



بزرگای کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۸

صفحه‌های ۲۷۳-۲۵۹

پاسخ فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی و استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط کشت دیم

عظیمه باقری^۱، سید عطالله سیادت^۲، احمد کوچک‌زاده^{۳*}، محمدرضا مرادی تالوات^۳، مسعود رفیعی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۲. استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۳. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۴. استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

چکیده

به منظور بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی و سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد به اجرا درآمد. زمان آبیاری تکمیلی در سه سطح (بدون آبیاری تکمیلی، ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد پرشدن دانه) به عنوان عامل اصلی و ارقام (آرمان، آزاد و گریت) و پلیمر سوپرجاذب (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت فاکتوریل در درون کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد انجام آبیاری تکمیلی و استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب موجب کاهش قندهای محلول و درصد پروتئین دانه شده و در مقابل قندهای نامحلول، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در گیاه نخود افزایش پیدا کرد. در بین مراحل آبیاری تکمیلی آبیاری در مرحله گلدهی موجب افزایش ۷۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به کشت دیم شد. بالاترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از رقم گریت همراه با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب به ترتیب با میانگین‌های ۲۱۷۹ کیلوگرم در هکتار، ۴۰۱۲ کیلوگرم در هکتار و ۵۴/۳ درصد به دست آمد. نتایج نشان داد که در تمام سطوح آبیاری تکمیلی استفاده از پلیمر سوپرجاذب موجب بهبود شرایط رشد گیاه و در نتیجه افزایش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود و با افزایش مصرف پلیمر سوپرجاذب در تیمارهای آبیاری تکمیلی این افزایش بیش‌تر نیز می‌شود. استفاده از شیوه آبیاری تکمیلی در مناطقی که این امکان وجود دارد به‌ویژه اگر با کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب همراه باشد از طریق بهبود صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل تنش خشکی، می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه نخود گردد.

کلیدواژه‌ها: پروتئین دانه، قندهای محلول، قندهای نامحلول، کلروفیل a، کلروفیل b.

Physiological Responses of Chickpea Cultivars to Supplemental Irrigation and Use of Super-Absorbent Polymer under Rain-fed Farming System

Azimeh Bagheri¹, Seyed Atalah Siadat², Ahmad Koochekzadeh^{3*}, Mohammad Reza Moradi Talavat³, Masoud Rafiee⁴

1. Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetic, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2. Professor, Department of Plant Production and Genetic, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

4. Assistant Professor, Department of seed and plant improvement Research, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Khorramabad, Iran

Received: March 10, 2019

Accepted: May 14, 2019

Abstract

In order to investigate the physiological responses of chickpea cultivars to supplemental irrigation and super-absorbent polymer use, an experiment has been conducted in the water year 2015, which has employed a split factorial experiment based on randomized complete block design in the research farm of Khorramabad Agricultural Research Center. The factors include supplemental irrigation time in three levels (without supplemental irrigation, irrigation in 50% of flowering, and irrigation in 50% of seed filling) as main factor and cultivars (Arman, Azad, and Greet) and super absorbent polymer (zero, 100, and 200 kg/ha) in the sub plots. Result show that the supplemental irrigation and super absorbent polymer reduce soluble carbohydrates and seed protein, increasing insoluble carbohydrates, chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll. Supplemental irrigation at 50% of flowering stage leads to an increase in 74% of seed yield, compared to dry land condition. The highest seed yield (2179 kg/ha), biological yield (4012 kg/ha), and harvest index (54.3%) belong to Greet cultivar with supplemental irrigation at 50% of flowering stage as well as application of 200 kg/ha super absorbent polymer. According to the results, in all levels of supplemental irrigation, the use of superabsorbent polymer improves plant growth conditions, consequently increasing the seed yield to a great extent, which in turn rises further by increasing the consumption of super absorbent polymer within supplementary irrigation. By improving physiological traits, associated with drought tolerance, the use of supplemental irrigation method in areas that make this possible, especially if combined with the application of super absorbent polymers, can increase seed yield in chickpea.

Keywords: Chlorophyll a, chlorophyll b, seed protein, soluble carbohydrates, insoluble carbohydrates.

۱. مقدمه

دانه حبوبات به دلیل میزان پروتئین بالا، توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن و تغذیه بشر اهمیت قابل توجهی دارند. در بین حبوبات نخود با داشتن پروتئین (۲۰/۱ درصد) و مواد معدنی از جمله کلسیم و آهن یک منبع غنی از مواد غذایی به شمار می‌رود (Millan *et al.*, 2006). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب شده و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرایندهای متابولیکی دارد (Lum *et al.*, 2014). به‌طور میانگین بیش از ۵۰ درصد عملکرد محصولات گیاهی در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Zlatev & Lidon, 2012). این مشکل در مورد گیاه نخود جدی‌تر است چرا که نخود اغلب به‌صورت سستی در انتهای فصل باران (اسفندماه یا فروردین‌ماه) بر اساس رطوبت ذخیره‌شده در خاک کشت می‌شود و رشد سریع گیاه نیز همزمان با مرحله‌ای است که رطوبت خاک به‌طور فزاینده‌ای با گذشت زمان کاهش می‌یابد (Masoomi *et al.*, 2006). در چنین شرایطی می‌بایست به راهکارهای مدیریت کارآمد بهره‌برداری از آب روی آورد که از جمله آن‌ها آبیاری تکمیلی است که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود شرایط، در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است (Oweis & Hachum, 2006). در واقع آبیاری تکمیلی استراتژی است که کمک می‌کند در دوره‌هایی که بارندگی کم است حداکثر تولید گیاه حفظ شود (Haghverdi *et al.*, 2019).

نتایج تحقیقات Mousavi *et al.* (2010) در ارتباط با بررسی آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد گیاه نخود (آبیاری در مرحله گلدهی، آبیاری در مرحله پرشدن غلاف‌ها) نسبت به شرایط دیم، نشان داد که آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در مقایسه با شرایط دیم موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک است. همچنین بر اساس

نتایج آزمایشی که بر روی ارقام مختلف نخود انجام شد، مشخص شده است که سطوح مختلف آبیاری تکمیلی، اثر معنی‌داری بر عملکرد و رشد نخود دارد، به‌طوری که در بین رژیم‌های آبیاری تکمیلی، عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی به‌طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری تکمیلی در مرحله شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و دانه بستن بوده است (Parsa *et al.*, 2011). گیاهان عموماً سازوکارهای مختلفی برای مقابله با تنش خشکی دارند و از طریق القای انواعی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مورفولوژیکی به تنش خشکی سازگار می‌شوند (Mirzaee *et al.*, 2013). تغییر صفات فیزیولوژیکی از مهم‌ترین مکانیسم‌ها برای سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی است (Liu *et al.*, 2011). تنش خشکی منجر به افزایش قندهای محلول و کاهش میزان نشاسته در گیاه نخود می‌شود. دلیل این امر، آن است که در شرایط تنش، گیاه برای مقابله با آن، مولکول‌های درشتی مثل نشاسته‌ها را شکسته و این امر، سبب افزایش محتوای قند گیاه می‌شود (Ghorbanli *et al.*, 2001).

