٦۵

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پلیمر سوپر جاذب (A200)

خصوصیات	سوپر جاذب	خصوصیات	سوپر جاذب
حلالیت	نامحلول در آب و محلول‌های آلی، پس از تماس با محلول‌های آبی به ژل متورم تبدیل می‌شود	اکریلیک اسید	<٦۰۰
pH	۸/۷-۵/٤	سمیت و اکولوژی	غیر سمی برای گیاهان، موجودات خاک و آب زیرزمینی بر طبق آزمون OECD
جذب آب	۵۰۰ برابر وزن خود	اندازه ذرات	۰/۲ تا ۰/۸ میلی‌متر
دوام	۷ سال طول می‌کشد تا کامل تجزیه شود بسته به شرایط آب و هوایی و خاک، میزان تجزیه در هر سال ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌باشد.	آب مفید برای گیاه	بیشتر از ۹۵ درصد

اندازه‌گیری کاروتنوئید برگ

برای سنجش مقدار کاروتنوئید از روش لیچتنت هالر (۱۹۸۷) استفاده شد. بدین منظور ۰/۲ گرم از برگ گیاه با۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در هاون چینی سائیده شد و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفوژ در ٤۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) در طول موج ٤۷۰ نانومتر (برای کاروتنوئید) جذب آن‌ها در مقابل نمونه شاهد (استون) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر[*۱]خوانده شد و پس از تعیین درصد جذب نوری با استفاده از رابطه زیر مقدار کاروتنوئیدها با واحد $mg\ g^{-1}\ FW$ ارائه شد.

$$C\ (x + c) = \frac{(100.A_{470} - 1.82Cha - 85.02\ Chb)}{198}$$

اندازه‌گیری کلروفیل

[*] Universal ساخت کمپانی، Hettich

جهت اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و b از روش آرنـون (۱۹۷۵) و دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. در مرحلـه گلدهی از هر کرت پنج برگ برداشت و طبق توصیه ما و

دویر (۱۹۹۷) از قسمت میانی برگ ها یک گرم نمونه تـازه تهیه گردید. نمونـه تـازه بـا مقـداری اسـتن ۸۰ درصـد در هاون چینی کاملا ساییده شد محلول به دست آمده چندین بار از کاغذ صافی عبور داده شد تا نمونه برگ کـاملا بـی رنگ شود. حجم محلول به دست آمده با استفاده از اسـتن ۸۰ درصد بـه ۱۰۰ میلـی لیتـر رسـانیده شـد و سـپس بـا استفاده از دستگاه اسپکترفتومتر** جـذب نـوری عصـاره برگ در طول موج هـای ٦٤٥ و ٦٦٣ قرائـت گردیـد، بـرای محاسـبه غلظـت کلروفیـل a و b از روابـط زیـر (آرنـون ۱۹۷۵) استفاده شد :

$$\text{میلی گرم کلروفیل a در هر گرم برگ} = [12.7\ (D_{663}) - 2.59\ (D_{645})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{میلی گرم کلروفیل b در هر گرم برگ} = [22.9\ (D_{645}) - 4.69\ (D_{663})] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

که در آن V و W به ترتیب حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفوژ) و وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

تجزیه آماری

برای داده‌هایی که از طریق شمارش بدست آمده بودند (مانند تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح) با استفاده از نرم افزار SPSS تبدیل جذری به عمل آمد (جهت نرمال کردن داده‌ها). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای SAS، MSTATC و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات

نتایج تجزیه واریانس تاثیر اثرات ساده آبیاری، سوپر جاذب و رقم و اثرات برهمکنش آنها در جدول ۳ ارائه شده است.

وزن هزار دانه

تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، وزن هزار دانه را ۸ درصد کاهش داد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و مصرف توام آنها وزن هزار دانه را به ترتیب به میزان ۸، ٦ و ١٤ درصد افزایش داد (جدول ٤). تنش خشکی باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه‌ها شده و علاوه بر محدود نمودن اندازه بافت‌های منبع و مخزن، بارگیری آوند آبکش، انتقال آسیمیلات‌ها و توزیع ماده خشک را نیز مختل می‌کند (فاروق و همکاران ۲۰۰۹). پلیمر سوپر جاذب به دلیل تامین آب و مواد غذایی برای گیاه گندم و همچنین افزایش انتقال مواد فتوسنتزی همانند نتایج سایر محققان سبب افزایش وزن هزار دانه شد (جلیلی و همکاران ۲۰۱۷). ارقام میهن و حیدری بیشترین وزن هزار دانه را داشتند. همچنین علت افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمار با پلیمر سوپر جاذب را می‌توان به در دسترس قرار دادن آب به مقدار کافی و در نتیجه انتقال بهتر مواد غذایی به دانه‌ها نسبت داد که نهایتا از کوچک ماندن و چروکیدگی دانه‌ها جلوگیری می‌کند (اسپچت و هاروی جونز ۲۰۰۰). وزن هزار دانه تابع سرعت و طول دوره پر شدن آن است تنش خشکی در طول دوره رشد باعث کاهش فتوسنتز و کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه و کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه می‌شود کاربرد پلیمر با تامین رطوبت خاک باعث افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه گردید (نظرلی و همکاران ۲۰۱۵).

عملکرد دانه

** Zeletex Zx 50 ساخت آلمان

بیشترین عملکرد دانه (۶۹۸۰/۲ کیلوگرم بر هکتار) از آبیاری مطلوب و کمترین عملکرد دانه (٤٧٩٠/٤ کیلوگرم بر هکتار) در شرایط تنش خشکی (آبیاری بعد از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت A) بدست آمد. تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به میزان ۳۲ درصد کاهش داد. تنش خشکی عملکرد دانه گندم را از طریق کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش داد که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (عیدی زاده و همکاران ۲۰۱٦). مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و مصرف توام آنها در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۲۰، ۲۲ و ۳۳ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد سوپر جاذب به دلیل جذب و نگهداری آب و فراهمی رطوبت در محیط ریشه، عملکرد دانه را افزایش داده است. گزارش شده است که کاربرد سوپر جاذب به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد (بدون سوپر جاذب) در گیاه گندم سبب افزایش میزان عملکرد دانه به میزان ۸/۵ درصد شد (عابدینی و ساجدی ۲۰۱٤). رقم میهن به دلیل داشتن بیشترین اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، بیشترین عملکرد دانه (٦۳۹۸/٦ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد (جدول ٤). در سایر تحقیقات نیز، کود دامی همراه با زئولیت، میزان کربن آلی خاک را بهبود بخشیده و باعث تولید بالاترین عملکرد دانه در گیاه آفتابگردان گردید (جامی و همکاران ۲۰۱۸). بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار کود دامی در این پژوهش می‌تواند به دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای رشد و رهاسازی تدریجی آن و تطابق آن با نیازهای گیاه باشد (مرادی گاهدریجانی و همکاران ۲۰۱۷).

