Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 137-153

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۵۳-۱۳۷

برآورد سهم نسبی عوامل بهنژادی و به‌زراعی در افزایش عملکرد در نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) کشور

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، افسانه امین غفوری[2] و منصوره محلوجی راد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۴

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، امین غفوری، ا.، و محلوجی راد، م. ۱۳۹۸. برآورد سهم نسبی عوامل به‌نژادی و به‌زراعی در افزایش عملکرد در نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) کشور. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱) :۱۵۳-۱۳۷.

چکیده

به منظور تفکیک سهم عوامل به‌نژادی و به‌زراعی و ارزیابی روند تغییرات آنها داده‌های تولید، سطح زیر کشت و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) آب کشور در طی دوره ۴۰ ساله ۹۰-۱۳۵۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میزان تولید گندم در طی این دوره با متوسط رشد سالانه حدود هشت درصد ۳/۲۵ برابر شده درحالی‌که میانگین رشد سطح زیر کشت تا پایان دهه ۷۰ در حدود ۲/۸ درصد در سال بوده و در طی دهه ۸۰ بطور متوسط سالانه یک درصد کاهش یافته است. عملکرد گندم نیز بطور متوسط سالانه ۵۸ کیلوگرم در هکتار (۳/۵ درصد در سال) افزایش داشته است، البته نتایج نشان داد که نوسان سالانه آب و هوایی در طی دوره تحت بررسی باعث شده تا نرخ رشد عملکرد ۲۱ درصد کمتر از مقدار قابل حصول آن باشد. در طی این دوره ۴۰ ساله میانگین سهم عملکرد و سطح زیر کشت در تولید به ترتیب ۵۶ و ۴۴ درصد بوده و برآورد می‌شود که در دهه ۹۰ سهم عملکرد تا ۷۰ درصد افزایش یابد. پتانسیل ژنتیکی عملکرد ارقام گندم در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۴۷ سالانه در حدود ۵۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته که معادل ۱/۱۸ درصد در سال می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق در طی دوره تحت بررسی ۳۴/۸ درصد از رشد سالانه عملکرد گندم آبی کشور مربوط به عوامل به‌نژادی (اصلاح ارقام) و بقیه مربوط به عملیات به‌زراعی بوده است. سهم کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفره در رشد عملکرد گندم به ترتیب ۲۵/۴ و ۸/۸ درصد برآورد شد و سایر عملیات به‌زراعی سهمی معادل ۳۱ درصد در افزایش سالانه عملکرد گندم کشور داشتند. البته سهم عوامل به‌نژادی و به‌زراعی در طی این دوره ۴۰ ساله متغیر بوده و بالاترین سهم عوامل ژنتیکی و کودهای شیمیایی در عملکرد مربوط به دهه ۷۰ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز روند، بازده ژنتیکی، پتانسیل ژنتیکی، شاخص اصلاح ارقام

مقدمه

در فاصله سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۶۱ میلادی (۱۳۹۰-۱۳۴۰ شمسی) جمعیت جهان با ۱۳۰ درصد افزایش از ۳ به ۷ میلیارد نفر بالغ شده است. در طی این دوره ۵۰ ساله تولید محصولات زراعی نیز ۳ برابر رشد داشته در حالی‌که مساحت کل اراضی زیر کشت گیاهان زراعی از ۷/۲ به ۸/۷ میلیون کیلومتر مربع رسیده یعنی تنها ۲۰ درصد افزایش یافته است (Bruinsma, 2009). بنابراین، در مقیاس جهانی بخش عمده افزایش تولید ناشی از مجموعه عوامل به‌نژادی و به‌زراعی می‌باشد. محققین این موفقیت را مرهون سه عامل اصلی می‌دانند: اصلاح واریته‌های پر محصول (برای مثال، برنج (*Oryza sativa* L.) و گندم‌های پاکوتاه (*Triticum aestivum* L.) و هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.))، مصرف نهاده‌های شیمیایی (تکنولوژی انقلاب سبز) و بهبود روش‌های آبیاری (Fischer et al., 2009).

از سوی دیگر، برای تأمین نیازهای غذایی جمعیت ۹ میلیاردی جهان در سال ۲۰۵۰ میلادی تولیدات کشاورزی باید بطور قابل توجهی افزایش یابد، برآوردها نشان می‌دهد طی ۳۵ سال آینده به ۵۰ (Smil, 2005) تا ۷۰ درصد (FAO, 2009) غذای بیشتر نیاز خواهد بود. افزایش سطح زیر کشت به دلیل محدودیت اراضی بکر زراعی راهکار پذیرفته شده‌ای برای تحقق نیازهای آینده محسوب نمی‌شود. برای مثال در آسیا، آمریکای جنوبی و برخی مناطق آفریقا پیش‌بینی

۱و ۲- به ترتیب استاد و دانشجوی دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.48702

www.SID.ir

Archive of SID

شده که هنوز امکان افزایش سطح زیرکشت بین ۲۰ تا ۳۰ درصد وجود دارد، ولی اغلب این اراضی حاشیه‌ای و کم‌بازده بوده و هزینه‌های زیست‌محیطی نظیر جنگل‌زدایی و تخریب خاک و به مخاطره افتادن تنوع زیستی را بدنبال دارند (Jaggard et al., 2010). بعلاوه کمبود آب نیز امکان افزایش سطح زیرکشت را محدود می‌سازد. بر اساس برآورد «ارزیابی جامع مدیریت مدیریت آب در کشاورزی» (CAWMA, 2007) در سال ۲۰۰۰ کل آب لازم برای تأمین نیاز آبی محصولات کشاورزی ۷۱۳۰ کیلومتر مکعب بوده که تا سال ۲۰۵۰ به ۱۳۵۰۰–۱۲۰۵۰ کیلومتر مکعب می‌رسد یعنی بطور متوسط ۸۰ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین افزایش عملکرد در واحد سطح اصلی‌ترین راهکار برای تأمین نیازهای آینده خواهد بود.

در بین گیاهان زراعی، غلات و در بین غلات گندم به دلیل نقش مهمی که در تغذیه حال و آینده مردم جهان دارند بیش از سایر محصولات مورد توجه قرار گرفته‌اند. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ میلادی تقاضا برای غلات بیشترین رشد را در بین محصولات کشاورزی خواهد داشت و برای تحقق این نیاز تولید جهانی غلات طی چهار دهه آینده باید ۴۹ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ یعنی بین ۱/۱۶ تا ۱/۳۱ درصد در سال افزایش یابد (Hafner, 2003; Hall & Richards, 2014). در مورد گندم نیز وضعیت مشابهی وجود دارد، در حال حاضر تولید جهانی این محصول از ۲۰۰ میلیون هکتار اراضی زیر کشت ۶۰۰ میلیون تن است و تقاضای جهانی آن تا سال ۲۰۲۵ میلادی به ۸۴۰ میلیون تن خواهد رسید (FAO, 2011) که باید از طریق افزایش عملکرد تأمین شود.

عملیات به‌نژادی (اصلاح ژنتیکی ارقام پر محصول) و به‌زراعی (مصرف نهاده‌ها و مدیریت آن) دو راهکار اصلی برای افزایش عملکرد در واحد سطح محسوب می‌شوند. در سال‌های اخیر ارزیابی میزان افزایش پتانسیل ژنتیکی عملکرد ارقام گندم در طی برنامه‌های اصلاحی موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است (Brancourt-Hulmel et al., 2003; Zhou et al., 2007; Graybosch & Peterson, 2010; Esmaeilzadeh Moghaddam et al., 2014; Sadras & Lawson, 2011; Sanchez-Garcia et al., 2012). با وجودی‌که میزان موفقیت برنامه‌های اصلاحی در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد، ولی میانگین جهانی افزایش پتانسیل عملکرد گندم (یعنی عملکرد در شرایط بهینه رشد) معادل ۱–۰/۹ درصد در سال برآورد شده است (Fischer & Edmeades, 2010). علی‌رغم پیشرفت‌های ژنتیکی در زمینه افزایش پتانسیل عملکرد گندم، در سال‌های اخیر افزایش عملکرد مشابه دهه‌های میانی قرن گذشته نیست. شواهد حاکی از آن است که عملکرد گندم در اروپا ازاواسط دهه ۹۰ میلادی به ثبات رسیده و افزایش معنی‌داری در روند آن مشاهده نمی‌شود (Fischer et al., 2009; Brisson et al., 2010). این وضعیت در مناطقی از آمریکا، مکزیک و در مورد غلات اصلی قاره آسیا (Kalra et al., 2008). نیز در دوره زمانی مشابه با اروپا گزارش شده است. البته محققین معتقدند که این امر به دلیل عدم وجود پتانسیل ژنتیکی نبوده بلکه ناشی از عدم کارآیی نظام‌های تولید در استفاده از منابع و رسیدن به عملکرد پتانسیل است (Fischer & Edmeades, 2010)، بعلاوه نوسانات سالانه آب و هوایی (Lobell et al., 2009) و تغییر اقلیم (Liu et al., 2010) نیز در آن دخیل می‌باشند.

