بررسی روند ۵۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات در کشور و پیش بینی وضعیت آینده

احمد زارع فیض آبادی - علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی[1]

چکیده

روند تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید گندم، جو و برنج به عنوان سه غله اصلی کشور در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰ در قالب سری های زمانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و وضعیت آینده تولید غلات در کشور با ادامه سری زمانی برای سالهای ۱۴۰۰-۱۳۸۲ پیش بینی گردید. نتایج نشان داد که سطح زیر کشت غلات کشور در طی دوره ۳۲ ساله داده ها پس از افزیش اولیه تقریبا به ثبات رسیده و سطح زیر کشت فعلی تا سال ۱۴۰۰ حفظ خواهد شد. البته روند افزایش سطح زیر کشت گندم آبی و برنج با سرعت اندکی ادامه دارد. عملکرد غلات کشور در طی ۳۲ سال گذشته بطور قابل ملاحظه ای افزایش یافته و این افزایش که در مورد غلات آبی (۶۲/۵ کیلوگرم در سال) و برنج (۶۹/۷ کیلوگرم در سال) نسبت به غلات دیم (۱۲/۶ کیلوگرم در سال) بمراتب چشمگیر تر است، تا سال ۱۴۰۰ ادامه خواهد داشت. بر این اساس تولید کل غلات در کشور علیرغم ثبات نسبی سطح زیر کشت، به دلیل افزایش عملکرد در واحد سطح افزایش یافته و بر اساس پیش بینی های این تحقیق در افق ۱۴۰۰ از مرز ۲۶ میلیون تن خواهد گذشت. البته بر اساس یافته های این مطالعه تولید سرانه غلات که در طی سالهای میانی دوره مطالعه افزایش قابل توجهی یافته بود، مجددا کاهش یافته بطوریکه در حال حاضر برابر ۳۱۰ کیلوگرم می باشد که نسبت به سال مبدا تغییر چشمگیری را نشان نمی دهد. بعلاوه به دلیل پیشی گرفتن رشد جمعیت از رشد تولید غلات در کشور به نظر می رسد که تا سال ۱۴۰۰ افزایش قابل توجهی در تولید سرانه غلات در کشور بوجود نخواهد آمد. در مجموع ارزیابی روند تولید غلات در کشور و مقایسه آن با وضعیت تولید این محصولات در جهان، آسیا و خاور میانه نشان می دهد که تولید فعلی غلات در ایران نسبت به میانگین جهانی و میانگین منطقه ای آن مطلوب می باشد.

واژه های کلیدی: غلات، سطح زیر کشت، عملکرد، تولید، آنالیز روند، سری زمانی، پیش بینی آینده.

مقدمه

در حال حاضر تقریبا نیمی از اراضی کشاورزی جهان زیر کشت غلات است (۷، ۹). چنانچه مصرف مستقیم وغیر مستقیم (علوفه و تغذیه دام) غلات به هم افزوده شوند حدود ۶۷ درصد کالری مصرفی جهان از این گیاهان تامین می شود (۱۰). در طی ۵۰ سال گذشته عملکرد غلات در سطح جهانی افزایش قابل توجهی داشته است. برای مثال میانگین جهانی عملکرد گندم که طی ۵۰ سال اول قرن گذشته تقریبا بدون تغییر مانده بود (۵) در نیمه دوم قرن بیستم افزایشی حدود ۲۵۰ درصد داشته و از ۱ به ۲/۵ تن درهکتار رسیده است (۱۵).

دلایل اصلی این افزایش عملکرد از نظر زراعی معرفی ارقام بر محصول جدید غلات با شاخص برداشت بالا،

۱- به ترتیب اعضا هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (قطب علمی گیاهان زراعی ویژه)

ارتفاع کوتاهتر و مقاومت بیشتر به ورس(۲۶، ۱۸) افزایش مصرف کودهای شیمیایی بویژه نیتروژن که تولید خالص اولیه را بدون خطر ورس بالا می برند (۲۹، ۲۶، ۲۳) افزایش مصرف انواع آفت کشها (۳۰) و بهبود ساختار سیستم های آبیاری که باعث افزایش پاسخ به کودهای شیمیایی بویژه نیتروژن می شود (۳۰، ۱۸) بوده است.

