# اثر تنش کمبود آب و کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بر برخی صفات زراعی گندم زمستانه در تبریز

سعید جلیلی*[۱]، معین هادی[۲]، ابوالفضل مجنونی‌هریس[۳] و رضا دلیرحسن‌نیا[۴]

۲و۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۴و۳) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول: Jalili_saeid@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۳

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر تنش کمبود آب و مواد سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (به‌ترتیب FC، ۰/۷FC و ۰/۵FC) و مصرف سوپرجاذب استاکوزورب در سه سطح عدم مصرف، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب $S_0$، $S_1$ و $S_2$) بود. نتایج نشان داد اعمال تنش کمبود آب بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر مصرف سوپرجاذب بر طول سنبله غیر معنی‌دار، ارتفاع بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش تنش و سوپرجاذب نیز بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان عملکرد به میزان ۷/۵۱ تن در هکتار از تیمار $S_2$-FC به‌دست آمد که با تیمار $S_1$-۰/۷FC اختلاف معنی‌داری نداشت. بالاترین بهره‌وری مصرف آب نیز به میزان ۱/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب از تیمار $S_1$-۰/۷FC به‌دست آمد که با تیمار $S_2$-۰/۷FC اختلاف معنی‌داری نداشت. در مجموع تیمار $S_1$-۰/۷FC عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۱۲/۳ و ۳۳ درصد افزایش داد. اگرچه نتایج تحلیل اقتصادی نشان داد که مصرف سوپرجاذب به تنهایی توجیه اقتصادی ندارد. اما تیمار $S_1$-۰/۷FC به‌دلیل افزایش عملکرد و نیز افزایش سطح زیر کشت ناشی از کاهش مصرف آب توصیه می-گردد.**

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری مصرف آب، تحلیل اقتصادی و تنش کمبود آب.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

**مقدمه**

کم‌آبی و وقوع خشکسالی‌های متوالی باعث بروز مشکلات محدودیت منابع آبی در بسیاری از مناطق دنیا گردیده است. از طرفی با افزایش بی‌رویه جمعیت، تأمین منابع غذایی دنیا با مشکل رو به رو خواهد شد. گندم از مهم‌ترین غلات در تغذیه انسان به شمار می‌رود که در سرتاسر جهان کشت می‌شود و با تولید سالانه بیش از ۶۰۰ میلیون تن، بعد از ذرت و برنج بیش‌ترین تولید را در دنیا به خود اختصاص داده است (Asseng *et al.*, 2011). وجود تنش کمبود آب در رشد گیاهان از جمله گندم اخلال وارد نموده و باعث کاهش محصول تولیدی می‌شود. از این رو همواره سعی بر این بوده که با به‌کارگیری روش‌های مختلف، اثر تنش وارده بر گیاهان به حداقل برسد. کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند به عنوان راهکاری برای به حداقل رساندن و یا حتی حذف اثر تنش مؤثر واقع شود. پلیمرهای سوپرجاذب شبکه‌های هیدروفیلی هستند که هم آب جذب می‌کنند و هم مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبدار را نگهداری می‌کنند (Zohurian-mehr and Kabiri, 2008). کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب امکان افزایش ظرفیت نگهداری آب و کارآیی مصرف مواد مغذی را بالا می‌برد (Zohurian-mehr and Kabiri, 2008). در مطالعه‌ای به بررسی اثر پلمیرهای سوپرجاذب روی گیاه گندم در بافت خاک لومی پرداخته شد و مشاهده شد که کاربرد سوپرجاذب‌ها باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و همچنین افزایش باکتری‌های خاک، حجم آب خاک و رطوبت هیگروسکوپی خاک می‌شود (Li *et al.*, 2013). Sepaskhah and Barzegar (۲۰۱۰) اثر سوپرجاذب و کود نیتروژن را بر گیاه برنج در یک اقلیم نیمه‌خشک مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد استفاده همزمان از سوپرجاذب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه، افزایش حجم پروتئین دانه و بهبود بهره‌وری نیتروژن گردید. در پژوهشی گزارش شد که کمبود شدید آب خاک، عملکرد دانه گندم زمستانه را کاهش داد؛ در حالی که کمبود ملایم آب خاک در فاصله زمانی بین زمان از سر گیری رشد فعال در بهار تا زمان پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه یا کارایی مصرف آب نشد و از طرفی کارایی مصرف آب در شرایط کم‌آبیاری به میزان قابل توجهی افزایش یافت (Zhang *et al.*, 2006). در مطالعه‌ای دیگر به بررسی اثر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب (صفر و هفت درصد وزنی) و تنش خشکی بر پارامترهای زیست توده کل، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و محتوی کلروفیل برگ شش رقم کلزا پرداخته شد. نتایج نشان داد که کاربرد پلیمر سوپرجاذب منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد ارزیابی نسبت به تیمار شاهد گردید اما تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار همه ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری نسبت به شاهد شد (Tohidi-Moghadam *et al.*, 2009). کریمی و نادری (۱۳۸۶) در مطالعه خود نشان دادند که کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای را تحت شرایط تنش خشکی از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی و رشد سریع و مطلوب ریشه در خاک بهبود بخشید. با توجه به اهمیت خودکفایی در تولید