بنابراین برنامه‌ریزی جهت افزایش تولید از طریق عملکرد مستلزم آگاهی از سهم نسبی عوامل ژنتیکی، به‌زراعی و آب و هوایی در روند دراز مدت عملکرد می‌باشد. در این ارتباط محققین مطالعاتی را برای تفکیک سهم اصلاح ارقام از سهم عملیات زراعی در عملکرد و در طی زمان ارائه کرده‌اند. در مورد گندم برآورد افزایش ژنتیکی عملکرد از ۲۵ درصد (Feyerherm & Paulsen, 1981) تا ۳۳ (O' Brien, 1982)، ۴۳ درصد (Feyerherm et al., 1988) و ۴۹ درصد (Jensen, 1978) برآورد شده است، اسلافر و همکاران (Slafer et al., 1993) روش‌ها و نتایج این نوع مطالعات را مورد بررسی قرار داده‌اند. البته طلاعات موجود در مورد سهم عوامل به‌زراعی در افزایش عملکرد گندم محدود می‌باشد، در فاصله سال‌های ۱۹۹۶–۱۹۶۰ تولید غلات در جهان سالانه ۴/۱ درصد افزایش یافته که ۴۰ درصد از آن مربوط به کودهای شیمیایی نیتروژنی می‌باشد (Cassman et al., 2003).

در ایران تحقیق جامعی جهت تفکیک کمی سهم عوامل مؤثر بر عملکرد محصولات زراعی انجام نشده است، بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش سهم عوامل به‌نژادی و به‌زراعی در روند تغییرات عملکرد گندم کشور در طی دوره ۴۰ ساله ۹۰–۱۳۵۰ مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آنالیز روندها

روند تغییرات سطح زیرکشت، عملکرد و میزان کل تولید گندم آبی کشور با برازش رگرسیون خطی به داده‌های دوره ۴۰ ساله (۹۰–۱۳۵۰) برآورد گردید، شیب این خط تغییرات سالانه هر متغیر را در طی دوره زمانی تحت بررسی مشخص می‌سازد. در مورد سطح زیرکشت به دلیل افزایش معنی‌دار ضریب تبیین، از مدل رگرسیون خطی دو قطعه‌ای[1] استفاده شد، روش برازش مدل‌های رگرسیون قطعه‌ای توسط نصیری و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2014) توصیف شده است.

1- Bi-linear

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های مربوط به سطح زیرکشت و عملکرد گندم آبی برای دوره ۴۰ ساله تحت بررسی از پایگاه اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی (MJA, 2013) استخراج گردید و تولید گندم از حاصلضرب این دو متغیر بدست آمد.

تفکیک سهم اجزای تولید

سطح زیرکشت و عملکرد دو جزء تعیین‌کننده میزان تولید می‌باشند البته به دلیل اینکه تولید حاصلضرب این دو جزء است تعیین سهم هر جزء در تولید سالانه گندم مستلزم خطی کردن این رابطه می‌باشد. به این منظور از روش تفکیک اجزاء[1] (Moll et al., 1982) استفاده شد. جهت تفکیک اجزاء ابتدا رابطه تولید با سطح زیر کشت و عملکرد (معادله ۱) بصورت خطی درآورده شد (معادله ۲):

$$P_i = A_i \times Y_i \quad (۱)$$

$$\log(P_i) = \log(A_i) + \log(Y_i) \quad (۲)$$

که در آن، P_i، A_i، و Y_i: به‌ترتیب میزان تولید، سطح زیرکشت و عملکرد در سال i ام می‌باشند. در ادامه مجموع مربعات میزان تولید $(\sum \log(P_i)^2)$ و جمع حاصلضرب تولید در سطح زیرکشت $(\sum \log(P_i) \times \log(A_i))$ و تولید در عملکرد $(\sum \log(P_i) \times \log(Y_i))$ محاسبه شد. به این ترتیب با تقسیم کردن جمع حاصلضرب تولید در هر یک از اجزا بر مجموع مربعات تولید، سهم هر جزء تعیین شد، برای مثال سهم سطح زیرکشت (C_A) از معادله ۳ بدست آمد:

$$C_A = \frac{\sum \log(P_i) \times \log(A_i)}{\sum \log(P_i)^2} \quad \text{معادله (۳)}$$

تفکیک اجزای تولید به روش فوق برای کل دوره ۴۰ ساله و نیز برای هشت دوره پنج ساله انجام شد تا الگوی تغییرات سهم این اجزاء مشخص گردد.

تصحیح عملکرد برای تغییرات سالانه آب و هوایی

نوسانات سالانه آب و هوایی باعث تغییرات قابل توجهی در عملکرد گندم شده و در نتیجه روند بدست آمده برای رشد عملکرد به دلیل این نوسانات کمتر از مقدار قابل حصول آن در غیاب تغییرات آب و هوایی خواهد بود، بنابراین حذف اثر آب و هوا تصویر دقیق‌تری را از روند تغییرات عملکرد ارائه خواهد کرد.

با برازش مدل رگرسیون خطی به داده‌های عملکرد در طی دوره ۴۰ ساله روند تغییرات آن برآورد شد. به لحاظ آماری باقیمانده[2] این معادله رگرسیون یعنی اختلاف بین عملکردهای واقعی و پیش‌بینی شده در هر سال، نشان‌دهنده تأثیر شرایط سالانه آب و هوایی بر عملکرد می‌باشد (Calderini & Slafer, 1998)، لذا پایین بودن مقادیر باقیمانده حاکی از تأثیر کمتر آب و هوا و بالا بودن آن نشانه تشدید اثر آب و هوا بر عملکرد است. بر این اساس باقیمانده معادله روند عملکرد به روش توصیف‌شده توسط نصیری و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2014) بر آورد و این مقادیر به عملکرد تصحیح‌نشده[3] سالانه اضافه شد تا عملکرد تصحیح شده[4] (با حذف اثر آب و هوا) بدست آید. سپس معادله روند مجدداً به مقادیر تصحیح شده عملکرد برازش داده شد تا شیب تغییرات عملکرد در غیاب تغییرات سالانه آب و هوا برآورد گردد.

برآورد تغییرات پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم آبی

جهت مطالعه روند افزایش پتانسیل عملکرد ارقام گندم آبی معرفی‌شده در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی از دو مجموعه داده استفاده شد. مجموعه اول داده‌های مربوط به آزمایش فیروزجایی (Firozjaee, 2015) بود که در آن ۱۸ رقم گندم آبی که در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۴۸ آزاد شده‌اند در شرایط آب و هوایی مشهد و در شرایط مطلوب رشد از نظر تأمین آب، کود و سایر عملیات به‌زراعی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مجموعه دوم از داده‌های ارائه شده توسط خدارحمی و وزان (Khodarahmi & Vazan, 2010) استخراج گردید که در آن ۱۴ رقم گندم آبی معرفی شده در سال‌های ۸۶-۱۳۴۷ در شرایط آب و هوایی کرج و در شرایط بهینه رشد مقایسه شده‌اند. اسامی ارقام دو آزمایش و سال آزادسازی آنها در جدول ۱ ذکر شده، سایر جزییات مربوط به اجرای آزمایش توسط فیروزجایی (Firozjaee, 2015) و خدارحمی و وزان (Khodarahmi & Vazan, 2010) ارائه شده است.

تغییرات زمانی افزایش پتانسیل عملکرد ارقام با برازش رگرسیون خطی به داده‌های عملکرد (Y) و سال آزادسازی آنها (X) بدست آمد، شیب این خط رگرسیون نشان‌دهنده افزایش سالانه پتانسیل عملکرد ارقام گندم می‌باشد (Fischer & Edmeades, 2010; Austin et al., 1980).

برآورد سهم اصلاح نباتات (به‌نژادی) در افزایش عملکرد

چنانچه ذکر شد شیب معادله روند عملکرد میزان رشد آن را بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال بیان می‌کند. این رشد حاصل مجموعه عملیات به‌نژادی (معرفی ارقام اصلاح‌شده) و به‌زراعی می‌باشد. به منظور تعیین سهم به‌نژادی در رشد عملکرد گندم آبی در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی از روش ارائه شده توسط سیلوی (Silvey, 1981) استفاده شد. داده‌های لازم برای اجرای این روش

1- Component analysis
2- Residuals
3- Unadjusted yield
4- Weather-adjusted yield

www.SID.ir

Archive of SID

عبارتند از: سطح زیر کشت ارقام گندم در هر سال از دوره تحت بررسی، عملکرد هر یک از ارقام در شرایط مطلوب رشد و عملکرد رقم مرجع که در سال شروع دوره تحت بررسی بیشترین سطح زیر کشت را داشته است. بر اساس این داده‌ها برای هر سال نسبت سطح زیر کشت هر رقم (A_c) از کل سطح زیر کشت گندم آبی در آن سال (A_t) در نسبت عملکرد هر رقم (Y_c) به عملکرد رقم مرجع (Y_{ref}) ضرب می‌شود تا نوعی شاخص اصلاح ارقام[1] (CI) بدست آید (معادله ۴):

$$CI = \frac{A_C}{A_t} \times \frac{Y_C}{Y_{ref}} \quad \text{معادله (۴)}$$

با ضرب کردن این شاخص در میانگین عملکرد گندم در سال شروع دوره (۱۳۵۰)، بازده ژنتیکی[2] اصلاح ارقام (کیلوگرم در هکتار) برای هر سال بدست آمد و شیب معادله روند بازده ژنتیکی سهم معرفی ارقام در طی دوره تحت بررسی را مشخص می‌سازد.

داده‌های مربوط به سطح زیرکشت ارقام در سال‌های گذشته معمولا در دسترس نمی‌باشند و باید برآورد شوند. در این مطالعه سطح زیر کشت ارقام در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی بر اساس داده‌های مربوط به میزان توزیع بذر گواهی‌شده ارقام در سال‌های مختلف (زارع فیض آبادی، مکاتبات شخصی) و مقدار بذر لازم برای کاشت یک هکتار برآورد گردید.