ارتفاع بوته

بیشترین (۸۹/۱۱ سانتی‌متر) و کمترین (۸۳/۸۰ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به ترتیب از آبیاری کامل و تنش خشکی بدست آمد. در نتایج سایر محققان نیز، تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوده شده است (جلیلی و همکاران ۲۰۱۷). با مصرف جداگانه و توام کود دامی و پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم مصرف)، ارتفاع بوته به‌ترتیب ۹، ٥ و ۱۱ درصد افزایش معناداری یافت. در آزمایشی گزارش شد تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته گندم شد و افزایش مصرف زئولیت سبب افزایش ارتفاع گیاه گردید (ملکی و همکاران ۲۰۰٥). در بین ارقام مورد مطالعه نیز بیشترین ارتفاع بوته از رقم زرینه (۹٥/۹٥ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ٤).

تعداد دانه در سنبله

مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و مصرف توام آنها در مقایسه با شاهد، تعداد دانه در سنبله را به ترتیب به میزان ۱٦، ۲٤ و ۳٥ درصد افزایش داد. سایر محققان نیز گزارش کردند کاربرد سوپر جاذب در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در گندم تعداد دانه در سنبله را ۱۸/٦ درصد افزایش داد (جلیلی و همکاران ۲۰۱۷). تعداد دانه در سنبله از مهمترین اجزای عملکرد دانه است که موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (کافی و همکاران ۲۰۱۲). سایر محققان نیز اظهار داشتند در شرایط تنش خشکی، میزان رشد رویشی و مقدار مواد فتوسنتزی گندم کاهش می‌یابد و باعث کاهش گرده‌افشانی گل‌ها شده و برخی از گل‌های تلقیح شده نیز موفق به دریافت کربوهیدرات برای پر شدن دانه نخواهند شد و در نتیجه تعداد دانه در سنبله کم می‌شود (فرمهینی فراهانی و همکاران ۲۰۱۳). ارقام میهن و زرینه بیشترین تعداد دانه در سنبله را تولید کردند (جدول ٤). نتایج برهمکنش آبیاری و رقم نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳٥/٥۸ دانه در سنبله) از رقم میهن در شرایط آبیاری مطلوب بدست آمد که با رقم زرینه تفاوت معناداری نداشت (جدول ٦). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری

مطلوب، تعداد دانه در سنبله را در ارقام میهن، حیدری و زرینه به ترتیب به میزان ۲۸، ۷ و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ٦).

تعداد سنبله در واحد سطح

بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح در شرایط آبیاری مطلوب و مصرف توام کود دامی و سوپر جاذب حاصل شد (جدول ٥). در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، مصرف کود دامی و پلیمر سوپر جاذب باعث افزایش تعداد سنبله در واحد سطح شد. در شرایط آبیاری مطلوب، مصرف جداگانه کود دامی، پلیمر سوپر جاذب و مصرف توام آن دو در مقایسه با شاهد (عدم مصرف)، تعداد سنبله در واحد سطح را به ترتیب به میزان ۲۳، ۲۹ و ۳۲ درصد افزایش داد. همچنین در شرایط تنش خشکی، مصرف جداگانه و توأم کود دامی، پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم مصرف)، تعداد سنبله در واحد سطح را به ترتیب به میزان ۱۸، ٢٤ و ٣٤ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد تاثیر مصرف کود دامی و پلیمر سوپر جاذب در بهبود تعداد سنبله در واحد سطح در شرایط تنش خشکی بهتر از شرایط آبیاری مطلوب بوده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام گندم در شرایط مختلف آبیاری، سوپرجاذب و کود دامی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در واحد سطح	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	ارتفاع بوته	کاروتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b	مساحت برگ پرچم
بلوک	۲	۲۲/۴۸**	۰/۱۲۵^{ns}	۰/۱۴۲^{ns}	۲۱۳۴۵۶۶/۷۹**	۱۱۷۵۵۲۷/۰۰^{ns}	۲۳/۲۹^{ns}	۰/۰۰۰۳۴**	۰/۱۱۷**	۰/۰۳۴*	۰/۰۰۴۷^{ns}
آبیاری	۱	۲۰۸/۰۸**	۳/۶۷**	۱۶۱/۷۳**	۸۶۳۱۰۶۳۸/۵۶**	۶۳۲۳۲۲۴۷/۰۰**	۵۰۶/۶۸**	۰/۰۰۸۶**	۱/۴۵**	۰/۲۰**	۱۱۵/۰۳**
سوپرجاذب	۳	۱۱۰/۱۱**	۴/۲۷**	۲۳/۹۹**	۱۶۱۲۱۱۶۵/۱۶**	۵۴۳۲۰۲۸۸/۷**	۳۰۸/۲۳**	۰/۰۱۸۹**	۰/۷۱۵**	۰/۸۱**	۶۷/۷۰**
رقم	۲	۲۸/۸۸**	۱/۸۸**	۲۷/۹۸**	۵۴۳۱۴۶۹/۰۷**	۴۰۶۷۱۸۰۴/۰۰**	۱۷۱۲/۶۶**	۰/۰۰۱۸۳**	۰/۰۳۳**	۰/۰۴۳*	۱۰/۵۹**
آبیاری × سوپرجاذب	۳	۱/۸۱^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۶۷*	۲۸۹۴۸۴/۶۰^{ns}	۱۳۱۰۰۲۲/۸۰^{ns}	۲/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۶۵^{ns}	۰/۰۳۹**	۰/۰۴۷**	۱۰/۰۹**
آبیاری × رقم	۲	۸/۴۲^{ns}	۰/۴۲*	۱۴/۰۳**	۷۴۶۸۸/۶۰^{ns}	۴۱۷۲۷۹۳/۵*	۵/۰۵^{ns}	۰/۰۰۱۲*	۰/۰۷۶**	۰/۱۰۶**	۱/۰۸^{ns}
سوپرجاذب × رقم	۶	۴/۱۱^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۱/۵۵**	۲۶۳۱۱۰/۷۸^{ns}	۴۳۵۵۰۰۵/۱۰**	۱۰/۶۱^{ns}	۰/۰۰۰۳۱^{ns}	۰/۰۲۳**	۰/۰۱۳^{ns}	۱۶/۷۲**
آبیاری × سوپرجاذب × رقم	۶	۷/۴۳^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۴۷^{ns}	۱۲۵۰۶۲/۷۷^{ns}	۷۵۸۰۶۵/۱^{ns}	۸/۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۹۶*	۰/۰۳۰**	۰/۰۰۳^{ns}	۱/۲۷^{ns}
خطای آزمایشی	۴۶	۴/۲۴	۰/۱۰۰	۰/۲۵۳	۲۶۷۰۰۲/۵	۱۰۸۶۱۲۴/۰۰	۷/۸۲	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۶۶	۰/۰۱۰	۱/۴۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۴/۸۵	۵/۷۴	۳/۵۹	۸/۷۷	۶/۲۵	۳/۲۳	۱۰/۲۹	۸/۴۸	۱۶/۳۷	۵/۷۷

