

نشریه علمی - ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی  
جلد ۴، شماره ۱، سال ۱۳۹۴

## امکان افزایش تولید محصول گندم در دیمزارهای گرمسیری ایران

محتشم محمدی<sup>۱</sup>، رحمت‌اله کریمی‌زاده<sup>۱</sup>، عبدالعلی غفاری<sup>۲</sup> و مظفر روستایی<sup>۲</sup>

۱- اعضاء هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، گچساران  
۲- اعضاء هیأت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱

### چکیده

محمدی م، کریمی‌زاده ر، غفاری ع، روستایی م (۱۳۹۴) امکان افزایش تولید محصول گندم در دیمزارهای گرمسیری ایران. نشریه علمی - ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی ۴ (۱): ۶۳ - ۷۸.

تولید گندم در مناطق دیم گرمسیر نقش مهمی در اقتصاد ایران داشته و دارای ظرفیت عظیمی در افزایش تولیدات کشاورزی است. گسترش استفاده از ارقام اصلاح شده گندم در مناطق عمده‌ای از دیمزارهای گرمسیری در دهه هشتاد نسبت به دهه هفتاد حدود ۲۷ درصد افزایش تولید را به همراه داشته است. با این وجود، شکاف زیاد عملکرد در سطح مزارع زارعین در مقایسه با عملکرد ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی (۹۸ تا ۲۰۴ درصد)، نیازمند شناخت عوامل به وجود آورنده شکاف عملکرد و آرایه راهکارهای مناسب است. شواهد و تجربیات موجود نشان می‌دهد که عوامل مدیریتی، اطلاعات فنی و مدیریت زراعی ضعیف کشاورزان، توان و آگاهی‌های حرفه‌ای کم مروجین، استمرار استفاده از ارقام بومی در برخی مناطق، پایین بودن سطح مکانیزاسیون، عدم انتقال یافته‌های تحقیقاتی به مزارع زارعین، عدم نظارت و پیگیری مؤثر بر پیامدها و عواقب کاربرد نوآوری‌های آرایه شده، کمبود ماشین‌آلات و ادوات، کوچک بودن و پراکندگی اراضی دیم در زمره عوامل اصلی محدود کننده عملکرد گندم دیم در شرایط موجود می‌باشند. بنابراین، افزایش تولید گندم مستلزم پذیرش ارقام اصلاح شده به همراه سایر فن‌آوری‌های مورد توصیه است. این فن‌آوری‌های مناسب، به تولیدات پایدار کشاورزی کمک نموده و آثار سوء عوامل محیطی را محدود می‌نماید، هر چند به فعلیت رساندن تمامی ظرفیت‌های موجود امکان‌پذیر نبوده و مورد انتظار نیز نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تولید پایدار کشاورزی، شکاف عملکرد، عوامل مدیریتی، گندم دیم و مناطق گرمسیر.

## مقدمه

### ماهیت و گستره تولید

بخش اعظم اراضی کشاورزی دنیا، حدود ۸۰ درصد، به صورت دیم است (۱۵). اهمیت کشاورزی دیم به صورت منطقه‌ای متغیر است، اما بخش عمده غذای جوامع فقیر کشورهای در حال توسعه را تولید می‌نماید. از ۸۵۰ میلیون نفر مردمی که در دنیا دچار سوء تغذیه بوده و در کشورهای فقیر در حال توسعه زندگی می‌کنند، غالباً در مناطق گرمسیری زندگی می‌کنند (۳).

حداقل ۶۰ میلیون هکتار از سطح زیر کشت گندم در محیط‌های کم بازده و دیم در کشورهای در حال توسعه قرار دارد. متوسط عملکرد گندم در این کشورها از ۰/۸ تا ۱/۵ تن در هکتار متغیر بوده که تقریباً معادل ۱۰ تا ۵۰ درصد پتانسیل عملکرد نظری آنها است (۳۱).

دیمزارهای ایران در سه ناحیه بزرگ اقلیم کشاورزی جداگانه قرار دارند: سرد، گرم و معتدل. دیمزارهای گرمسیری با بالغ بر ۱/۲ میلیون هکتار و الگوی آب و هوایی مدیترانه‌ای، دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم تا داغ می‌باشد. استان‌های خوزستان، بوشهر و قسمت‌هایی از استان‌های لرستان، کرمانشاه، ایلام، اردبیل، خراسان شمالی، گلستان، کهگیلویه و بویراحمد و فارس در این ناحیه واقع شده‌اند (۲۷).

در نظام‌های زراعی دیم مناطق خشک، معمولاً تولید محصول ناپایدار و آسیب‌پذیر

می‌باشد (۸ و ۹). توسط فیشر و همکاران (۱۷) عملکرد واقعی، ظرفیت قابل حصول عملکرد و شکاف عملکرد در بیش از ۲۰ منطقه مهم "سید نان" در سراسر دنیا مورد بررسی قرار گرفت. ظرفیت عملکرد بطور میانگین سالانه حدود نیم درصد پیشرفت داشته است و شکاف عملکرد حدود ۴۰ درصد (در دامنه ۲۵ تا ۵۰ درصد) گزارش گردید (۱۷).

اختلاف بین ظرفیت عملکرد قابل دستیابی و عملکرد واقعی (شکاف عملکرد) در هر منطقه تحت تأثیر شیوه مدیریت و مجموعه عوامل محدود کننده (آب و عناصر غذایی) و کاهش دهنده (آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) می‌باشد. با تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر در ایجاد شکاف عملکرد می‌توان سهم نسبی هر عامل را مشخص نموده و با اتخاذ تدابیر مدیریتی مناسب امکان پر کردن این شکاف (افزایش عملکرد) در مناطق مختلف را فراهم کرد (۱، ۱۲، ۲۵، ۲۹، ۳۰ و ۳۷).

محمدی (۶)، در بررسی مسائل و دستاوردهای تحقیقاتی جو دیم گرمسیری اظهار داشت که اختلافات بین عملکردهای بالقوه و واقعی در دیمزارها بسیار فراتر از میزان مورد انتظار است. وی انجام تحقیقات کافی در زمینه پیدایش ارقام پر محصول، شیوه‌های نوین به‌زراعی، برقراری سیستم تناوبی و کاربرد ادوات مخصوص زراعت دیم را زمینه‌ای مناسب برای شکوفایی اقتصاد دیمزارها می‌داند.

طاهر و صادقی (۵) در بررسی اجمالی عوامل

روند انتقال یافته‌های تحقیقاتی به سطوح وسیع مزارع.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌ها و تنگناهای آب و هوایی

مناطق مختلف درون ناحیه دیمزارهای گرمسیری بسته به موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا (کمتر از ۱۰۰۰ متر بالای سطح آب دریا)، از لحاظ بارندگی و حرارت تفاوت‌های چشمگیری دارند. بارندگی در دامنه ۲۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر قرار دارد. بارندگی بهاره معمولاً ۱۵ تا ۲۵ درصد بارندگی سالانه را در بر می‌گیرد و در بعضی سال‌ها بارندگی صورت نمی‌گیرد. میانگین حداقل درجه حرارت مطلق در این ناحیه ۵- درجه سانتی‌گراد بوده و بطور میانگین حدود ۱۵ روز یخبندان در سال وجود دارد.