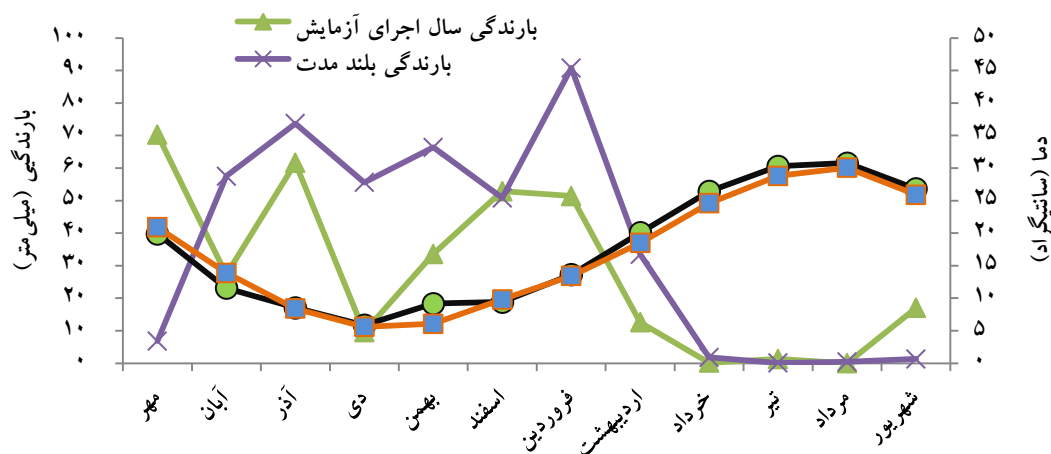
در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی برای افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته که در این راستا بهره‌گیری از ترکیبات سوپرجاذب به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی در صرفه‌جویی و استفاده بهینه آب مورد توجه قرار گرفته است (Islam *et al.*, 2011). این پلیمرها می‌توانند میزان زیادی آب جذب و آن را در ساختمان خود حفظ کرده و در صورت نیاز در شرایط خشکی به‌تدریج آن را در اختیار گیاه قرار دهند (Zhong *et al.*, 2013). نتایج آزمایش پژوهشگران که به‌منظور بررسی امکان بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم توسط سه سطح از پلیمر سوپرجاذب انجام شد، نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه، با افزایش سطح پلیمر سوپرجاذب افزایش یافته است (Alahyari *et al.*, 2013). شناخت مراحل حساس و

این تحقیق به صورت آزمایش اسپلین فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی، زمان آبیاری تکمیلی در سه سطح شامل شاهد یا بدون آبیاری (کشت دیم)، آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و آبیاری تکمیلی در مرحله ۵۰ درصد پر شدن دانه بود. عامل دوم، سه رقم شامل آرمان، آزاد و گریت (رقم محلی) و عامل سوم شامل کاربرد پلیمر سوپرجاذب در سه سطح عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب (به عنوان شاهد)، کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب بود، که عوامل دوم و سوم به صورت فاکتوریل در درون کرت‌های فرعی قرار گرفتند. قبل از کشت عملیات آماده‌سازی بستر بذر شامل شخم، دیسک زدن، تسطیح و مرزبندی مزرعه انجام شد و یک نمونه مرکب از خاک مزرعه تهیه (به صورت تصادفی از عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. کشت به صورت بهاره و تاریخ کاشت با توجه به شرایط اقلیمی خرم‌آباد ۱۵ اسفند بود.

بحرانی گیاه نخود به تنش خشکی و تأمین رطوبت مورد نیاز در آن مقطع زمانی، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد و استفاده بهینه از منابع آب و خاک ایفا نماید. از طرفی با توجه به نقش پلیمرها در افزایش نگهداری آب در خاک، این مطالعه به بررسی تغییرات صفات فیزیولوژیک سه رقم نخود زراعی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری تکمیلی و استفاده از سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب در شرایط دیم پرداخته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررسی عملکرد و صفات فیزیولوژیک سه رقم نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری تکمیلی و استفاده از سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۱۷۱ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۴۴۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۷/۱۹ درجه سانتی‌گراد به اجرا در آمد (شکل ۱).



شکل ۱. منحنی دما و بارندگی در سال اجرای آزمایش (۹۳-۹۴) و بلندمدت

جدول ۱. مشخصات شیمیایی و برخی دیگر از ویژگی‌های مهم خاک زمین آزمایش

مواد آلی (%)	فسفر قابل دسترس (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس (mg.kg ⁻¹)	نیترोजن کل (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	کربنات کلسیم (%)	pH	عمق بافت خاک (cm)
۰/۸	۱۵	۳۸۰	۰/۰۹	۰/۷۳	۳/۶	۷/۰۸	لوم-رس ۰-۳۰
۰/۶	۱۱	۳۰۷	۰/۱۲	۰/۸۰	۴/۳	۷/۳۳	لوم-رس ۳۰-۶۰

آون الکتریکی در درجه حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و وزن خشک آن محاسبه شد. پس از آن با توجه به رابطه (۱) درصد رطوبت وزنی تعیین گردید.

رابطه (۱) = درصد رطوبت وزنی

(وزن اولیه خاک - وزن خشک خاک) / وزن خشک خاک

و با استفاده به رابطه (۲) حجم آب آبیاری محاسبه شد (Alizadeh, 2008).

$$V = \frac{(Fc - M) \times pa \times A \times ds}{Ea} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه V = حجم آبیاری بر حسب متر مکعب، Fc = درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، M = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، pa = وزن مخصوص ظاهری خاک، A = مساحت کرت اصلی، ds = عمق توسعه ریشه بر حسب سانتی‌متر در مرحله مورد نظر، Ea = بازده آبیاری که در این آزمایش ۸۰ درصد در نظر گرفته شد. با توجه به فرمول فوق حجم آب آبیاری برای هر مرحله از تیمارهای آبیاری تکمیلی محاسبه شد (جدول‌های ۲ و ۳).

هر کرت آزمایشی دارای شش خط کاشت به طول پنج متر با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته روی ردیف نیز ۱۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک (۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات و ۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم) و پیش از کشت صورت گرفت، مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی و در زمان مناسب انجام شد.