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنادار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنادار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری، سوپر جاذب و رقم بر صفات مورد مطالعه.

تیمار	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله
آبیاری				
آبیاری مطلوب (با سه آبیاری)	٤٤/١٢ a	٦٩٨٠/٢ a	٨٩/١١ a	-
تنش خشکی (با یک آبیاری)	٤٠/٧٢ b	٤٧٩٠/٤ b	٨٣/٨٠ b	-
سوپر جاذب- کود دامی				
١	٣٩/٥٧ c	٤٧٠١/٧ c	٨١/٣٣ c	٢٤/٥٠ c
٢	٤٢/٨٧ b	٥٨١٧/٧ b	٨٨/٦١ a	٢٩/١٦ b
٣	٤١/٧٥ b	٦٠١١/٦ b	٨٥/١١ b	٣٢/١١ b
٤	٤٥/٥١ a	٧٠١٠/٢ a	٩٠/٧٧ a	٣٧/٣٣ a
رقم				
میهن	٤٣/٧٢ a	٦٦٣٦/٧ a	٧٩/٧٩ c	-
حیدری	٤٣/٦٩ a	٥٧٩١/٧ b	٨٣/٦٢ b	-
زرینه	٤١/٨٧ b	٥٩٥٧/٣ b	٩٥/٩٥ a	-

١: عدم مصرف کود، ٢: کود دامی ٤٠ تن در هکتار، ٣: سوپر جاذب ٢٠٠ کیلوگرم در هکتار، ٤ : سوپر جاذب ٢٠٠ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ٤٠ تن در هکتار. در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ٥ درصد معنا- دار نیست.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و سوپر جاذب بر صفات مورد مطالعه.

تیمار (آبیاری × سوپرجاذب- کود دامی)		تعداد سنبله در واحد سطح	کلروفیل b (میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ)	مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)
آبیاری	کود			
آبیاری مطلوب	١	١٨٩/٢٢ c	٠/٤٩ d	٢٠/٨٧ b
	٢	٢٤٤/٣٣ b	٠/٦٥ bc	٢١/٣٧ b
	٣	٢٦٤/٨٨ ab	٠/٦٩ b	٢١/٤٤ b
	٤	٢٧٨/١١ a	٠/٩١ a	٢٥/٥٩ a
تنش خشکی	١	١٢٥/٥٥ d	٠/٣٦ d	١٧/٠٨ c
	٢	١٥٢/٢٢ d	٠/٥١ cd	٢٠/٢٣ b
	٣	١٦٥/١١ c	٠/٤٩ d	٢٠/١١ b
	٤	١٨٨/٠٠ b	٠/٩٥ a	٢١/٧٤ b

١: عدم مصرف کود، ٢: کود دامی ٤٠ تن در هکتار، ٣: سوپر جاذب ٢٠٠ کیلوگرم در هکتار، ٤ : سوپر جاذب ٢٠٠ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ٤٠ تن در هکتار. در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ٥ درصد معنا- دار نیست.

مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم نیز نشان داد بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح از رقم میهن در شرایط آبیاری مطلوب بدست آمد (جدول ٦). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، تعداد سنبله در واحد سطح

را به ترتیب به میزان ۴۷، ۲۸ و ۲۷ درصد کاهش داد. مقایسه میانگین برهمکنش تیمار سوپرجاذب و رقم نیز نشان داد کاربرد جداگانه و توام کود دامی و سوپر جاذب، تعداد سنبله در واحد سطح تمامی ارقام گندم را افزایش داد به طوری که مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و مصرف توام آنها در مقایسه با شاهد (عدم مصرف) به ترتیب تعداد سنبله در واحد سطح را در رقم میهن به میزان ۱۶، ۳۱ و ۳۵ درصد افزایش داد (جدول ۷).

محتوای کلروفیل b

بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی بدست آمد که با شرایط آبیاری مطلوب تفاوت معناداری نداشت (جدول ۵).

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم بر صفات مورد مطالعه.

تیمار (آبیاری × رقم)		تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در واحد سطح	کلروفیل b (میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)
آبیاری مطلوب	میهن	۳۵/۵۸ a	۳۰۴/۱۶ a	۰/۶۲ b	۱۶۹۳۲/۶۳ b
	حیدری	۲۹/۰۰ bc	۲۳۵/۲۵ b	۰/۶۳ b	۱۹۵۵۰/۰۵ a
	زرینه	۳۵/۲۵ a	۱۹۳/۰۰ c	۰/۸۰ a	۱۶۳۱۷/۵۳ bc
تنش خشکی	میهن	۲۵/۹۱ c	۱۶۱/۴۱ d	۰/۶۳ b	۱۵۲۹۹/۳۰ c
	حیدری	۲۷/۰۸ c	۱۷۰/۴۱ d	۰/۵۵ b	۱۶۷۴۷/۸۹ b
	زرینه	۳۱/۸۳ ab	۱۴۱/۳۳ e	۰/۵۵ b	۱۵۱۳۰/۲۱ c

در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست.