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

محصولاتی مانند گندم، هدف این پژوهش بررسی اثر مواد سوپرجاذب و اعمال تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و بررسی صرفه اقتصادی استفاده از مواد سوپرجاذب در گیاه زراعی یک‌ساله گندم می‌باشد.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز در واقع در شمال‌غرب ایران در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. طول و عرض جغرافیایی منطقه و ارتفاع آن از سطح دریا به‌ترتیب برابر ′۳۷ °۴۶ شرقی، ′۰۳ °۳۷ شمالی و ۱۵۶۷/۳ متر است (شکل۱). متوسط بلندمدت میزان بارندگی در محدوده مطالعه مورد نظر کم‌تر از ۲۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد است و مطابق با اقلیم نمای دومارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. با توجه به توزیع فصلی بارش بیش‌ترین محدودیت در اواخر فصل رشد (ماه جولای) حاکم است. متوسط بلندمدت پارامترهای هواشناسی نیز در جدول ۱ ارائه شده است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار برای رقم گندم آبی پیشگام صورت گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح بدون تنش (FC)، ۳۰ درصد تنش (۰/۷FC) و ۵۰ درصد تنش (۰/۵FC) و کاربرد سوپرجاذب در سه سطح بدون سوپرجاذب ($S_0$)، مصرف سوپرجاذب به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار ($S_1$) و مصرف سوپرجاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ($S_2$) بود. برای این منظور پس از آماده‌سازی و تسطیح زمین کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر ایجاد شد و کشت بذور با تراکم ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار در عمق حدود دو سانتی‌متری از سطح خاک در تاریخ ۳۰ مهرماه صورت گرفت.

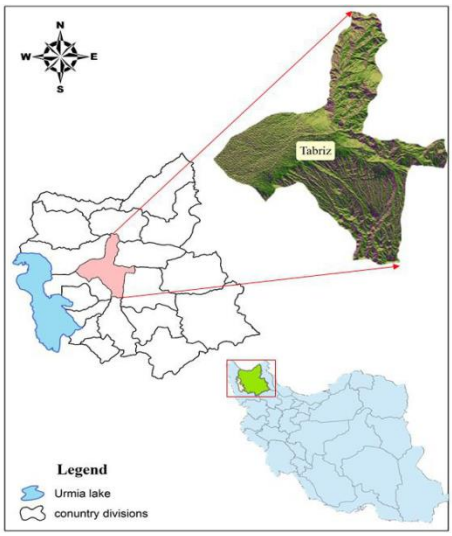
جهت کاربرد سوپرجاذب در تیمارهای مورد نظر شیارهایی در زیر ردیف‌های کشت ایجاد و با خاک مخلوط شد. قبل از شروع عملیات کشت کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. در طول دوره رشد میزان ۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود اوره در هر یک از مراحل ساقه‌دهی و سنبله-دهی و در مجموع کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار مصرف شد. خاک مزرعه مورد مطالعه با داشتن ۶۳/۶ درصد شن، ۲۴/۲ درصد سیلت و ۱۲/۲ درصد رس جزء خاک‌های لوم شنی به شمار می‌رود. میزان متوسط رطوبت در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم به‌ترتیب برابر ۲۸ و هشت درصد حجمی بود. نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه شده است. آب آبیاری مورد استفاده دارای $pH =$ ۷/۷ (اسیدیته آب آبیاری) بوده و با $EC =$ ۰/۷۲dS/m (شوری آب آبیاری) و $SAR =$ ۱/۲۸ (نسبت سدیم قابل جذب آب آبیاری) بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس دارای کلاس $C_2S_1$ بود.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

**جدول ۱: متوسط بلندمدت پارامترهای هواشناسی منطقه مورد مطالعه**

| ماه | (%) حداقل رطوبت نسبی | (%) حداکثر رطوبت نسبی | (°C) دمای متوسط | (°C) حداکثر دما | (°C) حداقل دما |
|---|---|---|---|---|---|
| فروردین | ۳۲/۲۲ | ۷۴/۷۷ | ۱۲/۳۲ | ۱۸/۱۳ | ۶/۹۰ |
| اردیبهشت | ۲۷/۵۹ | ۶۹/۶۹ | ۱۷/۵۸ | ۲۳/۷۹ | ۱۱/۵۸ |
| خرداد | ۲۰/۴۲ | ۵۴/۹۴ | ۲۳/۳۵ | ۳۰/۰۶ | ۱۶/۷۸ |
| تیر | ۲۰/۲۹ | ۵۰/۹۲ | ۲۶/۲۷ | ۳۳/۱۸ | ۲۰/۱۸ |
| مرداد | ۱۸/۴۴ | ۴۹/۶۰ | ۲۶/۴۳ | ۳۳/۴۸ | ۲۰/۱۴ |
| شهریور | ۲۱/۲۹ | ۵۶/۷۲ | ۲۱/۳۵ | ۲۸/۴۲ | ۱۴/۹۴ |
| مهر | ۳۰/۲۶ | ۶۶/۶۹ | ۱۴/۵۲ | ۲۱/۰۷ | ۸/۹۷ |
| آبان | ۴۴/۹۷ | ۷۹/۰۸ | ۶/۳۵ | ۱۱/۷۷ | ۲/۲۰ |
| آذر | ۵۱/۸۱ | ۸۲/۲۹ | ۰/۷۵ | ۵/۵۹ | -۲/۷۵ |
| دی | ۵۳/۴۶ | ۸۴/۲۷ | -۱/۰۸ | ۳/۷۲ | -۴/۵۷ |
| بهمن | ۴۴/۴۴ | ۸۱/۰۹ | ۱/۴۴ | ۶/۷۰ | -۲/۷۲ |
| اسفند | ۳۴/۹۱ | ۷۵/۸۱ | ۶/۵۶ | ۱۲/۱۶ | ۱/۶۴ |




**شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه**

در طول دوره رشد علف‌های هرز به صورت دستی حذف گردید. پس از تکمیل چرخه رشد و مرحله رسیدگی کامل، عملیات برداشت در نیمه دوم تیرماه با انتخاب قطعه‌ای به ابعاد ۱×۱ متر از وسط هر کرت انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید و پارامترهایی همچون ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیکی محاسبه شد. همچنین پارامترهای عملکرد دانه، بهره‌وری مصرف آب و شاخص برداشت به صورت زیر تعیین گردید.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

**جدول ۲: نتایج آنالیز شیمیایی خاک مزرعه**

| عمق خاک (سانتی‌متر) | EC (دسی‌زیمنس بر متر) | PH | N | P | K | Fe | Mn | Zn | OC (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | | | | | | |
| ۰-۳۰ | ۰/۷۶ | ۷/۷ | ۰/۲۶ | ۱۵/۸۹ | ۴۸۳/۱ | ۷/۱ | ۱۱/۸۵ | ۰/۴۵ | ۰/۹۷ |
| ۳۰-۶۰ | ۰/۶۹ | ۷/۶۱ | ۰/۱۱ | ۱۱/۰۶ | ۲۶۶/۷ | ۳/۰۸ | ۸/۱۶ | ۰/۱۵ | ۰/۴ |

## عملکرد دانه

پارامترهایی همچون تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه مؤثرند. عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار از حاصل‌ضرب تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، و وزن دانه و تقسیم عدد حاصله بر صد هزار به‌دست آمد.

## بهره‌وری مصرف آب

بر حسب تعریف بهره‌وری آب عبارت است از مقدار ماده خشک تولیدشده به ازای هر واحد آب مصرف‌شده توسط گیاه. نوع گیاه و شرایط آب و هوایی از عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب می‌باشد. بهره‌وری مصرف آب مطابق با رابطه ۱ قابل محاسبه می‌باشد (Liu *et al.*, 2015).

رابطه ۱: $$WP= Y/V$$

که در آن $WP$ بهره‌وری کل مصرف آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، $Y$ میزان عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار، $V$ کل آب مصرفی شامل آبیاری و بارندگی بر حسب مترمکعب در هکتار می‌باشد.

## شاخص برداشت

شاخص برداشت نمایه‌ای است که برای قسمت قابل استفاده محصول به کار می‌رود و با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌گردد (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۴).

رابطه ۲: $$HI= (GY/BY)\times 100$$

در آن HI شاخص برداشت بر حسب درصد و GY، BY به‌ترتیب عملکرد دانه و بیولوژیکی می‌باشد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

با توجه به اهمیت مسائل اقتصادی، مقایسه افزایش هزینه تولید ناشی از مصرف سوپرجاذب با افزایش درآمد ناشی از افزایش عملکرد دانه به ازای سوپرجاذب مصرف شده ضروری است. این مقایسه با توجه به قیمت خرید تضمینی گندم در سال آزمایش معادل ۱۲۷۵۰ ریال و نیز قیمت سوپرجاذب استاکوزورب معادل ۲۵۰۰۰۰ ریال صورت می گیرد.

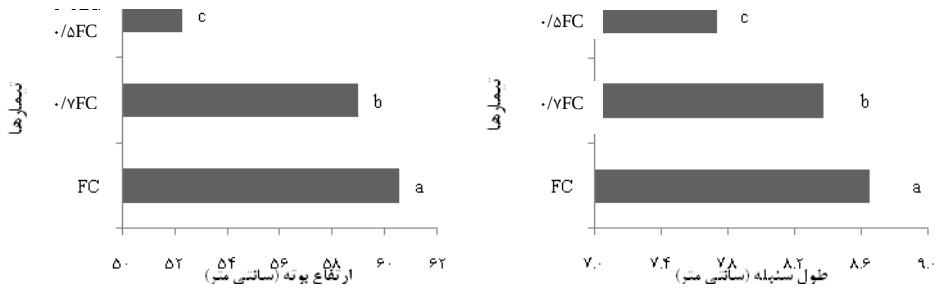
**تحلیل‌های آماری**

به‌منظور بررسی اثر اصلی و برهمکنش آبیاری و کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد، تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 20 صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