تنگناهای زنده، غیرزنده و اقتصادی-اجتماعی سبب افت شدید تولید گندم می‌شوند. گرما و خشکی تنگناهای عمده غیرزنده‌ای هستند که عملکرد و کیفیت گندم را تعیین می‌کنند. تنش گرما عاملی است که بیشترین سطح زیر کشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد ولی تنش خشکی بیشترین خسارت اقتصادی را به همراه دارد (۲۲). تقریباً، ۷۰ درصد تنوع موجود در عملکرد گندم و دلیل شکاف بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل حصول به دلیل کمبود آب در مراحل حساس (۳۰ روز قبل و ۱۰ روز بعد از گلدهی (۱۶)) و

محدودکننده تولید گندم در دیمزارهای ایران، تحقیق در زمینه فرسایش خاک، کارایی مصرف آب و استفاده از تراک‌ورهای مناسب (تسمه‌ای یا زنجیره‌ای) را پیشنهاد نمود. حیاتی (۲) به نقل از سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (FAO)، یازده دلیل از جمله پایین بودن آگاهی عملی و علمی زارعین در زمینه رعایت نکات فنی زراعت گندم، وجود مسائل و مشکلات زیربنایی به ویژه در تحقیقات و آموزش کشاورزان و پایین بودن سطح دانش علمی مروجین کشاورزی را علت کم بودن عملکرد گندم ایران در مقایسه با متوسط تولید جهان ذکر کرده است.

در دهه ۱۹۶۰ که میانگین عملکرد گندم کشاورزان هلند کمتر از پنج تن در هکتار بود، باور پیش‌بینی امکان افزایش عملکرد گندم بیش از ۱۰ تن در هکتار سخت بود (۱۴)، تا اینکه در سال ۱۹۹۳ میانگین عملکرد کشاورزان در آن مناطق به بیش از نه و تا ۱۰ تن در هکتار افزایش یافت (۱).

تعیین ظرفیت عملکرد مطلوب قابل حصول و میزان ریسک تولید در هر منطقه تأثیر زیادی در برنامه‌ریزی‌های کلان کشاورزی، تخصیص بهینه منابع و افزایش بهره‌وری مصرف منابع موجود دارد (۱۲، ۲۵ و ۳۷).

اهداف عمده این تحقیق عبارتند از: شناخت توانمندی‌های بالقوه زراعی و ظرفیت‌های مورد استفاده، شناخت مهم‌ترین تنگناهای موجود در تولید گندم در دیمزارهای گرمسیری، بهبود

رشد در منطقه مغان در دو دهه ۷۰ و ۸۰ به ترتیب ۱۸۷ و ۲۴۶ میلی‌متر بوده و ۵۹ میلی‌متر افزایش نشان داد. با این وجود میانگین حرارت در فصل رشد در تمام مناطق از ۰/۵ (گچساران و گنبد) تا ۰/۷ (خرم‌آباد) درجه سانتی‌گراد افزایش داشت (جدول ۱). جالب اینکه میانگین حداقل حرارت در همین دوره تغییر کمی داشت و تغییرات عمدتاً معطوف به افزایش میانگین حداکثر حرارت بویژه در دوره پر شدن دانه بود (داده‌ها ارایه نشده است).

تنش انتهایی گرما در خلال دوره گلدهی تا پر شدن دانه که سبب تسریع در رسیدن دانه می‌شود کاهش شدید اندازه و وزن دانه را به همراه دارد. محمدی و کریمی‌زاده (۲۷) اظهار داشتند که به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش حرارت در دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب ۱۱/۳ و ۱۲/۵ درصد کاهش نشان داد و تعداد روز بین ظهور سنبله تا رسیدن دانه به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین حرارت ۷/۵ روز کاهش یافته است. محمدی (۷) در بررسی اثر تنش گرما بر عملکرد دانه ۱۶ ژنوتیپ گندم نان همچنین گزارش داد که افزایش یک درجه سانتی‌گراد حرارت بین مرحله برجستگی مضاعف تا گرده‌افشانی، تعداد دانه در مترمربع را ۵/۶ درصد کاهش داد.

برای حصول تولید پایدار گندم در شرایط کشت دیر هنگام می‌بایست بر تولید ژنوتیپ‌های متحمل به تنش گرما تأکید نمود. در این زمینه

حرارت زیاد در دوره پر شدن دانه است (۱۳). کمی و کیفی کردن شکاف عملکردی موجود برای بهبود تولید در نظام‌های زراعی مهم است. در آب و هوای مدیترانه‌ای، پر شدن دانه گندم غالباً زمانی واقع می‌شود که حرارت در حال افزایش و رطوبت قابل دسترس روند نزولی دارد (۳۳). وقوع تنش خشکی در ایران با پیامدهای اساسی بر روی امنیت غذایی، تولیدات دامی، منابع طبیعی و محیط زیست در حال افزایش است. تخمین زده می‌شود که خشکی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۹ که در ۲۵ استان از ۲۸ استان کشور حادث گردید بر روی زندگی ۳۷ میلیون نفر از مردم ایران اثر داشت (۳). تنش حرارت زیاد در طی دوره رشد رویشی سبب کاهش تعداد دانه و بویژه در زمان پر شدن دانه باعث افت شدید وزن دانه می‌شود (۷، ۱۹ و ۲۹). لوبل و همکاران (۲۴) گزارش دادند که بر اساس مدل‌سازی گیاهی در استرالیا، به ازای دو درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین درجه حرارت در فصل زراعی بدون تفاوت در مقدار بارندگی، عملکرد دانه ۵۰ درصد کاهش یافت.

بررسی داده‌های هواشناسی بویژه مقدار بارندگی و میانگین حرارت طی فصل رشد گندم در دو دهه ۷۰ و ۸۰ نشان می‌دهد که مقدار بارندگی در مناطق مختلف روند روشن و مشخصی نداشت. به عنوان مثال: در حالی که در دو دهه یاد شده مقدار بارندگی در فصل رشد در گچساران به ترتیب ۴۷۷ و ۴۰۸ میلی‌متر بود و ۶۹ میلی‌متر کاهش داشت، مقدار بارش در فصل

جدول ۱- میانگین مقدار بارندگی و درجه حرارت در فصل رشد در ایستگاه‌های دیم گرمسیری طی دو دهه (۹۰-۱۳۷۰)

منطقه	میانگین مقدار بارندگی (میلی‌متر)		میانگین درجه حرارت (سانتی‌گراد)	
	دهه ۷۰	دهه ۸۰	دهه ۷۰	دهه ۸۰
گچساران	۴۷۷	۴۰۸	۱۵/۷	۱۶/۲
خرم‌آباد	۴۴۴	۴۳۱	۱۲/۵	۱۳/۲
گنبد	۳۹۰	۳۸۳	۱۵/۰	۱۵/۵
مغان	۱۸۷	۲۴۶	۱۱/۳	۱۱/۸

آزمایشات متعددی برای ارزیابی سازگاری ژنوتیپ‌های گندم و شناسایی ارقام متحمل به تنش‌های گرما و خشکی انجام گردیده است.