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش سوپر جاذب و رقم بر صفات مورد مطالعه.

تیمار (سوپرجاذب × رقم)			تعداد سنبله در واحد سطح	مساحت برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)
سوپرجاذب- کود دامی		رقم			
۱		میهن	۱۸۰/۸۳ fgh	۱۹/۱۶ b	۱۵۲۷۸/۴۳ d
		حیدری	۱۵۲/۱۶ hi	۱۹/۵۸ b	۱۴۹۸۲/۸۹ de
		زرینه	۱۳۹/۱۶ i	۱۸/۱۹ b	۱۳۰۱۶/۰۵ e
۲		میهن	۲۱۴/۸۳ cde	۱۸/۹۸ b	۱۵۳۶۹/۹۳ d
		حیدری	۲۰۲/۳۳ def	۲۳/۵۲ a	۱۸۷۰۲/۴۵ ab
		زرینه	۱۷۷/۶۶ fgh	۱۹/۹۰ b	۱۶۰۹۲/۰۸ cd
۳		میهن	۲۶۰/۵۰ ab	۱۹/۸۶ b	۱۵۸۹۸/۴۶ cd
		حیدری	۲۲۱/۱۶ cd	۱۹/۵۴ b	۱۸۶۴۳/۶۸ ab
		زرینه	۱۶۳/۳۳ ghi	۲۲/۹۳ a	۱۵۹۷۱/۶۰ cd
۴		میهن	۲۷۵/۰۰ a	۲۳/۶۲ a	۱۷۹۱۷/۰۶ bc
		حیدری	۲۳۵/۶۶ bc	۲۴/۲۹ a	۲۰۲۶۶/۸۷ a
		زرینه	۱۸۸/۵۰ efg	۲۳/۰۹ a	۱۷۸۱۵/۷۵ bc

۱: عدم مصرف کود، ۲: کود دامی ۴۰ تن در هکتار، ۳: سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار،۴: سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ۴۰ تن در هکتار. در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست.

در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، کاربرد کود دامی و پلیمر سوپر جاذب مقدار کلروفیل b را افزایش داد. در شرایط آبیاری مطلوب، مصرف جداگانه کود دامی، پلیمر سوپر جاذب و مصرف توام کود دامی و پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم مصرف)، مقدار کلروفیل b را به ترتیب به میزان ۲۵، ۲۹ و ٤۷ درصد افزایش داد. همچنین در شرایط تنش خشکی، مصرف جداگانه کود دامی، پلیمر سوپر جاذب و مصرف توام کود دامی و پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم مصرف)، مقدار کلروفیل b را به ترتیب به میزان ۳۰، ۲۷ و ٦۳ درصد بهبود بخشید. بیشترین مقدار کلروفیل b از رقم زرینه (۰/۸۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در شرایط آبیاری مطلوب حاصل شد (جدول ٦).

مساحت برگ پرچم

بیشترین مساحت برگ پرچم (۲۵/۵۹ سانتی‌مترمربع) از کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب در شرایط آبیاری مطلوب حاصل شد. با اعمال تنش خشکی از مساحت برگ پرچم کاسته شد ولی کاربرد کود دامی و سوپر جاذب مساحت برگ پرچم را افزایش داد در شرایط تنش خشکی بین مصرف جداگانه و توام کود دامی و سوپر جاذب از نظر مساحت برگ پرچم تفاوت معناداری وجود نداشت (جدول ٥). بررسی برهمکنش سوپر جاذب و رقم نیز نشان داد بیشترین مساحت برگ پرچم از رقم حیدری (۲٤/۲۹ سانتی‌مترمربع) در شرایط مصرف توام کود دامی و سوپر جاذب بدست آمد که در این شرایط بین ارقام تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۷). در آزمایشی مشخص شد تنش خشکی میانگین مساحت برگ پرچم را به میزان ۱۳/٤٤ درصد کاهش داد و بیشترین سطح برگ پرچم از رقم میهن و کمترین آن از رقم اوحدی حاصل شد (کنانی و باقری ۲۰۱۷) در مطالعه دیگری کاهش ۳۲/۱ درصدی سطح برگ پرچم گندم تحت شرایط تنش خشکی مشاهده شد (جاتوی و همکاران ۲۰۱٤). شهبازی و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که لاین‌های متحمل گندم در شرایط عادی رطوبتی دارای ۲٦ سانتی-مترمربع مساحت برگ پرچم و در شرایط تنش رطوبتی دارای ۱۸ سانتی‌مترمربع و لاین‌های حساس در شرایط عادی رطوبتی دارای ۲۸/٤ سانتی‌مترمربع و در شرایط تنش رطوبتی ۱۵/۲ سانتی‌مترمربع مساحت برگ پرچم بودند. به نظر می‌رسد گیاهان در شرایط تنش خشکی سطح برگ خود را کاهش می‌دهند تا اتلاف آب از سایه انداز گیاه متناسب با آب موجود در خاک تنظیم شود هدر رفتن آب از سطح گیاه عمدتا به مساحت تعرق کننده گیاه وابسته است (میتلر ۲۰۰٦). در نتایج سایر پژوهشگران نیز کاربرد سوپر جاذب به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار به دلیل ذخیره بیشتر آب در اطراف ریشه، پتانسیل فشاری برگ افزایش یافته و و زمینه توسعه بیشتر برگ‌ها فراهم می‌شود (عابدی و ساجدی ۲۰۱٤) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک از رقم حیدری (۱۹۵۵۰/۰۵ کیلوگرم بر هکتار) در شرایط آبیاری مطلوب حاصل شد (جدول ٦) همچنین رقم حیدری بیشترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط مصرف توام کود دامی و سوپر جاذب تولید کرد (جدول ۷). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب مقدار عملکرد بیولوژیک کلیه ارقام گندم را ۱۱ درصد کاهش داد (جدول ٦). کاهش سطح فتوسنتز کننده و همچنین کاهش میزان فتوسنتز بر اثر تنش خشکی باعث کاهش تجمع ماده خشک و کاهش عملکرد بیولوژیک در پایان دوره رشد گیاه می‌شود (مرتضوی و همکاران ۲۰۱٥). مصرف جداگانه کود دامی، پلیمر سوپرجاذب و کاربرد توام آنها در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود دامی و سوپر جاذب) مقدار عملکرد بیولوژیک کلیه ارقام