مجموع سطح زیرکشت ارقام در هر سال که به روش فوق برآورد شد از سطح کل زیر کشت گندم آبی کمتر بود که دلیل آن بذر نگهداری شده توسط زارعین[3] برای کشت بعدی است و میزان آن در سال‌های مختلف متغیر و بین ۲۳ تا ۳۰ درصد از کل سطح زیر کشت گندم بود، ماکای و همکاران (Mackay et al., 2011) نیز مقدار بذر گندم زارعین در کشور انگلستان را در حدود ۲۵ درصد سطح زیرکشت این کشور برآورد کردند. البته نوع رقم انتخاب شده توسط زارعین مشخص نمی‌باشد، بنابراین، با این فرض که کشاورزان بذر ارقام پر محصول را برای کشت بعدی نگهداری می‌کنند مساحت مربوط به این نوع بذر در هر سال بر اساس سطح ارقام کشت شده در سال قبل که بالاترین عملکرد را داشته‌اند تعیین گردید. جهت محاسبه CI از معادله ۴ رقم بزوستایا بعنوان رقم مرجع (Y_{ref}) در نظر گرفته شد، این رقم که در سال ۱۳۴۸ معرفی شده در طی دهه ۵۰ و تا اوایل دهه ۶۰ در سطح وسیع در کشور کشت شده است و میانگین عملکرد آن در شرایط بهینه رشد ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. عملکرد ارقام معرفی شده در طی دوره ۴۰ ساله (Y_c در معادله ۴) نیز از داده‌های ارائه شده توسط محمدرضا جلال کمالی (مکاتبات شخصی) استخراج شد.

برآورد سهم روش‌های به‌زراعی در افزایش عملکرد

تفاضل شیب معادله روند عملکرد از شیب معادله روند بازده ژنتیکی نشان‌دهنده سهم عوامل به‌زراعی در افزایش عملکرد می‌باشد. از بین عوامل مختلف به‌زراعی در مورد گندم آبی داده‌های مربوط به میزان مصرف سالانه کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی در دسترس می‌باشد و اطلاعات دقیقی از شاخص‌های مکانیزاسیون، مقدار مصرف آب و سموم شیمیایی برای این دوره موجود نمی‌باشد لذا از بین عوامل به‌زراعی تنها سهم این دو نوع کود مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس، تغییرات سالانه عملکرد گندم آبی بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال (dY = شیب معادله روند عملکرد) را می‌توان با معادله ۵ توصیف کرد (Bell et al., 1995):

$$dY = dG + dN + dP + dO \quad \text{معادله (۵)}$$

که در آن dG، dN، dP و dO (همگی بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال): به ترتیب افزایش عملکرد ناشی از عوامل ژنتیکی، کودهای نیتروژنی، کودهای فسفره و سایر عوامل به‌زراعی می‌باشند، بنابراین $dY - dG$ معادل سهم عوامل به‌زراعی می‌باشد.

تغییرات عملکرد ناشی از کودهای شیمیایی (dN و dP) به روش توصیف *شده* توسط نصیری و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017) برآورد شد. بطور خلاصه در این روش ابتدا مقدار عملکرد دانه حاصل از مصرف هر کیلوگرم کود شیمیایی ($kg_{grain}/kg_{fertilizer}$) محاسبه شده و از حاصلضرب این مقدار در میزان کود مصرفی ($kg_{fertilizer}/ha$) بازده کود شیمیایی (kg_{grain}/ha) بدست خواهد آمد. شیب معادله روند بازده کودهای شیمیایی سهم هر نوع کود ($kg_{grain}/ha/yr$) را در طی دوره تحت بررسی مشخص می‌سازد. باید توجه داشت که بر اساس معادله ۵ پس از محاسبه سهم کودهای نیتروژنی (dN) باید این مقدار از تغییرات عملکرد کسر شده و محاسبات مربوط به کود فسفره بر روی باقیمانده ($dY - dG - dN$) انجام شود. به این ترتیب پس از محاسبه سهم کودهای شیمیایی مجموع سهم سابر عوامل به‌زراعی در افزایش عملکرد (dO) نیز تعیین خواهد شد.

نتایج و بحث

روند تغییرات تولید، سطح زیر کشت و عملکرد

در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰ تولید گندم آبی کشور بطور متوسط سالانه ۲۱۴ هزار تن افزایش یافته است (شکل ۱a)، البته میزان تولید گندم از نیمه دوم دهه ۸۰ تا حدودی دارای روندی نزولی است. نتایج

1- Cultivar improvement index
2- Genetic gain
3- Farmers-saved seed

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد که این کاهش به دلیل پایین آمدن سطح زیرکشت گندم آبی از ابتدای دهه ۸۰ می‌باشد.

جدول ۱- اسامی و سال آزادسازی ارقام گندم آبی مورد استفاده برای برآورد تغییرات پتانسیل ژنتیکی عملکرد

Table 1- Name and year of release of irrigated wheat cultivars used for estimating changes in

خدارحمی و وزان (Khodarahmi & Vazan, 2010)			فیروزجایی (Firozjaee, 2015)		
سال آزادسازی Year of release	رقم Cultivar		سال آزادسازی Year of release	رقم Cultivar	
1968	دیهیم	Deihim	1969	بزوستایا	Bezostaya
1973	کرج ۱	Karaj 1	1981	سبلان	Sabalan
1973	کرج ۲	Karaj 2	1990	فلات	Falat
1979	آزادی	Azadi	1992	کراس روشن	Roshan cross
1989	قدس	Ghods	1995	الوند	Alvand
1990	فلات	Falat	1995	زرین	Zarin
1990	نوید	Navid	1995	تجن	Tajan
1992	کراس روشن	Backrshn	1997	چمران	Chamran
1995	مهدوی	Mahdavi	2002	توس	Toos
1997	چمران	Chamran	2002	پیشتاز	Pishtaz
1997	کویر	Kavir	2006	سپاهان	Sepahan
1997	زاگرس	Zagros	2006	بم	Bam
1999	مرودشت	Marvdasht	2007	بهار	Bahar
2002	شیراز	Shiraz	2008	پیشگام	Pishgam
2002	پیشتاز	Pishtaz	2009	سیوند	Sivand
2006	شاپسند	Shapasand	2009	پارسی	Parsi
2007		m796	2010	زارع	Zare
			2010	میهن	Mihan
			2010	اروم	Oroom
			2011	سیروان	Sirvan

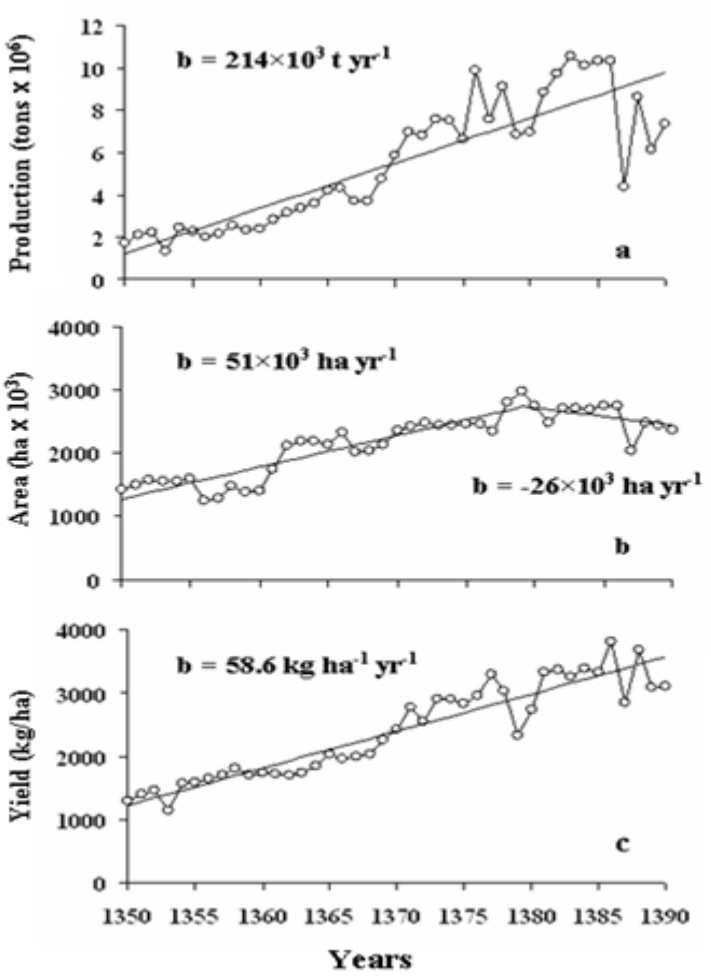
در واقع، سطح زیرکشت گندم در فاصله سال‌های ۸۰-۱۳۵۰ سالانه ۵۱ هزار هکتار افزایش یافته و از حدود ۱/۲ میلیون هکتار در سال ۱۳۵۰ به ۲/۹ میلیون هکتار در سال ۱۳۸۰ رسیده و به بیان دیگر در طی ۳۰ سال ۲/۳ برابر شده است (شکل ۱b)، با این وجود در طی دهه ۸۰ با نرخی معادل ۲۶ هزار هکتار در سال در حال کاهش بوده و بنظر می‌رسد که این روند نزولی در طی دهه ۹۰ نیز ادامه یابد.

