

## Economical Analysis of Application of Different Levels of Superabsorbent and Moisture Stress in Autumn Wheat Cultivation

SAEID JALILI<sup>1\*</sup>, MOEIN HADI<sup>2</sup>, ABOLFAZL MAJNOONI HERIS<sup>2</sup>

1. Department of Irrigation and Reclamation Engineering., College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2. Department of Water Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran.

(Received: Feb. 18, 2020- Revised: June. 30, 2020- Accepted: July. 13, 2020)

### ABSTRACT

Despite studies on the performance of superabsorbents in improving soil physical conditions, as well as increasing the yield and productivity of water consumption, economic issues have received less attention from researchers. Therefore in this study to investigate the effects of water stress and superabsorbent polymers on yield and yield components of wheat in 2015-2016 growing years, a factorial experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of combination of three levels of irrigation to supply 100, 70 and 50% crop water requirement (FC, 0.7FC, 0.5FC respectively) and three levels of superabsorbent (Stockosorb) with the amount of 0, 50 and 100 kg.ha<sup>-1</sup> (S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> respectively). The results of economic indicators showed that the highest net income was allocated to S<sub>0</sub>,FC and S<sub>1</sub>,0.7FC treatments. The highest gross income to production cost ratio was allocated to the S<sub>0</sub>,0.7FC treatment, which had a significant difference with the control treatment (S<sub>0</sub>,FC) at the 5% level. The maximum (+44.2%) and minimum (-11.7%) of net income to irrigation water amount ratios were belong to S<sub>1</sub>,0.7FC and S<sub>2</sub>,0.5FC treatments, as compared to control treatment (S<sub>0</sub>,FC), respectively. Therefore, in the best (S<sub>1</sub>,0.7FC treatment) condition, compared with control treatment, superabsorbent and water stress interaction effects increased gross income and net income equal to 12.2 and 1.1%, respectively. The investigating interaction effects of treatments showed that the superabsorbent application is recommended only in S<sub>1</sub>,0.7FC treatment condition due to increasing yield and cultivation area (leading of reducing water consumption) and economic justification.

**Keywords:** Net Income, Stockosorb, Water Productivity, Wheat Yield.

## تحلیل اقتصادی کاربرد سطوح مختلف سوپر جاذب و تنش رطوبتی در کشت گندم پاییزه

سعید جلیلی<sup>\*</sup>، معین هادی<sup>۱</sup>، ابوالفضل مجنونی هریس<sup>۲</sup>

۱. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۴/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۴/۲۳)

### چکیده

علی‌رغم مطالعات صورت گرفته پیرامون کارایی مصرف سوپر جاذب‌ها در بهبود شرایط فیزیکی خاک و نیز افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب، مسائل اقتصادی کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. بنابراین به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی و سوپر جاذب استاکوزورب بر شاخص‌های اقتصادی گندم، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (به ترتیب FC، 0.7FC و 0.5FC) و مصرف سوپر جاذب استاکوزورب در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب S<sub>0</sub>، S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub>) بود. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های اقتصادی نشان داد که بیشترین درآمد خالص فروش گندم به تیمارهای S<sub>0</sub>، FC و S<sub>1</sub>، 0.7FC اختصاص داشت. بیشترین نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید مربوط به تیمار S<sub>0</sub>، 0.7FC بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (S<sub>0</sub>، FC) در سطح احتمال ۵ درصد داشت. بیشترین و کمترین میزان درآمد خالص به میزان آب آبیاری به ترتیب متعلق به تیمارهای S<sub>1</sub>، 0.7FC و S<sub>2</sub>، 0.5FC بود که به میزان ۴۴/۲ و ۱۱/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد (S<sub>0</sub>، FC) به ترتیب افزایش و کاهش داشتند. بنابراین در بهترین حالت (تیمار S<sub>1</sub>، 0.7FC)، اثرات متقابل تنش و سوپر جاذب، درآمد ناخالص و درآمد خالص را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۱۲/۲ و ۱/۱ درصد افزایش داد. در بین اثرات متقابل نیز تنها در شرایط تیمار S<sub>1</sub>، 0.7FC به سبب افزایش عملکرد، افزایش سطح زیر کشت ناشی از کاهش مصرف آب و توجیه اقتصادی، مصرف سوپر جاذب توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استاکوزورب، بهره‌وری آب، درآمد خالص، عملکرد گندم.

### مقدمه

بخش کشاورزی بزرگترین بخش مصرف‌کننده آب در ایران بوده و همانند بسیاری از کشورهای جهان تقریباً بیش از ۹۰ درصد کل برداشت آب از منابع آبی را به خود اختصاص داده است (Jara). (Rojas et al., 2012) بر اثر وجود بحران منابع آب، کشاورزی با رویکرد صرفه‌جویی در مصرف آب برای توسعه پایدار جوامع بشری ضروری است. علاوه بر این کاهش منابع آب و وقوع خشکسالی متعدد به دلیل تغییرات شرایط آب و هوایی در حال افزایش بوده (Gornall et al., 2010) و این بدان معناست که تشویق کشاورزان برای صرفه‌جویی در مصرف آب به شیوه‌های مختلف می‌تواند یک سیاست بسیار مؤثر در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب باشد (Yazdanpanah et al., 2014). در شرایط نامساعد منابع آبی، انجام کم‌آبیاری که شامل کاربرد آب کمتر از مقدار مورد نیاز در طول فصل رشد می‌باشد، می‌تواند در حفظ منابع آبی محدود کمک نماید (Farre & Faci, 2009; Geerts et al., 2009; Tari,

English et al., 2002; 2016). بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعات مختلف، اعمال کم‌آبیاری باعث افزایش درآمد خالص کشاورزان شد (Kumar & Khepar, 1980; Zhang et al., 2002; Fardad & Golkar, 2002). با این حال تنش رطوبتی وارد شده به گیاه ممکن است باعث کاهش عملکرد محصول تولیدی آن شود. تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد گندم به واسطه تأثیر منفی بر تعداد بوته در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن دانه شده می‌شود (Francia et al., 2013; Hossain et al., 2012). در حالت کلی تأثیر تنش رطوبتی بر گندم به مدت و شدت تنش بستگی دارد. (Ercoli et al., 2008) گزارش کردند که تنش رطوبتی در دوره پر شدن دانه اثر منفی بر روی عملکرد دانه و ماده خشک تجمعی داشت. (Ding et al., 2018) به بررسی تأثیر تنش آب تک مرحله‌ای و دوره‌ای طی مرحله طویل شدن ساقه و خوشه‌دهی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و بیومس گندم زمستانه پرداختند. طبق نتایج به دست آمده تنش تک مرحله‌ای و دوره‌ای به‌طور معنی‌داری عملکرد را کاهش داد. همچنین میزان