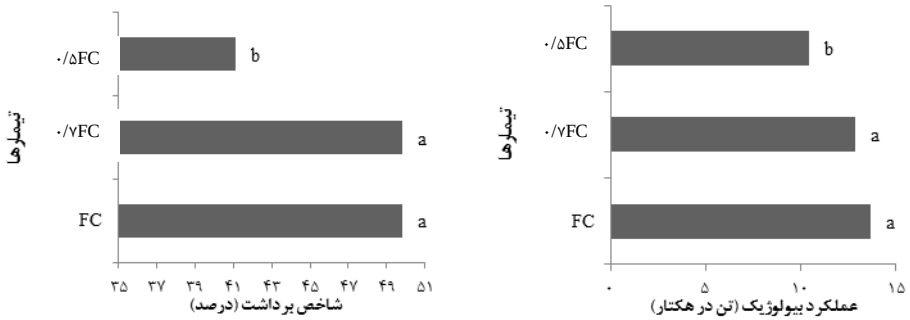
**نتایج و بحث**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات در جدول ۳ ارائه شده است. با بررسی میانگین مربعات برای منبع تغییر تکرار مشاهده می‌شود که تمامی صفات به جزء وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری باهم ندارند که این عدم وجود اختلاف معنی‌دار نشان‌دهنده یکنواختی بین تیمارهای تکرار می‌باشد.

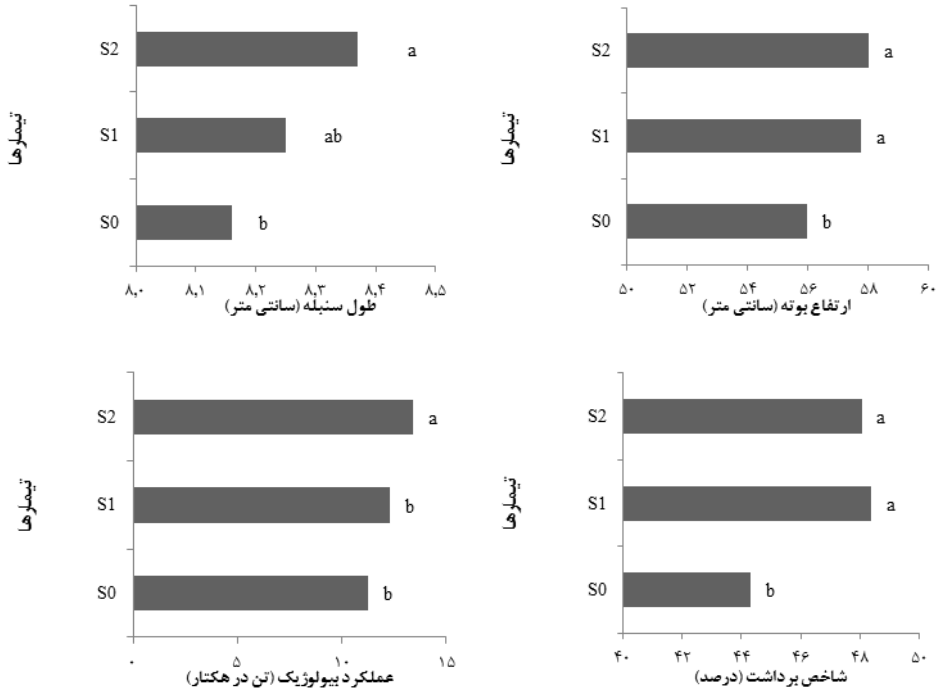
برهمکنش معنی‌داری بین سطوح مختلف سوپرجاذب و تنش بر ارتفاع بوته وجود نداشت (جدول ۳). طبق نتایج به دست آمده اعمال سطوح مختلف تنش باعث کاهش ارتفاع بوته‌ها شد و این کاهش در بین تمامی تیمارها معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان ارتفاع به‌دست آمده مربوط به سطح FC بود. متوسط ارتفاع بوته‌های در تیمارهای ۷۰ و ۵۰ درصد FC به‌ترتیب به میزان ۲/۵۹ و ۱۳/۷۱ درصد نسبت به سطح شاهد کاهش یافت (شکل ۲). کاربرد سطوح مختلف سوپرجاذب نیز باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها شد، ولی این افزایش بین سطوح $S_1$ و $S_2$ معنی‌دار نبود. ارتفاع بوته‌های سطوح $S_1$ و $S_2$ به ترتیب به اندازه ۳/۲ و ۳/۶۸ درصد نسبت به سطح شاهد ($S_0$) افزایش داشتند (شکل ۳). در مطالعه‌ای روی گندم نان گزارش شد که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود و افزایش مصرف زئولیت موجب افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد (Maleki *et al.*, 2005).




[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]




**شکل۲: اثر اعمال سطوح مختلف تنش کمبود آب بر صفات اندازه‌گیری شده گندم**




**شکل ۳: اثر کاربرد سطوح مختلف سوپرجاذب بر صفات اندازه‌گیری شده گندم**

با بررسی اطلاعات مربوط به طول سنبله، اختلاف معنی‌داری بین برهمکنش سطوح مختلف سوپرجاذب و تنش مشاهده نشد (جدول ۳). طبق نتایج مشاهده شد که با اعمال تنش کمبود آب طول سنبله به طور معنی‌داری کاهش یافت. طول سنبله برای سطوح تنش ۰/۷FC و ۰/۵FC به ترتیب به میزان ۳/۱۲ و ۱۰/۵۲ درصد نسبت به سطح شاهد کاهش یافت (شکل ۲). طول سنبله همچنین با افزایش میزان سوپرجاذب نیز افزایش یافت. بیش‌ترین طول سنبله مربوط به سطح $S_2$ به میزان ۸/۳۷ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد که نسبت به سطوح $S_0$ و $S_1$ به ترتیب به میزان ۲/۵۱ و ۱/۴۳ درصد بیش‌تر بود (شکل۳). اثر تیمارهای سوپرجاذب، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر تعداد سنبله در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد سنبله در واحد سطح به تیمارهای $S_1$-۰/۷ FC و $S_2$-FC اختصاص