این نتایج نشان می‌دهد که تولید گندم آبی کشور تا حد زیادی به سطح زیرکشت وابسته بوده و افزایش عملکرد گندم در دهه ۸۰ قادر به حفظ میزان تولید در کشور نمی‌باشد. با وجودی‌که عملکرد گندم آبی در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی سالانه ۵۸/۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته (شکل ۱c) ولی نرخ رشد آن در طول این دوره ثابت نبوده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین سرعت رشد عملکرد مربوط به سال‌های ۸۰-۱۳۷۰ می‌باشد و رشد عملکرد در دهه ۸۰ در مقایسه با کل دوره ۴۰ ساله کاهش یافته است. نصیری و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2014) با برازش مدل سه قطعه‌ای به روند عملکرد گندم کشور نشان دادند که این روند در دهه ۸۰ در حال ثابت شدن می‌باشد. بر اساس این نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

بنظر می‌زسد که کند شدن سرعت رشد عملکرد همراه با کاهش سطح زیرکشت دلایل اصلی کاهش تولید گندم آبی کشور از اواسط دهه ۸۰ می‌باشد.



شکل ۱- روند تغییرات میزان تولید (a)، سطح زیر کشت (b) و عملکرد (c) گندم آبی کشور در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰ همراه با شیب خط رگرسیون برازش شده به داده‌ها

Fig. 1- Trends of total production (a), cultivated area (b) and yield (c) of irrigated wheat over the country during 1971-2011 (1350-1390), slope of the fitted regression line is also shown

زارع و همکاران (Zare et al., 2006) با تجزیه و تحلیل روند ۳۰ ساله (۱۳۸۲-۱۳۵۰) تولید غلات در کشور نشان دادند که متوسط افزایش عملکرد گندم در طی این دوره در حدود ۶۲ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است در حالی‌که بر اساس نتایج این تحقیق افزایش عملکرد تا پایان دهه ۸۰ تا حدودی کاهش یافته که تأییدی بر کند شدن روند بعد از سال ۱۳۸۲ می‌باشد. البته میانگین جهانی افزایش سالانه عملکرد گندم و غلات (شامل گندم، ذرت و برنج) در فاصله سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۰ میلادی یعنی دوره‌ای تقریبا مشابه با این تحقیق، به ترتیب ۳۹ و ۴۳ کیلوگرم در هکتار در سال گزارش شده (Fischer & Edmeades, 2010) که حاکی بالاتر بودن نرخ رشد عملکرد غلات ایران نسبت به متوسط جهانی است.

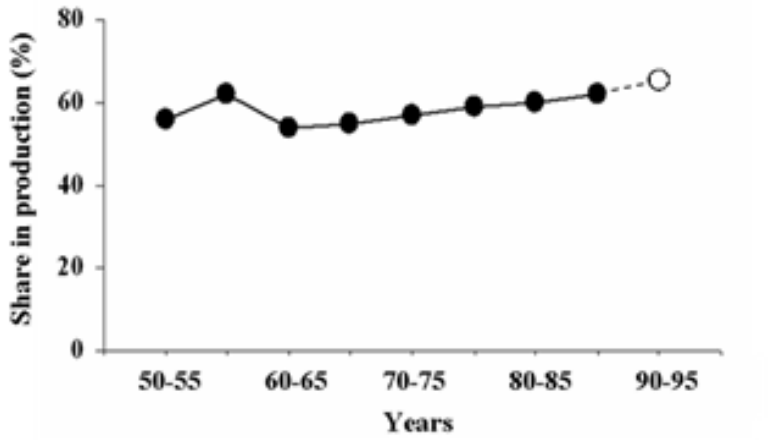
کاهش سطح زیر کشت گندم به دلیل محدودیت منابع آب چندان دور از انتظار نیست و وضعیت مشابهی در اغلب مناطق جهان گزارش شده است (Koning & Van Ittersum, 2009). برای مثال، وانگ و همکاران (Wang et al., 2009) گزارش کردند که در چین سطح زیر کشت گندم در فاصله سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۹۵ از ۳۲ به ۲۰ میلیون هکتار تقلیل یافته و در نتیجه میزان تولید گندم این کشور با وجود حفظ روند افزایش عملکرد، از ۱۲۳ به ۱۰۵ میلیون تن رسیده است. البته این نتایج اهمیت عملکرد را در حفظ تولید بالا آشکار می‌سازد.

www.SID.ir

Archive of SID

سهم عملکرد و سطح زیر کشت در تولید

نتایج حاصل از تفکیک اجزای تولید نشان داد که در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی ۵۵ درصد از افزایش تولید مربوط به عملکرد و ۴۵ درصد آن ناشی از افزایش سطح زیرکشت بوده است، البته سهم این دو جزء در طی این دوره متغیر می‌باشد. در شکل ۲ سهم عملکرد در تولید گندم آبی کشور در دوره‌های ۵ ساله بین سال‌های ۱۳۵۰ تا ۹۰ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج پس از یک نوسان در سال‌های ۶۰-۱۳۵۰، از آغاز دهه ۶۰ سهم عملکرد در تولید بطور خطی افزایش یافته و در سال ۱۳۹۰ به حدود ۶۶ درصد رسیده است، پیش‌بینی بر اساس سری زمانی نیز نشان داد که تا سال ۱۳۹۵ با تداوم این روند سهم عملکرد در حدود ۷۰ درصد خواهد بود (شکل ۲). بنظر می‌رسد که افزایش سهم عملکرد در تولید گندم آبی کشور بویژه در طی دهه ۸۰ به دلیل کاهش سطح زیر کشت (شکل 1b) و در مقابل تداوم افزایش عملکرد (شکل 1c) می‌باشد.



شکل ۲- سهم عملکرد در میزان کل تولید گندم آبی کشور در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰ و پیش‌بینی آن تا سال ۱۳۹۵

پیش‌بینی بر اساس نتایج تجزیه سری‌های زمانی سطح زیرکشت، عملکرد و تولید انجام شده است.

Fig. 2- Contribution of yield in total production of irrigated wheat during 1971-2011 (1350-90) period and the predicted value for 2016

Prediction is made based on time series analysis of yield, area and production trends.

برآوردها نشان می‌دهد که در کشورهای توسعه یافته میانگین سهم عملکرد و سطح زیر کشت به ترتیب ۸۰ و ۲۰ درصد می‌باشد (Bruinsma, 2009)، در حالی‌که در کشورهای در حال توسعه به دلیل پایین بودن عملکرد در واحد سطح سهم سطح زیرکشت به ۶۰ درصد نیز می‌رسد (Smil, 2005). بطور کلی، اتکا به سطح زیرکشت جهت افزایش تولید مستلزم تخریب منابع پایه (جنگل‌ها، مراتع و خاک) بوده و تهدیدی برای تنوع زیستی محسوب می‌شود (Koning & Van Ittersum, 2009) با این‌وجود روند نزولی مشاهده در سطح زیرکشت گندم کشور ضرورت توجه به بالا بردن عملکرد را آشکار می‌سازد.

تغییرات پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم

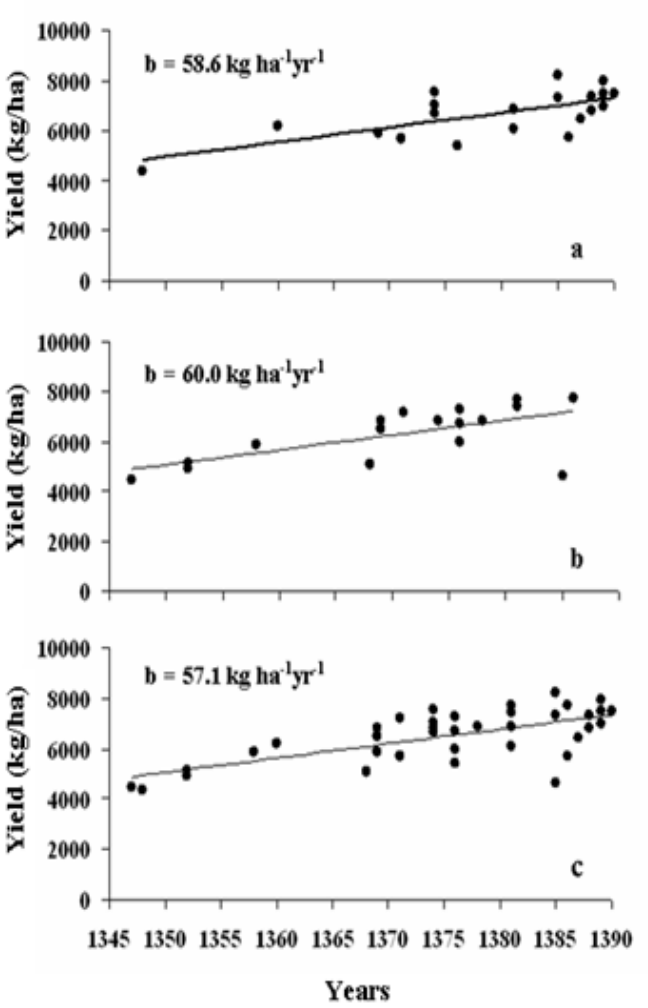
پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم آبی که در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۴۷ معرفی شده‌اند بطور قابل توجهی افزایش یافته است. بر اساس داده‌های حاصل از آزمایش اجرا شده در مشهد (Firozjaee, 2015) بازده اصلاح ارقام گندم مربوط به سال‌های ۹۰-۱۳۴۸ معادل ۵۸/۶ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است (شکل 3a). آنالیز داده‌های ارائه شده توسط خدارحمی و وزان (Khodarahmi & Vazan, 2010) نیز نشان داد که پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم اصلاح شده در فاصله سال‌های ۸۸-۱۳۴۷ سالانه ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته (شکل 3b) که با نتایج حاصل از آزمایش فیروزجایی قابل مقایسه است. بعلاوه تلفیق داده‌های هر دو آزمایش (شکل 4c) نیز حاکی از آن است که اصلاح ارقام گندم آبی در طی چهار دهه گذشته بازدهی معادل ۵۷/۱ کیلوگرم در هکتار در سال داشته است.