براساس آمار سازمان خواروبار جهانی (۱۲) سطح زیر کشت غلات در سطح جهانی تقریبا ثابت و در برخی نقاط جهان در حال کاهش نیز می باشد. بنابراین افزایش تولید عمدتا ناشی از افزایش عملکرد در واحد سطح می باشد. برای مثال در طی ۳۰ سال گذشته ۹۰٪ از افزایش تولید گندم مربوط به افزایش عملکرد بوده که خود ناشی از فشرده سازی سیستم های تولید می باشد (۸، ۱۶) و در این میان سهم عوامل ژنتیکی (اصلاح واریته های پرمحصول) توسط محققین از ۵۰٪ تا ۶۵٪ (۲، ۲۸، ۳۴)برآورد شده است.

علیرغم روند خطی افزایش عملکرد غلات در طی ۵۰ سال گذشته مطالعات مختلف نشان داده است که از سال ۱۹۸۴ میزان تولید سرانه غلات در سطح جهانی روندی کاهشی یافته است (۱۲، ۱۴) که حاکی از پیشی گرفتن تقاضا از عرضه این محصولات است. این روند که تا سال ۲۰۰۰ نیز ادامه یافته است، نگرانی هایی را در مورد امنیت غذایی جهان در قرن ۲۱ بوجود آورده است (۱۱، ۲۲). برآوردها نشان می دهد که در مقیاس جهانی جهت تامین تقاضای غلات تا سال ۲۰۲۵ میلادی لازم است تولید گندم ۴۴٪، تولید برنج ۴۳٪ و تولید ذرت ۵۶٪ نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش یابد (۱۸، ۳۰). دست یابی براین سطح از تولید با توجه به عدم امکان افزایش سطح زیر کشت تنها از طریق افزایش عملکرد امکان پذیر خواهد بود (۷). این در حالی است که فشرده سازی سیستم های تولید غلات و تداوم کشت متوالی این محصولات، امکان حفظ عملکرد بالا را با تردید مواجه ساخته است (۸، ۲۱). برای مثال تریول پادره و لادها (۳۶) در بررسی آزمایشات طولانی مدت ۲۳ ساله مربوط به کشت متوالی برنج – برنج در آسیا روند منفی عملکرد ارقام پر محصول را در ۱۷ سایت مختلف واقع در، چین، اندونزی، هند، بنگلادش، مالزی و ویتنام گزارش کردند.

بررسی روند تغییرات عملکرد و تولیدغلات در گذشته و پیش بینی وضعیت آینده براساس روشهای آماری مطمئن، ابزار مناسبی جهت ارزیابی های اکولوژیکی، اقتصادی و زراعی این محصولات از ابعاد مختلف خواهد بود. مناطق سنتی کشت غلات از جمله گندم، شامل مناطقی از جهان هستند که دارای تنوع محیطی، فرهنگی، اقتصادی بسیاری می باشند. این تنوع تائیدی است بر اینکه روندهای جهانی با شرایط بسیاری از این کشورها انطباق ندارد و بنابراین نتیجه گیری براساس میانگین جهانی از اعتبار کافی برخوردار نخواهد بود (۵). براین اساس انجام مطالعات منطقه ای و در مقیاس ملی چشم انداز بسیار مطلوب تری را فراهم خواهند ساخت. باوجودیکه روند تولید و عملکرد غلات در مقیاس ملی در اغلب کشورهای جهان مطالعه شده است(۱۵، ۲۳، ۳۱، ۳۳، ۳۵) خلاء این نوع مطالعات در ایران کاملا محسوس می باشد. براین اساس هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و نهایتا تولید غلات در ایران در طی ۳۰ سال گذشته و پیش بینی وضعیت تولید این محصولات تا سال ۱۴۰۰ می باشد.

مواد و روشها

داده های مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات (گندم، جو، برنج) در کشور در فاصله سالهای ۱۳۸۲-۱۳۶۳ از بانک اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی استخراج شد و آمار مربوط به سالهای۱۳۶۲-۱۳۵۰ از طریق بخش غلات موسسه اصلاح بذر و نهال (مکاتبات شخصی) جمع آوری گردید. در این تحقیق بدلیل عدم دسترسی به

داده های مربوط به سایر غلات از جمله ذرت تاکید بر روی سه غله اصلی کشور می باشد.