گندم را به ترتیب ۳۸، ۳۹ و ٤٤ درصد افزایش داد (جدول ۷). تحقیقات مختلف نشان داده است کاربرد پلیمر سوپر جاذب باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است (کاظمی و همکاران ۲۰۱٦). افزایش در عملکرد بیولوژیک می‌تواند نتیجه افزایش قابلیت نگهداری آب و برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک در اثر مصرف پلیمر سوپر جاذب باشد. سوپر جاذب می‌تواند عناصری مانند آهن، روی، فسفر و نیتروژن را در خود نگه دارند و از آبشویی و هدر رفتن آنها جلوگیری کنند (پوراسماعیل ۲۰۰٦).

محتوای کاروتنوئید

بیشترین مقدار کاروتنوئید از رقم حیدری (۰/۲٤٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در شرایط آبیاری مطلوب و مصرف توام کود دامی و پلیمر سوپر جاذب حاصل شد بین ارقام مختلف گندم در این شرایط تفاوت معناداری نداشت (جدول ۸). کمترین مقدار کاروتنوئید نیز از رقم حیدری (۰/۱٤۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف کود دامی و پلیمر سوپر جاذب حاصل شد. تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، مقدار کاروتنوئید کلیه ارقام گندم را ۱٤ درصد کاهش داد (جدول ۸). محققان نشان دادند تنش کم آبی موجب کاهش شاخص محتوای کلروفیل و کاهش میزان کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها در برگ کلزا می‌شود (احمدی موسوی و همکاران ۲۰۰۵). رضایی فر و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند بیشترین میزان کاروتنوئید از ارقام میهن و زارع در گیاه گندم در شرایط بدون تنش خشکی حاصل شد و کمترین میزان کاروتنوئید از رقم زارع در شرایط اعمال تنش خشکی بدست آمد.

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری × سوپر جاذب × رقم بر صفات مورد مطالعه.

تیمار (**سوپر جاذب** × رقم)		کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)		کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	
سوپرجاذب-کود دامی	**رقم**	آبیاری مطلوب	تنش خشکی	آبیاری مطلوب	تنش خشکی
۱	میهن	۰/۱۷۳ c-f	۰/۱٤٦ ef	۰/۹۳ def	۰/۷۰ f-i
	حیدری	۰/۱۵۰ ef	۰/۱٤۰ f	۰/۹۰ d-g	۰/٦٦ ghi
	زرینه	۰/۱۷٦ c-f	۰/۱۵۳ ef	۱/۰۰ cde	۰/۵۳ i
۲	میهن	۰/۲۰۰ a-f	۰/۱۸۰ b-f	۱/۲۰ abc	۰/۸۳ e-h
	حیدری	۰/۱٦٦ c-f	۰/۱۵٦ ef	۱/۰٦ b-e	۰/۸۰ e-h
	زرینه	۰/۲٤٦ a	۰/۱٤٦ ef	۱/۱۰ bcd	۰/۵۷ hi
۳	میهن	۰/۱۸٦ a-f	۰/۱۷۰ c-f	۰/۹۳ def	۰/۸۰ e-h
	حیدری	۰/۱۸۳ a-f	۰/۱٦۳ def	۱/۰۳ cde	۰/۹۰ d-g
	زرینه	۰/۱۸٦ a-f	۰/۱٦۳ def	۱/۱۰ bcd	۰/۵۳ i
٤	میهن	۰/۲٤۳ ab	۰/۲۳۰ abc	۱/۲۵ abc	۱/۱۳ bcd
	حیدری	۰/۲٤٦ a	۰/۲۱۰ a-e	۱/٤۳ a	۱/۱٤ bcd
	زرینه	۰/۲٤٦ a	۰/۲۲٦ ad	۱/۳۱ ab	۱/۲۲ abc

۱: عدم مصرف کود، ۲: کود دامی ٤۰ تن در هکتار، ۳: سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ٤ : سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ٤۰ تن در هکتار. در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست.

گزارش شده است تحت تنش خشکی کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات عامل کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل می‌باشد (سیلوا و همکاران ۲۰۰۷). در شرایط آبیاری مطلوب، مصرف جداگانه کود دامی، پلیمر سوپر جاذب و توام کود دامی و سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود دامی و سوپر جاذب) مقدار کاروتنوئید را به ترتیب ۱۹، ۱۱ و ۳۳ درصد افزایش داد (جدول ۸). در شرایط تنش خشکی نیز، مصرف جداگانه کود دامی، پلیمر سوپر جاذب و توام کود دامی و سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود دامی و سوپر جاذب) مقدار کاروتنوئید را به ترتیب ۹، ۱۲ و ۳۵ درصد افزایش داد (جدول ۸). در آزمایشی مشخص شد میزان کاروتنوئیدها با افزایش دور آبیاری و شدت تنش خشکی کاهش یافت و خشکی شدید کاروتنوئیدها را تخریب و با کاربرد کود دامی و سوپر جاذب بیشترین میزان کاروتنوئیدها حاصل شد (صفوی گاردینی ۲۰۱۶).

