

تأثیر کاربرد بسیار سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی و دیم

سعید جلیلی^{۱*}، معین هادی^۱ و ابوالفضل مجنونی هریس^۲

۱. دانشجویان کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۸)

چکیده

کاربرد بسیار (پلیمر)های سوپرجاذب یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش بازده مصرف آب و استفاده بهینه از بارش‌های جوی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف سوپرجاذب استاکوزورب در عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط کشت دیم و آبی بررسی شده است. برای این منظور آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. سوپرجاذب استاکوزورب در سه سطح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار استفاده شد. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در هر دو کشت دیم و آبی دارد. کاربرد ۵۰ کیلوگرم در گندم دیم معنی‌دار بود ولی در گندم آبی معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد، تأثیر کاربرد سوپرجاذب در افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گندم آبی بیشتر از گندم دیم است. همچنین تأثیر کاربرد سوپرجاذب در شرایط دیم در تیمار S₁ (افزایش ۲۵/۹ درصدی بهره‌وری مصرف آب) و در گندم آبی در تیمار S₂ (افزایش ۱۹/۲ درصدی بهره‌وری مصرف آب) قابل توجه است. با توجه به نسبت افزایش سود ناشی از افزایش عملکرد در مقابل هزینه کاربرد سوپرجاذب، کاربرد آن در کشت گندم توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: استاکوزورب، بهره‌وری مصرف آب، تحلیل اقتصادی، عملکرد دانه.

Effect of superabsorbent polymer using on irrigated and rainfed wheat yield and yield components

Saeid Jalili^{1*}, Moein Hadi¹ and Abolfazl Majnooni Heris²

¹Graduated MSc Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

² Assistant Professor of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

(Received: January 1, 2017- Accepted: March 18, 2017)

ABSTRACT

The use of superabsorbent polymers is one of the effective solutions to increase water use efficiency and optimal use of rainfall in arid and semi-arid areas. In this study the effect of different levels of superabsorbent STOCKOSORB is investigated on wheat yield and yield components under rainfed and irrigated conditions. For this aim, an experiment was conducted in the Research Field of Agriculture Faculty, Tabriz University, in the growing season of 2015-2016, in which the superabsorbent STOCKOSORB was applied at three levels of 0, 50, and 100 kg/ha. Based on obtained results, application of superabsorbent at 100 kg/ha increased the seed yield and water use efficiency of both rainfed and irrigated wheat farming significantly. The application of 50 kg/ha increased rainfed wheat yield but not irrigated wheat yield, significantly. Results showed that the effect of superabsorbent on yield and water use efficiency in irrigated wheat was larger than rainfed wheat. Also, the effects of superabsorbent application were significant in rainfed conditions at treatment of S₁ (increase of water use efficiency equal 25.9 percent) and in irrigated wheat at treatment of S₂ (increase of water use efficiency equal 19.2 percent). Due to ratio of the increasing benefit as a result of yield increase to cost, application of superabsorbent is not recommended in wheat farming.

Keywords: Economic analysis, seed yield, stockosorb, water use efficiency.

* Corresponding author E-mail: jalili_saeid@yahoo.com

مقدمه

با توجه به قرار داشتن ایران در اقلیم خشک و نیمه-خشک و به دلیل پایین بودن بارش‌های جوی در این نواحی، کمبود آب یکی از چالش‌های اصلی کشاورزی است. از سویی دیگر رشد جمعیت و در پی آن تأمین امنیت غذایی و نیاز به تولید محصولات راهبردی (استراتژیکی) مانند گندم، اهمیت مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی و لزوم افزایش بهره‌وری آب در این بخش را بیشتر نمایان می‌کند (Tavakoli, 2013). در ایران نیز مانند بسیاری از کشورهای جهان، گندم مهم‌ترین ماده غذایی روزانه مردم و تأمین‌کننده انرژی و پروتئین مورد نیاز بدن است. با توجه به محدودیت منابع آب در کشور، اعمال مدیریت بهینه و به‌کارگیری روش‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدام‌های مؤثر برای افزایش بازده آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب است. کمبود منابع آب قابل استفاده برای آبیاری و نیز کارایی کمتر مصرف آب در نظام‌های کشاورزی سنتی یکی از عامل‌های محدودکننده کشاورزی در ایران و دیگر نقاط جهان است. در سال‌های اخیر برخی از مواد شیمیایی برای افزایش میزان نگهداشت آب در کشاورزی به‌کاربرده شده و تحقیقاتی در زمینه روش‌هایی مانند کاربرد بسیار (پلیمر)های آب‌دوست که به افزایش کارایی مصرف آب منجر می‌شود صورت گرفته است (Mortezavi *et al.*, 2015; El-Hady & Wanas, 2006).