جهت بررسی روند تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات از آنالیز سری های زمانی استفاده شد. در آنالیز سری های زمانی پیش بینی هر متغیر Y در طول زمان (t) براساس معادله ۱ توصیف خواهد شد.

$$Y_t = f(t) + e_t \qquad (۱)$$

که در آن f(t) تابعی است که Y را براساس زمان توصیف می کند، Y_t مقدار متغییر در زمان t و e_t خطای پیش بینی در زمان t می باشد. در این مطالعه f(t) به دو صورت خطی و درجه ۲ (معادلات ۲ و ۳) برآورد شده و تابعی که بهترین برازش را با داده های سری زمانی داشت انتخاب گردید.

$$f(t) = b_1 + b_2t + e_t \qquad (۲)$$

$$f(t)= b_1 + b_2t + b_3t2 + e_t \qquad (۳)$$

جهت محاسبه معادله روند از روش مستقیم (۲۵) استفاده شد. در این روش منطقه مبداء، اولین سال مدل آماری است. این روش تغییرات سالانه عملکرد را براساس اثرات آب و هوایی و تکنولوژیکی بیان می کند. در این مطالعه اثرات آب و هوا از روند عملکرد تفکیک نشده است. این اثرات بسته به شرایط ممکن است مثبت یا منفی باشند.

اگر خصوصیات آماری سری زمانی (میانگین، واریانس و خودهمبستگی) از زمان (سال) مستقل باشند، سری بعنوان ثابت و در غیر اینصورت غیر ثابت محسوب خواهد شد. پیش بینی روند آینده سری زمانی با روشهای آماری مختلف از جمله میانگین متحرک، هموارسازی نمایی، میانگین متحرک دوگانه، هموارسازی نمایی دوگانه و روشهای بوکس – جنکینز (ARMA, ARIMA) و نیز روش وینترز تحلیل نمود(۱۷). انتخاب هر یک از این روشها به ماهیت سری از نظر ثابت یا غیر ثابت بودن آن بستگی دارد. در این مطالعه بسته به نوع سری زمانی از روش میانگین تحرک دوگانه و وینترز جهت پیش بینی آینده استفاده شده است. در روش میانگین متحرک دوگانه ، که برای داده های آماری با روند خطی بکار می رود، ابتدا یک سری از میانگین های متحرک محاسبه شده و سپس سری دوم میانگین های محرک از روی سری اول ساخته می شوند.

در روش وینترز پیش بینی براساس نوعی میانگین موزون از داده های سری زمانی صورت می گیرد به نحوی که نزدیک ترین داده ها دارای بالاترین وزن بوده و با دور شدن از زمان حال وزن داده ها کمتر خواهد شد. بعلاوه جهت پیش بینی لازم است سه پارامتر مربوط به الگوهای فصلی، روند و سطح نیز برآورد شوند. مدل نهایی پیش بینی ممکن است بصورت حاصل جمع، یا حاصل ضرب بیان شود، که انتخاب نوع مدل به کیفیت برازش آن به داده ها بستگی خواهد داشت (۱، ۳، ۳۷). کلیه محاسبات مربوط به آنالیز سری زمانی و پیش بینی های آینده تا سال ۱۴۰۰ هجری شمسی با استفاده از نرم افزار MINITAB ver 13.1 انجام شد.

نتایج و بحث

سطح زیر کشت: در شکل ۱ تغییرات سطح زیر کشت غلات اصلی کشور در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰ ارائه شده است. مجموع سطح زیر کشت گندم دیم و آبی کشور که در سال مبدا (۱۳۵۰) ۵/۵۷ میلیون هکتار بوده است در سال ۱۳۶۲ از مرز ۶ میلیون هکتار گذشته و در سال ۱۳۸۲ بالغ بر ۷/۲۵ میلیون هکتار گزارش شده است (شکل ۱- الف). افزایش سطح زیر کشت گندم، عمدتا مربوط به گندم آبی است. زیرا سطح زیر کشت این محصول در فاصله ۳۲ سال از ۱/۴۳ به ۲/۵۸ میلیون هکتار افزایش یافته در حالیکه افزایش سطح زیر کشت گندم دیم در همین فاصله زمانی تنها ۰/۵۲ میلیون هکتار بوده است. بعلاوه روند داده ها حاکی از آن است که سطح زیر کشت گندم آبی نیز که در

