



تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

*عباس ابهری^۱، الهام عزیزی^۱ و بهرام حارث آبادی^۲

^۱استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران،

^۲دانشیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۲

چکیده

سابقه و هدف: اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری فنون پیشرفته به‌منظور حفظ و ذخیره رطوبت خاک و افزایش گنجایش نگهداشت آب از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش کارایی مصرف آب و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع آب کشور است. با توجه به اهمیت گیاه نخود به عنوان یک منبع تأمین‌کننده پروتئین و از طرف دیگر صدمات جبران‌ناپذیر تنش خشکی انتهای فصل به عملکرد نخود، اتخاذ روش‌های که بتواند سبب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی شود بسیار حائز اهمیت است. پلیمرهای سوپر جاذب از جنس هیدرو کربن هستند که این مواد چندین برابر وزن خود، آب جذب و نگهداری می‌کنند و در موقع خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود. به این ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند. میزان کارایی سوپر جاذب در خاک‌های شن لومی بیشتر از خاک‌های لوم و رسی است و با افزایش مصرف آن، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب نیز افزایش می‌یابد. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین میزان مناسب سوپر جاذب جهت حصول حداکثر عملکرد نخود تحت شرایط تنش خشکی و همچنین تعیین حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه نخود به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم هاشم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال ۹۲-۱۳۹۱ در شهرستان جغتای انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش خشکی در سه سطح شاهد (بدون تنش)، قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و قطع آبیاری در مرحله شروع غلاف‌دهی به

*مسئول مکاتبه: abbasabhari@yahoo.com

عنوان عامل اصلی، و مصرف سوپر جاذب در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که قطع آبیاری سبب کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و میزان پروتئین شد، در حالی که ارتفاع گیاه و شاخص برداشت، واکنش معنی‌داری به قطع آبیاری نشان نداد. استفاده از سوپر جاذب باعث تعدیل اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد. بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب حاصل شد. مقدار سوپر جاذب تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین نداشت. ولی میزان پروتئین دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی با ۱۱۵/۲۳ کیلوگرم در هکتار بیشتر از تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی با ۷۷/۲۹ کیلوگرم پروتئین در هکتار بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که جهت حصول عملکرد دانه مطلوب در شرایط تنش خشکی، استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، بهترین نتیجه را داشت.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تنش خشکی، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

سوپر جاذب‌ها 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 طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (۲). نیلسین (۲۰۰۱) گزارش کرد که همبستگی بالایی بین مصرف آب و عملکرد دانه نخود وجود دارد، به طوری که بالاترین پاسخ را گیاه نخود (هر میلی‌متر در مصرف آب، افزایش عملکرد ۱۰/۶ کیلوگرم در هکتار) نشان داد (۱۲). در آزمایشی روی نخود مشاهده شد که صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، وزن صد دانه و عرض کانوپی همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (۳).

ژانگ و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که بیشترین عملکرد دانه نخود با آبیاری در مرحله گلدهی حاصل شد (۲۰). در پژوهش قاسمی گل‌عدانی و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که عملکرد نفوذ در تمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A با تیمار آبیاری کامل پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ولی محدودیت بیشتر آب آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر سبب کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد شد (۵). محمدی و همکاران (۲۰۰۶) بالا بودن عملکرد دانه را در شرایط آبیاری کامل به برتری از نظر درصد سطح سبز، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه و اجزای عملکرد یعنی تعداد نیام در بوته و وزن دانه در مقایسه با آبیاری‌های محدود مربوط دانستند (۱۱). براساس گزارش دیگری بالا بودن درصد پوشش سبز به ویژه در دوره بحرانی پر شدن دانه، تبخیر آب از سطح خاک را کاهش داد و به بهبود وضعیت رطوبتی خاک و افزایش میزان آب در دسترس گیاه منجر شد (۱۷).