۱.۲ آبیاری تکمیلی

آبیاری به روش غرقابی و در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد پرشدن دانه (بر اساس تیمار) انجام گرفت. جهت محاسبه مقدار آبیاری در مراحل در نظر گرفته شده پس از اندازه‌گیری عمق نفوذ ریشه نمونه خاک تهیه و وزن تر آن اندازه‌گیری شد، سپس به مدت ۴۸ ساعت در

جدول ۲. متوسط مقدار آب داده شده در تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی

سال آزمایش	واحد آب آبیاری / باران (mm)	مراحل آبیاری تکمیلی		بارندگی در فصل رشد
		گلدهی	پر شدن دانه	
۱۳۹۳-۹۴		۱۰۶	۱۲۳	۹۸/۱

جدول ۳. مقادیر بارندگی طی فصل رشد (۹۳-۹۴)

زمان / ماه	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مجموع / میانگین
سال اجرا	۳۳/۹	۴/۵۱	۶/۱۲	۲/۰	۰	۹۸/۱
بلندمدت	۸/۵۰	۸/۹۰	۵/۳۳	۸/۱	۰/۸۰	۴۴۰

۲.۲. پلیمر سوپرچاذب

جهت اعمال تیمار سوپرچاذب، از پلیمر سوپرچاذب A200، ساخته شده توسط شرکت Rahab Resin Co. Ltd. تحت لیسانس مؤسسه پتروشیمی و پلیمر ایران استفاده شد. حداکثر مدت ماندگاری این ماده در خاک حدود هفت سال می‌باشد و پس از آن توسط میکروارگانیزم‌ها از بین می‌روند و آلودگی زیست‌محیطی ایجاد نمی‌کنند (Abedi Koupai & Mesforoush, 2009). این پلیمر همزمان با کاشت به صورت نواری در زیر بذرها در عمق ۱۵-۲۰ سانتی‌متر (حداکثر تراکم ریشه) قرار داده شد (Bagheri, 2014)، تا پس از جذب آب و رشد گیاهچه‌ها، ریشه‌های گیاه سریع‌تر از آب ذخیره شده در پلیمر سوپرچاذب استفاده کنند. پلیمر سوپرچاذب مورد استفاده در این آزمایش از محل سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان تأمین گردید.

۲.۳. اندازه‌گیری صفات

برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک حدود یک هفته پس از اعمال آخرین تیمار آبیاری تکمیلی (آبیاری در مرحله پر شدن دانه) از برگ‌های بالغ و کاملاً توسعه یافته پنج بوته به‌طور تصادفی نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل شد. قندهای محلول و نامحلول با روش فنل-سولفوریک اسید اندازه‌گیری شدند (Kochert, 1978). سنجش میزان کلروفیل برگ نیز با استفاده از روش Arnon (1949) صورت گرفت. اندازه‌گیری این صفات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد پس از حذف خطوط حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، برداشت از سطحی معادل چهار مترمربع انجام گرفت و صفاتی مانند وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. از دانه به دست آمده، مقداری جهت تعیین

درصد پروتئین دانه به آزمایشگاه فرستاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Mstat-C و SPSS انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. قند محلول برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرچاذب اثر معنی‌داری بر قند محلول برگ دارند (جدول ۴). آبیاری تکمیلی موجب کاهش معنی‌دار قند محلول برگ شد و این کاهش در آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه بیش‌تر از آبیاری در مرحله گلدهی بود. کاهش قند محلول هنگامی که آبیاری تکمیلی با کاربرد پلیمر سوپرچاذب همراه بود، تشدید گردید. یکی از راهکارهای مقابله با تنش خشکی افزایش تولید ترکیبات محلول سازگار است که به آن تنظیم اسمزی نیز گفته می‌شود. در فرآیند تنظیم اسمزی که متابولیت‌های دارای وزن مولکولی پایین به‌ویژه قندها درون سلول انباشته می‌شوند این ترکیبات برای سلول غیر سمی بوده و به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل عمل کرده و به جلوگیری از اتلاف آب از سلول کمک می‌کنند (Liang *et al.*, 2013). نتایج آزمایش پژوهشگران نشان داد که در تیمار بدون تنش خشکی، کمترین میزان قند محلول تولید شد و با افزایش شدت تنش خشکی، تولید قندهای محلول افزایش یافت و بیش‌ترین میزان تولید قندهای محلول در تیمار تنش شدید بوده است (Shaban *et al.*, 2012). در میان ارقام مورد آزمون رقم گریت در کشت دیم با ۱۷/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بیش‌ترین قند محلول را دارا بود و این برتری در دیگر تیمارهای آبیاری تکمیلی نیز نسبت به دو رقم

محلول آن شده است (Ghorbanli et al., 2001). در شرایط تنش خشکی با کاهش مقدار آب قابل دسترس، فتوسنتز کاهش یافته و متعاقب آن تولید ماده خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد. کاهش ساکارز در برگ‌ها در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد میزان سنتز ساکارز کاهش یافته و توزیع آن نیز دچار اختلال شده است. اگرچه این وقایع به گونه گیاهی، مدت زمان تنش، مرحله رشدی اعمال تنش و شدت تنش بستگی دارد (Farooq et al., 2009).

دیگر وجود داشت. ارقام آرمان و آزاد در تمام تیمارهای آبیاری تکمیلی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۵). کمترین میزان قند محلول برگ از تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب به همراه آبیاری تکمیلی در مرحله پرشدن دانه به دست آمد که البته با تیمار مصرف ۱۰۰ کیلو پلیمر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در تحقیق دیگری مشخص شد که افزایش تنش خشکی باعث کاهش میزان نشاسته در ریشه و اندام هوایی نخود و افزایش قندهای

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب بر برخی از صفات مورد آزمون

میانگین مربعات			درجه آزادی		منابع تغییر
کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	قند نامحلول برگ	قند محلول برگ	
۰/۰۲۰ns	۰/۰۵۶ns	۰/۰۳۴ns	۱/۳۱۸ns	۱/۸۳۵ns	تکرار
۱۰۲/۳۹۶**	۲/۵۲۰**	۷۵/۹۶۵**	۱۳۵/۱۵۰**	۲۵۰/۵۹۰**	آبیاری تکمیلی (SI)
۰/۴۰۰	۰/۰۱۵	۰/۳۷۶	۰/۲۳۲	۲/۰۴۶	خطای اصلی
۲۶/۳۲۳**	۰/۴۵۰**	۲۱/۰۲۸**	۰/۲۱۳ns	۶۰/۴۵۳**	رقم (V)
۸/۸۴۸**	۰/۲۰۸**	۸/۳۸۸**	۶/۶۶۰*	۵/۱۷۱*	آبیاری تکمیلی × رقم
۱۱/۱۹۹**	۱/۷۷۱**	۴/۰۷۳**	۲۰/۹۰۸**	۶۱/۱۳۸**	سوپرجاذب (S)
۳/۸۳۰**	۰/۵۹۸**	۱/۷۴۶**	۱۴/۱۶۸**	۸/۶۵۹**	آبیاری × سوپرجاذب
۰/۴۷۳ns	۰/۱۲۸*	۰/۱۶۶ns	۷/۱۸۴*	۳/۱۲۹ns	رقم × سوپرجاذب
۰/۷۱۷ns	۰/۰۷۷ns	۰/۴۴۰ns	۸/۱۶۴**	۲/۲۱۸ns	SI × V × S
۰/۴۳۸	۰/۰۳۷	۰/۴۲۰	۱/۹۳۹	۱/۹۴۴	خطای فرعی
۱۱/۶	۱۶/۵	۱۴/۳	۱۴/۳	۱۱/۸	ضریب تغییرات (درصد)

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد و ۱ درصد و ns به معنی نبود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تکمیلی و رقم بر برخی صفات مورد آزمون

کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	قند محلول	رقم	آبیاری تکمیلی
(mg.g ⁻¹ FW)			(mg.g ⁻¹ DW)		
۸۷۹/۲f	۵۴۷/۰e	۳۳۱/۲g	۳۳/۱۳ b	آرمان	دیم
۴۳۳/۳f	۸۲۸/۰d	۶۰۴/۲fg	۹۴/۱۲bc	آزاد	
۹۴۱/۴de	۰۶۲/۱c	۸۷۹/۳d	۱۶/۱۷a	گریت	
۴۹۰/۶c	۲۵۱/۱b	۲۳۹/۵c	۵۱/۱۱d	آرمان	آبیاری در مرحله گلدهی
۸۸۰/۸a	۵۳۷/۱a	۳۴۳/۷a	۷۸/۱۱cd	آزاد	
۵۶۳/۷b	۳۲۴/۱b	۲۳۹/۶b	۸۴/۱۳b	گریت	
۴۲۶/۴e	۲۵۷/۱b	۱۶۹/۳ef	۸۶۷/۷f	آرمان	آبیاری در مرحله پرشدن دانه
۳۲۳/۷b	۲۵۷/۱b	۰۶۷/۶b	۰۴۴/۸f	آزاد	
۰۶۲/۵d	۴۱۰/۱ab	۶۵۲/۳de	۵۱۱/۹e	گریت	

اعدادی که در هر ستون داری حروف مشابه هستند، بدون اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد هستند.

باسخ فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی و استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط کشت دیم

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تکمیلی و پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات مورد آزمون

آبیاری تکمیلی	سوپرجاذب	قند محلول (mg.g ⁻¹ DW)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
دیم	۰	۰۱/۱۵ a	۹۴۴/۲ e	۷۲۶۷/۰ e	۶۷۱/۳ e
	۱۰۰	۲۲/۱۴ a	۸۹۴/۲ e	۸۳۰۰/۰ de	۷۲۴/۳ e
	۲۰۰	۲۰/۱۴ a	۹۷۶/۲ e	۸۸۲۲/۰ de	۸۵۸/۳ e
آبیاری در مرحله گلدهی	۰	۲۵/۱۴ a	۸۸۴/۵ b	۹۲۳۳/۰ d	۸۰۸/۶ b
	۱۰۰	۸۸/۱۱ b	۷۳۹/۵ b	۲۰۸/۱ c	۹۴۷/۶ b
	۲۰۰	۰۰/۱۱ b	۱۹۸۷ a	۹۸۱/۱ a	۱۷۹/۹ a
آبیاری در مرحله پرشدن دانه	۰	۱۳/۱۱ b	۸۰۷/۳ d	۲۱۶/۱ c	۰۲۲/۵ d
	۱۰۰	۷۵۶/۷ c	۴۲۳/۴ c	۲۲۲/۱ c	۶۴۶/۵ cd
	۲۰۰	۵۳۳/۶ c	۶۵۸/۴ c	۴۸۶/۱ b	۱۴۳/۶ c

اعدادی که در هر ستون داری حروف مشابه هستند، بدون اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد هستند.

۳.۲. قند نامحلول برگ

نتایج نشان داد که به غیر از اثر ساده رقم سایر اثرات ساده و متقابل آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب بر قند نامحلول برگ معنی دار است (جدول ۴). برخلاف قند محلول، آبیاری تکمیلی موجب افزایش میزان قند نامحلول گردید و این افزایش در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله پرشدن دانه بیش تر از آبیاری در مرحله گلدهی بود. بررسی تغییرات در میزان نشاسته گیاه نخود نشان داد که برعکس قندهای محلول، نشاسته اندام هوایی و ریشه گیاه نخود در اثر تنش خشکی کاهش می یابد. پژوهشگران علت این امر را هیدرولیز آنزیمی نشاسته در شرایط تنش می دانند، زیرا همزمان با کاهش نشاسته افزایش فعالیت آنزیم های هیدرولیزکننده (آلفا آمیلاز) نیز دیده می شود (Ghorbanli *et al.*, 2001). در شرایط کشت دیم و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بالاترین میزان قند نامحلول در ارقام آرمان و گریت از کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار و در رقم آزاد از کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در آبیاری تکمیلی در مرحله پرشدن دانه میان کاربرد و عدم کاربرد پلیمر

سوپرجاذب اختلاف معنی داری وجود نداشت. در مجموع به طور میانگین استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط کشت دیم ۷۲ درصد، در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی چهار درصد و در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله پرشدن دانه سه درصد قند نامحلول را افزایش داد (جدول ۸). با توجه با معنی دار شدن اثر متقابل سه گانه باید گفت بالاترین میزان قند نامحلول از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله پرشدن دانه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب و از رقم گریت با میانگین ۱۳/۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک به دست آمد و کمترین مقدار آن نیز از تیمار کشت دیم و عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب و از رقم آزاد با میانگین ۳/۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک حاصل گردید (جدول ۸).

۳.۳. کلروفیل

نتایج نشان داد که تمام اثرات ساده و متقابل آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل معنی دار است (جدول ۴). نتایج نشان داد که با انجام آبیاری تکمیلی میزان کلروفیل برگ به طور

آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، کلروفیل a را به ترتیب ۰، ۱۰ و ۱۹ درصد، کلروفیل b را به ترتیب ۱۷، ۷۲ و ۱۱ درصد و کلروفیل کل را به ترتیب سه، ۱۸ و ۱۷ درصد افزایش داد (جدول ۶).

۴.۳. وزن صد دانه

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرچاذب به طور معنی داری وزن صد دانه را در گیاه نخود تحت تأثیر قرار می دهند (جدول ۷). نتایج نشان داد که با انجام آبیاری تکمیلی وزن صد دانه در گیاه نخود افزایش پیدا خواهد کرد و این افزایش با کاربرد پلیمر سوپرچاذب بیش تر نیز خواهد شد. البته نتایج نشان داد که در صورت عدم استفاده از آبیاری تکمیلی کاربرد پلیمر سوپرچاذب به تنهایی اثر معنی داری بر وزن صد دانه گیاه نخود ندارد. آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه تأثیر بیشتری بر وزن صد دانه داشت به طوری که بالاترین وزن صد دانه با میانگین ۲۴/۹ گرم از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه و رقم آزاد با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرچاذب به دست آمد (جدول ۸). آن دسته از عملیات زراعی که سرعت رشد محصول را در مرحله پر شدن دانه افزایش می دهد دوام بافت های سبز گیاه را در طی این مرحله طولانی تر می سازد و می تواند میزان رشد و اندازه (وزن) دانه را در بقولات دانه ای بهبود بخشد (Mohammadi et al., 2007). افزایش وزن صد دانه در اثر آبیاری تکمیلی احتمالاً به خاطر نقل و انتقالات شیره پرورده به داخل دانه ها می باشد که این موضوع در میان ارقام مختلف متفاوت است. یعنی با توجه به شرایط ژنتیکی هر رقم ممکن است که برخی از ارقام نسبت به کمبود آب حساسیت بیشتری به کاهش وزن صد دانه از خود نشان دهند (Maleki et al., 2011).