خاک و نیز افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب، مسائل اقتصادی کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از سویی دیگر گندم یکی از مهم‌ترین غلات در تغذیه انسان به شمار می‌رود که در سرتاسر جهان کشت می‌شود. این گیاه با سطح زیر کشت نزدیک به ۶ میلیون هکتار، تقریباً ۵۱ درصد از اراضی تحت کشت غلات را در کشور به خود اختصاص داده است و از این نظر در مقایسه با سایر غلات در رتبه نخست قرار دارد. همچنین گندم با بیش از ۱۴ میلیون تن (۱۷/۵۸ درصد) بیشترین میزان تولید را در بین محصولات زراعی در کل کشور به خود اختصاص داد که این اعداد بیانگر اهمیت و جایگاه ویژه گندم در بین محصولات کشاورزی است (Ahmadi et al., 2017). لذا در پژوهش حاضر جنبه‌های اقتصادی کاربرد سوپرچاذب استاکوزورب به همراه اعمال تنش رطوبتی برای محصول گندم مورد بررسی قرار گرفته و مقایسه بین هزینه، درآمد و سود خالص در شرایط مختلف مورد آزمایش، صورت گرفت.

## مواد روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز واقع در شمال غرب ایران در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. طول و عرض جغرافیایی منطقه و ارتفاع آن از سطح دریا به ترتیب برابر ۳۷° ۳۷' شرقی، ۰۳° ۳۷' شمالی و ۱۵۶۷/۳ متر می‌باشد. 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. میزان بارندگی و دما در طول دوره رشد نیز در شکل (۱) ارائه شده است.

### تیمارهای آزمایش

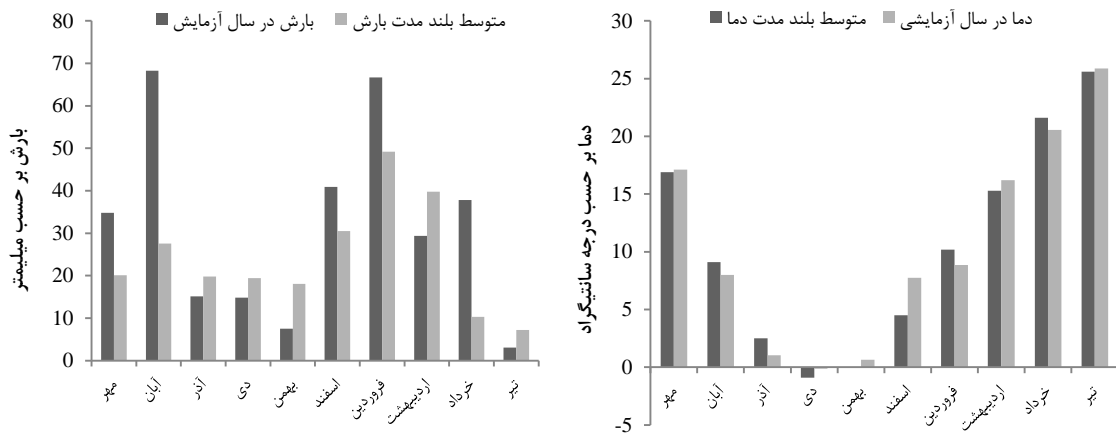
این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار برای رقم گندم آبی پیشگام صورت گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح تنش (بدون تنش (FC)، ۳۰ درصد تنش (0.7FC) و ۵۰ درصد تنش (0.5FC)) و کاربرد سوپرچاذب در سه سطح (بدون سوپرچاذب (S<sub>0</sub>)، مصرف سوپرچاذب به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار (S<sub>1</sub>) و مصرف سوپرچاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (S<sub>2</sub>)) بود و در مجموع ۲۷ کرت برای انجام آزمایش ایجاد شد (شکل ۲). بدین منظور، پس از آماده‌سازی و تسطیح زمین، کرت‌هایی به ابعاد

تلفات عملکرد با افزایش شدت تنش افزایش یافت. ایشان دلیل اصلی کاهش عملکرد را ناشی از کاهش تعداد دانه بر اثر تنش در دوره طویل شدن ساقه و کاهش وزن خوشه‌ها در دوره خوشه‌دهی دانستند. همچنین (Ma et al., 2014) نیز گزارش کردند تنش رطوبتی شدید منجر به کاهش بیشتر عملکرد نسبت به شرایط تنش ملایم می‌شود. اما با استفاده از راهکارهای مدیریتی مختلف مانند آبیاری در دوره‌های حساس گیاه به تنش رطوبتی می‌توان کاهش عملکرد را به حداقل رساند (Blum, 2009). در سال‌های اخیر، از برخی مواد شیمیایی در کشاورزی به عنوان مواد افزودنی به خاک برای بهبود نگهداشت آب در خاک استفاده می‌شود. پلیمرهای سوپرچاذب به دلیل جذب و نگهداری ۲۰۰ الی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب به ازای هر گرم وزن خشک (Lentz & Sojka, 1994) می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای جهت حفظ رطوبت بیشتر در خاک و مانع از هدر رفتن آب جهت حذف تنش‌های وارد بر گیاهان در طول دوره رشد مؤثر واقع گردد (Lentz et al., 1998). این پلیمرها به‌طور مؤثری سرعت نفوذ، ساختار خاک، فشردگی خاک، بافت خاک، پایداری خاکدانه‌ها و سختی سله زمین و سرعت تبخیر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Abedi-koupai & Asadkazemi, 2006). بر اساس مطالعات صورت گرفته، کاربرد پلیمر سوپرچاذب می‌تواند تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کند و میزان رشد گیاهان را افزایش دهد (Banedjschafie et al., 2017). همچنین کاربرد مواد سوپرچاذب در بهبود شرایط فیزیکی خاک نیز مؤثر گزارش شده است (Moradian et al., 2019). در حالت کلی پلیمرهای سوپرچاذب با تأثیر بر قسمت‌های مختلف گیاه منجر به کاهش تنش رطوبتی و افزایش عملکرد اقتصادی و بیومس کل می‌شوند (Balli et al., 2018). Li et al., (2013) به بررسی اثر پلیمرهای سوپرچاذب بر روی گیاه گندم در بافت خاک لومی پرداختند و مشاهده نمودند که کاربرد سوپرچاذب‌ها باعث بهبود عملکرد محصول، خواص فیزیکی خاک و همچنین افزایش باکتری‌های خاک، حجم آب خاک و رطوبت هیگروسکوپی خاک شد. (Sepaskhah & Barzegar, 2010) اثر سوپرچاذب و کود نیتروژن را بر روی گیاه برنج در یک اقلیم نیمه‌خشک مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد استفاده همزمان از سوپرچاذب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه، افزایش حجم پروتئین دانه و بهبود بهره‌وری نیتروژن گردید. (Azimi et al., 2017) کاربرد سوپرچاذب A200 را برای رسیدن به حداکثر میزان عملکرد بیولوژیک و دانه را برای گیاه گندم توصیه نمودند.