اسماعیل‌زاده و همکاران (Esmaeilzadeh Moghaddam et al., 2014) با مطالعه ۱۴ رقم گندم ایرانی که در فاصله سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۳۲ آزاد شده‌اند افزایش پتانسیل ژنتیکی عملکرد را ۴۰ کیلوگرم در هکتار در سال برآورد کردند که معادل ۱/۱۷ درصد در سال می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق نیز مقدار افزایش برای دو گروه داده و مجموع آنها به ترتیب ۱/۱۹، ۱/۲۱ و ۱/۱۸ درصد در سال بدست آمد. بنابراین، بنظر می‌رسد که رشد سالانه ۱/۲-۱/۱۷

www.SID.ir

Archive of SID

درصدی مقدار قابل قبولی برای افزایش پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم آبی کشور در ۵۰ سال گذشته باشد.



شکل ۳- تغییرات عملکرد ارقام گندم آبی ایران که در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۴۷ معرفی شده‌اند، a) داده‌های آزمایش مشهد (Firozjaee, 2015)، b) داده‌های خدارحمی و وزان (Khodarahmi & Vazan, 2010)، c) مجموع داده‌های a و b

Fig. 3- Time trend of changes in yield of irrigated wheat cultivars released between 1968-2011 (1347-90), a) Mashhad experiment (Firozjaee, 2015), b) data from Khodarahmi and Vazan (2010), c) both a and b data.

رشد پتانسیل ژنتیکی ارقام گندم در کشورهای مختلف تغییرات زیادی را نشان می‌دهد. برای مثال، گری‌بوش و پترسون (Graybosch & Peterson, 2010) با ارزیابی ارقام گندم اصلاح شده در طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۵۲ در دشت‌های وسیع آمریکا نشان دادند که پتانسیل ژنتیکی این ارقام سالانه ۱/۱ درصد افزایش یافته است. بر اساس یافته‌های ژائو و همکاران (Zhou et al., 2007) رشد پتانسیل ژنتیکی عملکرد در مناطق کشت گندم در شمال چین بین سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ میلادی در استان‌های مختلف سالانه ۳۲ تا ۷۲ کیلوگرم در هکتار (۰/۴۸ تا ۱/۲۳ درصد در سال) بوده است. سانچز-گارسیا و همکاران (Sanchez-Garcia et al., 2012) این رشد را برای ارقام گندم اسپانیا در فاصله ۲۰۰۰-۱۹۳۰ معادل ۰/۸۸ درصد در سال، بریسون و همکاران (Brisson et al., 2010) برای ارقام گندم فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۵۲ میلادی معادل ۱/۳ درصد در سال و سدراس و لاوسون (Sadras & Lawson, 2011) برای ارقام اصلاح شده در استرالیا بین سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۵۸ میلادی معادل ۲۵ کیلوگرم در هکتار در سال (۰/۵ درصد در سال) برآورد کردند، البته ارقام تحت بررسی در استرالیا برای شرایط کمبود آب اصلاح شده بودند. در مکزیک نیز در طی یک دوره ۲۰ ساله پتانسیل عملکرد ارقام گندم سالانه ۰/۹-۰/۷ درصد افزایش یافته است (Bell et al., 1995).

www.SID.ir

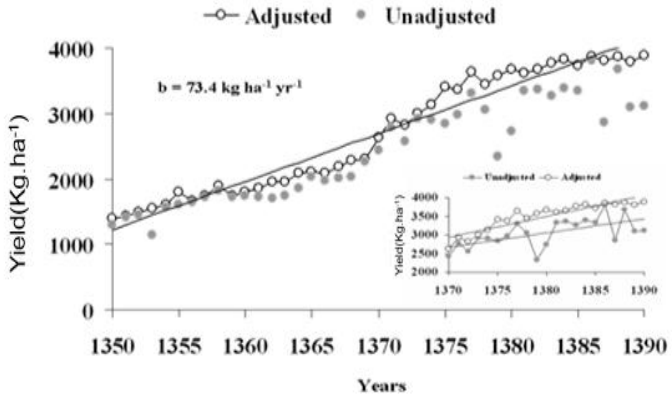
Archive of SID

اختلاف در پتانسیل ژنتیکی ارقام بین مناطق مختلف و در یک منطقه در طی دوره‌های زمانی مختلف تابعی از اهداف اصلاحی است. در نیمه دوم قرن گذشته یعنی دوره‌ای که افزایش عملکرد هدف اصلی اصلاح گندم بوده است سرعت افزایش پتانسیل عملکرد تقریبا در تمام کشورهای جهان زیاد است (Cassman et al., 2003). در حالی‌که از دهه پایانی قرن گذشته و در قرن حاضر اهداف اصلاحی در برخی مناطق جهان به سمت صفات کیفی (افزایش پروتئین و خصوصیات نانوایی) و تیز مقاومت به تنش‌ها (بویژه خشکی) گرایش یافته و به دلیل همیستگی منفی این صفات با عملکرد، رشد پتانسیل ژنتیکی ارقام کاهش یافته است (Fischer et al., 2009).

از سوی دیگر، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که کند شدن رشد عملکرد گندم کشور در دهه ۸۰ (شکل ۱) ناشی از کاهش پتانسیل ژنتیکی ارقام نمی‌باشد، زیرا عملکرد ژنتیکی تا سال ۱۳۹۰ رشد خطی خود را ادامه داده است (شکل ۳)، بنابراین عوامل دیگری در کاهش روند رشد عملکرد گندم کشور نقش داشته‌اند.

روند تصحیح شده عملکرد

در شکل ۴ روند تصحیح شده عملکرد گندم آبی کشور برای حذف اثر نوسانات آب و هوایی با داده‌های تصحیح نشده (واقعی) مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که شیب خط رگرسیون برای عملکرد تصحیح شده ۷۳/۴ کیلوگرم در هکتار در سال است که در مقایسه با شیب عملکرد واقعی (۵۸/۳ $kg.ha^{-1}yr^{-1}$، شکل ۱c) در حدود ۲۴/۵ درصد بزرگتر می‌باشد. به بیان دیگر، نوسانات آب و هوایی در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی باعث شده که عملکرد گندم آبی کشور ۲۴ درصد کمتر از مقدار قابل حصول آن با مدیریت مشابه ولی بدون نوسانات آب و هوایی باشد. بعلاوه نتایج بوضوح نشان می‌دهد که تأثیر نوسانات آب و هوایی در طی دوره ۲۰ ساله دوم (۹۰-۱۳۷۰) بمراتب بیشتر از ۲۰ ساله اول بوده است (شکل ۴). نوسانات شدید عملکرد که از دهه ۷۰ آغاز شده در طی دهه ۸۰ به حداکثر خود رسیده است و این امر باعث شده در طی ۲۰ ساله دوم نرخ رشد عملکرد تصحیح شده ۴۷ درصد ات بیشتر از عملکرد واقعی باشد. بر این اساس، بنظر می‌رسد که کند شدن روند رشد تا حد زیادی ناشی از این نوسانات باشد.



شکل ٤- روند تغییرات تصحیح نشده (واقعی) و تصحیح شده (حذف اثر نوسانات آب و هوایی) عملکرد گندم آبی کشور در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰

شکل داخلی همین روندها را در طی دوره ۲۰ ساله دوم (۹۰-۱۳۷۰) نشان می‌دهد.

Fig. 4- Trends of unadjusted and weather adjusted yield of irrigated wheat during 1971-2011 (1350-90)
Inside figure shows the same trend for 1991-2011.

تأثیر تغییرات سالانه آب و هوایی بر عملکرد گندم در مناطق مختلف گزارش شده است برای مثال بل و فیشر (Bell & Fischer, 1994) در مطالعه‌ای در مکزیک با تجزیه و تحلیل داده‌های عملکرد گندم در یک دوره ۳۰ ساله نشان دادند که روند افزایش عملکرد ۴۸ درصد کمتر از مقدار آن پس از حذف اثر نوسانات آب و هوایی باشد. بریسون و همکاران (Brisson et al., 2010) نیز نوسان سالانه آب و هوایی را عامل مهمی در ثابت شدن عملکرد گندم در فرانسه و برخی کشورهای اروپا ذکر کرده‌اند، بر اساس یافته‌های این محققین این توسانات باعث شده تا طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۳ سرعت رشد عملکرد گندم فرانسه۴۰ درصد کاهش یابد. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2013) نیز در مطالعه‌ای در کشور چین نشان تغییرات سال به سال آب و هوایی عملکرد گندم را در فاصله سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۶ میلادی تحت تأثیر قرار داد، بطوری‌که تا ۳۹ درصد کاهش عملکرد را به همراه داشته است.

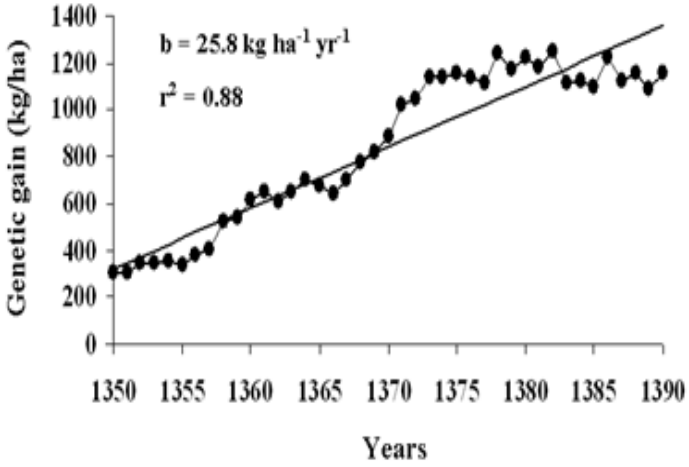
www.SID.ir

Archive of SID

تشدید تغییرات سالانه آب و هوایی که یکی از پی‌آمدهای مهم تغییر اقلیم می‌باشد عملکرد گندم را به طرق مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد که از میان آنها بروز خشکی در مرحله طویل شدن ساقه (Sinclair & Jamieson, 2006) و افزایش درجه حرارت در دوره پر شدن دانه (Gooding et al., 2003) بیش از بقیه تأثیرگذار می‌باشند.