نتایج بسیاری از بررسی‌ها نشان داده‌اند، کاربرد سوپرچاذب باعث کاهش اثر ناشی از تنش خشکی می‌شود (Islam *et al.*, 2011; Yazdani *et al.*, 2007). سوپرچاذب‌ها تخلخل، ساختمان و ظرفیت نگهداری آب خاک را بهبود می‌بخشند (Karimi *et al.*, 2009). از پرکاربردترین نوع سوپرچاذب‌های مورد استفاده در کشاورزی بسیارهایی با ماهیت پلی اکريل آمید هستند. این بسیارها آلی و از پلی اکريلات پتاسیم و کوبسیارهای پلی اکريل آمیداند و از نظر بار الکتریکی انواع آنیونی، کاتیونی و خنثی داشته که نوع آنیونی آن در کشاورزی اهمیت دارد. سوپرچاذب‌های آنیونی با

داشتن قابلیت بالای ظرفیت تبادل کاتیونی قادرند افزون بر جذب مقادیر زیاد آب، کاتیون‌های مؤثر و مفید رشد گیاه را در خود جذب کرده و در هنگام لزوم در اختیار گیاه قرار دهند (Xiahua *et al.*, 2008). در پژوهشی به ارزیابی پویایی (دینامیکی) نفوذ آب در خاک با کاربرد سوپرچاذب پرداخته شد و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، کاربرد سوپرچاذب باعث افزایش حجم آب اشباع خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و نفوذپذیری آب در خاک شد (Han *et al.*, 2012). در بررسی کاربرد سوپرچاذب، آبشویی نیترات از خاک کاهش یافته و میزان جذب آن بیشتر شده است. همچنین کاربرد سوپرچاذب میزان زیست‌توده (بیوماس) را نیز افزایش داد (Egrinya Enejiv *et al.*, 2013). برای بررسی تأثیر تنش کمبود آب روی عملکرد، اجزای عملکرد، میزان سبزینه (کلروفیل) و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در بابونه آلمانی و تأثیر کاربرد بسیارهای سوپرچاذب در کاهش تأثیر خشکی، بررسی صورت گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، به‌طورکلی تحمل خشکی در بابونه آلمانی از راه تنظیم اسمزی پرولین بوده و کاربرد سوپرچاذب کاهش عملکرد زیست‌توده در شرایط کمبود آب را اصلاح کرده است (Razban & Pirzad, 2012). در بررسی دیگری تأثیر ژئولیت و کود نیتروژن روی گیاه برنج در یک اقلیم نیمه‌خشک ارزیابی شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، کاربرد همزمان ژئولیت و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه، افزایش حجم پروتئین دانه و بهبود بهره‌وری نیتروژن شد (Sepaskhah & Barzegar, 2010). نتایج گزارش‌شده از بررسی تأثیر بسیارهای سوپرچاذب روی گیاه گندم در بافت خاک لومی گویای این است که کاربرد سوپر چاذب‌ها باعث بهبود خواص فیزیکی خاک و همچنین افزایش باکتری‌های خاک، حجم آب خاک و رطوبت هیگروسکوپی خاک می‌شود (Li *et al.*, 2013). با توجه به بحران دریاچه ارومیه و نیز افت کمی و کیفی منابع آب‌های زیرزمینی و نیاز به خودکفایی در تولید محصولات راهبردی مانند گندم، هدف این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد بسیار سوپرچاذب استاکوزورب بر

صورت پذیرفت. همچنین کود اوره در سه نوبت در مراحل پیش از کشت، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار مصرف شد. عملیات آبیاری در طول فصل رشد بر مبنای جبران کمبود رطوبت خاک در عمق ریشه تا حد ظرفیت زراعی و با در نظر گرفتن جلوگیری از بروز تنش رطوبتی صورت گرفت. آب آبیاری مورد استفاده $pH = 7/7$ داشته و با $EC = 0/72 \text{ dS.m}^{-1}$ و $SAR = 1/28$ بر پایه طبقه بندی ویلکاکس کلاس C_2S_1 داشت.