دوره ۲۰ ساله ۱۳۷۰-۱۳۵۰ از ۱/۴۳ به ۳/۴۳ میلیون هکتار رسیده است، در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۷۰ تنها ۰/۲ میلیون هکتار افزایش داشته که نشان دهنده ثبات نسبی سطح زیر کشت گندم آبی در سالهای اخیر می باشد. بررسی تغییرات سطح زیر کشت گندم بر حسب درصد نسبت به سال مبدا (شکل ۲- ب) نشان می دهد که گندم آبی از رشدی معادل ۲/۵ درصد در سال برخوردار بوده در حالیکه این درصد رشد در مورد سطح زیر کشت گندم دیم تنها ۰/۶۲ درصد در سال می باشد. در نتیجه سطح زیر کشت کل گندم در کشور نیز به تبعیت از گندم دیم رشدی معادل ۱/۱ درصد در سال داشته است.

سطح زیر کشت جو نیز در طی دوره مطالعه روندی مشابه گندم داشته است. بدینصورت که سطح زیر کشت جو دیم کشور علیرغم افزایش نسبی در فاصله سالهای ۷۰-۱۳۶۵، در کل دوره ۳۲ ساله تغییر چندانی نیافته است (شکل۱- ب). در حالیکه سطح زیر کشت جو آبی در طی دوره مطالعه از ۰/۳۱ در سال ۱۳۵۰ به ۰/۶۲ میلیون هکتار در سال ۸۲ افزایش یافته و در فاصله سالهای ۷۰-۱۳۶۵ از مرز یک میلیون هکتار نیز عبور کرده است (شکل۱- ب).

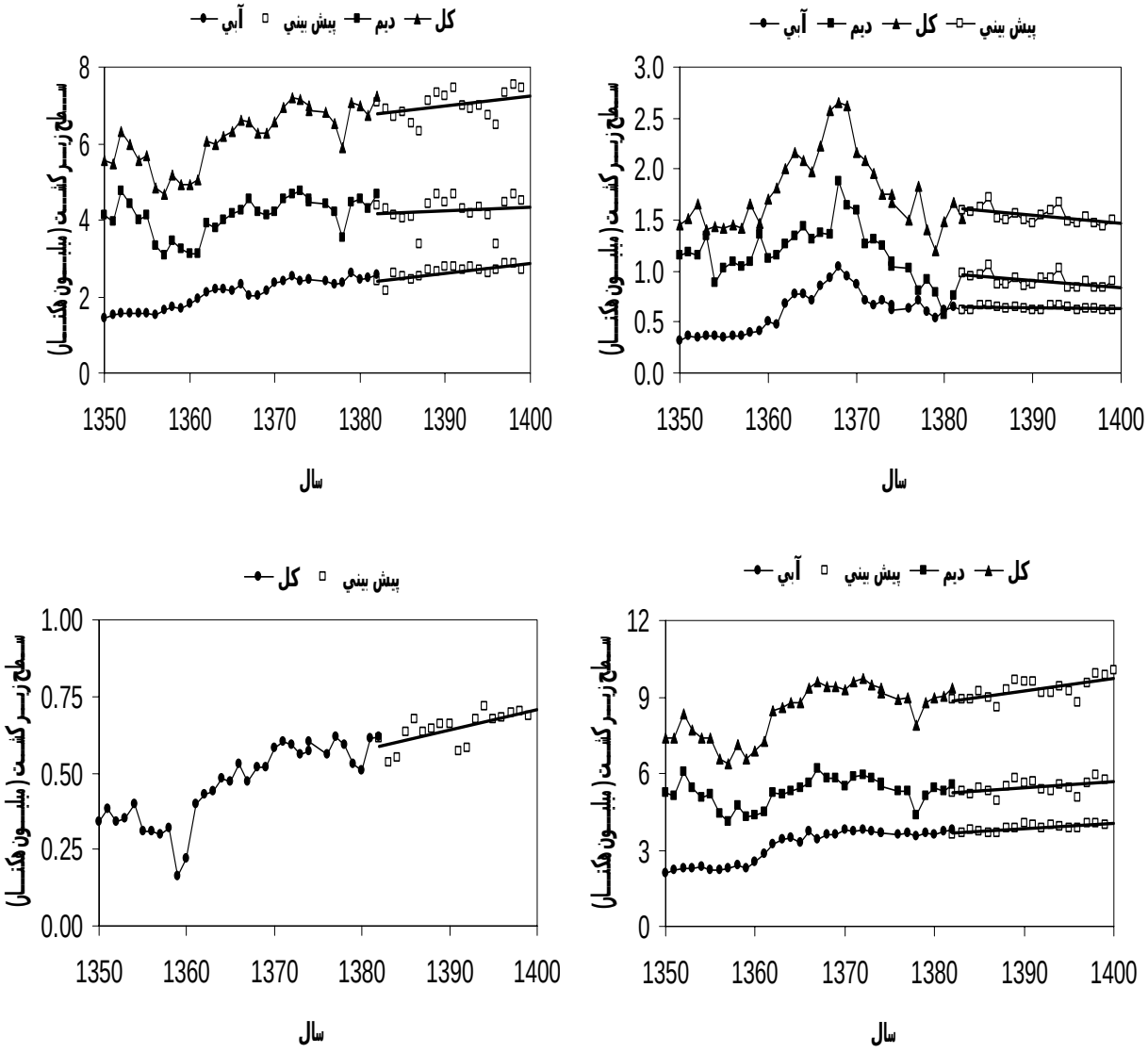
از آنجا که در میانگین دوره ۳۲ ساله، ۶۶٪ سطح کل زیر کشت جو کشور مربوط به محصول دیم است، در نتیجه سطح کل زیر کشت این محصول نیز به تبعیت از محصول دیم تغییرات ناچیزی نشان داده است (شکل۱- ب).