سهم به‌نژادی در افزایش عملکرد

نتایج نشان داد که بازده معرفی ارقام اصلاح شده در افزایش عملکرد گندم آبی کشور طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی معادل ۲۵/۸ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است (شکل ۵). به بیان دیگر، از میزان کل رشد عملکرد گندم طی این دوره یعنی ۷۳/۴ کیلوگرم در هکتار در سال (شکل ۴) ۳۴/۸ درصد آن ناشی از عملیات به‌نژادی می‌باشد. البته محاسبه بر اساس نرخ رشد عملکرد تصحیح نشده (۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار در سال، شکل ۱c) سهم عوامل به‌نژادی در افزایش عملکرد گندم را ۵۰/۷ درصد نشان می‌دهد که بیشتر از سهم واقعی اصلاح ارقام می‌باشد. بعلاوه نتایج نشان می‌دهد که سهم عملیات به‌نژادی در فاصله سال‌های ۷۵-۱۳۶۵ بیشترین مقدار را در طی دوره ۴۰ ساله داشته و تأثیر این عوامل در دهه ۸۰ روند نسبتاً ثابتی را دنبال می‌کند (شکل ۵).



شکل ۵- سهم اصلاح ارقام (عملیات به‌نژادی) در افزایش عملکرد گندم آبی کشور در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰

Fig. 5- Contribution of cultivar improvement (genetic gain) in the total yield increase of irrigated wheat during 1971-2011 (1350-90)

پیشتر ذکر شد که پتانسیل ژنتیکی عملکرد در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی سالانه ۵۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (شکل ۴) این افزایش اگرچه نشان‌دهنده پیشرفت در اصلاح ژنتیکی ارقام است، ولی نشان‌دهنده بازده ژنتیکی این ارقام در مزارع کشاورزان نمی‌باشد، زیرا پتانسیل ژنتیکی بر اساس عملکرد در شرایط بهینه رشد برآورد می‌شود در حالی‌که بازده ژنتیکی از عملکرد واقعی برآورد می‌گردد. بعلاوه در مقیاس ملی هر سال ترکیبی از ارقام اصلاح شده و در سطوح مختلف کشت می‌شوند که پتانسیل عملکرد متفاوتی دارند. از سوی دیگر سرعت جایگزینی ارقام در مزرعه با سرعت آزادسازی ارقام در مراکز اصلاح نبات منطبق نمی‌باشد. برنان و بایرلی (Brennan & Byerlee, 1991) روشی را برای برآورد سرعت جایگزینی ارقام در مقیاس ملی ارائه کردند، بر اساس این شاخص سرعت جایگزینی ارقام در استرالیا ۷/۶، آمریکا ۶/۷، آرژانتین ۶/۸ هند ۵/۳ و مکزیک ۳/۱ سال برآورد شده است. باوجودی‌که داده‌های لازم برای انجام این روش در ایران کامل نمی‌باشد، ولی بر اساس داده‌های موجود این سرعت برای ارقام گندم کشور در چهار دهه گذشته حدود ۷ سال برآورد می‌شود.

جنسن (Jensen, 1978) سهم اصلاح ژنتیکی در افزایش عملکرد در مقیاس جهانی معادل ۴۹ درصد برآورد کرده است که با نتایج مطالعات منطقه‌ای تا حدودی متفاوت می‌باشد. فیرهوم و پالسون (Feyerherm & Paulsen, 1981) و فیرهوم و همکاران (Feyerherm et al., 1988) سهم عوامل به‌نژادی در افزایش عملکرد گندم در مناطق مختلف آمریکا را بین ۲۵ تا ۳۳ درصد بدست آوردند. در حالی‌که اوبراین (O' Brien, 1982) بر اساس داده‌های ۸۰ ساله سهم اصلاح ارقام در روند عملکرد گندم کشور استرالیا را ۴۳ درصد برآورد کرده است. بل و همکاران (Bell et al., 1995) سهم

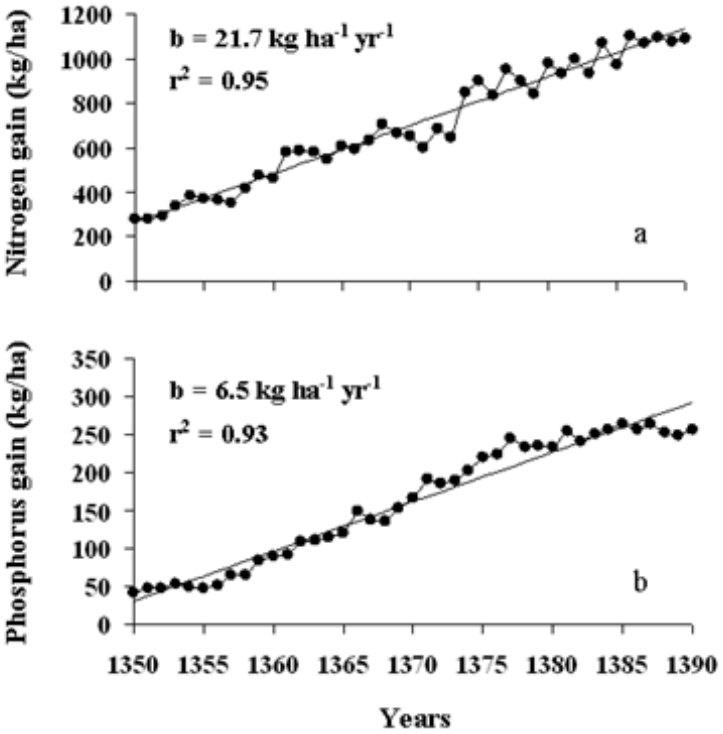
www.SID.ir

Archive of SID

خالص اصلاح ارقام در افزایش عملکرد گندم در مکزیک را طی یک دوره ۲۲ ساله ۲۸ درصد برآورد کردند. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2013) در مطالعه‌ای در شمال کشور چین بر اساس داده‌های سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۷۹ نشان دادند که سهم عوامل ژنتیکی در افزایش عملکرد گندم از شروع دوره تا سال ۱۹۹۰ ناچیز، در طی دهه ۹۰ معادل ۲۴/۷ درصد و در ۱۲ سال پایانی دوره ۵۲ درصد بوده است. بر این اساس سهم اصلاح ارقام در رشد عملکرد گندم آبی کشور ایران (۳۵ درصد) نیز در بازه گزارش شده از سایر کشورهای جهان قرار دارد. البته ماکای و همکاران (Mackay et al., 2011) سهم عوامل به‌نژادی در افزایش عملکرد گندم در کشور انگلستان را طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۸۲ معادل ۸۶ درصد برآورد کردند که بسیار زیاد بنظر می‌رسد.

سهم کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد

در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی کودهای شیمیایی نیتروژنی در مقایسه با کودهای فسفره سهم بیشتری در افزایش عملکرد گندم آبی کشور داشته اند. مصرف کودهای نیتروژنی باعث افزایش سالانه عملکرد به میزان ۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار شده است (شکل ۶a) که این مقدار معادل ۲۵/۴ درصد از رشد سالانه عملکرد گندم آبی کشور (۷۳/۴ کیلوگرم در هکتار) در طی این دوره می‌باشد.



شکل ٦- سهم کودهای شیمیایی نیتروژن (a) و فسفر (b) در افزایش عملکرد گندم آبی کشور در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰

Fig. 6- Contribution of nitrogen (a) and phosphorus (b) fertilizers in the total yield increase of irrigated wheat during 1971-2011 (1350-90)

در مقابل رشد عملکرد ناشی از مصرف کودهای فسفره تنها ۶/۵ کیلوگرم در هکتار در سال بوده (شکل ۶b) که معادل ۸/۸ درصد از کل نرخ رشد سالانه عملکرد است. بعلاوه حداکثر سهم هر دو نوع کود شیمیایی مربوط به سال‌های ۸۰-۱۳۷۰ بوده و در طی دهه ۸۰ تأثیر این کودهای شیمیایی بویژه کودهای فسفره تقریبا ثابت بوده است.

بل و همکاران (Bell et al., 1995) سهم نیتروژن کودی در افزایش عملکرد گندم در مکزیک را طی سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۲ معادل ۴۸ درصد برآورد و پایین بودن قیمت کود در مقایسه با قیمت دانه گندم را دلیل سهم زیاد این نهاده در افزایش عملکرد ذکر کردند. در مقابل ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2013) با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی سهم مجموع کودهای نیتروژن و فسفر در افزایش عملکرد گندم در مناطق شمالی چین را برای سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۰ و ۲۰۱۲-۲۰۰۱ میلادی به‌ترتیب ۵/۳ و ۹/۲ درصد گزارش کردند.