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

یافت که اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت. کم‌ترین میزان متوسط سنبله در واحد سطح در تیمار $S_0$-۰/۵FC به‌دست آمد (جدول ۴). تعداد سنبله در واحد سطح تیمارهای $S_1$-۰/۷FC و $S_0$-۰/۵FC نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴ و ۹/۳ درصد افزایش و کاهش داشت. با مقایسه سطوح مختلف تنش کمبود آب مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین تمامی سطوح وجود داشت. مقایسه اثر اصلی نشان داد که با افزایش میزان سوپرجاذب، میزان تعداد سنبله در واحد سطح بین تمامی سطوح افزایش معنی‌دار داشت.

اثر تیمارهای سوپرجاذب، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر تعداد سنبله در خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بررسی برهمکنش کاربرد سوپرجاذب و تنش مشاهده که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله به تیمارهای $S_1$-FC اختصاص داشت. همچنین کم‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار $S_0$-۰/۵FC بود (جدول ۴). تعداد دانه در سنبله تیمارهای $S_1$-FC و $S_0$-۰/۵FC در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۳/۵ و ۲۵/۷ درصد به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت. با اعمال سطوح مختلف تنش میزان تعداد دانه در سنبله بین سطوح مختلف کاهش معنی‌داری پیدا کرد. فرمهینی فراهانی و همکاران (۱۳۹۲) اذعان داشتند در شرایط کم‌آبی، میزان رشد رویشی و مقدار مواد فتوسنتزی گیاه گندم کاهش یافت. این شرایط باعث کاهش گرده‌افشانی گل‌ها می‌شود و ممکن است گلچه‌ها بارور نشده و یا به دلیل شرایط تنش آبی برخی از گل‌های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی برای پر شدن دانه نخواهند شد و در نتیجه تعداد دانه‌ها کم می‌شود. همچنین بررسی آن‌ها نشان داد کاربرد سوپرجاذب موجب افزایش تعداد در سنبله گردید.

**جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گندم تحت تنش کمبود آب و کاربرد سوپرجاذب**

| | | میانگین مربعات | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | طول سنبله | تعداد سنبله در واحد سطح | تعداد دانه در سنبله | وزن هزار دانه | عملکرد بیولوژیکی | عملکرد دانه | بهره‌وری مصرف آب | شاخص برداشت |
| تکرار | ۲ | ۰/۳۹۷ $^{n.s}$ | ۰/۰۱۸ $^{n.s}$ | ۲۳۶/۵۹۳ $^{n.s}$ | ۰/۸۶۱ $^{n.s}$ | ۱۱/۰۸۱ $^{*}$ | ۰/۵۲۰ $^{n.s}$ | ۰/۰۹۹ $^{n.s}$ | ۰/۰۰۲ $^{n.s}$ | ۱۸/۰۴۶ $^{n.s}$ |
| تنش خشکی | ۲ | ۱۷۳/۲۷۳ $^{**}$ | ۱/۹۶۱ $^{**}$ | ۱۲۷۹۰/۰۳۷ $^{**}$ | ۱۴۹/۷۱۸ $^{**}$ | ۸۶/۵۰۱ $^{**}$ | ۲۵/۳۸۰ $^{**}$ | ۱۶/۷۶۵ $^{**}$ | ۰/۱۸۲ $^{**}$ | ۲۲۸/۴۵۸ $^{**}$ |
| سوپرجاذب | ۲ | ۱۱/۲۹۴ $^{*}$ | ۰/۱۰۳ $^{n.s}$ | ۶۶۲۳/۲۵۹ $^{**}$ | ۱۵/۸۵۹ $^{**}$ | ۱۳/۴۴۱ $^{**}$ | ۱۰/۴۲۴ $^{**}$ | ۴/۷۴۰ $^{**}$ | ۰/۱۶۹ $^{**}$ | ۴۶/۱۶۰ $^{*}$ |
| تنش× سوپرجاذب | ۴ | ۴/۵۷۸ $^{n.s}$ | ۰/۰۶۲ $^{n.s}$ | ۳۳۴۹/۹۲۶ $^{**}$ | ۱۳/۴۳۱ $^{**}$ | ۸/۶۶۱ $^{*}$ | ۰/۴۰۰ $^{n.s}$ | ۰/۵۵۳ $^{**}$ | ۰/۰۲۰ $^{**}$ | ۱۶/۲۳۰ $^{n.s}$ |
| خطای آزمایش | ۱۶ | ۲/۲۷۳ | ۰/۰۳۵ | ۲۱۹/۸۰۱ | ۰/۶۴۷ | ۱/۸۹۶ | ۱/۱۵۲ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۰۲ | ۹/۰۰۷ |

**، * و n.s: به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار است.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.20084403.1395.8.32.7.3 ]