با توجه به رویش علف‌های هرز در اطراف و درون کرت‌ها، مهار آن‌ها در طول فصل رشد با وجین دستی انجام شد. پس از پایان چرخه رشد گندم، عملیات برداشت نیز در روز ۲۲ تیرماه صورت گرفت. برای این منظور از وسط هر کرت ۱ مترمربع محصول برداشت شد و برای انجام اقدام‌های لازم به آزمایشگاه منتقل شد. برای محاسبه شمار خوشه در واحد سطح، همه خوشه‌های نمونه‌های برداشت‌شده از کرت‌ها شمارش شدند. برای به دست آوردن شمار دانه در خوشه نیز از هر کرت شمار ۳۰ نمونه انتخاب و دانه‌های آن‌ها شمارش شد و میزان میانگین به‌عنوان شمار دانه در خوشه پذیرفته شد. سپس شمار پنج نمونه صدتایی از دانه‌های هر کرت جدا شد و با کاربرد ترازوی حساس توزین و با ضرب در عدد ۱۰، برای هزاردانه تعمیم داده شد. در نهایت میانگین ۵ عدد به‌عنوان وزن هزاردانه تعیین شد. پس از محاسبه این صفات، عملکرد دانه نیز تعیین شد. برای محاسبه ارتفاع بوته و نیز طول خوشه نیز از هر کرت شمار ۱۵ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و با کاربرد خط‌کش صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد اندازه‌گیری شده برای ارتفاع بوته و طول خوشه محاسبه شد.

شاخص بهره‌وری مصرف آب نیز برای نشان دادن رابطه کمی میان عملکرد و آب مصرفی از رابطه زیر محاسبه شد (Tavakoli, 2013):

$$WUE = \frac{Y}{TWU} \quad (1)$$

در این رابطه، WUE بهره‌وری کل آب مصرفی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y میزان عملکرد دانه

عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط کشت دیم و آبی و بررسی نقش سوپرجاذب در افزایش بهره‌وری مصرف آب است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، آزمایشی در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. عرض، طول جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای محل آزمایش به ترتیب برابر $38^{\circ} 03'$ شمالی، $37^{\circ} 46'$ شرقی و $1567/3$ متر از سطح دریای آزاد است. آزمایش در دو حالت کشت دیم و آبی با کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب^۱ در سه سطح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار (S_0 ، S_1 و S_2) و در سه تکرار اجرا شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سوپرجاذب استاکوزورب در جدول ۱ آمده است. برای کشت دیم از رقم سرداری و برای کشت آبی از رقم پیشگام استفاده شد که هر دو از رقم‌های متداول و ترویجی منطقه و مقاوم در برابر خشکی هستند (Mahfouzi et al., 2009). پس از شخم و آماده‌سازی زمین، کرت-هایی به طول ۳ متر و عرض ۲ متر ایجاد شد و عملیات تسطیح صورت گرفت. بین کرت‌ها نیز فاصله-ای در حدود ۰/۵ متر به‌عنوان حاشیه منظور شد. خاک مزرعه بافت لوم شنی داشته و رطوبت حجمی در نقاط FC و PWP به ترتیب برابر ۲۸ و ۸ درصد حجمی است. ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه نیز در جدول ۲ ارائه شده است. پیش از کاشت، از کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. به‌منظور مصرف سوپرجاذب، شیارهایی به عمق در حدود ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر در امتداد عرض کرت‌ها ایجاد و سوپرجاذب درون شیار ریخته شد. سپس روی آن خاک ریخته و بذرها در عمق حدود ۴ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شدند. کاشت بذر نیز بر مبنای تراکم ۳۵۰ بذر در هر مترمربع صورت گرفت. لازم به یادآوری است عملیات کشت در روز ۳۰ مهرماه

برحسب کیلوگرم در هکتار و TWU کل آب مصرفی شامل آبیاری و بارندگی برحسب مترمکعب در هکتار است. در نهایت تحلیل‌های آماری با کاربرد نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با کاربرد آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سوپرجاذب استاکوزورب

Table 1. The physical and chemical properties of Stockosorb superabsorbent

Properties	Stockosorb
Solubility	Insoluble in water and organic solutions
Acidity	7-8
Water absorption capacity	The minimum 150 and maximum 400 mL per g
The size of particles	0.2-0.8 mm
Effective life span in the soil	7-15 years
The water usable for the plant	More than 95%
Toxicology and ecology	nontoxic

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه

Table 2. Chemical properties of experimental field soil.