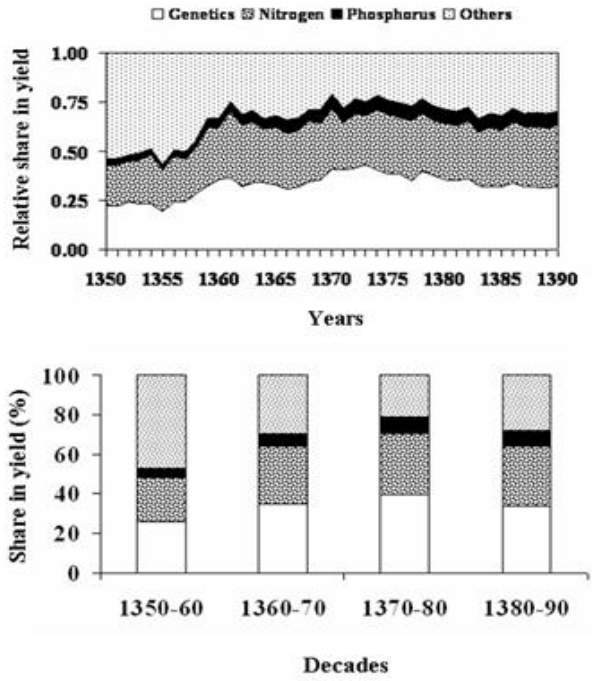
www.SID.ir

Archive of SID

روند تغییرات سهم عوامل به‌نژادی و به‌زراعی

در طی دوره ۴۰ ساله تحت بررسی مجموع سهم عوامل به‌نژادی (۳۴/۸ درصد) و کودهای نیتروژن و فسفر (۳۴/۲ درصد) در افزایش عملکرد گندم آبی کشور ۶۹ درصد بوده و ۳۱ درصد باقیمانده مربوط به سایر عملیات به‌زراعی می‌باشد. البته روند زمانی سهم نسبی این عوامل در عملکرد گندم آبی کشور تغییرات قابل توجهی داشته است. سهم ارقام اصلاح شده در عملکرد در ابتدای دوره اندک و در حدود ۲۵ درصد بوده و مجموع سهم کودهای نیتروژنی، فسفره و عوامل به‌نژادی از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کرد، بنابراین سهم سایر عوامل به‌زراعی نظیر مکانیزاسیون، آبیاری و دفع آفات در شکل‌گیری عملکرد گندم بیش از ۵۰ درصد بوده است (شکل ۷a). از اواسط دهه ۵۰ نقش اصلاح ژنتیکی ارقام در عملکرد روندی افزایش داشته و در دهه ۷۰ بیش از ۴۰ درصد رشد عملکرد مدیون عوامل به‌نژادی بوده و مجموع سهم کودهای شیمیایی و ارقام اصلاح شده به مرز ۸۰ درصد رسیده است. البته این روند در دهه بعدی برای کودهای شیمیایی تقریبا ثابت شده و در مورد روش‌های به‌نژادی با کاهش مواجه بوده است (شکل ۷a). در شکل ۷b سهم هر یک از عوامل مؤثر بر عملکرد در طی ۴ دهه به تفکیک نشان داده شده است.

روند تغییرات سهم نسبی عوامل به‌نژادی و به‌زراعی در رشد عملکرد (شکل ۷) تا حد زیادی با روند رشد عملکرد گندم (شکل ۱) مطابقت دارد.



شکل ۷- a) تغییرات سهم نسبی عوامل به‌نژادی و به‌زراعی در عملکرد گندم آبی کشور در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰، b) سهم درصدی عوامل به‌نژادی و به‌زراعی به تفکیک در ٤ دهه گذشته

Fig. 7- a) relative share of genetic and agronomic measures in yield increment of irrigated wheat during 1971-2011 (1350-90), b) percentage contribution of the same measures over the last 4 decades

دوره‌ای که شیب تغییرات عملکرد در آن زیاد است (سال‌های ۸۰-۱۳۶۵) موید دوره‌ای با مدیریت فشرده و همراه با اصلاح ژنتیکی ارقام پر محصول بوده و در نتیجه سهم عوامل به‌نژادی و به‌زراعی در این مقطع زمانی افزایش یافته است. در مقابل دوره‌ای که شیب روند عملکرد کاهش یافته است (سال‌های ۹۰-۱۳۸۱) نشان‌دهنده زمانی است که پاسخ به کودهای شیمیایی در اثر تداوم فشرده‌سازی کاهش یافته و نوسانات عملکرد تشدید شده و در نتیجه سهم عوامل ژنتیکی و زراعی نیز بطور نسبی کاهش یافته است.

نوسان عملکرد در مقابل تغییرات سالانه آب و هوایی در واقع معیاری از ثبات عملکرد می‌باشد در واقع، ارقام جدید و پر محصول گندم پتانسیل ژنتیکی خود را در محیط‌های مطلوب ظاهر می‌کنند و با تغییر شرایط محیطی از سالی به سال دیگر نوسان شدید عملکرد خواهند داشت (Calderini & Slafer, 1998). نصیری و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2014) با ارزیابی ثبات عملکرد غلات کشور در طی یک دوره ۴۰ ساله نشان دادند که ثبات عملکرد گندم کشور در حال کاهش می‌باشد. به بیان دیگر، عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

ارقام رایج گندم علی‌رغم پتانسیل ژنتیکی بالا در مقابل تغییرات سالانه آب و هوایی بشدت نوسان داشته و تا حدودی کاهش خواهد یافت. از آنجا که کافی نبودن ثبات عملکرد عامل اصلی ایجاد خلاء بین عملکرد واقعی و پتانسیل بویژه در مناطق تحت تنش می‌باشد (Lobell et al., 2009) بنظر می‌رسد که بازنگری اهداف اصلاح گندم کشور در جهت افزایش عملکرد توأم با حفظ ثبات آن راهکار مؤثری در کاهش نوسانات عملکرد در مواجهه با تغییرات اقلیمی آینده باشد.

نتیجه‌گیری

با وجودی‌که عملکرد و تولید گندم آبی کشور از سال ۱۳۵۰ روند افزایش خطی را دنبال کرده است، ولی یافته‌های این پژوهش نشان داد که از در دهه ۸۰ کاهش نسبی سرعت رشد عملکرد و سطح زیرکشت، میزان تولید گندم کشور را تحت تأثیر قرار داده است. از آنجا که بنظر می‌رسد روند نزولی سطح زیرکشت به دلیل محدودیت منابع آب در دهه ۹۰ نیز ادامه یابد، حفظ تولید بالا از طریق افزایش عملکرد اصلی ترین راه حل محسوب می‌شود. از سوی دیگر علی‌رغم رشد قابل توجه پتانسیل ژنتیکی عملکرد در ارقام گندم کشور تغییرات سالانه آب و هوایی باعث نوسان شدید عملکرد بویژه در سال‌های اخیر شده است که نشان‌دهنده کاهش ثبات عملکرد می‌باشد.

سهم مجموعه عملیات به‌نژادی در افزایش عملکرد گندم در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۵۰ در حدود ۳۵ درصد بوده است و کودهای شیمیایی نیز سهمی ۳۴ درصدی در رشد عملکرد گندم کشور طی این دوره داشته‌اند و ۳۱ درصد باقیمانده مربوط به سایر عوامل به‌زراعی بوده است. البته یافته‌های این تحقیق نشان داد که سهم اصلاح ارقام و کودهای شیمیایی از دهه ۸۰ بطور نسبی در حال کاهش می‌باشد. این وضعیت ناشی از بی‌ثباتی عملکرد ارقام پر محصول در مواجهه با تغییرات اقلیمی و کاهش پاسخ این ارقام به سطوح بالای مصرف کود است.

از آنجا که افزایش عملکرد گندم باید به روش‌هایی بدون نیاز به افزایش مصرف نهاده‌های شیمیایی تحقق یابد، اهداف اصلاح گندم باید در جهت عملکرد بالا توأم با ثبات و افزایش کارآیی جذب و مصرف منابع بویژه نیتروژن تمرکز یابد.

قدردانی

از همکاران محترم جناب آقای دکتر محمدرضا جلال کمالی و جناب آقای دکتر احمد زارع فیض آبادی جهت ارائه داده‌های مورد نیاز برای اجرای این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌شود.
بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه شماره ۱۶۹۹۳ مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۲۰ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L., and Taylor, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. Journal of Agricultural Science Cambridge Core 94: 675-689.

Bell, M.A., and Fischer, R.A. 1994. Using yield prediction models to assess yield gains: a case study for wheat. Journal Field Crop Research 36: 161-166.

Bell, M.A., Fischer, R.A., Byerlee, D., and Sayre, K. 1995. Genetic and agronomic contributions to yield gains: a case study for wheat. Field Crops Research 44: 55–65.

Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Be´rard, P., Le Buanec, B., and Trottet, M. 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. Crop Science 43: 37–45.

Brennan, J.P., and Byerlee, D. 1991. The rate of crop varietal replacement on farms: measures and empirical results for wheat. Plant Varieties Seeds 4: 99-106.

Brisson, N., Gate, P., Couache, D., Charmet, G., Oury, F.-X., and Huard, F. 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. Field Crops Research 119: 201–212.

Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: by how much do land, water, and crop yields need to increase by 2050? In: Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, FAO, Rome, Available at www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert paper/05-Bruinsma ResourceOutlookto2050.pdf (verified 19.10.09) [Online]

Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. Field Crops Research 57: 335–347.

Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., and Yang, H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. Annual Reviews Journal of Environmental Resource Economics 28(10.1): 10-44.

www.SID.ir

Archive of SID

CAWMA (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture). 2007. Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan/International Water Management Institute, London/Colombo.