اثر تیمارهای سوپرجاذب، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۳). در بررسی اثر توأم کاربرد سوپرجاذب و اعمال تنش مشاهده شد که بیش‌ترین وزن هزار دانه به دست آمده به تیمار $S_1$-FC بود. کم‌ترین وزن هزار دانه به تیمار $S_0$-۰/۷FC اختصاص داشت (جدول۴). اعمال تنش کمبود آب به میزان ۳۰ و ۵۰ درصد میزان وزن هزار دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد. افزایش سطح کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش وزن هزار دانه شد. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی اثر پلیمرهای سوپرجاذب بر روی گندم در استان شانشی[1] واقع در کشور چین صورت گرفت، اثر کاربرد سوپرجاذب بر افزایش وزن دانه‌های گندم اثبات گردید (Han *et al*, 2012) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

اثر برهمکنش تیمارهای سوپرجاذب و تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود (جدول۳). طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب عملکرد بیولوژیکی کاهش یافت. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی به‌دست آمده مربوط به سطح شاهد (FC) بود که به میزان ۱۳/۶۸ تن در هکتار اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیکی برای سطوح تنش ۰/۷FC و ۰/۵FC به‌ترتیب به میزان ۶/۰۷ و ۲۳/۶۱ درصد نسبت به سطح شاهد کاهش یافت (شکل ۲). عملکرد بیولوژیکی با افزایش میزان کاربرد سوپرجاذب نیز افزایش یافت. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی به‌دست آمده مربوط به سطح $S_2$ به میزان ۱۳/۴۱ تن در هکتار تعیین شد که نسبت به سطوح $S_0$ و $S_1$ به میزان ۱۶/۰۳ و ۸/۲ درصد افزایش داشت (شکل ۳).

اثر تیمارهای سوپرجاذب، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بررسی برهمکنش سوپرجاذب و اعمال تنش کمبود آب با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، بیش‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای $S_2$-FC و $S_1$-۰/۷FC بود که تفاوت این تیمارها معنی‌دار نبود. همچنین کم‌ترین میزان عملکرد مربوط به تیمار $S_0$-۰/۵FC بود. با مقایسه تیمارهای $S_2$-FC، $S_1$-۰/۷FC و $S_0$-۰/۵FC با تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد دانه تیمارهای $S_2$-FC و $S_1$-۰/۷FC نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب به میزان ۱۸/۶۴ و ۱۲/۳۲ درصد افزایش و عملکرد دانه تیمار $S_0$-۰/۵FC نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۲/۲۷ درصد کاهش داشته است (جدول ۴). با بررسی صفات وابسته به عملکرد دانه برای تیمارهای $S_2$-FC و $S_1$-۰/۷FC می‌توان نتیجه گرفت که بین صفات تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و عامل اصلی اختلاف مربوط به صفت وزن هزار دانه می‌باشد که موجب افزایش ۵/۶ درصدی عملکرد دانه تیمار $S_2$-FC نسبت به تیمار $S_1$-۰/۷FC شده است. بنابراین ایجاد تنش ۳۰ درصد و استفاده از سطح سوپرجاذب $S_1$ موجب کاهش وزن هزار دانه نسبت به تیمار$S_2$-FC شده است (جدول ۴). همچنین عملکرد دانه تیمارهای $S_1$-۰/۷FC و

1-Shanxi

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

$S_2$-۰/۷FC نیز به طور معنی‌داری اختلاف نداشت. در مورد این دو تیمار مشاهده می‌گردد مصرف سوپرجاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نه تنها باعث افزایش عملکرد دانه نشده است بلکه موجب صرف هزینه اضافی جهت تأمین سوپرجاذب شده است (جدول ۴). ایجاد تنش کمبود آب موجب کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه گردید. سالمی و افیونی (۱۳۸۴) نیز نتیجه گرفتند که کاهش ۲۰ و ۴۰ درصدی در مصرف آب به ترتیب سبب کاهش ۱۱ و ۱۹ درصدی در عملکرد نهایی گندم شد. با افزایش میزان سوپرجاذب مورد استفاده عملکرد دانه نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت.

اثر تیمارهای سوپرجاذب، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی-دار بود (جدول ۳). در بررسی برهمکنش سوپرجاذب و اعمال تنش کمبود آب با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، بیش‌ترین میزان بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمارهای $S_1$-۰/۷FC و $S_2$-۰/۷FC بود. همچنین کم‌ترین میزان بهره‌وری مصرف آب به تیمار $S_0$-۰/۵FC اختصاص داشت. با مقایسه تیمارهای $S_1$-۰/۷FC، $S_2$-۰/۷FC و $S_0$-۰/۵FC با تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌وری آب تیمارهای $S_1$-۰/۷FC و $S_2$-۰/۷FC نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب به میزان ۳۳ و ۳۰ درصد افزایش و بهره‌وری آب تیمار $S_0$ -۰/۵FC نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۳ درصد کاهش داشته است. با بررسی صفات وابسته به بهره‌وری مصرف آب برای تیمارهای $S_1$-۰/۷FC و $S_2$-۰/۷FC می‌توان نتیجه گرفت که بین مقدار آب آبیاری برای دو تیمار تفاوتی وجود ندارد و تنها عامل اختلاف مربوط به کاربرد دو سطح سوپرجاذب مجزا می‌باشد که می‌توان مشاهده نمود که استفاده از سوپرجاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث تغییر معنی‌داری در بهره‌وری مصرف آب نسبت به تیمار حاوی سوپرجاذب به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار نشده است (جدول ۴). اعمال سطوح مختلف تنش کمبود آب موجب تغییرات معنی‌دار در بهره‌وری مصرف آب گردید. با افزایش میزان سوپرجاذب مورد استفاده بهره‌وری مصرف آب نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. منتظر (۱۳۸۷) در تحقیق خود گزارش کرد که استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب در کشاورزی فاریاب نه تنها شرایط را برای بهبود کمی و کیفی عملکرد فراهم می-آورد، بلکه باعث افزایش قابل توجه کارایی مصرف آب نیز می‌شود.