Soil Depth(cm)	OC %	Zn	Mn	Fe	K	P	N	pH	EC dS.m ⁻¹	OC %
0-30	0.97	0.45	11.85	7.1	483.1	15.89	0.26	7.7	0.76	0.97
30-60	0.4	0.15	8.16	3.08	266.7	11.06	0.11	7.61	0.69	0.4

نتایج و بحث

تأثیر معنی‌دار کاربرد سوپرجاذب بر همه صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن هزاردانه و شمار خوشه در واحد سطح در رقم دیم و وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و طول خوشه در رقم آبی است.

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در شرایط مختلف کاربرد سوپرجاذب در گندم دیم در جدول ۳ و برای گندم آبی در جدول ۴ آورده شده است. بر پایه تجزیه واریانس در جدول‌های ۳ و ۴ نتایج نشان‌دهنده

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در شرایط کاربرد سوپرجاذب در گندم دیم

Table 3. Variance analysis for evaluated traits under application of superabsorbent in rainfed wheat

S.O.V	df	Mean Square						
		Plant height	Spike length	Number of spike per unit	Number of seed per spike	1000-seed weight	Water use efficiency	Seed yield
R	2	0.057 ^{ns}	0.013 ^{ns}	44.11 ^{ns}	0.59 ^{ns}	2.29 ^{ns}	0.007 ^{ns}	61127.65 ^{ns}
Rainfed treatment	2	24.73 ^{**}	0.398 ^{**}	160.44 ^{ns}	5.68 ^{**}	4.85 ^{ns}	0.031 [*]	266142.92 [*]
Error	4	0.37	0.018	678.44	0.302	1.45	0.002	15979.47

**، * و n.s به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار است.

**، * and ns significant at 1% and 5% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در شرایط کاربرد سوپرجاذب در گندم آبی

Table 4. Variance analysis for evaluated traits under application of superabsorbent in irrigated wheat

S.O.V	df	Mean Square						
		Plant height	Spike length	Number of spike per unit	Number of seed per spike	1000-seed weight	Water use efficiency	Seed yield
R	2	1.14 ^{n.s}	0.02 ^{n.s}	377.33 ^{n.s}	0.39 ^{n.s}	15.20*	0.007 ^{n.s}	265201.62 ^{n.s}
irrigated treatment	2	4.43 ^{n.s}	0.009 ^{n.s}	8670.33**	8.38*	7.65 ^{n.s}	0.029*	1149602.2**
Error	4	0.73	0.058	196.68	0.6	1.40	0.001	44000.94

**،* و n.s به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار است.

**،* and ns significant at 1% and 5% probability levels and non-significant, respectively.

مقایسه میانگین عملکرد دانه، بهره‌وری مصرف آب، طول خوشه، ارتفاع بوته، شمار خوشه در واحد سطح، شمار دانه در خوشه و وزن هزاردانه در شرایط تیمارهای مختلف کاربرد سوپرجاذب برای گندم دیم در جدول ۵ و برای گندم آبی در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش به روش آزمون LSD در گندم دیم

Table 5. Mean Comparison for experimental treatments using LSD test in rainfed wheat

Treatments	Plant height (cm)	Spike length (cm)	Number of spike per unit	Number of seed per spike	1000-seed weight (gr)	Water use efficiency (kg/m ³)	Seed yield (ton/ha)
S ₀	55.36 ^b	7.46 ^c	593.67 ^a	12.33 ^b	21.93 ^a	0.54 ^b	1.61 ^b
S ₁	54.73 ^b	7.86 ^b	606.33 ^a	14.79 ^a	23.7 ^a	0.68 ^a	2.02 ^a
S ₂	59.99 ^a	8.18 ^a	593.68 ^a	14.63 ^a	24.4 ^a	0.72 ^a	2.12 ^a

تیمارهای دارای یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level using LSD's test.

جدول ۶. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش به روش آزمون LSD در کشت گندم آبی

Table 6. Mean Comparison for treatments using LSD test in irrigated wheat farming

Treatments	Plant height (cm)	Spike length (cm)	Number of spike per unit	Number of seed per spike	1000-seed weight (gr)	Water use efficiency (kg/m ³)	Seed yield (ton/ha)
S ₀	59.38 ^c	8.60 ^a	376.33 ^b	42.01 ^a	40.07 ^b	0.99 ^b	6.33 ^b
S ₁	61.80 ^{ab}	8.65 ^a	371 ^b	43.50 ^a	42.83 ^a	1.04 ^b	6.60 ^b
S ₂	60.43 ^{bc}	8.71 ^a	466.67 ^a	40.17 ^b	40.10 ^b	1.18 ^a	7.51 ^a

تیمارهای دارای یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level using LSD's test.