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Jalal Kamali, M.R., Anet, Z., Roshani M., and Ghodsi, M. 2014. Temporal variation in phenological characteristics, grain yield, and yield components of spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars released in Iran between 1952 and 2009. Crop Breeding Journal 4(1): 57-64.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2011. FAOSTAT. FAO, Rome, Available at http://faostat.fao.org/ (verified 16.07.11) [Online].

FAO.2009. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf.

Feyerherm, A.M. and Paulsen, G.M., 1981. An analysis of temporal and regional variation in wheat yields. Agronomy Journal 73: 863-867.

Feyerherm, A.M., Kemp, K.E., and Paulsen, G.M. 1988. Wheat yield analysis in relation to advancing technology in the Midwest United States. Agronomy Journal 80: 998-1001.

Firozjaee, A. 2015. Designing wheat ideotype for low input cropping systems: radiation, nitrogen and water use efficiency and the related traits in Iranian wheat cultivars released during 1948-2012. PhD thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Fischer, R.A., Byerlee, D., and Edmeades, G.O. 2009. Can technology deliver on the yield challenge to 2050? In: Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, FAO, Rome, Available at www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expertpaper/11-Fischer-etalTechnology-Challenge.pdf (verified 13.10.09) [Online].

Fischer, R.A., and Edmeades, G.O. 2010. Breeding and cereal yield progress. Crop Science 50: 85–98.

Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., and Schafield, J.D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. Journal of Cereal Science 37: 295–309.

Graybosch, R.A., and Peterson, C.J. 2010. Genetic improvement in winter wheat yields in the Great Plains of North America, 1959–2008. Crop Science 50: 1882–1890.

Hafner, S. 2003. Trends in maize, rice and wheat yields for 188 nations over the past 40 years: a prevalence of linear growth. Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 275–283.

Hall, A.J., and Richards, R.A. 2014. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. Field Crops Research 143: 18-33.

Jaggard, K.W., Qi, A., and Ober, E.S. 2010. Possible changes to arable crop yields by 2050. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365: 2835–2851.

Jensen, N.F. 1978. Limits to growth in world food production. Ceilings for wheat yields are coming in developed countries. Science 201: 317-320.

Kalra, N., Chakraborty, D., Sharma, A., Rai, H.K., Jolly, M., Chander, S., Ramesh Kumar, P., Bhadraray, S., Barman, D., Mittal, R.B., Lal, M., and Sehgal, M. 2008. Effect of increasing temperature on yield of some winter crops in northwest India. Current Science 94: 82–88.

Khodarahmi, M., and Vazan, S. 2010. Trends in morphological and quantitative traits in bread wheat using introduced varieties during the last six decades in Iran. Journal of Agronomy and Plant Breeding 6(1): 29-42.

Koning, N., and Van Ittersum, M.K. 2009. Will the world have enough to eat? Current Opinion in Environmental Sustainability 1: 77–82.

Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual Review Environmental Journal Resource Economics 34: 179–204.

Mackay, I.A., Horwell, J., Garner, J., White J., McKee and Philpott, H. 2011. Reanalyses of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yield over time. Theoretical and Applied Genetics 122: 225–238.

MAJ. 2013. Ministry of Jehad-e-Keshavarzi of Iran, statistical database. Crop production statistics, available at: www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx (In Persian)

Moll, R.H., Kamprath, E.J., and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562-564.

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2014. Long term evaluation of yield stability trend for cereal crops in Iran. Journal of Agroecology 6(3): 607-621. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2017. Trend analysis of nitrogen use and productivity in cereal production systems of Iran. Journal of Agroecology 9(2): 360-378. (In Persian with English Summary)

O' Brien, L. 1982. Victorian wheat yield trends, 1898-1977. The Australian Journal of the Institute of Agricultural Science 48: 163-167.

www.SID.ir

Archive of SID

Sadras, V.O., and Lawson, C. 2011. Genetic gain in yield and associated changes in phenotype, trait plasticity and competitive ability of South Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. Crop and Pasture Science 62: 533-549.

Sanchez-Garcia, M., Royo, C., Aparicio, N.J.A., and Álvaro, F. 2012. Genetic improvement of bread wheat yield and associated traits in Spain during the 20th century. Journal of Agricultural Science 151(1): 105–118.

Silvey, V. 1981. The contribution of new wheat, barley and oat varieties to increasing yield in England and Wales 1947-1978. Journal of the National Institute of Agricultural Botany 15: 399-412.

Sinclair, T.R., and Jamieson, P.D. 2006. Grain number, wheat yield and bottling beer: an analysis. Field Crops Research 98: 60–67.

Slafer, G.A., Satorre, E.H., and Andrade, F.H. 1993. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: G.A. Slafer (Editor), Genetic Improvement of Field Crops. Marcel Dekker, New York, pp. 1-8.

Smil, V. 2005. Do we need higher farm yields during the first half of the 21st century? In Yields of farmed species. (Eds. R. Sylvester-Bradley and J. Wiseman), pp. 1–14. Nottingham, UK: Nottingham University Press.

Wang, F., He, Z., Sayre, K., Li, S., Si, J., Feng, B., and Kong, L. 2009. Wheat cropping systems and technologies in China. Field Crops Research 111: 181-188.

Zhang, X., Wang, S., Sun, H., Chen, S., Shao, L., and Liu, X. 2013. Contribution of cultivar, fertilizer and weather to yield variation of winter wheat over three decades: A case study in the North China Plain. European Journal of Agronomy 50: 52–59.

Zhou, Y., He, Z.H., Sui, X.X., Xia, X.C., Zhang, K., and Zhang, G.S. 2007. Genetic improvement of grain yield and associated traits in the Northern China winter wheat region from 1960 to 2000. Crop Science 47: 245–253.

Zare, A., Koocheki, A., and Nassiri, M. 2006. Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation. Iranian Journal of Field Crops Research 4(1): 49-71. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 137-153

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۵۳-۱۳۷

Contribution of Genetic and Agronomic Measures to Yield Gain of Wheat in Iran

A. Koocheki[1]*, M., Nassiri Mahallati[1], A. Amin Ghafori[2] and M. Mahlouji Rad[2]

Submitted: 29-07-2015
Accepted: 16-09-2015

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Amin Ghafori A., and Mahlouji Rad, M. 2019. Contribution of genetic and agronomic measures to yield gain of wheat in Iran. Journal of Agroecology. 11(1):137-153.

Introduction

World population will be increased up to 9 billion and food demand up to 50 percent by 2050. This exponential increase in population, without an associated increase in arable land, in recent years, significantly threaten crop production. Therefore, engineering crop plants in order to achieve greater yields has been a major focus of plant biologists and breeders with a view to ensuring food availability for an increasing world population under changing environmental conditions. Plant performance is strongly associated with, and dependent on, plant development and growth. Several developmental features of plants, such as overall plant architecture, leaf features and vasculature architecture, are major traits that determine the overall performance of crop plants. The importance of plant developmental features in increasing crop yield potential became evident during the 'green revolution', when an unprecedented increase in yield was achieved by breeding for semi-dwarf varieties of rice and wheat. Furthermore, due to rapid global environmental changes, restricted land and water resources, increasing food production particularly for wheat should be achieved mainly by increased crop yield (Koning & van Ittersum, 2009). Yield could be increased by genetic or agronomic measures and understanding the share of each component is of great importance for designing future cropping systems. However, these issues are not fully studied and quantified. Therefore, in this research yield trend of irrigated wheat at national level is analyzed for 1971-2011 period and contribution of cultivar improvement and agronomic management to yield increment have been estimated.

Materials and Methods

Trends of total production, cultivated area and yield of irrigated wheat were analyzed for the country for 40 years (1971-2011) using linear regression with slope as annual increment rate of each variable. Weather-adjusted yield trend was also estimated based on residuals of regression as described by Nassiri Mahallati & Koocheki (2014). Share of cultivated area and yield in total production was calculated by using component analysis. Annual changes in yield of irrigated wheat (dY, kg.ha^{-1} yr^{-1} i.e. the slope of yield trend model) described by Eq.(1):

$$dY = dG + dN + dP + dO \quad (1)$$

Where dG, dN, dP and dO (all in kg.ha^{-1} yr^{-1}) are annual yield increment due to genetic, N-fertilizers, P-fertilizers and Other agronomic factors. Contribution of genetic factors (dG) was estimated based on the cultivar improvement index (Silvey, 1981). Share of chemical fertilizers (dN and dP) in remaining yield increase (dY - dG) was calculated for each year during the study period. Finally, contribution of other agronomic measures (dO) to yield was estimated by subtracting right hand terms of Eq. (1) from dY.

Results and Discussion

Wheat production and yield was increased by 3.2 and 1.4 times over the studied period, respectively. However, cultivated area after a sharp increase at 2.8% per year until 2000 was decreased in the last decade by 1% per year. Annual weather variation showed significant effect on irrigated wheat yield so that averaged over the 40 years, estimated rate of yield increment was 24% lower than weather adjusted yield. During the 4 decades mean contribution of cultivated area and yield on total wheat production were 44 and 56%, respectively and it was estimated that share of yield will be increased up to 70% in the present decade. Genetic yield potential of irrigated wheat cultivars has increased at 57 kg.ha^{-1} yr^{-1} (1.18% per year) for the period 1968-2011. During the studied period wheat cultivar improvement contributed to annual rate of yield increment by 34.8% while in the

1 and 2- Professor and PhD Student in Agroecology, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.48702

www.SID.ir

Archive of SID

same period average contribution of N and P fertilizers were estimated as 25.4 and 8.8%, respectively leaving 31% for the other agronomic measures.

Keywords: Cultivar improvement index, Genetic gain, Genetic potential, Trend analysis

www.SID.ir