#### پیشرفت ژنتیکی ارقام مورد استفاده

بهبود ژنتیکی در پتانسیل عملکرد دانه گندم در شرایط مطلوب محیطی به بهترین شکل تظاهر می‌یابد (۳ و ۳۵) و کنترل ژنتیکی تحمل به تنش‌هایی نظیر خشکی و گرما پیچیده بوده و کمتر درک شده است (۳۸). بدین ترتیب، بهره ژنتیکی سالانه افزایش عملکرد دانه در محیط‌های خشک حدود نصف (۰/۳ تا ۰/۵ درصد) میزان حاصله در شرایط آبی است. معهذاً، به‌نژادگران گندم توانسته‌اند موجبات افزایش معنی‌دار عملکرد گندم در محیط‌های مستعد تنش‌های محیطی را فراهم آورند (۲۳ و ۳۶).

اصلاح نباتات می‌تواند با افزایش پتانسیل تولید و کارایی مصرف آب، تحمل به گرما و خشکی، ترکیب توان تولید و تحمل در ژنوتیپ‌های واحد، بهبود کیفیت مورد نظر

مصرف کننده و مقاومت پایدار در مقابل بیماری‌های مهم، سهمی بیش از پنجاه درصد در افزایش تولید مورد نظر داشته باشد (۳۰).

پیش از این کشاورزان ایرانی، به طور سنتی از ارقام محلی نظیر سیاه‌ریشک، شاه‌یوندی، قره‌سنبل، ساری‌بوغدا، سرخ‌تخم و اروجی که به خوبی با شرایط سخت سازگار شده‌اند، استفاده می‌کردند. معهذاً، این ارقام با کودپذیری کم، در سال‌های با وضعیت مناسب رطوبتی نیز از عملکرد کمی برخوردار بوده و در مقابل بیماری‌های شایع حساسیت زیادی نشان می‌دهند. در سال‌های اخیر، معرفی ارقامی نظیر زاگرس، کوه‌دشت، دهدشت، کریم، قابوس و آفتاب با عملکرد دانه و صفات زراعی مطلوب و مقاومت در مقابل بیماری‌های مهم شایع، مورد استقبال نسبتاً گسترده دیمکاران مناطق گرمسیری کشور قرار گرفته‌اند.

علیرغم افزایش میانگین درجه حرارت طی فصل رشد به‌ویژه دوره پر شدن دانه طی دهه هشتاد نسبت به دهه هفتاد، میانگین عملکرد دانه گندم دیم در مناطق گرمسیر ایران در طی این

خواهد شد.

#### برآورد میزان شکاف عملکرد

برای بررسی میزان تفاوت عملکرد ایستگاه تحقیقاتی و شرایط واقعی زارعین در دوره زمانی ده ساله (۹۰-۱۳۸۱) از داده‌های ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم گرمسیری گنبد، خرم‌آباد و مغان به عنوان نماینده مناطق عمده‌ای از دیمزارهای گرمسیری کشور استفاده شد. منظور از عملکرد ایستگاه ایستگاه تحقیقاتی، میانگین عملکرد ارقام شاهد مورد استفاده (زاگرس و کوهدشت) در کرت‌های آزمایشی با محافظت و نظارت خوب و به حداقل رساندن اثر عوامل محدود کننده تولید، غیر از عوامل غیرقابل کنترل محیطی نظیر کمبود رطوبت و گرما است. عملکرد واقعی بوسیله محاسبه میانگین عملکرد ارقام اصلاح شده و بومی مورد استفاده کشاورزان در سطح گسترده در منطقه مورد نظر بدست آمده است. نسبت تفاوت عملکرد در دو شرایط ذکر شده به عملکرد واقعی، به عنوان شکاف عملکرد در نظر گرفته می‌شود (جدول ۲).

نتایج حاصله نشان داد که شکاف عملکرد بسیار چشمگیری در مناطق دیم خیز گرمسیری وجود دارد. مقدار شکاف عملکرد بین ۹۸/۱ درصد (گنبد) تا ۲۰۴/۵ درصد (مغان) متغیر بود. تنوع قابل ملاحظه بین مناطق از نظر ظرفیت و شکاف عملکرد، در تصمیم‌گیری برای مدیریت افزایش عملکرد و تخصیص بهینه نهاده‌ها متناسب با ظرفیت تولید مناطق کمک

دو دهه از ۸۲۸ به ۱۰۵۰ کیلوگرم در هکتار رسیده است. به عبارت دیگر، میانگین عملکرد حدود ۲۷ درصد افزایش داشته است. اصلی‌ترین دلیل افزایش عملکرد دانه در دیمزارها در دهه ۸۰ نسبت به ۷۰ گسترش استفاده از ارقام اصلاح شده گندم بویژه ارقام زاگرس و کوهدشت بوده است. معهذاً، هنوز در بخش قابل توجهی از دیمزارهای گرمسیری، ارقام کم بازده بومی مورد استفاده است و به دلیل انتقال ضعیف یافته‌های تحقیقاتی، ضعف سیستم پشتیبانی یا هر دلیل دیگر، بذور ارقام اصلاح شده در برخی مناطق در دسترس کشاورزان نمی‌باشد.