ارتفاع بوته

جدول ۶ کاربرد سوپرجاذب در سطح S₁ ارتفاع بوته را در مقایسه با تیمار S₀ به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. اما بین تیمارهای S₀ و S₂ و نیز تیمارهای S₁ و S₂ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

طول خوشه

مقایسه میانگین طول خوشه در رقم دیم نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار کاربرد سوپرجاذب در افزایش طول خوشه در همه تیمارها است. کاربرد سوپرجاذب در

بنا بر نتایج جدول ۵ کاربرد سوپرجاذب در سطح S₂ در افزایش ارتفاع بوته در رقم دیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار گزارش شد. درحالی‌که بین تیمارهای S₀ و S₁ اختلاف معنی‌داری در ارتفاع بوته‌ها وجود نداشت. ارتفاع بوته در تیمار S₂ در مقایسه با S₀، ۸/۴ درصد افزایش نشان داد. در رقم آبی بیشترین و کمترین ارتفاع بوته اندازه‌گیری شده به ترتیب مربوط به تیمارهای S₁ و S₀ بود. بنا بر نتایج گزارش شده در

درصد کاهش یافت. عملکرد دانه رابطه مستقیمی با شمار خوشه در واحد سطح، شمار دانه در خوشه و وزن هزاردانه دارد. درحالی که تیمار S_2 کمترین شمار دانه در خوشه را دارد که تأثیری کاهنده بر عملکرد خواهد داشت؛ اما افزایش قابل توجه شمار خوشه در واحد سطح در این تیمار این تأثیر کاهنده عملکرد را جبران کرده است. مقایسه نتایج رقم‌های دیم و آبی نشان داد، در تیمارهای گندم آبی شمار دانه در خوشه به میزان قابل توجهی بیشتر از تیمارهای رقم دیم بود. شمار دانه در خوشه از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که بیشترین تأثیر را بر شمار دانه در واحد سطح و در نهایت عملکرد دانه دارد (Kafi et al., 2012). لذا افزایش شمار دانه در خوشه با کاربرد سوپرچاذب تأثیر زیادی بر افزایش عملکرد دانه داشته است.

وزن هزاردانه

نتایج مقایسه میانگین وزن هزاردانه در رقم دیم گویای افزایش این صفت در شرایط کاربرد سوپرچاذب است. درحالی که اختلاف میانگین وزن هزاردانه بین تیمارها معنی‌دار نیست (جدول ۵). در نتایج بررسی تیمارها (Mortezavi et al., 2015) تأثیر کاربرد مواد سوپرچاذب را بر وزن هزاردانه گندم دیم رقم آذر ۲ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گزارش کردند. در این تحقیق بالاترین وزن هزاردانه با کاربرد ۱۵ کیلوگرم سوپرچاذب کلوفونی در هکتار با میانگین وزن ۲۴/۸۷ گرم به دست آمد که با تیمار ۴۵ کیلوگرم سوپرچاذب تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن هزاردانه نیز مربوط به تیمار بدون کاربرد سوپرچاذب با میانگین وزن هزاردانه ۲۱/۱۵ گرم بود. به نظر می‌رسد که بالاتر بودن وزن هزاردانه با کاربرد سوپرچاذب نسبت به شرایط شاهد ناشی از تأمین آب و مواد غذایی برای گیاه و همچنین افزایش انتقال مواد نورساختی (فتوسنتزی) به واسطه کاهش پیری زودرس برگ‌ها در حین مرحله پر شدن دانه باشد. اما در رقم آبی اختلاف وزن هزاردانه در تیمار S_1 در مقایسه با تیمارهای S_0 و S_2 معنی‌دار بود. همانند نتایج رقم دیم در رقم آبی نیز کمترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار S_0 بود (جدول ۶). در بررسی که به منظور ارزیابی تأثیر

سطح S_1 و S_2 طول خوشه را در مقایسه با تیمار S_0 به ترتیب ۵/۴ و ۹/۷ درصد افزایش داد (جدول ۵). اما در شرایط کشت آبی اختلاف معنی‌داری در نتیجه کاربرد سوپرچاذب در طول خوشه مشاهده نشد (جدول ۶). یکی از دلایل نتایج بالا می‌تواند به اهمیت حفظ آب در خاک در شرایط کشت دیم نسبت به کشت آبی برگردد. چراکه به دلیل آبیاری رطوبت در زراعت آبی در دسترس گیاه موجود است.