کریمی و نادری (۲۰۰۷) گزارش کردند که عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب تحت تأثیر نوع خاک، مقدار مصرف سوپر جاذب و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت. بیش‌ترین عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب در خاک رسی و کم‌ترین عملکرد ماده خشک در خاک لومی و کم‌ترین کارایی مصرف آب در خاک شنی به‌دست آمد. همچنین میزان کارایی سوپر جاذب در خاک‌های شنی لومی بیشتر از خاک‌های لومی و رسی بود و با افزایش مصرف آن، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت (۸). همچنین در آزمایشی روی گیاه ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) مشخص شد که پلیمر سوپر جاذب موجب کاهش خسارت وارده در شرایط تنش خشکی شد (۴).

با توجه به اهمیت گیاه نخود به عنوان یک منبع تأمین کننده پروتئین و از طرف دیگر صدمات جبران‌ناپذیر تنش خشکی انتهای فصل به عملکرد نخود اتخاذ روش‌های که بتواند سبب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی شود بسیار حائز اهمیت است. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین میزان مناسب سوپر جاذب جهت حصول حداکثر عملکرد نخود تحت شرایط تنش خشکی و همچنین تعیین حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه نخود به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم هاشم در شرایط خشکی انتهای فصل، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در اراضی سد کمایستان شهرستان جغتای با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه و ۲۱ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه و ارتفاع ۱۱۶۸ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح شاهد (بدون تنش)، قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی، قطع آبیاری در مرحله آغاز غلاف‌دهی و همچنین مصرف سوپر جاذب در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. سطوح مختلف تنش خشکی به کرت‌های اصلی و مقادیر مصرف سوپر جاذب به کرت‌های فرعی اختصاص داده شد.

پس از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت براساس آزمون خاک، کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل و کود نیتروژن از منبع اوره و کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم در زمین پخش شد. در کرت‌های اصلی تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و عدم تنش رطوبتی اعمال گردید و در داخل کرت‌های فرعی نیز استفاده از سوپر جاذب به میزان ۱۰۰، ۵۰ و ۰ کیلوگرم انجام گرفت. پلیمر سوپر جاذب A200 تهیه شده تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران برای هر کرت آزمایش محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح کرت، زیر بذر به عمق ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متری قرار گرفت.

برداشت در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی و انتخاب ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انجام شد. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و همچنین میزان پروتئین دانه بود. تجزیه و تحلیل

داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS صورت گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سوپر جاذب بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ($P < 0/01$, جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کمترین ارتفاع در تیمار شاهد و بیشترین آن مربوط به استفاده سوپر جاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲).

در آزمایشی تأثیر سوپر جاذب روی گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum*) بررسی شد و نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع بوته در تیمار ظرفیت زراعی و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب مشاهده شد با این وجود در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب نیز عملکرد مشابه تولید شد (۱). با قطع آبیاری به دلیل کاهش فشار بر دیواره سلول، آماس سلول‌ها کاهش می‌یابد و رشد، متوقف می‌شود. لذا با توجه به این مطالب استفاده از سوپر جاذب به دلیل تخلیه آب در مدت طولانی و مرطوب بودن نسبی خاک، شدت اثر قطع آبیاری را کاهش داد.

تعداد دانه در غلاف: اثر قطع آبیاری و سوپر جاذب بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ($P < 0/01$, جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در تیمار شاهد و کمترین تعداد آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی مشاهده شد و بیشترین تعداد دانه در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب حاصل شد (جدول ۲ و ۳).

قطع آبیاری در مرحله گلدهی، گرده افشانی و لقاح دانه‌ها را به‌علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد (۱۵). این نتایج با نتایج آزمایشی مبنی بر کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت (۹). پدمن و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که تعداد گل‌ها و دانه گیاه در گیاهان کتان روغنی تحت تأثیر پلیمر سوپر جاذب قرار گرفت و فرآیند تبدیل گل‌ها به دانه تسریع شد (۱۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای قطع آبیاری و سوپر جاذب بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی نخود.