اثر برهمکنش تیمارهای سوپرجاذب و تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۳). با بررسی اطلاعات مربوط به شاخص برداشت مشاهده شد که با اعمال تنش کمبود آب افزایش معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش مشاهده شد. با بررسی اطلاعات مربوط به شاخص برداشت مشاهده شد که با اعمال تنش کمبود آب افزایش معنی‌داری بین سطوح FC و ۰/۵FC مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار به‌دست آمده مربوط به سطح ۰/۷FC بود و مقادیر ماده شاخص برداشت برای سطوح FC و ۰/۵FC به‌ترتیب به میزان ۰/۰۴ و ۱۷/۵۲ درصد نسبت به سطح ۰/۷FC کاهش داشتند (شکل ۲). همچنین

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش شاخص برداشت شد. میزان متوسط شاخص برداشت برای سطوح $S_1$ و $S_2$ به ترتیب به میزان ۹/۲ و ۸/۴۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (شکل ۳).

**جدول ۴: اثرات متقابل صفات مورد آزمایش در تیمارهای مختلف**

| تیمار | تعداد سنبله در واحد سطح | تعداد دانه در سنبله | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد دانه (تن در هکتار) | بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|---|---|---|---|---|---|
| $S_0$ FC | ۳۷۶/۳۳ d | ۴۲/۰۲ b | ۴۰/۰۷ b | ۶/۳۳ d | ۱ cde |
| $S_1$ FC | ۳۷۱ d | ۴۳/۵۰ a | ۴۲/۸۳ a | ۶/۶۰ cd | ۱/۰۴ cd |
| $S_2$ FC | ۴۶۶/۶۷ a | ۴۰/۱۷ c | ۴۰/۱۰ b | ۷/۵۱ a | ۱/۱۸ b |
| $S_0$ 0.7FC | ۴۰۴ c | ۳۷/۶۴ d | ۳۴/۲۰ e | ۵/۲۰ e | ۰/۹۸ de |
| $S_1$ 0.7FC | ۴۶۷/۳۳ a | ۴۰/۶۹ bc | ۳۷/۴۰ cd | ۷/۱۱ ab | ۱/۳۳ a |
| $S_2$ 0.7FC | ۴۳۲/۳۳ b | ۴۰/۴۴ c | ۳۹/۶۷ bc | ۶/۹۳ bc | ۱/۳۰ a |
| $S_0$ 0.5FC | ۳۳۳ e | ۳۱/۲۰ f | ۳۴/۴۷ e | ۳/۵۸ g | ۰/۷۷ f |
| $S_1$ 0.5FC | ۳۶۹/۶۷ d | ۳۳/۶۷ e | ۳۴/۸۳ e | ۴/۳۳ f | ۰/۹۳ e |
| $S_2$ 0.5FC | ۳۷۶/۳۳ d | ۳۷/۰۳ d | ۳۵/۳۳ de | ۴/۹۲ e | ۱/۰۶ c |

تیمارهای دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

## تحلیل اقتصادی

یکی از جنبه‌های مهم در تصمیم‌گیری، تحلیل‌های اقتصادی است. افزایش درآمد ناشی از افزایش کمی محصول و یا کاهش میزان مصرف آب و در نتیجه آن امکان افزایش سطح زیر کشت با استفاده از آب ذخیره شده، گزینه‌های مناسبی به منظور ترغیب کشاورزان نسبت به عملی کردن یافته‌های این پژوهش خواهد بود. با توجه به قیمت خرید تضمینی گندم از کشاورز و نیز قیمت سوپرجاذب استاکوزورب، کاربرد آن زمانی توصیه می‌شود که افزایش عملکرد در هر هکتار به ازای مصرف هر کیلوگرم سوپرجاذب، حداقل ۲۰ کیلوگرم باشد تا حداقل افزایش هزینه تولید ناشی از مصرف سوپرجاذب را جبران کند. نتایج به دست آمده از تیمارها نشان داد مصرف سوپرجاذب بدون اعمال تنش کمبود آب توجیه اقتصادی ندارد. در صورت آبیاری در سطح ۰/۷FC، مصرف سوپرجاذب در سطح $S_1$، عملکرد را در مقایسه با سطح $S_0$ به میزان ۱/۹۱ تن در هکتار افزایش می‌دهد که کاملاً مطلوب است؛ در حالی که میزان افزایش عملکرد گندم با مصرف سوپرجاذب در سطح $S_2$، افزایش هزینه تولید را جبران نمی‌کند. البته لازم به ذکر است تیمار $S_1$-۰/۷FC در مقایسه با تیمار شاهد ($S_0$-FC)، عملکرد را به میزان ۰/۷۸ تن در هکتار افزایش داده است که به در حدود ۲۲۰ کیلوگرم کم‌تر از حداقل مقدار مورد نیاز برای جبران هزینه مصرف سوپرجاذب است. اما با توجه به محدودیت روزافزون منابع آبی در دسترس بخش کشاورزی، با توجه به کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب آبیاری در این تیمار، می‌توان سطح زیر کشت را افزایش داد و یا حتی