معنی داری افزایش یافت. با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی کلروفیل کل نسبت به کشت دیم حدود دو برابر افزایش پیدا کرد (جدول ۴). نتایج پژوهش های دیگر پژوهشگران نیز نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی در گیاه نخود محتوی کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش یافت به طوری که کلروفیل b کاهش شدیدتری نسبت به کلروفیل a نشان داد (Shaban et al., 2012). با انجام آبیاری تکمیلی میزان کلروفیل برگ در تمام ارقام مورد آزمون به طور معنی داری افزایش یافت. این افزایش در رقم آزاد بسیار بیش تر از سایر ارقام بود. بالاترین میزان کلروفیل های a، b و کل از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و رقم آزاد به ترتیب با میانگین های ۷/۳، ۱/۵ و ۸/۸ میلی گرم بر گرم وزن تر به دست آمد (جدول ۵). کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال های اکسیژن است که باعث پراکسیداسیون این رنگیزه ها و سرانجام تجزیه شیمیایی ژن ها، از طریق اثر بر فعالیت بیان ژن های سنتز آنزیمی، فاکتورهای کنترلی و عوامل رونویسی می شود (Senatos et al., 2001). سوپرچاذب می تواند از طریق تأمین آب و عناصر غذایی باعث کاهش تخریب کلروفیل و در نتیجه افزایش مدت زمان استفاده از نور و فتوسنتز گیاه شود (Islam et al., 2011). نتایج نشان داد با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرچاذب میزان کلروفیل های a، b و کل به طور معنی داری افزایش پیدا کردند. این افزایش با انجام آبیاری تکمیلی و به ویژه آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی نیز شدت یافت. به طوری که بالاترین میزان کلروفیل های a، b و کل از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرچاذب به ترتیب با میانگین های ۷/۱، ۱/۹ و ۹/۱ میلی گرم بر گرم وزن تر حاصل شد (جدول ۴). کاربرد پلیمر سوپرچاذب به طور میانگین نسبت به عدم استفاده از آن در شرایط کشت دیم،

باسخ فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی و استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط کشت دیم

جدول ۷. تجزیه واریانس آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب بر برخی از صفات مورد آزمون

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین دانه
		عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت					
تکرار	۲	۲/۱۵ns	۴۰۹۰/۸ns	۱۷۸۳۶/۹ns	۰/۹۱۹ns	۱/۴۸۱ns			
آبیاری تکمیلی (SI)	۳	۶۹/۵۹**	۳۰۳۶۵۲۸/۳**	۵۵۶۶۸۰۶/۰**	۵۶۳/۳۳۸**	۵۵/۸۵۱**			
خطا	۶	۱/۵۷۵	۵۱۰۱/۴	۱۳۱۸۷/۲	۲/۵۹۷	۲/۳۲۷			
رقم (V)	۵	۱/۹۲ns	۲۴۵۳۹۹/۶**	۱۱۱۴۳۴۱/۹**	۳/۴۹۵ns	۲۶/۶۴۹**			
SI × V	۱۵	۳۰/۶۲**	۵۰۷۶۳/۴**	۳۶۷۹۸۹/۸**	۲/۰۴۸ns	۴/۲۹۱ns			
سوپرجاذب (S)	۱	۸۸/۶۰**	۲۶۴۲۵۵۳/۸**	۲۱۸۰۱۶۸/۹**	۱۴/۸۴۰**	۲۲/۴۱۳**			
SI × S	۳	۲۸/۱۵**	۳۶۰۵۶۸/۹**	۳۳۶۸۰۵۷/۶**	۶۰/۷۷۴**	۰/۶۰۰ns			
V × S	۵	۲/۱۸ns	۹۶۷۵/۰ns	۷۷۷۰۱۴/۰**	۴/۱۹۰ns	۷/۹۰۰*			
SI × V × S	۱۵	۲/۵۸*	۹۶۱۰۴/۷**	۵۶۸۰۱۷/۷**	۶/۵۰۲*	۴/۳۴۷ns			
خطا	۸۸	۱/۱۹	۱۱۵۵۶/۸	۵۰۸۶۵/۵	۲/۵۱۰	۲/۹۵۱			
ضریب تغییرات (درصد)	--	۶/۵	۹/۲۳	۶/۶۱	۳/۵۰	۸/۰۱			

* و **: معنی دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد و ۱ درصد و ns به معنی نبود اختلاف معنی دار است.

جدول ۸. جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات مورد آزمون

قند نامحلول (mg.g ⁻¹ DW)	وزن صد دانه (gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (درصد)	شاخص برداشت (درصد)	آرمان	آزاد	گرت	آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی	آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه
۵۳۳/۴ kl	۱۵/۶۷ ijklm	۶۵۴/۶ no	۱۴۳۶ j	۴۳/۱۱ fg	۰				
۲۷/۱۰ cdefgh	۱۵/۶۸ ijklm	۷۴۶/۰ lmno	۱۸۶۰ hi	۴۰/۱۱ hi	۱۰۰				
۶۳۳/۷ ij	۱۵/۸۵ hijkl	۸۴۰/۳ klm	۲۱۲۳ fgh	۳۹/۴۹ i	۲۰۰				
۴۰۰/۳ l	۱۶/۴۰ ghij	۶۸۲/۲ mno	۱۵۸۷ ij	۴۲/۹۸ fg	۰				
۵۶۷/۸ hij	۱۶/۶۲ ghi	۸۰۷/۲ klmn	۲۰۰۰ gh	۴۰/۳۴ hi	۱۰۰				
۹۰/۱۰ bcdefg	۱۶/۲۹ ghij	۹۵۶/۳ hijk	۲۳۷۰ efg	۴۰/۳۶ hi	۲۰۰				
۴۰۰/۷ j	۱۷/۷۹ defg	۱۰۱۹ ghij	۲۳۵۸ efg	۴۳/۲۰ fg	۰				
۳۰۰/۸ hij	۱۷/۵۵ fgh	۹۴۷/۶ hijk	۲۳۵۷ efg	۴۰/۱۵ hi	۱۰۰				
۱۳۳/۷ j	۱۷/۶۵ defg	۱۲۴۶ de	۳۱۴۲ bc	۳۹/۷۷ hi	۲۰۰				
۷۶۷/۹ efghi	۱۴/۱۱ lmno	۹۶۱/۵ hijk	۲۰۳۳ gh	۴۷/۴۰ bcde	۰				
۴۷/۱۱ abcde	۱۶/۷۶ ghi	۱۲۷۳ de	۲۶۶۵ de	۴۷/۷۸ bcd	۱۰۰				
۸۳۳/۸ fghij	۱۹/۴۴ cd	۲۱۴۰ a	۳۹۷۱ a	۵۳/۸۹ a	۲۰۰				
۹۷/۱۰ bcdef	۱۲/۷۰ o	۱۲۰۱ def	۲۴۹۶ def	۴۸/۰۸ bc	۰				
۶۶۷/۸ ghij	۱۳/۳۵ no	۱۶۱۶ c	۳۴۲۷ b	۴۷/۱۷ bcde	۱۰۰				
۱۷/۱۰ defgh	۱۶/۰۰ ghijk	۱۸۲۴ b	۳۳۹۳ b	۵۳/۷۳ a	۲۰۰				
۷۶۷/۶ jk	۱۳/۳۵ no	۹۳۱/۲ ijk	۱۸۸۶ hi	۴۹/۴۱ b	۰				
۸۷/۱۰ bcdefg	۱۴/۴۰ klmno	۱۶۷۴ bc	۳۴۰۶ b	۴۹/۱۷ b	۱۰۰				
۴۶۷/۷ j	۱۷/۶۴ efgh	۲۱۷۹ a	۴۰۱۲ a	۵۴/۳۱ a	۲۰۰				
۱۷/۱۱ bcde	۱۳/۹۳ mno	۶۰۸/۴ o	۲۵۵۶ de	۴۳/۴۴ fg	۰				
۲۰/۱۱ bcde	۱۹/۳۷ cde	۱۱۰۹ efgh	۲۸۰۸ cd	۴۶/۰۷ cde	۱۰۰				
۷۷/۱۱ abcde	۲۰/۳۸ bc	۱۲۹۶ d	۱۵۱۸ ij	۴۲/۲۳ gh	۲۰۰				
۵۰/۱۱ abcde	۱۵/۷۲ ijklm	۷۴۷/۷ lmno	۳۳۸۸ b	۴۶/۱۸ cde	۰				
۴۳/۱۱ abcde	۲۱/۶۰ b	۱۰۶۹ fghi	۲۳۶۸ efg	۴۵/۱۹ def	۱۰۰				
۴۳/۱۲ abcd	۲۴/۹۹ a	۱۵۶۲ c	۱۷۲۷ hij	۴۳/۳۳ fg	۲۰۰				
۶۷/۱۲ ab	۱۴/۷۴ jklmn	۸۸۴/۱ jkl	۲۱۱۵ fgh	۴۱/۸۱ ghi	۰				
۴۷/۱۲ abc	۱۷/۰۳ fghi	۱۱۸۶ defg	۲۶۳۶ de	۴۵/۰۷ ef	۱۰۰				
۶۰/۱۳ a	۱۸/۷۳ cdef	۱۲۷۷ de	۲۷۱۵ de	۴۷/۰۷ bcde	۲۰۰				