Table 1. Variance analysis of effects of cutting irrigation and super absorbent treatments on some morpho-physiological traits of chickpea.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares								
		طول ساقه Stem height	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	درصد پروتئین Protein percent	میزان پروتئین دانه The amount of protein in seed	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیکی Biological yield
بلوک Block	3	98.14 ^{ns}	2.97 ^{ns}	14.06 ^{ns}	76.47 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.92 ^{ns}	7550.77 ^{ns}	965.48 ^{ns}	4024.51 ^{ns}
قطع آبیاری Cutting irrigation	2	10.48 ^{ns}	166.50 ^{**}	487.50 ^{**}	10689.36 [*]	7.46 [*]	75.14 ^{**}	251073.72 ^{**}	686.40 ^{ns}	34537.44 ^{**}
خطا Error a	6	2.47	0.55	6.87	22.36	0.90	0.26	1584.34	810.77	3371.96
سوپر جاذب Super absorbent	2	190.02 ^{**}	213.73 ^{**}	317.94 ^{**}	11528.86 ^{**}	0.70 ^{ns}	4897.91 ^{**}	66521.69 ^{**}	351.40 ^{ns}	11736.02 ^{**}
قطع آبیاری * سوپر جاذب * Cutting irrigation	4	22.50 ^{ns}	1.64 ^{ns}	27.24 ^{ns}	245.48 ^{**}	1.04 ^{ns}	125.34 ^{**}	1991.90 ^{ns}	168.74 ^{ns}	1484.52 ^{ns}
خطا Error b	18	24.76	1.90	26.59	31.09	0.98	1.27	1119.64	406.17	1630.50
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		13.92	5.48	21.89	1.54	3.69	3.69	8.45	38.87	20.48

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} غیر معنی دار

** significant at $\alpha=0.01$ probability level, * significant at $\alpha=0.05$ probability level and, ^{ns} no significant

تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر قطع آبیاری و اثر سوپر جاذب بر تعداد غلاف‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید ($P<0/01$ ، جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در تیمار شاهد و کمترین تعداد آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی مشاهده شد و همچنین بیشترین تعداد غلاف در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب حاصل شد (جداول ۲ و ۳). لیو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که تنش خشکی شدید در اوایل گسترش غلاف‌های سویا رشد غلاف‌ها را کاهش داد و موجب کاهش قابل ملاحظه تعداد غلاف شد (۱۰).

جدول ۲- تأثیر زمان قطع آبیاری بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی نخود.

Table 2. The effect of cutting irrigation time on some morpho-physiological traits of chickpea.

زمان قطع آبیاری cutting irrigation time	طول ساقه (سانتی متر) Stem height (cm)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight(gr)	درصد پروتئین Protein percent	میزان پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار) The amount of protein in seed (kg.ha ⁻¹)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)
شاهد Control	36.66 ^a	28.71 ^a	29.29 ^a	390.50 ^a	25.88 ^b	124.52 ^a	482.41 ^a	53.42 ^a	638.83 ^a
قطع آبیاری در مرحله غلافدهی	34.80 ^a	25.55 ^b	16.69 ^c	360.75 ^b	26.99 ^a	77.28 ^c	282.91 ^c	43.61 ^a	433.00 ^c
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	35.74 ^a	21.29 ^c	24.66 ^b	330.83 ^c	27.41 ^a	115.23 ^b	421.83 ^b	43.61 ^a	601.50 ^b
LSD	1.57	0.74	2.62	4.72	0.95	0.51	39.76	28.45	58.01

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at p<0.05

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف سوپر جاذب بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی نخود.

Table 3. The effect of the different levels of super absorbent on some morpho-physiological traits of chickpea.