علی‌رغم مطالعات صورت گرفته و نتایج به دست آمده پیرامون کارایی مصرف سوپرچاذب‌ها در بهبود شرایط فیزیکی

صورت گرفت. برای کاربرد سوپرجاذب در تیمارهای مورد نظر، شیارهایی در زیر ردیف‌های کشت ایجاد و با خاک مخلوط شد.

۲×۳ متر ایجاد شد و کشت بذور با تراکم ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار در عمق حدود سه سانتی متری از سطح خاک در تاریخ ۳۰ مهرماه



شکل ۱- دما و بارش منطقه در طول دوره مطالعه

بلوک‌ها		
A	B	C
تیمارها		
$S_1 - FC$	$S_0 - FC$	$S_2 - 0.5FC$
$S_2 - 0.7FC$	$S_1 - 0.7FC$	$S_0 - 0.5FC$
$S_2 - FC$	$S_2 - 0.5FC$	$S_1 - 0.7FC$
$S_0 - 0.5FC$	$S_0 - 0.7FC$	$S_1 - 0.5FC$
$S_1 - 0.7FC$	$S_2 - 0.7FC$	$S_2 - FC$
$S_0 - 0.7FC$	$S_1 - 0.5FC$	$S_1 - FC$
$S_0 - FC$	$S_2 - FC$	$S_0 - FC$
$S_1 - 0.5FC$	$S_1 - FC$	$S_0 - 0.7FC$
$S_2 - 0.5FC$	$S_0 - 0.5FC$	$S_2 - 0.7FC$

شکل ۲- ترکیب سطوح مختلف مقادیر سوپرجاذب و تنش رطوبتی در سه بلوک آزمایشی

کیلوگرم بر هکتار کود اوره در هر یک از مراحل ساقه‌دهی و خوشه‌دهی مصرف شد. در جدول (۱) برخی از مشخصات خاک مزرعه و آب آبیاری ارائه شده است.

قبل از شروع عملیات کشت، کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم بر هکتار مورد استفاده قرار گرفت. در طول دوره رشد میزان ۵۰

جدول ۱- برخی از خصوصیات خاک و آب آبیاری محدوده مطالعات

مشخصات آب آبیاری			مشخصات خاک			
نسبت جذبی سدیم	هدایت الکتریکی	اسیدیته	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
	(دسی زیمنس بر متر)					
۱/۲۸	۰/۷۲	۷/۷	۱۲/۲	۲۴/۲	۶۳/۶	لوم شنی

دریافتی (آبیاری) برای هر تیمار مورد مطالعه (میلی متر) می باشد. با بررسی های انجام شده در سطح منطقه مورد مطالعه مشخص شد که عملیات کاشت و برداشت توسط خود کشاورزان صورت گرفته و هزینه این گونه عملیات در این مطالعه لحاظ نشده است.

جدول ۲- هزینه های مختلف لحاظ شده در مطالعه

شرح کالا و عملیات	واحد	قیمت (ریال)
سوپرجاذب استاکوزورب	کیلوگرم	۲۵۰۰۰۰
کود اوره	کیلوگرم	۱۰۰۰۰
کود سوپر فسفات تریپل	کیلوگرم	۹۰۰۰
کاه و کلش	کیلوگرم	۳۱۰۰
گندم	کیلوگرم	۱۲۷۰۵
قیمت آب	مترمکعب	۳۳۳۰

قیمت آب بر اساس گزارش سازمان جهاد کشاورزی تبریز در سال ۹۵-۱۳۹۴ دریافت شد.

به منظور بررسی اثرات اصلی و متقابل آبیاری و کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد، تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار IBM SPSS Statistics 20 صورت گرفت. مقایسات میانگین ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول (۳) ارائه شده است. با بررسی میانگین مربعات برای منبع تغییر تکرار مشاهده می شود که عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و بهره وری مصرف آب اختلاف معنی داری باهم ندارند که این عدم وجود اختلاف معنی دار، نشان دهنده یکنواختی بین تکرارهای هر تیمار است. نتایج آزمون مقایسه میانگین ها برای اثرات متقابل کاربرد سوپرجاذب و اعمال تنش رطوبتی بر روی صفات مورد بررسی در جدول (۴) ارائه شده است. همچنین نتایج حاصل از بررسی شاخص های اقتصادی در جدول (۵) ارائه شده است.

در طول دوره رشد علف های هرز به صورت دستی حذف شد. پس از تکمیل چرخه رشد و مرحله رسیدگی کامل، عملیات برداشت در نیمه دوم تیرماه با انتخاب قطعه ای به ابعاد ۱×۱ متر از وسط هر کرت انجام شد و نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شده و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه محاسبه شد. همچنین بهره وری مصرف آب و سود خالص به میزان آب آبیاری نیز به صورت زیر تعیین شد.