پس از آزادسازی رقم جدید، مسئولیت حفظ و تکثیر هسته‌های اولیه بذور رقم جدید برعهده به‌نژادگر یا مؤسسه مربوطه می‌باشد. وظیفه اصلی نهاد دولتی نظارت بر روند تولید و فرآوری بذور با حفظ خلوص ژنتیکی و رعایت استانداردهای موجود برای میزان مورد نیاز است. در سال‌های اخیر، امکانات و تجهیزات فرآوری بذور در مناطق مختلف کشور گسترش یافته تا هزینه جابجایی کاهش یابد و بذور ارقام اصلاح شده با سهولت بیشتری در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد. با افزایش میزان مشارکت بخش خصوصی در تکثیر هسته‌های اولیه بذری ارقام اصلاح شده گندم دیم و مسئولیت بیشتر آنان در توزیع بذور اصلاح شده، دسترسی کشاورزان به بذور ارقام اصلاح شده تسهیل

جدول ۲- برآورد میزان شکاف و ضریب تغییرات عملکرد دانه بین شرایط ایستگاهی و شرایط واقعی زارعین در مناطق گنبد، خرم آباد و مغان (سال‌های ۹۰-۱۳۸۱)

منطقه	عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد ایستگاهی (کیلوگرم در هکتار)	تفاوت عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	شکاف عملکرد (درصد)	ضریب تغییرات عملکرد واقعی (درصد)	ضریب تغییرات عملکرد ایستگاهی (درصد)
گنبد	۱۶۷۱	۳۳۱۰	۱۶۳۹	۹۸/۱	۴۰/۰	۳۷/۶
خرم‌آباد	۱۱۱۹	۳۳۷۷	۲۲۵۸	۲۰۲/۰	۴۰/۱	۲۹/۴
مغان	۱۱۰۴	۳۳۶۲	۲۲۵۸	۲۰۴/۵	۴۲/۲	۲۵/۹

افزایشی معادل ۱۱۸۵ کیلوگرم در هکتار را نشان می‌دهد (۸).

بدیهی است بخشی از این تفاوت مربوط به تفاوت‌های محیطی است و تحت عنوان فن‌آوری‌های غیرقابل انتقال مطرح می‌گردد. واقع شدن ایستگاه تحقیقاتی در منطقه نسبتاً مستعد، فراهم بودن امکانات و اعتبارات کافی، بازدید روزانه و رفع نارسایی‌های موجود در اسرع وقت و شیوه‌های خاص اجرای آزمایشات بویژه کوچکی کرت‌های آزمایشی، در زمره دلایل وجودی این بخش از تفاوت‌ها است. ولی بخش دوم اختلاف مربوط به توان تولیدی بالقوه و عملکرد واقعی مزارع می‌باشد. این اختلاف ناشی از مجموعه‌ای از محدودیت‌های اجتماعی، اقتصادی، فنی و بیولوژیکی است که می‌تواند با برنامه‌ریزی مناسب برای انتقال صحیح فن‌آوری به کشاورزان تا حدی جبران شود. منظور از محدودیت‌های بیولوژیکی، عدم دسترسی ارقام اصلاح شده، علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و مسائل خاک و منظور از محدودیت‌های اجتماعی-اقتصادی: هزینه‌ها و منافع، امکانات

می‌نماید. ضریب تغییرات عملکرد (نسبت واریانس به میانگین عملکرد در دوره زمانی مورد نظر) عملکرد واقعی در شرایط زارع نسبت به شرایط ایستگاهی بویژه در مناطق خرم‌آباد و مغان تفاوت مشهودی داشت (جدول ۲).

میانگین عملکرد رقم گندم زاگرس طی ده سال زراعی (۸۰-۱۳۷۱) در آزمایشات ایستگاه گچساران معادل ۳۶۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. حال آنکه میانگین تولید زارعین منطقه گچساران در همین مقطع زمانی برای گندم ۱۱۶۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. به عبارتی بین عملکرد قابل حصول در شرایط دیم و میزان تولید موجود شکاف عمیقی وجود دارد. بخشی از تفاوت موجود به دلیل برتری عملکرد ارقام اصلاح شده نسبت به ارقام بومی است که هنوز مورد استفاده زارعین منطقه است. ولی چنانچه میانگین تولید ارقام بومی را در محیط ایستگاهی و شرایط زارعین مقایسه نماییم نیز تفاوت چشمگیری مشاهده می‌شود. میانگین ده ساله عملکرد رقم گندم سیاه ریشک در شرایط ایستگاهی ۲۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با میانگین عملکرد زارعین منطقه

ماشین‌آلات و ادوات یا بطور کلی فن‌آوری تولید، اعتبارات، سنن و نگرش‌ها، دانش فنی، میزان نهاده‌های قابل دسترس، سازمان و تشکیلات است (۸).

شکل ۱ نشان می‌دهد که میزان شکاف عملکرد در سال‌های مساعد یا نسبتاً مساعد محیطی (آب و هوایی) بسیار بیشتر از سال‌های با تنش شدید رطوبتی است. به عبارت دیگر، بهبود مدیریت مزرعه در شرایط ایستگاهی تحقق نسبی عملکرد مطلوب در شرایط مناسب محیطی را فراهم می‌نماید. ولی مدیریت در همین شرایط آب و هوایی در مزارع کشاورزان به گونه‌ای نیست که از ظرفیت‌های قابل حصول بهره‌برداری شود. بدین ترتیب میزان شکاف در مناطق با پتانسیل عملکرد بالا بیشتر از مناطق با پتانسیل پایین است. آگاروال و همکاران (۱۰) نیز با مطالعه‌ای در هندوستان نشان دادند که پتانسیل عملکرد گندم در عرض‌های جغرافیایی بالاتر بیشتر از عرض‌های جغرافیایی پایین بوده و مناطق دارای پتانسیل بالا شکاف عملکرد بیشتری دارند. وجود شکاف چشمگیر در این حوزه‌های بوم کشاورزی حاکی از عدم وجود مدیریت مناسب مزارع برای افزایش عملکرد تحت شرایط دیم می‌باشد. علاوه بر این افزایش محسوس ضریب تغییرات عملکرد دانه در شرایط زارعین نسبت به شرایط ایستگاهی (جدول ۱) به نوعی مؤید همین معنا است و با بهبود اعمال مدیریت زراعی انتظار می‌رود نوسان عملکرد موجود تا حد