شمار خوشه در واحد سطح

بیشترین شمار خوشه در واحد سطح رقم دیم از تیمار S_1 به دست آمد. بنا بر نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول ۵، اختلاف معنی‌داری از نظر شمار خوشه در واحد سطح بین تیمارهای رقم دیم وجود نداشت. برعکس رقم دیم، بنا بر نتایج جدول ۶ در رقم آبی کاربرد سوپرچاذب در سطح S_2 در مقایسه با S_0 و S_1 معنی‌دار بود. شمار خوشه در واحد سطح در تیمار S_2 در مقایسه با تیمار S_0 افزایش ۲۴ درصدی نشان داد. مقایسه نتایج رقم‌های دیم و آبی نشان داد، در تیمارهای دیم شمار خوشه در واحد سطح به میزان قابل توجهی بیشتر از تیمارهای رقم آبی است که این مسئله می‌تواند ناشی از ویژگی‌های رقم مورد استفاده در دیم باشد.

شمار دانه در خوشه

بنا بر نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد سوپرچاذب شمار دانه در خوشه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. درحالی که بین تیمارهای S_1 و S_2 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). بیشترین شمار دانه در خوشه مربوط به تیمار S_1 به شمار ۱۴/۷۹ عدد است که نسبت به تیمار S_0 ، ۱۹/۹ درصد بیشتر است. همچنین کاربرد سوپرچاذب در سطح S_2 نیز در مقایسه با تیمار S_0 شمار دانه در خوشه را ۱۸/۶ درصد افزایش داد. اما در رقم آبی اختلاف شمار دانه در خوشه تیمار S_2 در مقایسه با S_0 و S_1 معنی‌دار بود (جدول ۶). کمترین و بیشترین شمار دانه در خوشه به ترتیب مربوط به تیمارهای S_2 و S_1 بود. شمار دانه در خوشه در تیمار S_2 در مقایسه تیمار S_0 و S_1 به ترتیب ۴/۴ و ۷/۶

تیمارهای S_1 و S_2 نزدیک هم بوده و اختلاف معنی-داری بین آنها وجود ندارد؛ اما عملکرد دانه این تیمارها با عملکرد تیمار S_0 اختلاف معنی-دار تحت آزمون LSD در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۵). عملکرد دانه در تیمارهای S_1 و S_2 نسبت به تیمار S_0 به ترتیب ۲۵/۵ و ۳۱/۷ درصد افزایش داشته است. در رقم آبی، کاربرد سوپرچادب عملکرد دانه را افزایش داده است. به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب مربوط به تیمارهای S_2 و S_0 بود. افزایش عملکرد دانه تیمار S_2 در مقایسه با دیگر تیمارها در سطح ۵ درصد معنی-دار بود (جدول ۶). به طوری که عملکرد دانه در تیمار S_2 در مقایسه با تیمارهای S_0 و S_1 به ترتیب برابر ۱۸/۶ و ۱۳/۸ درصد افزایش نشان داد. در نتایج تحقیقی نشان داده شده است، کاربرد سوپرچادب به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در کشت گیاه گندم باعث افزایش میزان عملکرد دانه به میزان ۸/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (Abedini & Sajedi, 2014).

تحلیل اقتصادی

نتایج به دست آمده گویای تأثیر مثبت کاربرد سوپرچادب استاکوزورب در افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در هر دو کشت دیم و آبی است؛ اما با توجه قیمت بالای این ماده بررسی اقتصادی کاربرد آن در کشت گندم اهمیت دارد. در کشت آبی کاربرد ۵۰ کیلوگرم سوپرچادب در هر هکتار، میزان عملکرد را در حدود ۲۷۰ کیلوگرم افزایش می‌دهد. با توجه به قیمت خرید تضمینی گندم توسط دولت در سال زراعی ۹۵-۹۴ معادل ۱۲۷۰۵ ریال، این افزایش عملکرد درآمد ناشی از فروش را به میزان ۳۴۳۰۳۵۰ ریال افزایش می‌دهد. کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم سوپرچادب نیز عملکرد و درآمد به دست آمده از فروش را به ترتیب ۱۱۸۰ کیلوگرم و ۱۴۹۹۱۹۰۰ ریال افزایش می‌دهد. در حالی که قیمت هر کیلوگرم سوپرچادب در بازار ایران دست کم در حدود ۲۵۰۰۰۰ ریال است که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم از آن هزینه تولید را به ترتیب ۱۲۵۰۰۰۰ و ۲۵۰۰۰۰۰ ریال افزایش می‌دهد که بسیار بیشتر از افزایش درآمد ناشی از افزایش