### بهره وری مصرف آب

بر حسب تعریف، بهره وری مصرف آب عبارت است از مقدار ماده خشک تولید شده به ازای هر واحد آب مصرف شده توسط گیاه. نوع گیاه و شرایط آب و هوایی از عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب می باشد. بهره وری مصرف آب مطابق با رابطه ۱ قابل محاسبه می باشد (Liu et al., 2015).

$$WP = \frac{Y}{V} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن WP بهره وری کل مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y میزان عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، V کل آب مصرفی شامل آبیاری و بارندگی (مترمکعب در هکتار) می باشد.

### سود خالص به میزان آب آبیاری

جهت برآورد سود خالص به میزان آب آبیاری از رابطه زیر استفاده شد:

$$(\text{رابطه ۲})$$

$$EWP = \frac{(Y \times P_w) + (D_m \times P_d) - (W \times P_s) - G - I}{D}$$

که در آن EWP سود خالص به میزان آب آبیاری (ریال بر میلی متر)،  $P_w$  قیمت گندم در سال آزمایش (ریال)، Y میزان عملکرد گندم (کیلوگرم بر هکتار)،  $D_m$  عملکرد ماده خشک (کیلوگرم بر هکتار)،  $P_d$  قیمت ماده خشک در سال آزمایش (ریال)، W میزان سوپرجاذب کاربردی (کیلوگرم بر هکتار)،  $P_s$  قیمت سوپرجاذب در سال آزمایش (ریال)، G هزینه های کود مصرف شده (ریال)، I هزینه آب مصرفی (ریال) و D عمق آب

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی تحت تنش رطوبتی و کاربرد سوپرجاذب

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک	بهره وری مصرف آب
تکرار	۲	۰/۰۹۹ n.s	۰/۵۹۵ n.s	۰/۰۰۲ n.s
تنش	۲	۱۶/۷۶۵**	۱/۴۷۵ n.s	۰/۱۸۲**
سوپرجاذب	۲	۴/۷۴۰**	۰/۹۳۹ n.s	۰/۱۶۹**
تنش × سوپرجاذب	۴	۰/۵۵۳**	۰/۱۳ n.s	۰/۰۲۰**
خطای آزمایش	۱۶	۰/۰۵۹	۰/۷۵۹	۰/۰۰۲

\*\*\*, \*\* و n.s به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ۴- اثرات متقابل صفات مورد آزمایش در تیمارهای مختلف

تیمار								
S <sub>2</sub> ,0.5FC	S <sub>1</sub> ,0.5FC	S <sub>0</sub> ,0.5FC	S <sub>2</sub> ,0.7FC	S <sub>1</sub> ,0.7FC	S <sub>0</sub> ,0.7FC	S <sub>2</sub> ,FC	S <sub>1</sub> ,FC	S <sub>0</sub> ,FC
۴/۹۲ <sup>e</sup>	۴/۳۳ <sup>f</sup>	۳/۵۸ <sup>g</sup>	۶/۹۳ <sup>bc</sup>	۷/۱۱ <sup>ab</sup>	۵/۲۰ <sup>e</sup>	۷/۵۱ <sup>a</sup>	۶/۶۰ <sup>cd</sup>	۶/۳۳ <sup>d</sup>
۱/۰۶ <sup>c</sup>	۰/۹۳ <sup>e</sup>	۰/۷۷ <sup>f</sup>	۱/۳۰ <sup>a</sup>	۱/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۹۸ <sup>de</sup>	۱/۱۸ <sup>b</sup>	۱/۰۴ <sup>cd</sup>	۱ <sup>cde</sup>

میانگین‌های هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

#### عملکرد دانه

نتایج به دست آمده از اثرات متقابل اعمال تنش رطوبتی و کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد دانه نشان داد که بین سطوح مختلف سوپرجاذب و تنش رطوبتی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). بر این اساس بیشترین عملکرد دانه به میزان ۷/۵۱ تن در هکتار از تیمار S<sub>2</sub>,FC حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار S<sub>1</sub>,0.7FC نداشت. (Grabinski & Wyzinska (2018) با بررسی اثر سوپرجاذب بر عملکرد گندم در طی بازه زمانی سه‌ساله گزارش کردند که بیشترین میزان عملکرد در تیمار با بیشترین میزان سوپرجاذب کاربردی به دست آمد. همچنین کمترین میزان عملکرد مربوط به تیمار S<sub>0</sub>,0.5FC بود. Salemi & Afiuni (2005) 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 مقایسه تیمارهای S<sub>2</sub>,FC، S<sub>1</sub>,0.7FC و S<sub>0</sub>,0.5FC با تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد دانه تیمارهای S<sub>2</sub>,FC و S<sub>1</sub>,0.7FC نسبت به تیمار شاهد (S<sub>0</sub>,FC) به ترتیب به میزان ۱۸/۶۴ و ۱۲/۳۲ درصد افزایش و عملکرد دانه تیمار S<sub>0</sub>,0.5FC نسبت به تیمار شاخص به میزان ۲۲/۲۷ درصد کاهش داشته است (جدول ۴). همچنین بین عملکرد دانه تیمارهای S<sub>2</sub>,0.7FC و S<sub>1</sub>,0.7FC نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در واقع در شرایط اعمال تنش به میزان ۳۰ درصد و مصرف سوپرجاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (S<sub>2</sub>,0.7FC) نه تنها باعث افزایش عملکرد دانه نشده است بلکه موجب صرف هزینه اضافی جهت تأمین سوپرجاذب شده است. (Li *et al.*, (2013) به بررسی اثر پلیمرهای سوپرجاذب بر روی گیاه گندم در بافت خاک لومی پرداختند و مشاهده نمودند که کاربرد سوپرجاذب‌ها باعث بهبود عملکرد محصول می‌شود. در واقع مصرف سوپرجاذب موجب کاهش اثرات سوء ناشی از تنش رطوبتی بر عملکرد گردیده است. کاهش عملکرد دانه گندم در شرایط تنش خشکی به علت کاهش سرعت فتوسنتزی و پیر شدن سریع برگ‌ها گزارش شده است (Ritchie *et al.*, 1990). (Foulkes *et al.*, (2002) نیز گزارش

کردند که وقوع تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی و مراحل بعد از آن کاهش قابل توجهی را در عملکرد دانه نسبت به شرایط بدون تنش نشان داد. افزایش عملکرد به واسطه کاربرد سوپرجاذب احتمالاً ناشی از افزایش تعداد پنجه بارور، افزایش تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌باشد. تحقیقات انجام‌شده روی تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب در خاک و تحت شرایط کم‌آبی روی بسیاری از گیاهان مؤثر گزارش شده است (Islam *et al.*, (2011).