به دلیل افزایش موقتی سطح زیر کشت جو در فاصله سالهای ۷۰-۱۳۶۵، روند تغییرات سطح زیر کشت این محصول از مدل درجه دو تبعیت دارد (شکل۲- ب). سطح زیر کشت جو آبی در سال ۸۲ نسبت به سال مبدا حدود ۱۰۰٪ افزایش داشته است. در حالیکه درصد افزایش در مورد جو دیم و کل محصول جو تقریبا صفر می باشد (شکل۲- ب).

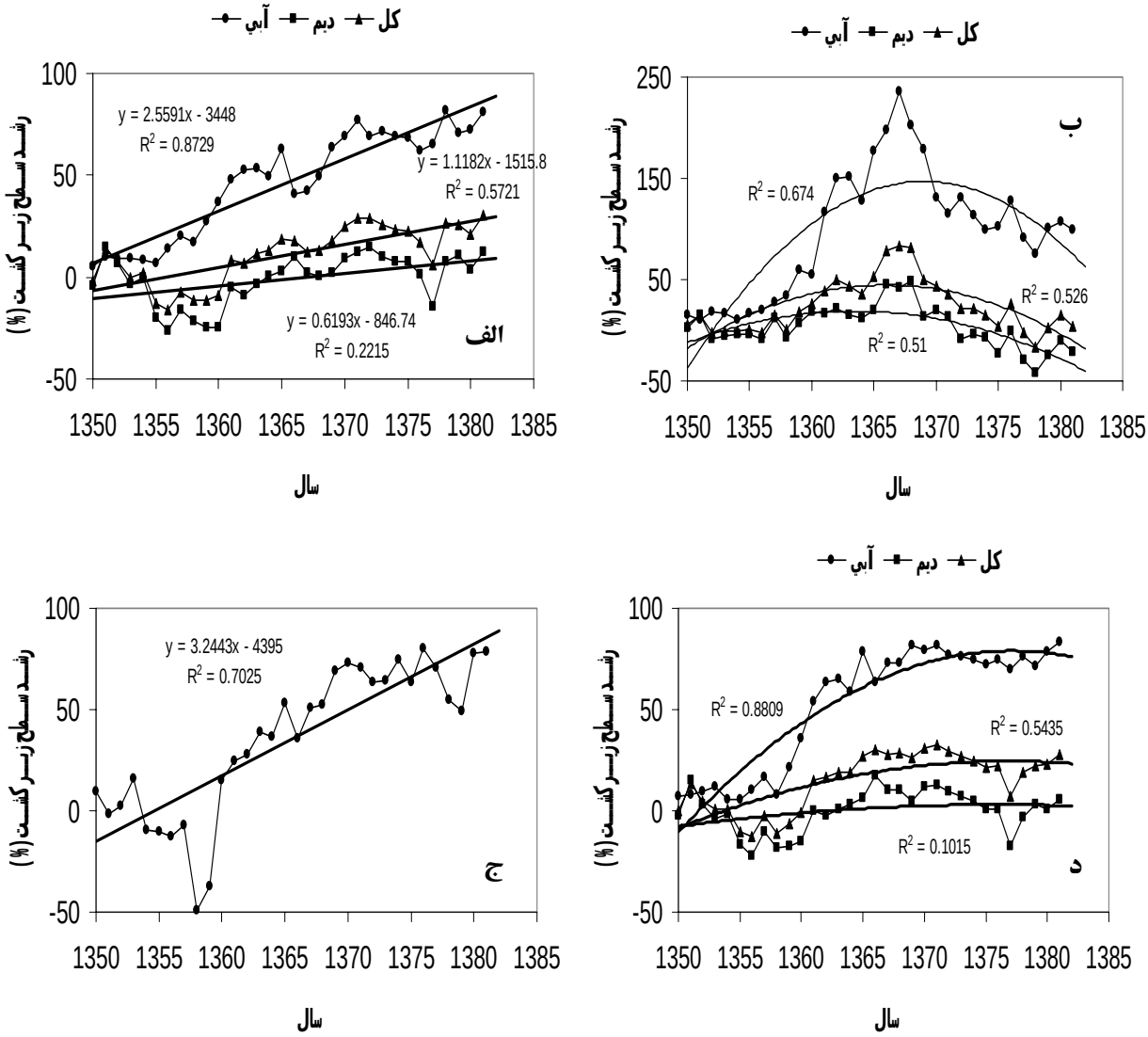
میانگین سطح زیر کشت برنج کشور در طی دوره تحت بررسی ۰/۴۶ میلیون هکتار بود و علیرغم کاهش شدید در فاصله سالهای ۱۳۶۰-۱۳۵۷، در مجموع بصورت خطی افزایش یافته است (شکل۱- ج) بطوریکه میانگین سرعت افزایش سطح زیر کشت برنج کشور در طی این دوره ۳۲ ساله معادل ۳/۲۵ درصد در سال می باشد (شکل۲- ج) که رشدی معادل ۷۸٪ نسب به سال مبدا را بهمراه داشته است.

سطح کل زیر کشت غلات کشور در دوره مطالعه از ۷/۳۶ به ۹/۳۷ میلیون هکتار رسیده است (شکل ۱- د) در حالی که تغییرات سطح زیر کشت غلات دیم کشور این دوره زمانی ناچیز می باشد، سطح زیر کشت غلات آبی با ۸۳ درصد رشد از ۲/۰۸ به ۳/۸۲ میلیون