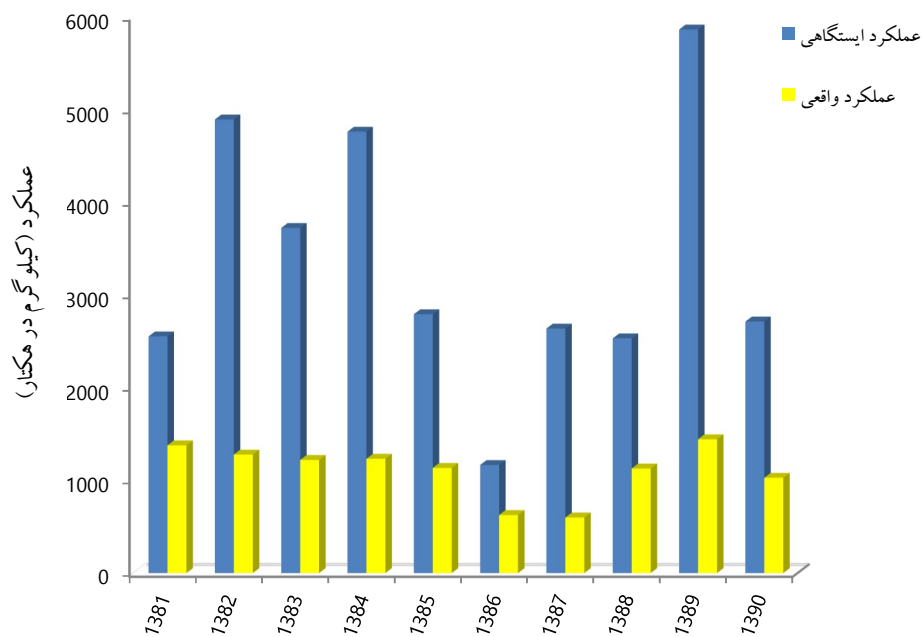
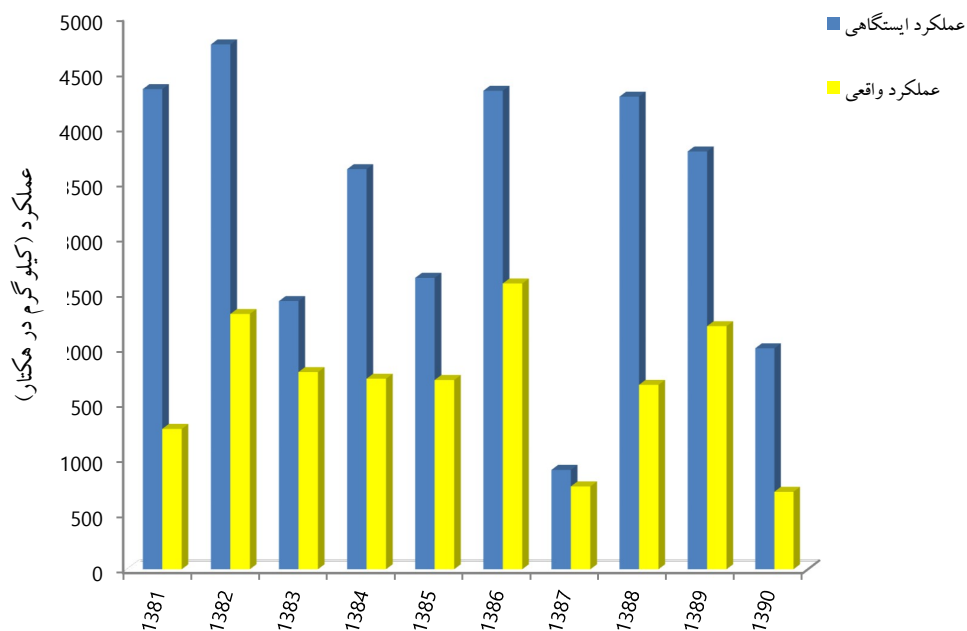
زیادی کاهش یابد.

بررسی‌های اولیه در استرالیا (۱۸) نشان داد که کشاورزان باور داشتند که تنها عامل محدود کننده تولید گندم در این منطقه رطوبت (بارندگی) است. با این وجود، با تجزیه و تحلیل شکاف عملکرد و شناسایی دیگر عوامل مؤثر بر عملکرد، در راستای کاهش آثار منفی آنها و بهبود مدیریت مزرعه موجبات افزایش چشمگیر عملکرد در آن مناطق فراهم شد (۲۰). الیور و رابرتسون (۲۸)، با استفاده از مدل APSIM توان تولید و شکاف عملکرد گندم را برای استرالیا (منطقه مدیترانه‌ای با بارندگی کم) بررسی نمودند. آنها نشان دادند که بین عملکرد واقعی کشاورزان و پتانسیل عملکرد دیم، اختلاف قابل توجهی وجود دارد و عملکرد واقعی کشاورزان ۵۰ تا ۶۰ درصد از پتانسیل عملکرد گندم دیم بود. شکاف عملکرد در این منطقه بین ۰/۶ تن در هکتار (سال خشک) تا ۱/۵ تن در هکتار (سال مرطوب) متغیر بود.

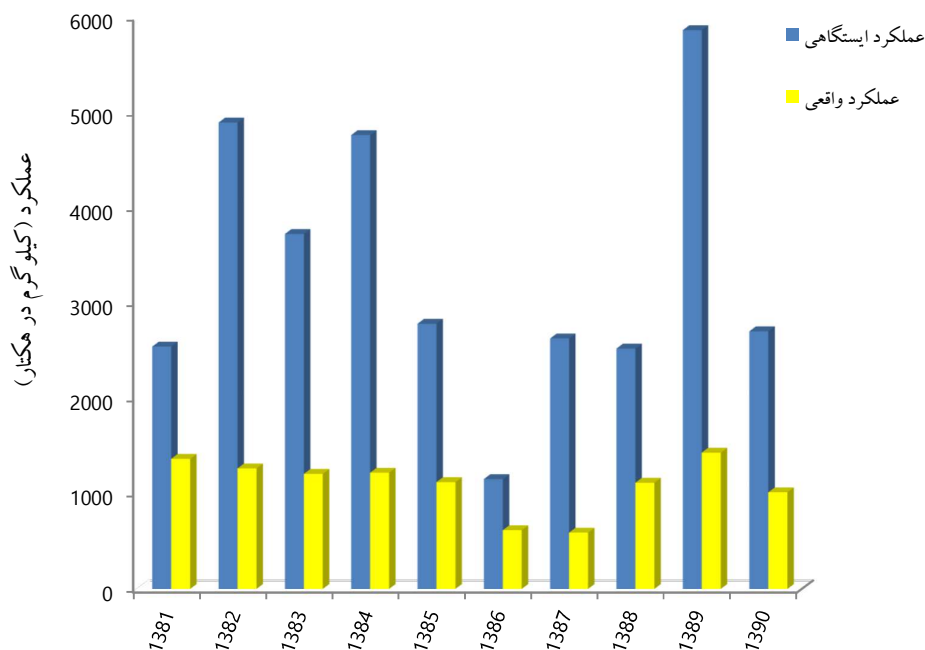
در سوریه، شکاف عملکرد بین تولید محصول در ایستگاه تحقیقاتی (۳۶۷۵ کیلوگرم در هکتار) و مزارع کشاورزان (۲۰۲۰ کیلوگرم در هکتار)، بیانگر کاهش ۸۲ درصدی عملکرد دانه در شرایط کشاورزان است. در ترکیه نظیر سوریه و مراکش، افزایش پایدار تولید گندم و کاهش شکاف عملکرد مستلزم بهبود عملیات زراعی و پذیرش ارقام پرمحصول جدید گندم است. در حوزه غرب آسیا و شمال آفریقا میانگین عملکرد گندم در



امکان افزایش تولید محصول گندم در دیمزارهای گرمسیری ایران



شکل ۱- میزان عملکرد دانه در شرایط ایستگاهی و شرایط واقعی زارعین به ترتیب در مناطق گنبد، خرم‌آباد و مغان (سال‌های ۱۳۸۱-۹۰)



ادامه شکل ۱

محدودیت تولید دیمزارها تأثیر گذار است (۳۴).