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.20084403.1395.8.32.7.3 ]

این آب ذخیره شده را برای تک‌آبیاری تکمیلی اراضی دیم به کاربرد که در تحقیقات متعددی بر اثر مثبت آن در افزایش عملکرد اشاره شده است (Oweis, 1997، تدین و امام، ۱۳۸۶ و توکلی، ۱۳۹۲). همچنین نتایج برهمکنش کاربرد سوپرجاذب و تنش ۵۰ درصد نیز نشان داد کاربرد سوپرجاذب در این سطح از تنش توجیه اقتصادی ندارد. شایان ذکر است تأثیر سوپرجاذب در خاک، تنها در سال اول کشت نبوده و در مورد گیاهان چند ساله و یا زراعت‌های آتی نیز اثرگذار خواهد بود (گنجی خرم‌دل، ۱۳۷۸). بنابراین ممکن است اثرات مفیدی نیز در سال‌های پس از مصرف داشته باشد که نیاز به بررسی‌های بیش‌تری دارد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به محدودیت منابع آبی، در این پژوهش اثر اعمال تنش کمبود آب از طریق کم‌آبیاری به همراه کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بر عملکرد گندم، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد مصرف سوپرجاذب در تمام سطوح تنش، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد. تنش کمبود آب نیز عملکرد را کاهش داد؛ در حالی که بهره‌وری مصرف آب در سطح تنش ۰/۷FC افزایش داشت. همچنین تیمار $S_1$-۰/۷FC عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را در مقایسه با تیمار $S_0$-۰/۷FC به‌ترتیب به میزان ۳۶/۷ و ۳۵/۷ درصد افزایش داد؛ در حالی که افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب معادل ۱۲/۳ و ۳۳ درصد حاصل گردید. نتایج به دست آمده نشان داد مصرف سوپرجاذب در گندم بدون اعمال مدیریت‌های کم‌آبیاری توجیه اقتصادی ندارد.

## منابع

**تدین، م. ر. و امام، ی .۱۳۸۶.** واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گندم به آبیاری تکمیلی در شرایط دیم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران.۵(۲):۲۶۹-۲۵۹.

**توکلی، ع. ر .۱۳۹۲.** کم آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم در شهرستان سلسله. نشریه پژوهش آب در کشاورزی.۲۷(۴):۶۰۰-۵۸۹.

**سالمی، ح. ر و افیونی، د. ۱۳۸۴.** اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام جدید گندم. فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.۱۲(۳):۲۰-۱۱.

**فرمهینی فراهانی، م.، میرزاخانی، م. و ساجدی، ن. ع. ۱۳۹۲.** اثر تنش کم آبی وکاربرد مواد جاذب رطوبت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پاییزه در اراک. یافته‌های نوین کشاورزی. ۳: ۲۶۳-۲۷۴.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

**کریمی، ا. و نادری، م. ۱۳۸۶.** بررسی اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در خاک‌های با بافت مختلف. مجله پژوهش کشاورزی.۷(۳):۱۹۷-۱۸۷.

**گنجی‌خرم‌دل، ن .۱۳۷۸.** تأثیر پلیمر جاذب رطوبت PR3005A بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

**منتظر، ع. ا. ۱۳۸۷.** بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب استاکوسورب بر زمان پیشروی و پارامترهای نفوذ خاک در روش آبیاری جویچه‌ای. مجله آب و خاک( علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲(۲):۳۵۷-۳۴۱.

**مهدوی ف، اسماعیلی م.ع، فلاح، ا. و پیردشتی ه. ا. (۱۳۸۴).** مطالعه خصوصیات مرفولوژیک، شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج (*Orzya sativa* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۷(۴):۲۹۷-۲۸۰.

**Asseng, S., Foster, I. and Turner, N. 2011.** The impact of temperature variability on wheat yields. Global Change Biology. 17: 997-1012.

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

**Li, X., He, J. Z., Hughes, J., Liu, Y. R. and Zheng, Y. M. 2013.** Effects of super-absorbent polymers on soil-wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. Applied Soil Ecology, 73:58-63.

**Liu, E.K., Mei, X. R., Yan, C. R., Gong, D. Z. and Zhang, Y.Q. 2015.** Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. Agriculture Water Management. 167: 75-85.

**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.

**Oweis, T. 1997.** Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

**Sepaskhah, A. R. and Barzegar, M. 2010.** Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment. Agriculture Water Management, 98:38-44.

**Tohidi-Moghadam, H. R., Shirani-Rad, A. H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi-Akbar-boojar, M. and Dolatabadian, A. 2009.** Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. Pesquisa Agropecuaria Tropical 39(3): 243-250.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]

**Zhang, B., Li, F. M., Huang, G., Cheng, Z.Y. and Zhang, Y. 2006.** Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. Agricultural Water Management. 79: 28–42.

**Zohurian-mehr, M. J., and Kabiri, K. 2008.** Superabsorbent polymer materials: A review. Iranian Polymer Journal, 17 (6): 451-477.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.32.7.3 ]