سوپر جاذب (کیلوگرم در هکتار) (kg.ha ⁻¹) super absorbent	طول ساقه (سانتی متر) Stem height (cm)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (gr)	درصد پروتئین Protein percent	میزان پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار) The amount of protein in seed (kg.ha ⁻¹)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
0	31.71 ^b	21.07 ^c	19.58 ^b	328.50 ^c	26.52 ^a	85.45 ^c	323.33 ^c	485.00 ^c	55.34 ^a
50	35.81 ^c	24.98 ^b	21.70 ^b	363.25 ^b	27.01 ^a	105.72 ^b	391.75 ^b	603.30 ^b	54.57 ^a
100	39.67 ^a	29.50 ^a	29.36 ^a	390.33 ^a	26.75 ^a	125.86 ^a	472.08 ^a	690.00 ^a	45.60 ^a
LSD	4.27	1.18	4.42	4.78	0.85	0.97	28.70	34.63	17.29

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at p<0.05

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر قطع آبیاری و اثر سوپر جاذب بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید ($P < 0.01$ ، جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی بود و نیز بیشترین وزن هزار دانه در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب حاصل شد. در بررسی اثرات متقابل مشخص شد در تیمار شاهد (عدم قطع آبیاری) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب بیشترین وزن هزار دانه تولید شد (جدول ۲، ۳ و ۴). مصرف مواد سوپر جاذب و فراهم شدن رطوبت کافی باعث افزایش سطح سبز و دوام آن در کنار افزایش طول مراحل رشد رویشی و زایشی می شود که این امر باعث افزایش طول دوره پر شدن دانه و نیز افزایش مواد فتوسنتزی تولید شده می گردد. پاکوکی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که وزن هزار دانه گیاهان نخود که تا مرحله گلدهی آبیاری شدند به مراتب بیشتر از وزن هزار دانه گیاهانی بود که آبیاری آنها بعد از مرحله گلدهی انجام گرفت (۱۳).

جدول ۴- اثرات متقابل زمان قطع آبیاری و مقدار سوپر جاذب بر برخی خصوصیات موفوفیزیولوژیکی نخود.

Table 4. The interaction effect of super absorbent and cutting irrigation time on some morpho-physiological traits of chickpea.

وزن هزار دانه (گرم)	میزان پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار)	سوپر جاذب (کیلوگرم در هکتار)	زمان قطع آبیاری cutting irrigation time
1000 seed weight (gr)	The amount of protein in seed (kg.ha ⁻¹)	super absorbent (kg.ha ⁻¹)	
349.75 ^d	146.30 ^a	0	شاهد
396.75 ^b	119.20 ^b	50	Control
425.00 ^a	108.07 ^d	100	
327.75 ^e	97.04 ^f	0	
364.75 ^c	117.62 ^c	50	Cutting irrigation at the beginning poding
389.75 ^b	97.04 ^f	100	
308.00 ^f	51.24 ^h	0	
25328.00 ^e	80.35 ^g	50	Cutting irrigation at the flowering stage
356.25 ^d	100.26 ^e	100	
LSD	1.67		

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p < 0.05$.

پروتئین: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر قطع آبیاری بر درصد پروتئین در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید ($P < 0.05$ ، جدول ۱). بالاتر بودن درصد پروتئین در شرایط قطع آبیاری در