#### عملکرد ماده خشک

تحلیل نتایج به دست آمده از محاسبه ماده خشک به وسیله آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را بین اثرات متقابل نشان نداد (جدول ۳). بررسی نتایج مربوط به کاهش خشک نشان داد که با اعمال تنش رطوبتی تغییر معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش مشاهده نشد. بیشترین مقدار به دست آمده مربوط به سطح شاهد بود و مقادیر ماده خشک برای سطوح 0.7FC و 0.5FC به ترتیب به میزان ۶/۵۲ و ۹/۷۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشتند. (Dong *et al.*, (2011) با مطالعه بر روی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی کارایی مصرف آب دو رقم گندم زمستانه، همبستگی بالایی بین عملکرد ماده خشک و میزان آب مصرفی را گزارش نمودند که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. همچنین کاربرد سوپرجاذب در سطوح مختلف نیز اختلاف معنی‌داری در میزان ماده خشک ایجاد نکرد. مقدار ماده خشک به دست آمده برای سطح شاهد معادل ۵/۹۶ تن در هکتار بود و میزان متوسط ماده خشک برای تیمارهای S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> به ترتیب به میزان ۱/۳۴ و ۱۲/۴۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. (Islam *et al.*, (2011) به بررسی تأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب بر روی گیاه گندم در مناطق خشک چین پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین ماده خشک تولیدی از تیمار با بیشترین مقدار سوپرجاذب کاربردی (۴۰ کیلوگرم بر هکتار) به دست آمد. (Sepaskhah & Barzegar (2010) نیز در مطالعه خود نشان دادند که کاربرد مواد جاذب رطوبت برای گیاه برنج، عملکرد کاه خشک

آبیاری بوده که سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب نیز شده است (جدول ۴). (Kumar et al., 2019). در مطالعه خود گزارش کردند که کاربرد سوپر جاذب در کشت گندم باعث افزایش درآمد ناخالص در مقایسه با شرایط بدون مصرف سوپر جاذب شده که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. همچنین کمترین میزان درآمد ناخالص از تیمار  $S_0,0.5FC$  گزارش شد که به میزان  $43/5$  درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. در شرایطی که منابع آب محدود بوده و کشت گندم آبی با تنش  $0.5FC$  اعمال شود، جهت افزایش درآمد ناخالص، می‌توان از سوپر جاذب در سطوح  $S_1$  و  $S_2$  استفاده کرد که با این عمل میزان درآمد ناخالص نسبت به تیمار  $S_0,0.5FC$  به ترتیب  $21$  و  $37/5$  درصد افزایش خواهد داشت. (Kumar et al., 2019) نیز گزارش کردند با انجام تعداد دفعات آبیاری بیشتر در طول فصل رشد گندم میزان درآمد ناخالص افزایش یافت.

#### درآمد خالص

با کسر میزان هزینه‌های کود مصرفی و کاربرد سوپر جاذب و آب آبیاری از درآمد ناخالص، میزان سود خالص حاصل به دست آمد. بیشترین مقدار درآمد خالص معادل  $67587479$  ریال از تیمار  $S_1,0.7FC$  به دست آمد که با تیمار  $S_0,FC$  اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در بین سطوح بدون تنش نیز دو تیمار  $S_1,FC$  و  $S_2,FC$  تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و به ترتیب به میزان  $13/7$  و  $14/9$  درصد نسبت به تیمار  $S_0,FC$  کاهش سود داشتند. در بین سطوح تنش  $0.7FC$  مطابق جدول (۵)، بیشترین سود به دست آمده از تیمار  $S_1,0.7FC$  گزارش شد. دو تیمار  $S_0,0.7FC$  و  $S_2,0.7FC$  اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و به ترتیب به میزان  $17/4$  و  $21/8$  درصد نسبت به تیمار  $S_1,0.7FC$  کاهش سود داشتند. با توجه به نتایج، کاربرد سوپر جاذب در سطح  $S_2$  ( $100$  کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سطح  $S_0$  (عدم مصرف سوپر-جاذب)، اختلاف معنی‌داری را در میزان سود خالص در سطح تنش  $0.7FC$  حاصل نکرد. با مقایسه تیمارهای  $S_1,FC$ ،  $S_2,FC$ ،  $S_1,0.7FC$  و  $S_2,0.7FC$  با یکدیگر می‌توان ادعان داشت که کاربرد سوپر جاذب همراه با اعمال تنش رطوبتی علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، میزان درآمد بیشتری را نصیب کشاورزان خواهد کرد. نتایج پژوهش‌های پیشین نیز نشان می‌دهد که در شرایط محدودیت منابع آب و از نظر اقتصادی، تیمارهای کم‌آبیاری گندم میزان سود خالص به ازای واحد آب مصرفی را افزایش داده‌اند (Oweis et al., 1999; Oweis, 1997; English & Raja, 1996).

را به طور معنی‌داری افزایش نداد. پلیمر سوپر جاذب می‌تواند مقادیر مختلفی از آب را در خود حفظ کرده و باعث افزایش ظرفیت نگهداشت خاک شده که اطمینان از وجود آب قابل دسترس بیشتر را برای گیاه ایجاد می‌کند که منجر به افزایش رشد و عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی می‌گردد (Tohidi-Moghadam et al., 2009).