اعدادی که در هر ستون داری حروف مشابه هستند، فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

۳.۵. عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه گیاه نخود دارند (جدول ۷). نتایج نشان داد با انجام آبیاری تکمیلی عملکرد دانه افزایش پیدا می‌کند که این افزایش با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بیش‌تر از آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه بود. همچنین با کاربرد پلیمر سوپرجاذب نیز عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. در شرایط کشت دیم کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب نسبت به عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد که این افزایش در ارقام آرمان، آزاد و گریث به‌ترتیب ۲۸، ۴۰ و ۲۲ درصد بود. در شرایط کشت دیم در رقم گریث میان کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر موجب افزایش ۲۲ درصدی عملکرد دانه گردید. در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در تمام ارقام میان تمام سطوح کاربرد و عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب اختلاف معنی‌داری وجود داشت. کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی موجب افزایش ۳۲، ۳۴ و ۷۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم استفاده از پلیمر سوپرجاذب به‌ترتیب در ارقام آرمان، آزاد و گریث گردید. این مقادیر برای تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۱۲۲، ۵۱ و ۱۳۴ درصد بود. همچنین کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب موجب افزایش ۶۸، ۱۲ و ۳۰ درصدی عملکرد دانه به‌ترتیب در ارقام آرمان، آزاد و گریث شد. در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه نیز کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عدم استفاده از پلیمر سوپرجاذب موجب افزایش

معنی‌دار ۸۲، ۴۳ و ۳۴ درصدی به‌ترتیب در ارقام آرمان، آزاد و گریث گردید. این مقادیر برای کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم به‌ترتیب برابر ۱۱۳، ۱۰۹ و ۴۴ درصد بود. همچنین کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در ارقام آرمان و آزاد به‌ترتیب به‌میزان ۱۱۶ و ۴۶ درصد گردید (جدول ۸).

در مجموع بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۲۱۷۹ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و رقم گریث با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب به‌دست آمد. که البته با همین تیمار اما در رقم آرمان با میانگین ۲۱۴۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان عملکرد دانه نیز از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه و رقم آرمان با عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب با میانگین ۶۰۸/۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که البته با چندین تیمار دیگر به‌ویژه در کشت دیم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۸). این نتایج با نتایج سایر پژوهشگران بر روی گیاه لوبیا قرمز مطابقت داشت (Shadmand & Afkari, 2018). این پژوهشگران بیان داشتند که کاربرد سوپرجاذب به‌علت افزایش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه ایجاد فرصت بیش‌تر برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که رقم گریث پتانسیل عملکرد بالایی در شرایط کم‌آب دارد به‌طوری‌که عملکرد رقم گریث در کشت دیم بالاتر از سایر ارقام بود و حتی با عملکرد دانه در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی اختلاف معنی‌داری نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که در صورت محدودیت در تأمین آب (به‌ویژه در انتهای فصل رشد) می‌توان از رقم گریث جهت حصول حداکثر عملکرد دانه استفاده نمود.

۳.۶. عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تمام تیمارها بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). آبیاری تکمیلی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گردید که البته این افزایش در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بیش‌تر از سایر تیمارها بود. آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و پر شدن غلاف‌های نخود به دلیل تأثیر مثبت بر توسعه تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته، در افزایش عملکرد بیولوژیک مؤثر است (Parsa et al., 2011). همچنین با افزایش مصرف پلیمر سوپرجاذب نیز عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با توجه به اثر پلیمرها بر میزان رطوبت قابل استفاده خاک، کاربرد آن به‌طور غیرمستقیم بر تعرق گیاه اثر می‌گذارد و در نتیجه وزن خشک آن را افزایش می‌دهد (Alahyari et al., 2013). در مجموع بالاترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۴۰۱۲ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و رقم گریت با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۸). همچنین کمترین عملکرد بیولوژیک نیز از تیمار کشت دیم و رقم آرمان بدون کاربرد پلیمر سوپرجاذب با میانگین ۱۴۱۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که البته با چنین تیمار دیگر به‌ویژه در کشت دیم اختلاف معنی‌داری نداشت.

۳.۷. شاخص برداشت

شاخص برداشت بیانگر میزان انتقال مواد آلی ساخته‌شده از منبع به مخزن می‌باشد. نتایج نشان دادند که تیمارهای مورد آزمون اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت دارند (جدول ۷). آبیاری تکمیلی و پلیمر سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند اما اثر رقم بر

شاخص برداشت معنی‌دار نبود. از طرفی با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سه‌گانه می‌توان گفت بالاترین شاخص برداشت با میانگین ۵۴/۳ درصد از رقم گریت در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب به‌دست آمد که البته با دو رقم دیگر در همین تیمار اختلاف معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی و پر شدن دانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود، زیرا فراهمی رطوبت تأثیر مثبت بر فتوسنتز جاری دارد (Parsa et al., 2011). کمترین شاخص برداشت نیز از تیمار کشت دیم و رقم آرمان با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب با میانگین ۳۹/۴ درصد به‌دست آمد که البته با چندین تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۸). همان‌طور که مشاهده می‌شود هم بیش‌ترین و هم کمترین شاخص برداشت از کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب اما از تیمارهای آبیاری مختلف به‌دست آمده است. این نشان می‌دهد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب در صورتی که با آبیاری تکمیلی همراه باشد بر شاخص برداشت اثرگذار خواهد بود.