مرحله گلدهی می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین در این مرحله شده است (جدول ۲). نتایج مشابهی نیز توسط جلیلیان و همکاران (۲۰۰۵) بر روی گیاه نخود گزارش شده است (۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر قطع آبیاری، سوپر جاذب و اثر متقابل آن‌ها بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید ($P < 0/01$ ، جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین با ۱۲۴/۵۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی با ۷۷/۲۹ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین در بررسی اثرات متقابل مشخص شد با قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی تیمار ۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب بیشترین میزان پروتئین دانه را تولید کرد (جدول ۲ و ۴). با توجه به این‌که عملکرد دانه در تیمار شاهد حداکثر بود بنابراین مقدار پروتئین کل نیز که حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه می‌باشد افزایش یافت. این نتایج با نتایج سبک‌دست و خیال‌پرست (۲۰۰۳) بر روی نخود در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت (۱۶). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای سوپر جاذب نشان داد تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب با ۱۲۵/۸۶ کیلوگرم پروتئین در هکتار بیشترین و تیمار ۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب با ۱۰۵/۷۲ کیلوگرم پروتئین در هکتار در رتبه بعدی قرار داشت (جدول ۳).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر قطع آبیاری و اثر سوپر جاذب بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید ($P \leq 0/01$ ، جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و نیز بیشترین عملکرد در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب مشاهده شد (جدول ۲ و ۳). به نظر می‌رسد کمبود آب در مراحل زایشی نخود با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها سبب ممانعت از دست‌یابی به پتانسیل عملکرد می‌شود. استفاده از سوپر جاذب باعث فراهم شدن رطوبت کافی و کاهش اثر تنش خشکی قطع آبیاری شده که به برتری از نظر درصد سطح سبز، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه و اجزای عملکرد یعنی تعداد نیام در بوته و وزن دانه در مقایسه با قطع آبیاری مربوط می‌باشد. محمدی و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که دوام بیشتر سطح سبز در شرایط آبیاری کامل توانست از طریق افزایش طول مدت فتوسنتز، موجب افزایش عملکرد گردد (۱۱).

عملکرد بیولوژیکی: اثر قطع آبیاری و اثر سوپر جاذب بر عملکرد بیولوژیکی به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل دهی حاصل شد و همچنین بیشترین عملکرد بیولوژیکی در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب مشاهده شد (جدول ۲ و ۳).

استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب به علت فراهم بودن شرایط رطوبتی مناسب، موجب افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش عمق مؤثر کانوبی، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی افزایش می یابد که موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی می شود. از طرفی شرایط رطوبتی مناسب در زمان پر شدن غلافها در کشت نخود به دلیل تأثیر مثبت بر توسعه تعداد شاخه های فرعی و ارتفاع بوته، در افزایش عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح مؤثر است. مطالعات نشان داده است که بین عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و آبیاری تکمیلی یک ارتباط خطی وجود دارد (۷). این نتایج با گزارش دیگر محققین روی نخود مطابقت داشت (۱۸ و ۱۹).

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قطع آبیاری، سوپر جاذب و اثر متقابل بر شاخص برداشت تأثیر معنی دار نداشت (جدول ۱).

نتیجه گیری کلی

تنش خشکی به عنوان یک عامل محدود کننده تولیدات گیاهی مطرح است که منجر به کاهش رشد و آماس سلولی با تأثیر بر متابولیسم، بر فتوسنتز تأثیر می گذارد. بنابراین برای مقابله با این پدیده راهکارهای مختلفی مثل استفاده از مواد سوپر جاذب وجود دارد. در پژوهش حاضر نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد. به طور کلی کمبود آب در مراحل زایشی نخود با ریزش گل ها و غلافها سبب کاهش عملکرد شد. با مقایسه میانگین تیمارها مشخص شد که بیشترین عملکرد در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب بود. استفاده از سوپر جاذب باعث فراهم شدن رطوبت کافی و کاهش اثر تنش خشکی قطع آبیاری شده که به برتری از نظر درصد پوشش سبز، سرعت و دوره موثر پر شدن دانه و دوام بیشتر پوشش سبز در شرایط آبیاری کامل توانست از طریق افزایش طول مدت فتوسنتز، موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد یعنی تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه در مقایسه با قطع آبیاری مربوط می باشد. بالاتر بودن

درصد پروتئین در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتئین در نتیجه افزایش درصد پروتئین در این مرحله شده است. همچنین استفاده از سوپر جاذب باعث تعدیل اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد. بهترین میزان مصرف سوپر جاذب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای کاهش اثر تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه به جز شاخص برداشت بوده و نامطلوب‌ترین مرحله قطع آبیاری نیز مرحله گلدهی بود. بنابراین پلیمر سوپر جاذب به عنوان ماده موثر در کاهش اثرات تنش خشکی و در نتیجه افزایش تحمل گیاه در برابر تنش و افزایش عملکرد گیاه شناخته شد.