#### محدودیت‌های اعمال مدیریت صحیح زراعی

استفاده از ارقام اصلاح شده زمانی می‌تواند مثمرتر باشد که اصول به‌زراعی نیز در جهت بهره‌برداری از آنها دقیقاً اعمال شود. اصولاً بذر جدید از فن‌آوری‌هایی است که به واسطه قیمت ارزان سریع‌تر از سایر تکنولوژی‌ها قابل استفاده است. ولی ارزش آن فقط در یک برنامه جامع قابل تبیین است و نه به صورت انتزاعی. در یک نظام مدیریتی ضعیف، موقعی که عناصر غذایی به حد کافی در اختیار گیاه قرار ندارد، عملیات شخم به خوبی انجام نمی‌گیرد، با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بخوبی مبارزه نمی‌شود و

شرایط دیم ۰/۵ تا ۲ تن در هکتار است. افزایش تولید در چنین مناطق کوچکی، بخاطر هزینه زیاد نهاده‌ها به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. علاوه بر این، عملیات زراعی مورد توصیه به دلیل موانع اقتصادی-اجتماعی توسط کشاورزان پذیرفته نشده است (۳۴).

تنگناهای عمده محدودکننده عملکرد دیمزارهای شمال شرق تایلند، فراوانی خشکی و سیل، حاصلخیزی کم خاک، فرسایش و تخریب خاک، عملیات ضعیف حفاظت آب در خاک، ارقام زراعی کم محصول، کمبود نیروی کار و ضعف در انتقال و ترویج فن‌آوری جدید می‌باشد. در بخش‌های شمالی ویتنام نیز علاوه بر عوامل ذکر شده، توپوگرافی اراضی در

ذخیره انرژی، آب و عناصر غذایی (۲۱ و ۳۲) و کاهش هزینه کاشت و کشت به موقع به کشاورزان کمک می‌کند.

در حال حاضر متداول‌ترین نظام زراعی در دیمزارهای گرمسیری ایران غلات (گندم و جو)، آیش و تا حدی حبوبات دانه‌ای و علوفه‌ای (نخود، عدس و برخی گیاهان علوفه‌ای) است. در بخش عمده دیمزارهای گرمسیری تناوب زراعی رعایت نمی‌شود. رعایت تناوب زراعی و حفظ کلش و بقایای گیاهی تا حد زیادی به افزایش مواد آلی و حفظ ذخیره رطوبتی دیمزارها کمک می‌کند.

با گسترش استفاده از ارقام اصلاح شده و بهبود مدیریت مزرعه در قالب کشاورزی حفاظتی، کشت مستقیم و به موقع بدون اتکا به بارندگی‌های سنگین، رعایت تناوب زراعی، تراکم و عمق مناسب بذر، تغذیه بهینه و کنترل آفات و علوفه‌های هرز، هنوز ظرفیت زیادی برای افزایش عملکرد گندم وجود دارد. به عنوان مثال: حدود ۴۰ درصد سطح زیر کشت گندم در دیمزارهای گرمسیری ایران پس از سپری شدن زمان مطلوب، کشت می‌شود و چنین مزارعی در مرحله انتهایی رشد بویژه دوره پر شدن دانه در معرض تنش شدید حرارتی قرار می‌گیرند که خود سبب افت چشمگیر محصول می‌گردد. میانگین کاهش عملکرد گندم به ازای هر روز تأخیر در کشت نسبت به زمان مطلوب ۱/۷ درصد برآورد

بالاخره فنون کشت به خوبی اعمال نمی‌گردد، نباید انتظار داشت که ارقام اصلاح شده پرمحصول، خیلی بهتر از ارقام بومی عملکرد داشته باشند.

هرچند استفاده از ارقام اصلاح شده و کودهای شیمیایی و دریافت یارانه‌های دولتی در استمرار کشت و بهبود تولید گندم دیم تأثیرگذار بوده است، کشت پیاپی غلات، شخم در جهت شیب و چرای بیش از حد اراضی دیم در زمان آیش یا بقایای پس از برداشت و تخریب اراضی دیم، سبب کاهش میزان مواد آلی خاک شده است. کمبود مواد آلی در زمره اصلی‌ترین تنگناهای تولید گندم در دیمزارها می‌باشند. کاهش مواد آلی خاک منجر به ظرفیت کمتر نگهداری آب و عناصر غذایی خاک‌ها می‌شود و حتی در اراضی آبی کشاورزان را ناچار به استفاده بیشتر از آب و کود (مخصوصاً کود نیتروژن) می‌کند که به نوبه خود موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (۱۴).

فعالیت‌های پژوهشی در مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) و سایر مؤسسات ملی و منطقه‌ای منجر به تولید فن‌آوری و گزینه‌های مدیریتی مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب شامل ژرم‌پلاسم پیشرفته و عملیات مدیریتی خاک و گیاه شده است. فن‌آوری‌های حفاظت منابع نظیر روش‌های کم‌خاک‌ورزی در مناطق دارای منابع ضعیف در حال گسترش است زیرا که در

شده است (۷).

### موانع اقتصادی - اجتماعی

قدرت خرید کشاورزان، سنن و نگرش‌ها، دسترسی به موقع به نهاده‌ها، عوامل سازمانی و سیاسی نظیر سیاست دولت، نرخ محصولات، اجاره زمین و ارتباط بین تحقیق با توسعه و ترویج، مقاومت کشاورزان در مقابل فن‌آوری‌های نو می‌توانند مانع دستیابی و استفاده از یافته‌های پژوهشی شوند.

علاوه بر عوامل یاد شده، پراکنندگی و کوچک بودن اراضی زارعین یکی از اصلی‌ترین موانع ارتقای سطح مکانیزاسیون در دیمزارها است. بر اساس سرشماری عمومی کشاورزی در سال ۱۳۸۲، قطعات اراضی کشاورزی با اندازه کمتر از ده هکتار در اختیار ۸۶/۶ درصد از بهره‌برداران است. تعداد بهره‌بردار در بخش کشاورزی از ۱/۸ میلیون در سال ۱۳۳۹ به ۲/۸ میلیون بهره‌بردار در سال ۱۳۷۲ و ۳/۵ میلیون بهره‌بردار در سال ۱۳۸۲ افزایش یافته است (۸). این افزایش عمدتاً به دلیل تقسیم اراضی ناشی از ارث حاصل شده است. این تغییرات در شرایطی صورت گرفته که در کشورهای پیشرفته روز به روز از تعداد بهره‌برداران کاسته شده و بر متوسط هر بهره‌بردار افزوده شده است. بعضی از متخصصین یکپارچه‌سازی اراضی را به عنوان پیش نیاز تحول کشاورزی ایران توصیه نموده‌اند (۴). چاره این امر بازنگری قوانین و وضع قوانین جدید متناسب با شرایط زمانی و دخالت دولت

و شوراها را روستایی در یکپارچه‌سازی اراضی است. زارعین می‌بایست تشویق شوند تا زمین‌های خود را با یکدیگر مبادله نمایند. معهداً چون مرغوبیت زمین‌ها با یکدیگر متفاوتند، تفاوت موجود در حاصلخیزی و وضعیت توپوگرافی و دوری از محل سکونت زارعین را می‌بایست با دادن زمین بیشتر و یا پرداخت غرامت جبران نمود.