هکتار بالغ شده است (شکل ۱- د). با این وجود سطح زیر کشت غلات آبی کشور و به تبع آن سطح کل زیر کشت غلات بعد ازسال ۱۳۷۰ به ثبات نسبی رسیده و عمده تغییرات آن مربوط به ۲۰ سال اول دوره بررسی می باشد (شکل ۲- د).

بطور کلی نتایج این بررسی نشان می دهد که سطح زیر کشت غلات اصلی کشور در طی ۱۰ سال گذشته به ثبات نسبی رسیده و از افزایش چندانی برخوردار نمی باشد. این وضعیت با توجه به محدودیت منابع آب در کشور کاملا قابل انتظار بوده و با گزارشات موجود انطباق دارد. براساس اطلاعات سازمان خواروبار جهانی (۱۲) سطح زیر کشت غلات در اکثر نقاط جهان در طی ۲۰ سال گذشته بدون تغییر بوده و یا کاهش یافته است، البته در مورد ذرت افزایش سطح زیر کشت بویژه در آسیا ادامه دارد (۱۴، ۱۵). کالدرینی و اسلافر (۵) با مطالعه روند تغییرات عملکرد و تولید گندم در ۲۱ کشور جهان، در طی قرن بیستم نشان دادند که در تمامی کشورهای تحت بررسی غیر از هندوستان و تا حدودی انگلستان، سطح زیر کشت گندم در طی ۲۰ سال آخر قرن گذشته کاهش یافته است.