محتوای کلروفیل a

بیشترین محتوای کلروفیل a از رقم حیدری (۱/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در شرایط آبیاری مطلوب و مصرف توام کود دامی و پلیمر سوپر جاذب حاصل شد که با محتوای کلروفیل a ارقام میهن و زرینه در شرایط آبیاری مطلوب و مصرف توام کود دامی و پلیمر سوپر جاذب تفاوت معناداری نداشت (جدول ۸). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، محتوای کلروفیل a کلیه ارقام گندم را ۲۷ درصد کاهش داد (جدول ۸). در شرایط آبیاری مطلوب، مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم مصرف) محتوای کلروفیل a را به ترتیب به میزان ۱۷، ۸ و ۳۰ درصد افزایش داد. همچنین در شرایط تنش خشکی، مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب در مقایسه با شاهد (عدم مصرف) محتوای کلروفیل a را به ترتیب به میزان ۱۴، ۱۵ و ٤٦ درصد افزایش داد (جدول ۸). به نظر می‌رسد تاثیر مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب در افزایش محتوای کلروفیل a موثرتر بوده است. سایر آزمایش‌ها نیز نشان داده است که تنش خشکی ملایم موجب کاهش کلروفیل a و b شد و در تنش خشکی شدید کاهش کلروفیل شدت بیشتری داشت با کاربرد پلیمر سوپرجاذب ۳۰ و ٤٥ کیلوگرم در هکتار میزان کلروفیل a در گیاه گندم نسبت به حالت شاهد به ترتیب ۱۳/٤۲ و ۲۰/۱۳ درصد افزایش یافت (کاظمی و همکاران ۲۰۱٦).

بررسی اقتصادی

استفاده از کود دامی در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، در رقم حیدری بیشترین سود اقتصادی عاید شد. کاربرد سوپر جاذب به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین سود را از آن رقم زرینه نمود (جدول ۹). در کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب تحت شرایط آبیاری مطلوب بیشترین درآمد خالص به ترتیب از ارقام زرینه، حیدری و میهن بدست آمد. در شرایط تنش خشکی در استفاده توام کود دامی و سوپر جاذب بیشترین درآمد خالص مربوط به رقم حیدری بود (جدول ۹). در شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد کود دامی، بیشترین درآمد خالص عملکرد کاه و کلش از رقم زرینه بدست آمد. با کاربرد سوپر جاذب و کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب بیشترین درآمد حاصل از کاه و کلش از رقم حیدری حاصل شد. در شرایط تنش خشکی و کاربرد جداگانه و توام کود دامی و سوپر جاذب، بیشترین عملکرد کاه و کلش از رقم حیدری بدست آمد (جدول ۱۰). تحت شرایط آبیاری مطلوب با کشت ارقام میهن، حیدری و زرینه و کاربرد کود دامی به‌ترتیب به‌میزان صد هزار

تومان، هیجده میلیون و سیصد و شصت هزار تومان و دو میلیون و صد هزار تومان با احتساب عملکرد دانه و کاه و کلش درآمد عاید کشاورز می‌شود. با کاربرد تیمار سوپر جاذب در ارقام مذکور تحت شرایط آبیاری مطلوب و با جمع درآمد عملکرد دانه و کاه و کلش به‌ترتیب مبلغ (در رقم میهن افزایش درآمد خالص وجود ندارد)، دو میلیون و هشتاد هزار تومان و دو میلیون تومان نصیب کشاورز می‌شود. با کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب درآمد حاصل برای ارقام فوق به‌ترتیب یک میلیون و پانصد و هشتاد هزار تومان، سه میلیون و صد و بیست هزار تومان و سه میلیون و پانصد و هشتاد هزار تومان خواهد شد. تحت شرایط تنش خشکی با کشت ارقام میهن، حیدری و زرینه و کاربرد کود دامی به‌ترتیب به‌میزان سیصد و پنجاه هزار تومان، پنج میلیون و شصت هزار تومان و سه میلیون دویست هزار تومان با احتساب عملکرد دانه و کاه و کلش درآمد عاید کشاورز می‌شود. با کاربرد تیمار سوپر جاذب در ارقام مذکور تحت شرایط تنش خشکی و با جمع درآمد عملکرد دانه و کاه و کلش به‌ترتیب مبلغ سیصد و شصت هزار تومان ، سه میلیون و پانصد هزار تومان و دو میلیون و صد و چهل هزار تومان نصیب کشاورز می‌شود. با کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب درآمد حاصل برای ارقام فوق به‌ترتیب دو میلیون و دویست هزار تومان، پنج میلیون تومان و سه میلیون و ششصد هزار تومان خواهد شد.

جدول ۹- درصد افزایش یا کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط مختلف آزمایش.

تیمار (سوپرجاذب × رقم)		عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)					
		آبیاری مطلوب			تنش خشکی		
* سوپرجاذب- کود دامی	رقم	میانگین	** درصد افزایش	درآمد خالص افزایش عملکرد دانه در یک سال از یک هکتار (تومان)	میانگین	درصد افزایش	درآمد خالص افزایش عملکرد دانه در یک سال از یک هکتار (تومان)
۱ (شاهد)	میهن	٦٨٠٣/٩٤	-	-	٤١٦٤/٧٥	-	-
	حیدری	٥٥٤٦/٦٦	-	-	٣١٩٣/٣٣	-	-
	زرینه	٥٠٧٣/٣٣	-	-	٣٤٢٨/٣٤	-	-
۲	میهن	٧١٠٦/٣٧	+٥	١٠٠٠٠٠	٥٢٦١/٩٠	+٢١	١/٣٥٠/٠٠٠
	حیدری	٦٩٢٠/٢٥	+٢٠	١٨٠٠٠٠٠٠	٤٩٧٦/٦٥	+٣٦	٢/٤٠٠/٠٠٠
	زرینه	٦١٦٧/٢٦	+١٨	١٣٠٠٠٠٠	٤٤٧٣/٥٤	+٢٤	١/٢٠٠/٠٠٠
۳	میهن	٧٤٧٥/١١	+٩	٢٨٠٠٠٠	٥٢١١/٠٣	+٢١	٨٦٠٠٠٠
	حیدری	٧١٧٢/٠٢	+٢٣	١٨٠٠٠٠٠	٤٨٢٤/٦٣	+٣٤	١/٨٠٠/٠٠٠
	زرینه	٦٨٦٥/٧٤	+٢٧	٢١٠٠٠٠٠	٤٥٢١/٢٤	+٢٥	٩٤٠/٠٠٠
٤	میهن	٨٧٣٣/٣٣	+٢٣	١٩٠٠٠٠٠	٦٤٣١/٩٨	+٣٦	٢/٤٠٠/٠٠٠
	حیدری	٨٠٤٥/٥١	+٣٢	٢٨٠٠٠٠٠	٥٧٠٦/٩٧	+٤٥	٢/٨٠٠/٠٠٠
	زرینه	٧٨٥٢/٧٧	+٣٦	٣٣٠٠٠٠٠	٥٢٩٠/٨٥	+٣٦	١/٨٠٠/٠٠٠

*مشخصات تیمارها در زیر جدول ۸ ارائه شده است. ** نسبت به تیمار ۱ (شاهد)

جدول ۱۰- درصد افزایش یا کاهش عملکرد کاه و کلش ارقام گندم در شرایط مختلف آزمایش.