#### بهره‌وری مصرف آب

نتایج حاصل از بهره‌وری مصرف آب، اختلاف معنی‌داری را بین اثرات متقابل سطوح مختلف  $S$  و  $FC$  نشان داد (جدول ۳). در بررسی اثر متقابل سوپر جاذب و اعمال تنش رطوبتی، بیشترین میزان بهره‌وری مصرف آب به میزان  $1/33$  کیلوگرم بر مترمکعب از تیمار  $S_1,0.7FC$  حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار  $S_2,0.7FC$  نداشت (جدول ۴). کمترین میزان بهره‌وری مصرف آب نیز به میزان  $0/77$  کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار  $S_0,0.5FC$  حاصل شد. مقایسه تیمارهای  $S_1,0.7FC$ ،  $S_2,0.7FC$  و  $S_0,0.5FC$  با تیمار شاهد نشان داد که بهره‌وری مصرف آب تیمارهای  $S_1,0.7FC$  و  $S_2,0.7FC$  نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان  $33$  و  $30$  درصد افزایش و بهره‌وری مصرف آب تیمار  $S_0,0.5FC$  نسبت به تیمار شاهد به میزان  $23$  درصد کاهش داشته است (جدول ۴). نتایج پژوهش (Hadi et al., 2017) نشان داد مصرف سوپر جاذب در کشت گندم دیم موجب افزایش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب شد. ایشان گزارش کردند بیش‌ترین مقدار بهره‌وری کل آب به میزان  $1/2$  کیلوگرم بر مترمکعب از تیمار یک‌نوبت آبیاری تک‌میلی و مصرف  $100$  کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب حاصل شد.

#### درآمد ناخالص

نتایج حاصل از بررسی درآمد ناخالص نشان داد که تیمار  $S_2,FC$  دارای بیشترین میزان درآمد ناخالص است که اختلاف معنی‌داری با درآمد ناخالص تیمار  $S_1,0.7FC$  ندارد (جدول ۵). درآمد ناخالص دو تیمار  $S_1,0.7FC$  و  $S_2,FC$  نسبت به تیمار شاهد ( $S_0,FC$ ) به ترتیب به میزان  $18/6$  و  $12/2$  درصد افزایش داشت. با مقایسه این دو تیمار می‌توان ادعان داشت که کاربرد سوپر جاذب به میزان  $100$  کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار درآمد ناخالص نسبت به سطح سوپر جاذب به میزان  $50$  کیلوگرم بر هکتار نشد. همچنین مزیت تیمار  $S_1,0.7FC$  نسبت به تیمار  $S_2,FC$  علاوه بر کاهش هزینه سوپر جاذب کاربردی، صرفه‌جویی در میزان آب

جدول ۵- هزینه، درآمد و سود خالص تیمارهای مختلف مورد آزمایش

تیمار	درآمد ناخالص (I) (ریال)	هزینه تولید (C) (ریال)	درآمد خالص (ریال)	نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید (I/C)	درآمد خالص به میزان آب آبیاری (ریال درآمد خالص بر میلی‌متر آب آبیاری)
S <sub>0</sub> ,FC	۸۰۴۸۴۱۰۶ <sup>d</sup>	۱۳۵۶۷۲۰۰	۶۶۹۱۶۹۰۶ <sup>a</sup>	۵/۹۳ <sup>b</sup>	۱۹۷۷۴/۵۰ <sup>d</sup>
S <sub>1</sub> ,FC	۸۳۸۳۰۲۷۳ <sup>cd</sup>	۲۶۰۶۷۲۰۰	۵۷۷۶۳۰۷۳ <sup>b</sup>	۳/۲۱ <sup>d</sup>	۱۷۰۶۹/۴۷ <sup>e</sup>
S <sub>2</sub> ,FC	۹۵۴۷۹۴۱۶ <sup>a</sup>	۳۸۵۶۷۲۰۰	۵۶۹۱۲۲۱۶ <sup>b</sup>	۲/۴۷ <sup>e</sup>	۱۶۸۱۸/۰۳ <sup>e</sup>
S <sub>0</sub> ,0.7FC	۶۶۰۸۴۹۵۱ <sup>e</sup>	۱۰۲۲۱۰۰۰	۵۵۸۶۳۹۵۱ <sup>b</sup>	۶/۴۶ <sup>a</sup>	۲۳۵۷۱/۲۸ <sup>b</sup>
S <sub>1</sub> ,0.7FC	۹۰۳۰۸۴۷۹ <sup>ab</sup>	۲۲۷۲۱۰۰۰	۶۷۵۸۷۴۷۹ <sup>a</sup>	۳/۹۷ <sup>c</sup>	۲۸۵۱۷/۹۳ <sup>a</sup>
S <sub>2</sub> ,0.7FC	۸۸۱۰۸۰۸۸ <sup>bc</sup>	۳۵۲۲۱۰۰۰	۵۲۸۸۷۰۸۸ <sup>b</sup>	۲/۵۰ <sup>e</sup>	۲۲۳۱۵/۲۳ <sup>bc</sup>
S <sub>0</sub> ,0.5FC	۴۵۴۵۸۹۵۱ <sup>g</sup>	۷۹۸۳۶۰۰	۳۷۴۷۵۳۵۱ <sup>c</sup>	۵/۶۹ <sup>b</sup>	۲۲۱۴۸/۵۵ <sup>bc</sup>
S <sub>1</sub> ,0.5FC	۵۵۰۳۰۸۹۸ <sup>f</sup>	۲۰۴۸۳۶۰۰	۳۴۵۴۷۲۹۸ <sup>cd</sup>	۲/۶۸ <sup>e</sup>	۲۰۴۱۸/۰۲ <sup>cd</sup>
S <sub>2</sub> ,0.5FC	۶۲۵۲۸۲۹۵ <sup>e</sup>	۳۲۹۸۳۶۰۰	۲۹۵۴۴۶۹۵ <sup>d</sup>	۱/۸۹ <sup>f</sup>	۱۷۴۶۱/۴۰ <sup>e</sup>

میانگین‌های هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تنش شد. تیمار S<sub>2</sub>,0.5FC دارای کمترین مقدار I/C بین تیمارهای تحت مطالعه بود. بنابراین کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در شرایط تنش ۵۰ درصد در کشت گندم آبی توصیه نمی‌شود. Hadi *et al.*, (2017) نیز با بررسی اقتصادی مصرف سوپرجاذب استاکوزورب برای کشت گندم در شرایط دیم و انجام آبیاری تکمیلی گزارش کردند که کاربرد سوپرجاذب زمانی توجیه اقتصادی خواهد داشت که به ازای مصرف هر کیلوگرم سوپرجاذب، عملکرد دانه حداقل به میزان ۲۰ کیلوگرم افزایش یابد. همچنین گزارش کردند که استفاده از سوپرجاذب در تیمار-های بدون آبیاری، کمترین مقدار بهره‌وری اقتصادی را حاصل نمود. در سوی مقابل تک‌آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها بدون مصرف سوپرجاذب نیز بهره‌وری اقتصادی را در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۹۱ درصد افزایش داد.