منابع

1. Arabi, Z., Kabosi, K., Rezvan Talab, N., and Tork Lale Bagh, J. 2016. Effect of irrigation and Super-absorbent hydrogels on morphological characteristics, yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisum L.*). J. Crop. Prod., 8(3): 51-66.
2. Allahdadi, I. 2001. Effect of superabsorbent hydro gels in reducing drought. Proceedings of the second technical-educational of agricultural and industrial applications superabsorbent hydrogels, Polymer and Petrochemical Institute, Iran.
3. Chaghmirza, K., and Farshadfar, E. 2005. Study of relationships between yield and yield components in chickpea. Abstracts of the 9th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj.
4. 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. J. Crop. Prod., 7(2): 43-60.
5. Ghassemi-Golezani, K., Dalil, B., Mohammadi-Nasab, A.D., and Zehtab-Salmasi, S. 2008. The response of chickpea cultivars to field water deficit. Not. Bot. Hort. Agrobot., 36: 25-28.
6. Jalileans, J., Modarres Sanavi, A.M., and Sabagh pour, H. 2005. The effects of density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein of pea cultivars in rainfall condition. Agr. Sci. Nat. Res., 12(5): 9-1.
7. Johansen, C., Krishnamurthy, L., Saxena, N.P., and Sethi, S.C. 2002. Genotypic variation in moisture response of chickpea grown under line- sources sprinklers in a semi- arid tropical environment. Field Crop Res., 37: 103-112.
8. Karimi, A., and Naderi, M. 2007. The investigation of super absorbent polymer effect on corn yield and water use efficiency of forage corn in different soil textures. Water soil and plant Agr., 7(3): 187-199.

9. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.B., Dude, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological response of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean type environment. *Eur. J. Agron.*, 11(3- 4): 279- 291.
10. Liu, F., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crop Res.*, 86: 1-13.
11. Mohammadi, GH., Ghasemi Golezani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M., 2006. The influence of water limitation on the yield of three chickpea. *Sci. Tech. Agr. Nat. Res.*, 10(2): 109-120.
12. Nielsen, D.C. 2001. Production functions for chickpea, field pea, and lentil in the central Great Plains. *Agron. J.*, 93: 563-569.
13. Pacucci, G., Troccoli, C., and Leoni, B. 2006. Effects of supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. *Agr. Engineering International: CIGR. E. J.*, 3: 1-9.
14. Padman, D.R., Porwal, B.L., and Patel, J.C. 1994. Effect of levels of irrigation nitrogen and jalas hakti on growth and yield indian mustard. *Indian J. Agr.*, 39: 599-603.
15. Pour Ismail, P., Habibi, D., Tavasoli, A., Zahedi, H., and Tohidi-Moghadam, H.R. 2009. The effect of super absorbent polymer on physiological and agronomic traits of different red bean varieties under drought stress in green house condition. *Plant management of Ecosystems*, 6(21): 92-75.
16. Sabokdast, M., and Khial-Parast, F. 2003. Effects of water stress on soluble protein and proline amino acid of three Iranian chickpea cultivars. *J. Agron.*, 5(2): 29-37.
17. Silim, S.N., Saxena, M.C., and Erskine, W. 1993. Adaptation of lentil to the Mediterranean environment. C. Factors affecting yield under drought conditions. *Exp. Agric.*, 29: 9-19.
18. Tuba Bicer, B., Narin Kolender, A., and Akar, D.A. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. *J. Agro. Asian Netw. Sci. Information*, 3: 154-158.
19. Ullah, A.J., Bakht, M., Shafi, W., and Islam, A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. *Asian J. Plant Sci.*, 1(4): 355-357.
20. Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., and Harris, H. 2002. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Aus. J. Agric. Res.*, 51: 295-304.