تیمار (سوپرجاذب × رقم)		عملکرد کاه و کلش (کیلوگرم بر هکتار)					
		آبیاری مطلوب			تنش خشکی		
سوپرجاذب	رقم	میانگین	درصد افزایش	درآمد خالص افزایش عملکرد کاه و کلش در یک سال از یک هکتار (تومان)	میانگین	درصد افزایش	درآمد خالص افزایش کاه و کلش در یک سال از یک هکتار (تومان)
۱	میهن	۹۱۵۲/۰۳	-	-	۱۰۴۳۶/۱۴	-	-
	حیدری	۱۱۶۸۷/۸	-	-	۹۵۳۷/۹۸	-	-
	زرینه	۸۸۷۹/۳۴	-	-	۸۶۵۱/۱۰	-	-
۲	میهن	۹۰۸۴/۲۴	۰	۰	۹۲۸۷/۳۴	-۱۲	-۱۰۰۰۰۰۰
	حیدری	۱۲۵۵۲/۴۶	+۷	۳۶۰۰۰۰	۱۲۹۵۵/۵۴	+۲۷	۲۶۶۰۰۰۰
	زرینه	۱۰۲۳۲/۹۵	+۱۴	۸۰۰۰۰۰	۱۱۳۱۰/۴۲	+۲۴	۲۰۰۰۰۰۰
۳	میهن	۹۲۵۱/۲۴	+۲	-۷۰۰۰۰۰	۹۸۵۹/۵۴	-۵	-۵۰۰۰۰۰
	حیدری	۱۲۸۸۹/۴۱	+۱۰	۲۸۰۰۰۰	۱۲۴۰۱/۳۰	+۲۴	۱۷۰۰۰۰۰
	زرینه	۹۶۷۴/۸۷	+۹	-۱۰۰۰۰۰	۱۰۸۸۱/۳۵	+۲۱	۱۲۰۰۰۰۰
۴	میهن	۱۰۱۲۴/۲۸	+۱۰	-۳۲۰۰۰۰	۱۰۵۴۴/۵۳	+۲	-۲۰۰۰۰۰
	حیدری	۱۳۳۸۶/۱۱	+۱۳	۳۲۰۰۰۰	۱۳۳۹۵/۱۶	+۲۹	۲۲۰۰۰۰۰
	زرینه	۱۰۵۲۳/۸۸	+۱۶	۲۸۰۰۰۰	۱۱۹۶۴/۰۰	+۲۸	۱۸۰۰۰۰۰

قیمت هر کیلوگرم گندم معادل ۱۶۰۰ تومان، قیمت هر کیلوگرم کاه و کلش ۹۰۰ تومان، قیمت هر تن کود دامی معادل ۵۰۰۰۰ تومان و قیمت هر کیلوگرم سوپر جاذب معادل ۲۰۰۰۰ تومان در نظر گرفته شده است. دوام اثرات کود دامی و سوپر جاذب در زمین به مدت ۵ سال در نظر گرفته شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد دانه ارقام مختلف گندم شد. در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، کاربرد سوپر جاذب و کود دامی باعث افزایش عملکرد دانه هر سه رقم گندم شد. کاربرد توام سوپر جاذب و کود دامی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام مختلف گندم موثرتر از اثرات جداگانه آنها بود. بنابراین استفاده از سوپر جاذب و کود دامی را می‌توان به عنوان روش ارگانیک (غیرشیمیایی) جهت بهبود رشد و عملکرد دانه ارقام گندم در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب پیشنهاد نمود. کاربرد توام کود دامی و سوپر جاذب تحت شرایط تنش خشکی، بیشترین تأثیر را در کاهش اثرات تنش خشکی داشتند و در میان ارقام، رقم حیدری نسبت به شاهد ۴۵ درصد موجب افزایش عملکرد دانه شده است. همچنین استفاده از سوپر جاذب و کود دامی جهت کاهش اثرات تنش خشکی مناسب و اقتصادی به‌نظر می‌رسند. استفاده از کود دامی به مقدار ۴۰ تن در هکتار و سوپر جاذب به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با دوام و ماندگاری ۵ سال باعث افزایش عملکرد دانه و کاه و کلش در ارقام گندم می‌شود و در شرایط آبیاری مطلوب، رقم زرینه و در شرایط تنش خشکی رقم حیدری برای کشت در منطقه قابل توصیه است.

منابع مورد استفاده

Abedi Koupai J and Mesforoush M, 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2(3): 100-111. (In Persian with English abstract).

Abedini A and Sajedi NA, 2014. Effect of super absorbent polymer on physiological traits of dry land wheat cultivars. Iranian Agronomy Journal 103: 140-146. (In Persian with English abstract).

Ahmadi Mousavi ASA, Manuchehri Kalantari Kh and Torkzadeh M, 2005. The typical effect of brassinosteroids (24-epibrassinolide) on accumulation of malondialdehyde, proline, glucose and photosynthetic pigments in a plant Rapeseed (*Brassica napus* L.) under water stress. Iranian Journal of Biology 18(4): 295-306. (In Persian with English abstract).

Ahmadinezhad R, Najafi N, Aliasgharzad N and Oustan SH, 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Water and Soil Science-University of Tabriz. 23(2): 177-194. (In Persian with English abstract).

Anonymous, 1997. Manual for Methods of Soil Analysis. National Service for Soil Survey and Soil Conservation. EMBRAPA, Rio de Janeiro, Brazil.