#### درآمد خالص به میزان آب آبیاری

نتایج حاصل از درآمد خالص به میزان آب آبیاری در جدول (۵) ارائه شده است. بیشترین مقدار این پارامتر برای تیمار S<sub>1</sub>,0.7FC گزارش شد که به میزان ۳۰/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. کمترین درآمد خالص به میزان آب آبیاری به ترتیب متعلق به تیمارهای S<sub>2</sub>,FC، S<sub>1</sub>,FC و S<sub>2</sub>,0.5FC بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و میزان سود خالص به آب آبیاری در آن‌ها به ترتیب ۱۴/۹، ۱۳/۷ و ۱۱/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. کاربرد سوپرجاذب به همراه انجام آبیاری کامل (FC) به دلیل مصرف بالای آب و افزایش هزینه تأمین ناشی از آن باعث کاهش سود خالص به میزان آب آبیاری شد. لذا برای دستیابی به سود خالص به میزان آب آبیاری بالا، توصیه می‌شود که کاربرد سوپرجاذب همراه با اعمال تنش رطوبتی باشد. در سطح تنش 0.7FC همان‌طور که پیش‌تر بیان

#### نسبت درآمد ناخالص بر هزینه تولید (I/C)

بررسی نتایج به دست آمده از نسبت درآمد ناخالص بر هزینه تولید حاکی از آن است که تیمارهای بدون سوپرجاذب دارای نسبت I/C بالاتری نسبت به تیمارهای دارای سوپرجاذب هستند. بیشترین نسبت I/C از تیمار S<sub>0</sub>,0.7FC گزارش شد (جدول ۵). دلیل این امر را می‌توان ناشی از هزینه تولید کمتر نسبت به تیمارهای آبیاری کامل و دارای سوپرجاذب و عملکرد بیشتر نسبت به تیمارهای با تنش رطوبتی بیشتر و دارای سوپرجاذب دانست. با مقایسه تیمارهای دارای سوپرجاذب به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌توان ادعان داشت که به دلیل بالا بودن نسبت I/C، درآمد خالص و هزینه تولید تیمار S<sub>1</sub>,0.7FC دارای برتری نسبت به تیمارهای S<sub>1</sub>,FC و S<sub>1</sub>,0.5FC است. مطابق نتایج به دست آمده صرف هزینه ۲۲۳۷۴۰۰ ریال برای تأمین آب آبیاری در تیمار S<sub>1</sub>,0.7FC نسبت به تیمار S<sub>1</sub>,0.5FC، باعث افزایش سود خالص به میزان ۳۳۰۴۰۱۸۰ ریال شد. همچنین تأمین هزینه ۳۳۴۶۲۰۰ ریال بیشتر در تیمار S<sub>1</sub>,FC نسبت به تیمار S<sub>1</sub>,0.7FC باعث افزایش درآمد ناخالص نشده و ضمن افزایش هزینه تولید، باعث کاهش معنی‌دار نسبت I/C در تیمار S<sub>1</sub>,FC نسبت به S<sub>1</sub>,0.7FC گردیده است.

با مقایسه تیمارهای دارای سوپرجاذب به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌توان گفت با توجه به غیرمعنی‌دار بودن درآمد خالص و نسبت I/C بین دو تیمار S<sub>2</sub>,FC و S<sub>2</sub>,0.7FC و به دلیل کاهش هزینه تولیدی تیمار S<sub>2</sub>,0.7FC نسبت به تیمار S<sub>2</sub>,FC، تیمار S<sub>2</sub>,0.7FC دارای برتری است. اعمال تنش رطوبتی به میزان ۳۰ درصد باعث کاهش هزینه تولید به میزان ۳۳۴۶۲۰۰ ریال شد که علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی، باعث کاهش آب آبیاری بدون تغییر غیرمعنی‌دار سود خالص نسبت به تیمار بدون



### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش اثر کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب و اعمال تنش رطوبتی از نظر اقتصادی در کشت گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که مصرف سوپرجاذب در تمام سطوح تنش، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد. لکن نتایج حاصل از درآمد ناخالص، درآمد خالص و نسبت درآمد خالص به میزان آب آبیاری نشان داد که تیمار کاربرد سوپرجاذب به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و اعمال تنش رطوبتی به میزان ۳۰ درصد دارای توجیه اقتصادی مناسب‌تری نسبت به سایر تیمارها در به کارگیری توأم سوپرجاذب و اعمال تنش رطوبتی برای گندم می‌باشد زیرا در این شرایط، به سبب افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب، بهره‌وری مصرف آب افزایش داشته و نیز بیشترین مقدار سود خالص به میزان آب آبیاری حاصل می‌شود. همچنین با توجه به محدودیت روزافزون منابع آب موجود در بخش کشاورزی، با توجه به کاهش مصرف آب در شرایط اعمال تنش رطوبتی به میزان ۳۰ درصد، امکان افزایش سطح زیر کشت با استفاده از مقدار آب ذخیره شده نیز وجود خواهد داشت.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