کاربرد بسپارهای سوپرچادب روی گندم در استان شانشی^۱ واقع در کشور چین صورت گرفت، تأثیر کاربرد سوپرچادب بر افزایش وزن دانه‌های گندم اثبات شد (Han et al, 2012) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

بهره‌وری مصرف آب

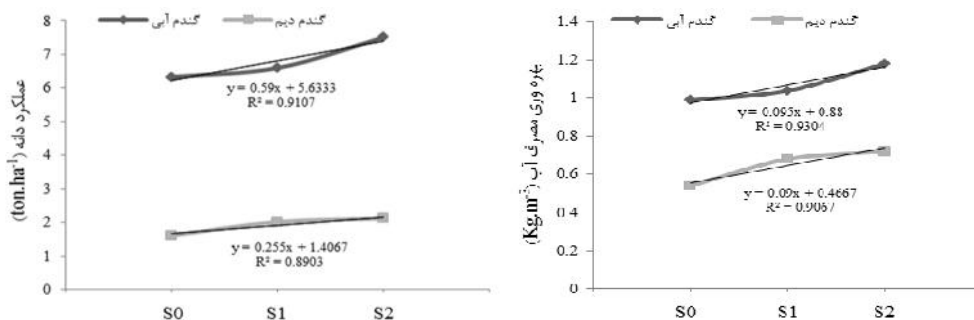
بررسی نتایج به دست آمده نشان داد، کاربرد سوپر-چادب در تیمارهای دیم مانند عملکرد دانه، بهره‌وری مصرف آب را نیز به طور معنی‌داری افزایش داده است. اما بین تیمارهای S_1 و S_2 تفاوت معنی‌داری در میزان بهره‌وری مصرف آب وجود نداشت (جدول ۵). دلیل این امر می‌تواند ظرفیت و قابلیت ذخیره آب باران باشد چراکه ممکن است در شرایط کاربرد بیشتر سوپرچادب آب کافی برای ذخیره وجود نداشته باشد. بهره‌وری بارش در شرایط دیم و تحت مدیریت سنتی ۰/۱۷ تا ۰/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب است که بسته به شرایط مزرعه‌ای و مدیریت کشاورز تغییر می‌کند (Tavakoli, 2013). در شرایطی که امکان انجام آبیاری محدود وجود ندارد، اصلاح مدیریت زراعی و کاربرد مواد سوپرچادب منجر به بهبود شاخص بهره‌وری بارش می‌شود که با نتایج این بررسی همخوانی دارد. همسان رقم دیم در رقم آبی نیز کاربرد سوپرچادب بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد. به طوری که تیمار-های S_0 و S_2 به ترتیب کمترین و بیشترین بهره‌وری را داشتند. میزان بهره‌وری مصرف آب تیمار S_2 در مقایسه با تیمارهای S_0 و S_1 در سطح ۵ درصد معنی-دار بود (جدول ۶). کاربرد سوپرچادب در تیمارهای S_1 و S_2 در مقایسه با تیمار S_0 ، بهره‌وری آب را به ترتیب به میزان ۵ و ۱۹/۲ درصد افزایش داد. در مجموع بهره‌وری مصرف آب در همه تیمارهای گندم رقم آبی بیشتر از رقم دیم به دست آمده است.

عملکرد دانه

بنا بر نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، کاربرد سوپرچادب عملکرد دانه را در هر دو شرایط کشت دیم و آبی افزایش داد. در رقم دیم، میزان عملکرد دانه در

را به ترتیب ۵۲۰۹۰۵۰ و ۶۴۷۹۵۵۰ ریال افزایش می‌دهد که در مقایسه با قیمت سوپرجاذب بسیار ناچیز و غیراقتصادی است.