در حال حاضر، کمبود ماشین‌آلات و ادوات مناسب زراعت دیم نیز یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر تولید گندم در دیمزارها است و همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد دارای آثار مستقیم در تهیه بستر مناسب بذر و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، مصرف انرژی و ... هستند. از سوی دیگر کمبود این امکانات سبب تأخیر در کشت بخش عمده‌ای از دیمزارها است که برطرف نمودن آن مستلزم فراهم شدن تسهیلات بانکی برای خرید ماشین‌آلات و ادوات مربوطه و ارائه آموزش‌های لازم در زمینه استفاده از فن‌آوری‌های جدید است.

### کیفیت انتقال یافته‌های تحقیقاتی

در تحقیق انجام شده توسط محمدی و مرادی‌نژاد (۸) برای سنجش میزان اطلاعات مروجین مناطق گرمسیری استان کهگیلویه و بویراحمد درباره مباحث مربوط به زراعت دیم، مشخص گردید که میانگین جواب‌های صحیح به سوالات ۳۸ درصد بود. به عبارت دیگر،

تصمیم‌گیری متمرکز و ایجاد شبکه اطلاع‌رسانی قوی و پویا برای تعامل میان محققان و مروجان و کارشناسان اجرایی

- اعمال نظارت و پیگیری آثار و پیامدهای حاصل از اجرای کاربردی یافته‌های پژوهشی در شرایط زارعین

- بازنگری و تطبیق برخی دستاوردهای تحقیقاتی با توجه به امکانات و شرایط زارعین

- آموزش و افزایش توانایی مروجین در مسئله‌یابی و مسئله‌رسانی

آموزش مستمر مروجین و کارشناسان اجرایی برای تبدیل یافته‌های تحقیقاتی به توصیه‌های کاربردی برای کشاورزان

#### توصیه ترویجی

افراد متخصص معمولاً به کشف مسائل و ارائه راه‌حل‌های آن در محدوده رشته تخصصی خود می‌پردازند. به علت پیچیدگی مسائل، ارائه راه‌حل‌های تخصصی در یک محدوده خاص نمی‌تواند مؤثر واقع شود. زیرا از ابتدا به مجموع مسائل و روابط آنها با یکدیگر و دستیابی به راه‌حل‌های مؤثر برای آن دسته از مسائل به وسیله هیچ‌یک از متخصصین توجه لازم و کافی نشده است. بنابراین، وجود یک گروه جامع‌نگر برای جمع‌بندی، تطبیق و تلفیق و ارائه راهنمای زراعت گندم برای دیمزارهای گرمسیری کشور و نظارت بر اجرای آن، تأکید جدی وجود دارد. با تلفیق نظرات متخصصین در زمینه‌های مختلف، امکان شناسایی و غلبه بر

مروجین از ۳۸ درصد اطلاعات ضروری در زمینه غلات دیم آگاهی داشتند. بر اساس همین نتایج، علیرغم اینکه ۷۰/۳ درصد از کشاورزان، مروجین را بهترین عامل مستقیم انتقال فن‌آوری‌های جدید می‌دانند. ولی میزان تأثیر عملکرد مروجین در عملکرد مزارع خویش را در حد متوسط دانسته‌اند. درصد کشاورزانی که تأثیر عملکرد مروجان را خیلی کم و کم برآورد نموده‌اند، تقریباً معادل کسانی است که تأثیر مثبت کارکرد آنها را زیاد و خیلی زیاد تخمین زده‌اند.

مزید و همکاران (۲۶) اظهار داشتند که با انجام یک مطالعه پیمایشی در سودان، علیرغم سطح بسیار بالای پذیرش فن‌آوری‌های جدید توسط کشاورزان، آگاهی آنها از خود فن‌آوری‌ها به نحو تعجب‌برانگیزی پایین‌تر بود. محققین مذکور این امر را نتیجه ترویج ضعیف یا ناقص و کنترل مرکزی تدارک خدمات و نهاده‌ها می‌دانند. البته سطح پذیرش یافته‌ها یکسان نبود. روش‌های کاشت مکانیکی و ارقام اصلاح شده از میزان پذیرش بالاتری برخوردار بودند که خود به واسطه پیش نیازهای لازم برای پذیرش این فن‌آوری‌ها بود. با لحاظ نمودن پیشنهادات صاحب‌نظران و محققان داخلی و خارجی و بررسی منابع علمی (۹، ۱۱ و ۲۶)، راه کارهای عملی زیر به منظور بهینه‌سازی روند انتقال فن‌آوری‌های جدید در دیمزارهای گرمسیری کشور پیشنهاد می‌شود:

- کاهش بوروکراسی و نظام

در دیمزارهای گرمسیری کشور خواهیم بود.

### سپاسگزاری

از همکاران محترم آقایان مهندس طهماسب حسین‌پور، حسن قوجق و اصغر مهربان که به ترتیب اطلاعات لازم در مورد مناطق خرم‌آباد، گنبد و مغان را در اختیار اینجانبان قرار دادند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

محدودیت‌های زراعی و ژنتیکی در شرایط محیطی نامطلوب تحت تنش خشکی و گرما و افزایش کارایی مصرف آب وجود دارد. هنگامی که مدیریت پیشرفته با کاربرد ارقام اصلاح شده توأم شود، منافع زیادی نصیب زارعین خواهد شد. با این وجود، با فرض قابلیت تحقق تنها ۶۰ درصد از برتری عملکرد ایستگاهی نسبت به عملکرد واقعی در شرایط زارعین، شاهد افزایش عملکرد موفقیت‌آمیزی