### REFERENCES

- Abedi-koupai, J. & Asadkazemi, J. (2006). Effect of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*, 15 (9), 715-725.
- Ahmadi, K., Golizadeh, H.A., Ebadzadeh, H.R., Hosseinpour, R., Abdshah, H., Kazemian, A., Rafiei, M. (2017). *Agriculture Iran Statistics*. P.p 125. (In Farsi).
- Azimi, S., Khoshravesh, M., Darzi Naftchali, A., Abedinpour, M. (2017). Evaluation of the Effect of Different Amounts of Natural and Artificial Soil Modifiers on Biological Yield and Grain Yield of Wheat. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(5), 1193-1205. (In Farsi)
- Balli, Z., Amirinejad, A. A. & Ghobadi, M. (2018). Salicylic Acid and Superabsorbent Polymer Interaction Effects on Yield and Yield Components in Mung Bean (*Vigna radiata* Wilczek) under Different Water Regimes. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49(3), 673-682. (In Farsi)
- Banedjschafie, S., Khosroshahi M. & Jafari A. A. Khaksarian F. and Kashi Zenouzi, F. (2017) Effects of superabsorbent polymer and Plantbac panels on water consumption and growth in order to create green space in desert regions. *Iranian Journal o Range and Desert Research*, 24(1), 224-237. (In Farsi).
- Blum, F.A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, 112, 119–123.
- Ding, J., Huang, Z., Zhu, M., Li, C, Zhu, X. & Guo, W. (2018). Does cyclic water stress damage wheat yield more than a single stress? *Plos one*, 13(4), 1-15.
- Dong, B., Shi, L., Shi, C., Qiao, Y., Liu, M. & Zhang, Z., (2011). Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. *Agricultural Water Management*, 99, 103–110.
- English, M. J. & Raja, S. N. (1996). Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 32(1), 1-14.
- English, M. J., Solomon, K. H. & Hoffman, G. J. (2002). A paradigm shift in irrigation management. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128, 267–277.
- Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A. & Arduini, I. (2008). Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal of Agronomy*, 28, 138-147.
- Fardad, H. & Golkar, H. (2002). An economic evaluation of deficit irrigation on wheat yield in Karaj. Iran. *The Journal of Agricultural Science*, 33 (2), 305–312.
- Farre, F. & Faci, J.M. (2009). Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 96, 384–394.

- Foulkes, M. J., Sylvester-Bradley, R. & Scott, R. K. (2002). The ability of wheat cultivars to withstand UK drought: formation of grain yield. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 138, 153-169.
- Francia, E., Tondelli, A., Rizza, F., Badeck, F. W., Tomas, W. T. B., Van Eeuwijk romagosa I., Stanca, A. M. & Pecchioni, N. (2013). Determinants of barley grain yield in drought-prone Mediterranean environments. *Italian Journal of Agronomy*, 8, 1-8.
- Geerts, S., Raes, D., Gracia, M., Miranda, R., Cusicanqui, J. A., Taboada, C., Mendoza, J., Huanca, R., Mamani, A., Condori, O., Mamani, J., Morales, B., Osco, V. & Steduto, P. (2009). Simulating yield response of Quinoa to water availability with AquaCrop. *Agronomy Journal*, 101, 499-508.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K. & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2973-2989.
- Grabinski, J. & Wyzinska, M. (2018). The effect of superabsorbent polymer application on yielding of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Research for Rural Development*, 2, 55-61.
- Hossain, A., Teixeira da Silva, J. A., Lozovskaya, M. V., Zvolinsky V. P. & Mukhortov, V. I. (2012). High temperature combined with drought affect rainfed spring wheat and barley in southeastern Russia: Yield, relative performance and heat susceptibility index. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4(11), 184-196.
- Hadi, M., Jalili, S., Majnooni-Heris, A. & Delirhasannia, R. (2017). Interaction of Superabsorbent Polymer and Supplemental Irrigation Technique to Increase Yield and Irrigation Water use Efficiency in Rainfed Wheat Cultivation. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 11(4), 658-666. (In Farsi)
- Islam, M. R., Hu, Y., Fei, C., Qian, X., Eneji, A. E. & Xue, X. (2011). Application of superabsorbent polymer: A new approach for wheat (*Triticum aestivum* L.) production in drought-affected areas of northern China. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9 (1), 304-309.
- Jalili, S., Hadi, M., Majnooni-Heris, A. & Delirhasannia, R. (2017). Effect of Water Deficit Tension and Application of Stockosorb Superabsorbent on some Agronomic Traits of Winter Wheat in Tabriz. *Crop physiology Journal*, 8(32), 107-120. (In Farsi).
- Kumar, R. & Khepar, S. D. (1980). Decision models for optimal cropping patterns in irrigation based on crop water production functions. *Agricultural Water Management*, 3, 77-82.
- Kumar, S., Sharma, P. K., Yadav. M. R., Sexena, R., Gupta, K. C., Kumar, R., Garg, N.K., & Yadav, H. L. (2019). Effect of irrigation levels and moisture conserving polymers on growth, productivity and profitability of wheat. *Indian Journal of Agriculture Sciences*, 89(3), 509-514.
- Lentz, R. D. & Sojka, R. E. (1994). Field result using polyacrylamide to manage furrowerosion and infiltration. *Soil Science*, 158, 274-282.
- Lentz, R. D., Sojka, R.E. & Robbins, C. W. (1998). Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: emerging polyacrylamide technology. *Journal of Environmental Quality*, 27, 305-312.
- 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.
- Liu, E. K., Mei, X. R., Yan, C. R., Gong, D. Z. & Zhang, Y. Q. (2015). Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. *Agricultural Water Management*, 167, 75-85.
- Ma, J., Huang, G.B., Yang, D.L. & Chai, Q. (2014). Dry matter remobilization and compensatory effects in various internodes of spring wheat under water stress. *Crop Science*, 54(1), 331-339.
- Moradian, M., Maleki, A. & Alinejadian Bidabadi, A. (2019). The Effect of Super Absorbent Polymer A, Perlite, and Zeolite on Physical Properties of Sandy Loam Soil. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(5), 1219-1230. (In Farsi)
- Oweis, T. (1997). Supplemental irrigation: a highly efficient water use practice. ICARDA, Aleppo, Syria, 16 p.
- Oweis, T., Hachum, A., & Kijne, J. (1999). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas (Vol. 7). IWMI.
- Ritchie, S. W., Hguyaa, H. T. & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
- Salemi, H. R. & Afiuni, D. (2005). The impact of limited irrigation on grain yield and yield components of several new wheat varieties. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12(3), 11-20. (In Farsi)
- Sepaskhah, A. R. & Barzegar, M. (2010). Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environme. *Agricultural Water Management*, 98, 38-44.
- Tari, A.F. 2016. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*, 167, 1-10.
- Tohidi-Moghadam, H. R., Shirani-Rad, A. H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D. & Mashhadi-Akbar-Boojar, M. (2009). Effect of super absorbent application on antioxidant enzyme activities in canola (*Brassica napus* L.) cultivars under water stress conditions. *American Journal of Agriculture and Biological Science*, 4, 215-223.
- Zhang, X., Pei, D., Li, Z., Li, J., Wang, Y. (2002). Management of supplemental irrigation of winter wheat for maximum profit. Deficit irrigation practices. *FAO Water Rep.* 22, 57-66