۳.۸. پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه دارند (جدول ۷). با انجام آبیاری تکمیلی و همچنین با کاربرد پلیمر سوپرجاذب درصد پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (شکل ۲). علت این موضوع به طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه و افزایش نسبت کربوهیدرات به پروتئین ذخیره‌شده در دانه برمی‌گردد (Bahrani et al., 2009). پژوهشگران دیگری نیز گزارش دادند که بالاتر بودن درصد پروتئین دانه در

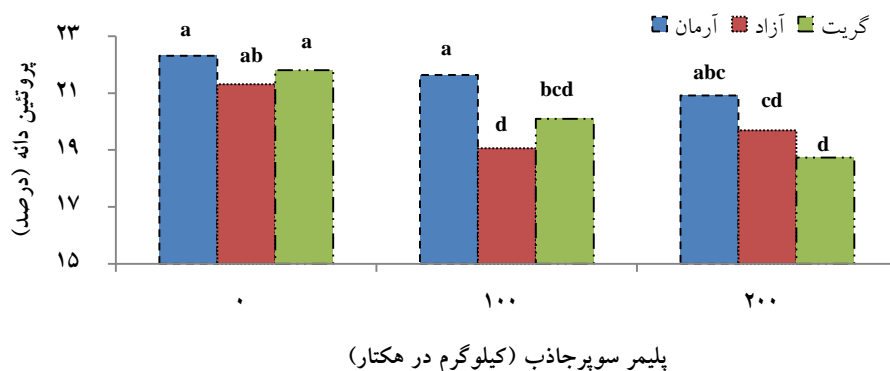
۹.۳. همبستگی میان صفات

نتایج همبستگی میان صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که قند محلول برگ بیش‌ترین همبستگی را با قند نامحلول داشت (**۰/۵۴۷). به عبارت دیگر افزایش قند محلول که در شرایط تنش اتفاق افتاده بود تا حدودی ناشی از تجزیه قندهای نامحلول بوده است. کلروفیل a (**۰/۹۸۶) نسبت به کلروفیل نوع b (**۰/۷۱۶) سهم بیش‌تری از کلروفیل کل برگ داشت. در میان تمام صفات مورد آزمون کلروفیل کل بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت که این همبستگی مثبت و معنی‌دار نیز بود (**۰/۷۲۷). بیش‌ترین همبستگی وزن صد دانه با قند محلول در برگ بود که همبستگی آنها از نوع منفی بود (**۰/۵۰۷).

نخود می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در شرایط دیم باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین شده است (Pezeshkpour et al., 2002). همچنین نتایج نشان داد در تمام ارقام مورد آزمون بالاترین درصد پروتئین دانه از تیمار عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب حاصل شده است. در مجموع بالاترین درصد پروتئین از تیمار رقم آرمان و عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب با میانگین ۲۲/۷ درصد به دست آمد که با چندین تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین درصد پروتئین دانه نیز از رقم آزاد با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب با میانگین ۱۹/۲ درصد به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۲. اثر آبیاری تکمیلی بر درصد پروتئین دانه در گیاه نخود



شکل ۳. تغییرات پروتئین دانه در ارقام مورد آزمون تحت تأثیر مقادیر مختلف پلیمر سوپرجاذب در گیاه نخود

باسخ فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی و استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط کشت دیم

بیشترین نیاز را به رطوبت دارد، یعنی گلدهی، از طریق تعدیل صفات فیزیولوژیک مرتبط با تنش خشکی، عملکرد دانه را افزایش داد. در تیمارهای آبیاری تکمیلی به ویژه زمانی که با کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب همراه بودند غلظت قندهای نامحلول، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بیشتر از تیمارهای کشت دیم بود. بالا بودن میزان این ترکیبات نشان از تحمل شرایط تنش خشکی در تیمارهای آبیاری تکمیلی و کاربرد پلیمر سوپرجاذب می‌دهد. به واسطه این شرایط عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صدانه در تیمارهای استفاده از آبیاری تکمیلی و کاربرد پلیمر سوپرجاذب بالاتر از تیمارهای کشت دیم بود اما درصد پروتئین دانه به علت افزایش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتئین در آنها کاهش پیدا کرد. نتایج نشان داد که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب می‌تواند عملکرد دانه را در شرایط کشت دیم، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و آبیاری تکمیلی در مرحله پرشدن دانه به ترتیب ۳۰، ۱۰۲ و ۸۸ درصد نسبت به عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب افزایش دهد.

به عبارت دیگر با افزایش قند محلول در برگ که عمدتاً در شرایط تنش رطوبتی اتفاق افتاده است وزن صدانه کاش پیدا کرده است. عملکرد بیولوژیک پس از عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاترین میزان همبستگی را با کلروفیل کل داشت (**۰/۵۶۴). همچنین شاخص برداشت نیز بالاتر از عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با کلروفیل کل دارا بود (**۰/۷۳۲). درصد پروتئین دانه نیز با اکثر صفات مورد بررسی به ویژه کلروفیل کل (**۰/۵۳۸-) همبستگی منفی داشت و تنها با قند محلول برگ دارای همبستگی مثبت بود. با توجه به رابطه معنی‌دار کلروفیل برگ با اکثر صفات مورد آزمون می‌توان گفته که کلروفیل برگ اثرگذارترین صفت در این آزمایش بوده است به طوری که فراهم آوردن شرایط حفظ یا افزایش کلروفیل برگ موجب افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک گیاه نخود خواهد شد (جدول ۹).

۴. نتیجه گیری

انجام آبیاری تکمیلی در مرحله‌ای از رشد، که گیاه

جدول ۹. همبستگی صفات مورد آزمون در گیاه نخود تحت تأثیر آبیاری تکمیلی، رقم و پلیمر سوپرجاذب

قند محلول	قند نامحلول	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	وزن صدانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین
۱	-۰/۵۴۷**								
۱	۰/۱۲۶								
۱	-۰/۱۵۵								
۱	۰/۳۴۰**	۰/۵۸۷**							
۱	-۰/۲۰۴	۰/۹۸۶**	۰/۷۱۶**						
۱	-۰/۵۰۷**	۰/۲۰۶	۰/۲۵۷*	۰/۰۹۷					
۱	-۰/۲۲۹*	۰/۱۰۷	۰/۶۸۱**	۰/۷۲۷**	۰/۲۸۸**	۱			
۱	۰/۰۱۷	۰/۰۹۹	۰/۵۲۰**	۰/۵۵۱**	-۰/۰۶۴	۰/۶۹۳**	۱		
۱	-۰/۱۷۶	۰/۰۱۹	۰/۷۰۵**	۰/۵۹۱**	-۰/۰۸۰	۰/۶۹۷**	۰/۶۰۶**	۱	
۱	۰/۳۰۵**	-۰/۴۳۷**	-۰/۵۰۷**	-۰/۴۷۹**	-۰/۵۳۸**	-۰/۱۴۱	-۰/۴۷۸**	-۰/۳۶۳**	-۰/۴۱۹**

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد و یک درصد بر اساس آزمون همبستگی پیرسون.