### منابع

- ۱- اندرزیان ب (۱۳۹۳) تعیین پتانسیل عملکرد و آنالیز ریسک تولید گندم در مناطق دیم‌خیز استان خوزستان. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. ۴۲ صفحه
- ۲- حیاتی د (۱۳۷۴) تأثیر سازه‌های اجتماعی- اقتصادی و تولیدی-زراعی بر دانش فنی- دانش کشاورزی پایدار و پایداری نظام زراعی در بین گندم‌کاران استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۱۲۹ صفحه
- ۳- سازمان ملل (۱۳۷۹) وضعیت خشکی در جمهوری اسلامی ایران. تهران. ایران. ۳۴ صفحه
- ۴- سلطانی غ، نجفی ب (۱۳۶۲) اقتصاد کشاورزی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۱۵۳ صفحه
- ۵- طاهر م. صادقی ا. (۱۳۷۶) عوامل متعدد تأثیرگر بر تولید گندم در دیمزارهای ایران. مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. ایران. ۱۳ صفحه
- ۶- محمدی م (۱۳۷۷) برخی تدابیر اصلاحی جو دیم. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. ۵۱ صفحه
- ۷- محمدی م (۱۳۸۰) اثر تنش گرما بر اجزای عملکرد دانه و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل گندم. نهال و بذر ۱۷: ۲۱۱-۲۰۰
- ۸- محمدی م، مرادی‌نژاد ب (۱۳۸۲) بررسی علل رکود نسبی عملکرد دانه غلات در دیمزارهای گرمسیری استان کهگیلویه و بویراحمد. سازمان برنامه و بودجه استان کهگیلویه و بویراحمد. ۱۸۰ صفحه
- ۹- یعقوبی‌نژاد م (۱۳۷۶) عوامل ارتباط دهنده تحقیق و ترویج کشاورزی. پایان‌نامه فوق لیسانس. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۱۲ صفحه

10. **Aggarwal PK, Hebbar KB, Venugopalan MV, Rani S, Bala A, Biswal A, Wani SP (2008)** Quantification of yield gaps in rain fed rice, wheat, cotton and mustard in India. Global Theme on Agro-ecosystems Report no. 43. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 36 p
11. **Arnon I (1989)** Agricultural research and technology transfer. London: Elsevier Science. Publishers LTD. 844 pp
12. **Bhatia VS, Singh P, Wani SP, Chauhan GS, Rao AVR, Mishra AK, Srinivas K (2008)** Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. Agric. Forest Meteorol 148: 1252-1265
13. **Calvino P, Sadras V (2002)** On-farm assessment of constraints to wheat yield in the south-eastern Pampas. Field Crops Res. 74: 1-11
14. **Chatrath R, Mishra B, Ortiz Ferrara G, Singh SK, Joshi AK (2007)** Challenges to wheat production in South Asia. Euphytica 157: 447-456
15. **De Wit CT (1962)** Potential photosynthesis of crop surfaces. Neth. J. Agric. Sci. 7: 141-149
16. **Fischer RA (1985)** Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. 105: 447-461.
17. **Fischer RA, Byerlee D, Edmeades GO (2009)** Can technology deliver on the yield challenge to2050? Expert meeting on how to feed the world in 2050 food and agriculture organization of the united nations economic and social development department. Rome, 24-26
18. **French RJ, Schultz JE (1984)** Water use efficiency of wheat in a mediterranean type environment. I. The relation between yield, water use and climate. Aust. J. Agric. Res. 35: 743-764
19. **Hays DB, Do JH, Mason RE, Morgan G, Finlayson SA (2007)** Heat stress induced ethylene production in developing wheat grains induces kernel abortion and increased maturation in a susceptible cultivar. Plant Sci. 172: 1113-1123
20. **Hochman Z, Gobbett D, Holzworth D, McClelland T, Van Rees H, Marinoni O, Garcia JN, Horan H (2012)** Quantifying yield gaps in rainfed cropping systems: A case study of wheat in Australia. Field Crops Res. 143: 65-75
21. **Joshi AK, Chand R, Arun B, Singh RP, Ortiz R (2007)** Breeding crops for reduced-tillage management in the intensive, rice-wheat systems of south Asia. Euphytica 153: 135-15
22. **Kosina P, Reynolds MP, Dixon J Joshi A (2007)** Stakeholder perception of wheat production constraint capacity building needs and research partnerships in developing countries. Euphytica 157: 475-483
23. **Lantican, MA, Pingali PL, Rajaram S (2003)** Is research on marginal lands catching up? The case of unfavourable wheat growing environments. Agric. Econ. 29: 353-361
24. **Lobell DB, Sibley A, Ortiz-Monasterio JI (2012)** Extreme heat effects on wheat senescence in India nature climate change / advance online publication / [www.nature.com/natureclimatechang](http://www.nature.com/natureclimatechang)
25. **Lobell DB, Cassman KG, Christopher B (2009)** Crop yield gap: their importance, magnitudes, and causes. Field. Ann. Rev. Environ. Resour. 34: 179-204
26. **Mazid A, Bailey E, Jones M (1999)** The effect of fertilizer use on rainfed barley: A case study from Syria , ICARDA. Aleppo. Syria. 28 pp

27. **Mohammadi M, Karimizadeh R (2012)** Insight into heat tolerance and grain yield improvement in wheat in warm rainfed regions of Iran. *Crop Bree. J.* 1(2): 56-62
28. **Oliver Y, Robertson M (2013)** Quantifying the spatial pattern of the yield gap within a farm in a low rainfall Mediterranean climate. *Field Crops Res.* 150: 29-41
29. **Plaut Z, Butow BJ, Blumenthal CS, Wrigley CW (2004)** Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Res.* 86: 185-198
30. **Reynolds MP, Bourlag NE (2006)** Applying innovations and new technologies for international collaborative wheat improvement. *J. Agric. Sci.* 144: 95-110
31. **Reynolds M, Skovmand B, Trethowan R, Pfeiffer W (1999)** Evaluating a conceptual model for drought tolerance. *Wheat program. CIMMYT. Mexico.* 49-54
32. **Sayre KD (2002)** Management of irrigated wheat. In: Curtis BC, Rajaram S, Gomez Macpherson H (eds.) *Bread wheat: improvement and production.* Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, pp 395-406
33. **Sharma RC, Duveiller E, Ortiz-Ferrara G (2007)** Progress and challenge towards reducing wheat spot blotch threat in the eastern gangetic plains of south Asia: is climate change already taking its toll? *Field Crops Res* 103: 109-118
34. **Singh P, Aggarwal PK, Bhatia VS, Murty MVR, Pala M, Oweis T, Benli B, Rao KPC, Wani SP (2009)** Yield gap analysis: modelling of achievable yields at farm level. In: Suhas P, Wani, Johan R, Theib O (eds.). *Rainfed Agriculture: unlocking the potential.* CABI Head Office. Oxfordshire OX10 8DE. U.K
35. **Slafer GA, Araus JL (2007)** Physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In: Spiertz JHJ, Struik PC, van Laar HH. *Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plant-Crop Relations.* Springer, Dordrecht. pp. 145-154.
36. **Trethowan RM, Ginkel MV, Rajaram S (2002)** Progress in breeding for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.* 42: 1441-1446
37. **Van Ittersum MK, Cassman KG, Grassini P, Wolf J, Tittonell P, Hochman Z (2013)** Yield gap analysis with local to global relevance-a review. *Field Crops,* 143: 4-17
38. **Worland A, Snape JW (2001)** Genetic basis of worldwide wheat varietal improvement. In: Bonjean AP, Angus WJ (ed.) *The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding.* Lavoisier Publishing, rue Lavoisier, Paris. pp. 59-100