Arnon DI, 1975. Copper enzymes increased isolated chloroplast polyphenoxidase increased *Beta vulgaris* L. Plant Physiology 45: 1-15.

Ashkiani A, Ghooshchi F and Tohidi Moghaddam HR, 2015. The effect of super absorbent polymer application on some physiological and biochemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under cut irrigation. Crop Research on the Sides of the Desert 12(4): 255-265. (In Persian with English abstract).

Eidizadeh Kh, Ebrahimpour F and Ebrahimi MA, 2016. The effect of irrigation regimens on yield and components yield of wheat under Ramin conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 9(1): 29-36. (In Persian with English abstract).

Food and Agriculture Organization, 2018. Yearbook Production. FAO Pub. Rome, Itlay.

Farmahini Farahani M, Mirzakhani M and Sajedi NA, 2013. Effect of water stress and moisture absorbing materials on performance and yield components of autumn wheat in Arak. New Agricultural Findings 3: 263-174. (In Persian with English abstract).

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

Jalili F, 2017. Effects of sulfur and manure on wheat yield and some physical-chemical properties of soil. Water and Soil Science-University of Tabriz. 27(3): 199-209. (In Persian with English abstract).

Jalili S, Moein H and Majnooni Heris A, 2017. Effect of superabsorbent polymer using on irrigated and rain-fed wheat yield and yield components. Iranian Journal of Field Crop Science 48(4): 923-931. (In Persian with English abstract).

Jami MQ, Ghalavand A, Modarres-Sanavy SAM, Mokhtassi Bidgoli A, Baghbani-Arani A and Namdari A, 2018. Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Science 19 (2): 151-167. (In Persian with English abstract).

Jatoi WA, Baloch MJ, Khan NU, Munir M, Khakwani AA, Vessar NF, Panhwar SA and Gul S, 2014. Heterosis for yield and physiological traits in wheat under water stress conditions. Journal of Animal and Plant Science 24: 252-261.

Kafi M, Borzoee A, Salehi M, Kamandi A, Masoumi A and Nabati J, 2012. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. P. 504. (In Persian with English abstract).

Kanani S and Bagheri A, 2017. Evaluation of leaf area and yield of eleven wheat cultivars in two different irrigation regimes. Pp. 1-15. Proceedings of International Research Agricultural and Environmental Conference. 20 Sep. Tehran. Iran.

Kazemi Arbat H, 2009. Special Agronomy. Tehran University Publication Center. P. 315. (In Persian).

Kazemi MR, Ghoshchi F and Kasrayee P, 2016. Effect of super absorbent polymer on the morpho-physiological and biochemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit stress. Crop Research on the Sides of the Desert 13 (1): 47-62. (In Persian with English abstract).

Lichtenthaler HK, 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Ma BL and Dwyer LM, 1997. Determination of nitrogen status in maize senescing leaves. Journal of Plant Nutrition 20:1–8.

Maleki A, Majidi Harvan A, Heydari Shrifabadi H and Normohammadi Gh, 2005. Evaluation of drought tolerance bread wheat landraces and improved water conditions and drought. Journal of Modern Agriculture 5 (16): 79-86.

Mittler R, 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends Plant Science 11: 15-19.

Moradi-Ghahderijani M, Jafarian S and Keshavarz H, 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. Rhizosphere 4: 54–61.

Mortezavi SM, Tavakoli A, Mohammadi MH and Afsahi K, 2015. Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat (Azar 2 cultivar) under dry farming condition. Applied Field Crops Research 106: 118-125. (In Persian with English abstract).

Nazarli H, Darvishzadeh R, Zardashti MR, Hatami Maleki H, Rasouli Sadaghiyani MH and Ghavidel F, 2015. Effect of deficit irrigation and super absorbent polymer on physiological and morphological characteristics of sunflower. Applied Field Crops Research 108: 17-23. (In Persian with English abstract).

Pouresmaeil P, 2006. Evaluation of effects of superabsorbent polymer on water use efficiency and yield of Kidney bean. Master thesis of Islamic Azad University of Karaj, Iran.

Qian X, Shen G, Wang Z, Guo C, Liu Y, Lei Z and Zhang Z, 2014. Composting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. Waste Management 34: 530–535.

Rezaei Far Z, Fallahi S and Gholinezhad E, 2018. The effect of drought stress and Ultraviolet on antioxidant defensive system of enzyme and non-enzyme in three varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.). Process and Plant Function 7(24): 155-171. (In Persian with English abstract).

Safavi Gardini F, 2016. Effect of superabsorbent polymer, manure and potassium on some physiological and morphological characteristics of pumpkin (*Cucurbita pepo*) on drought stress. Iranian Agronomy Journal 112: 29-36. (In Persian with English abstract).

Shahbazi H, Arzani A and Esmaeilzadeh Moghaddam M, 2016. The drought stress on physiological traits in recombinant wheat inbred lines. Process and Plant Function 5(15): 123-131. (In Persian with English abstract).

Silva MA, Jifon JL, Silva JAG and Sharma V, 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 193-201.

Specht A and Harvey-Jones J, 2000. Improving water delivery to the roots of recently transplanted seedling trees: The use of hydrogels to reduce leaf and hasten root establishment. Journal of Forestry Research 1: 117-123.

Tayferezaee H, 2016. Irrigation planning for crops and gardens. Agricultural and Natural Resources Engineering Organization of West Azerbaijan Province Press. P. 24. (In Persian with English abstract).

Tohidi Moghadam HR, Donath TW, Ghooshchi F and Sohrabi M, 2018. Investigating the probable consequences of super absorbent polymer and mycorrhizal fungi to reduce detrimental effects of lead on wheat (*Triticum aestivum* L.). Agronomy Research 16 (1): 286-296.

Widiastuti N, Wu H, Ang M and Zhang DK, 2008. The potential application of natural zeolite for grey water treatment. Desalination 218: 271- 280.

Zareei Siahbidi A and Rrezaizad A, 2018. Effect of deficit irrigation and super absorbent application on physiological characteristics and seed yield of new Iranian sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. Iranian Journal of Crop Science 20 (3): 222-236. (In Persian with English abstract).