- Ayenehband, A. (2009). Wheat (*Triticum aestivum* L.) response to nitrogen and postanthesis water deficit. *American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6(2), 231-239. https://doi.org/10.1142/9789814295048_0060.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 29(1), 185-212.
- Ghorbanli, M., Noujavan, M., Heydari, R., & Farbodnia, T. (2001). Changes in soluble sugars, starch and proteins by drought stress in two varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1(1), 38-53. (In Persian)
- Hagverdi, A., Leib, B., Washington-Allen, R., C. Wright, W., Ghodsi, S., Grant, T., Zheng, M. & Vanchiasong, P. (2019). Studying crop yield response to Supplemental irrigation and the spatial Heterogeneity of soil Physical Attributes in a Humid Region. *Agriculture*, 9(43), 1-21. <https://doi.org/10.3390/agriculture9020043>.
- Islam, M. R., Enehi, A. E., Ren, C., Li, J. & Hu, Y. (2011). Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena spp*) yield and quality in an arid sandy soil. *Scientific Research and Essays*, 6(4), 720-728. <https://doi.org/10.5897/SRE10.476>.
- Islam, M.R., Xue, X., Mao, S., Zhao, X., Eneji, A.E. & Hu, Y. (2011). Superabsorbent polymers (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affected areas of northern China. *African Journal of Biotechnology*, 10(24), 4887-4894. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2152>.
- Kochert, G. (1978). *Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method*. In Helebust, J. A., Craigie J. S (eds). *Hand book of phycological Methods*. Cambridge University Press, Cambridge. England. 95-97.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S. K. & Becker, D. F. (2013). Proline Mechanisms of Stress Survival. *Antioxidants and Redox Signaling*. 19(9), 998-1011. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.5074>.
- Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L. & Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, 71(2), 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.11.012>.
- Lum, M.S., Hanafi, M.M., Rafii, Y.M. & Akmar, A.S.N. (2014). Effect of Drought Stress on Growth, Proline and Antioxidant Enzyme Activities of Upland Rice. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24(5), 1487-1493.
- همان‌طورکه مشاهده می‌شود استفاده از پلیمر سوپرجاذب زمانی که با آبیاری تکمیلی همراه بوده است اثرگذاری بیش‌تری داشته است. در میان ارقام مورد آزمون رقم گریت از برتری نسبی برخوردار بود. رقم گریت هم در شرایط کشت دیم و هم در شرایط آبیاری تکمیلی بالاترین عملکرد دانه را دارا بود درحالی‌که ارقام آرمان و آزاد تنها با انجام آبیاری تکمیلی عملکرد بالایی تولید نمودند و در شرایط کشت دیم عملکرد آنها به‌شدت کاهش پیدا کرد. در مجموع بر اساس نتایج این آزمایش استفاده از رقم گریت همراه با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب می‌تواند موجب به‌دست‌آمدن حداکثر عملکرد دانه گردد. همچنین استفاده از پلیمر سوپرجاذب در صورتی‌که همراه با آبیاری تکمیلی نباشد (در شرایط کشت دیم) توصیه نمی‌گردد.

۵. منابع

- Abedi Koupai, J. & 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)
- Alahyari, S., Golchin, A. & Vaezi, A.R. (2013). Study on Effect of super absorbent polymer application on yield and yield components of two chickpea cultivars under rainfed conditions. *Journal of Plant Production Research*, 20(1), 125-139. (In Persian)
- Alizadeh, A. (2008). *Soil, Water and Plant relationship*. Emam Reza University of Mashhad 484p.
- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzyme in isolated chloroplasts Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Bagheri, A. (2014). *The Effect of Biofertilizers and Superabsorbent on quantitative, qualitative and growth Characteristics in Khorramabad Climate Conditions*. M.Sc. thesis. Faculty of agriculture. Lorestan University. 99p.
- Bahrani, A., Heidari Sharif Abad, H., Tahmasebi Savestani, Z., Moafpourian, GH. &

- Maleki, A., Heidari, A., Siadat, A., Tahmasebi, A. & Fath, A. (2011). Effect of Supplementary Irrigation on Yield, Yield Components and Protein Percentages of Chickpea Cultivars in Ilam. *Journal of Crop Ecophysiology*, 5(19), 65-78. (In Persian)
- Masoomi, A., Kafi, M., Nezami, A., & Hoseyni, S. H. (2006). Effect of drought stress on morphological traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in greenhouse. *Iranian journal of field crops research*, 3(2), 277-289. (In Persian)
- Millan, T., Clarke, H. J., Siiddique, K. H. M., Buhariwalla, H. K., Gaur, P. M., Kumar, J., Gil, J., Kahl, G. & Winter, P. (2006). Chickpea Molecular Breeding: New tools and Concepts. *International Journal of Plant Breeding*, 147(1), 81-103. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-4261-4>
- Mirzaee, M., Moieni, A. & Ghanati, F. (2013). Effects of drought stress on the lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in two canola (*Brassica napus* L.) cultivar. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(3), 593-602.
- Mohammadi, G. R., Ghasemi-Golezani, K. Javanshir, A. & Moghadam, M. (2007). Influence of water limitation on yield of three chickpea types. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 10(2), 109-119. (In Persian).
- Mousavi, S. K., Pezeshkpour, A., Khorgami, A., & Noori, M. N. (2010). Effects of supplemental irrigation and crop density on yield, and yield components of Kabuli chickpea cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2), 657-672. (In Persain)
- Oweis, T., & Hachum, A. (2006). Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improved Water Productivity of Dry Farming Systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*, 80(1), 57-73. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.004>.
- Parsa, M., Ganjali, A., Rezaeianzadeh, A., & Nezami, A. (2011). Effect of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpea cultivars in Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3), 310-321. (In Persian)
- Pezeshkpour, P., M. Refei, S.A. Siadat, & Shakhhosaini, M. (2002). Effect of the reduction of drought stress using supplementary Irrigation for chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry farming condition. 1th National Conference on Pulse in Iran. Ferdowsi university of Mashhad. 53-55. (In Persian)
- Senatos, C., Azervedo, H. & Calderia, G. (2001). Isitue and invitro senescence induced by KCL Stress: Nutritional imbalance lipid peroxidation and antioxidant metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 52(335), 351-360. <https://doi.org/jxb/52.355.351>.
- Shaban, M., Mansorifar, S., Ghobadi, M., & Sabaghpor, H. (2012). Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. *Iranian journal of Pulses Research*, 3(1), 53-66. (In Persian)
- Shadmand, H. & Afkari, A. (2018). The Effect of superabsorbent polymer application on some biochemical traits and relative water content of bean cultivars under drought tension. *Crop Physiology Journal*, 10(39), 61-77. (In Persian).
- Zhong, K., Lin, Z.T., Zheng, X.L., Jiang, G.B., Fang, Y.S., Mao, X.Y. & Liao, Z.W. (2013). Starch derivative-based Superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 1367-1376. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.030>
- Zlatev, Z., Lidon, F.C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(1), 57-72. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v24i1.10599>.