عملکرد است. در کشت دیم گندم نیز شرایط همسانی حاکم است. کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب استاکوزورب در هر هکتار، عملکرد را به ترتیب به میزان ۴۱۰ و ۵۱۰ کیلوگرم و درآمد حاصل از فروش



شکل ۱. مقایسه کارایی کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در گندم آبی و دیم

Figure 1. Comparison of performance of super absorbent polymer applications on yield and water use efficiency of irrigated and rainfed wheat

استاکوزورب بررسی شد. به‌رغم اینکه کاربرد سوپرجاذب عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را در کشت گندم بهبود می‌بخشد، اما با توجه به قیمت بالای آن امروزه کاربرد آن برای گیاهان یک‌ساله توصیه‌پذیر نیست. اما در مورد گیاهان چندساله ممکن است توجیه اقتصادی داشته باشد که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. البته مسئله دیگر جنبه‌های زیست‌محیطی کاربرد سوپرجاذب در گندمزارهای کشور است. با اینکه شرکت‌های تولیدکننده، آن را بی‌آسیب و زیان برای محیط‌زیست اعلام کرده‌اند ولی برای اطمینان بیشتر به تحقیق و ارزیابی بیشتری نیاز است، زیرا در این پژوهش جنبه‌های زیست‌محیطی کاربرد سوپرجاذب‌ها مورد نظر نبوده و بررسی نشده است.

رابطه‌های رگرسیونی بین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب نشان داد تأثیر کاربرد سوپرجاذب در افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گندم آبی بیشتر از گندم دیم است. همچنین روند تغییرات نشان داد، کارایی کاربرد سوپرجاذب در افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گندم دیم در سطح S₁ و در گندم آبی در سطح S₂ بیشتر است. بنابراین در شرایط کشت دیم کاربرد سوپرجاذب در سطح S₂ توصیه نمی‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم دیم و آبی در شرایط کاربرد بسیار سوپرجاذب

REFERENCES

1. Abedini, A. & Sajedi, N.A. (2014). Effect of application of a superabsorbent polymer on physiological traits of dry land wheat cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 103, 140-146. (In Farsi).
2. Egrinya Enejiv, A., Islam, R., An, P. & Amalu, U.C. (2013). Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Cleaner Production*. 52: 474-480.
3. El-Hady, O.A. & Wanas. Sh. A. (2006). Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels. *Appl. Sci. Res.* 2(12): 1293-1297.
4. Han, Y., Yu, X., Yang, P., Li, B. & Wang, C. (2012). Dynamic on water diffusivity of soil with superabsorbent polymer application. *Environ Earth Science*. 69: 289-296.
5. Islam Robiul, M., Shahidul Alam, A. M., Egrinya Enejji, A., Ren, C., Song, W. & Hu, Y. (2011) Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for forage oat (*Avena sativa* L.) production in arid

- regions of northern China. *Food, Agriculture & Environment* .9 (2): 514-518.
6. Kafi, M., Borzooee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, J. (2012). Physiology of environmental stresses in plants. *Jahaddaneshgahi of university of Ferdowsi Mashhad publication*. Mashhad. 504 pages.
7. Karimi, A., Noshadi, M. & Ahmadzadeh, M. (2009). Effects of super absorbent polymer (igeta) on crop, soil water and irrigation interval. *Science & Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12: 415-420.
8. Li, X., He, J. Z., Hughes, J., Liu, Y.R. & 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.
9. Mahfouzi, S., Akbari, A., Chaichi, M., Sanjari, A.GH., Nazeri, S.M., Abedi Oskouei, S., Aminzadeh, GH. R. & Rezaei, M. (2009). Cultivar Release Pishgam, A New Bread Wheat Cultivar for Normal Irrigation and Terminal Stage Deficit Irrigation Conditions of Cold Regions of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*. 1-25(3):513-516. (In Farsi).
10. Mortezaei, S.M., Tavakoli, A., Mohammadi, M.H. Afsahi, K.(2015). Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 104 : 118-125.[In Farsi]
11. Razban, M. & Pirzad, A. R. (2012). Evaluate the Effect of Varying Amounts of Super Absorbent under Different Irrigation Regimes on Growth and Water Deficit Tolerance of German Chamomile (*Matricaria Chamomilla*), as a Second Crop. *journal of sustainable agriculture and production science*. 21(4): 123-137 .(In Farsi).
12. Sepaskhah, A. R. & 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.
13. Tavakoli A.R. (2013). Deficit irrigation and supplemental irrigation management for rainfed and irrigated wheat at Selseleh region. *J. of Water Research in Agriculture*, 27(4): 589-600. (In Farsi).
14. Yazdani, F., Allahdadi, I. & Akbari, G. A. (2007). Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of Soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. *Pakistan Biological Sciences*. 10: 4190-4196.
15. Xiahua, Q., Mingzhu, L., Zhenbin, C. & Fen, Z. (2008). Study on the Swelling Kinetics of Superabsorbent Using Open, Circuit Potential Measurement. *European Polymer J*, 44: 743 – 754.