شکل ۱- تغییرات سطح زیر کشت گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰، در شکل نتایج پیش بینی تغییرات سطح زیر کشت تا سال ۱۴۰۰ نیز نشان داده شده است.

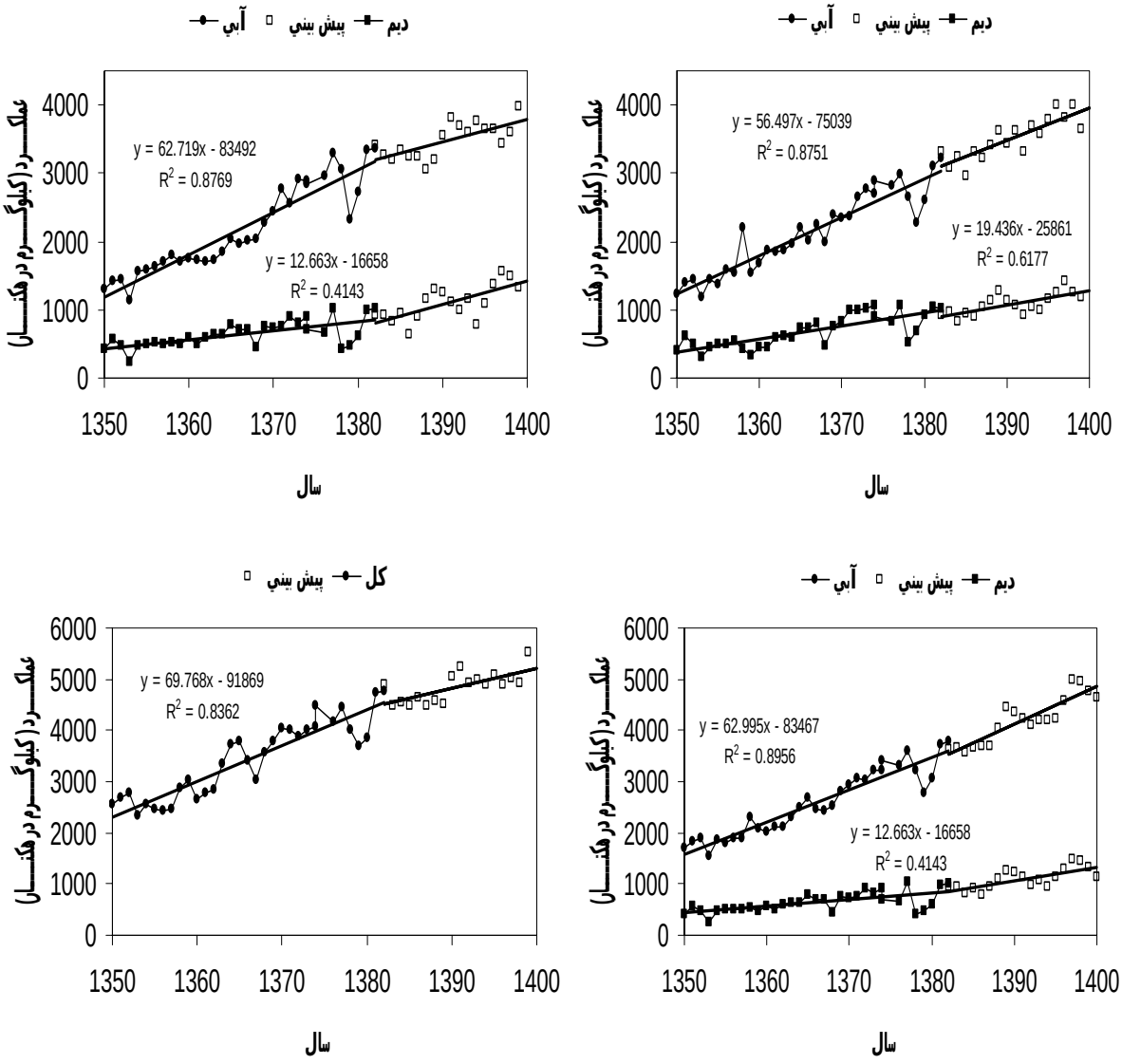


شکل ۲- روند تغییرات در صد رشد سطح زیر کشت بسبت به سال مبدا برای گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰.

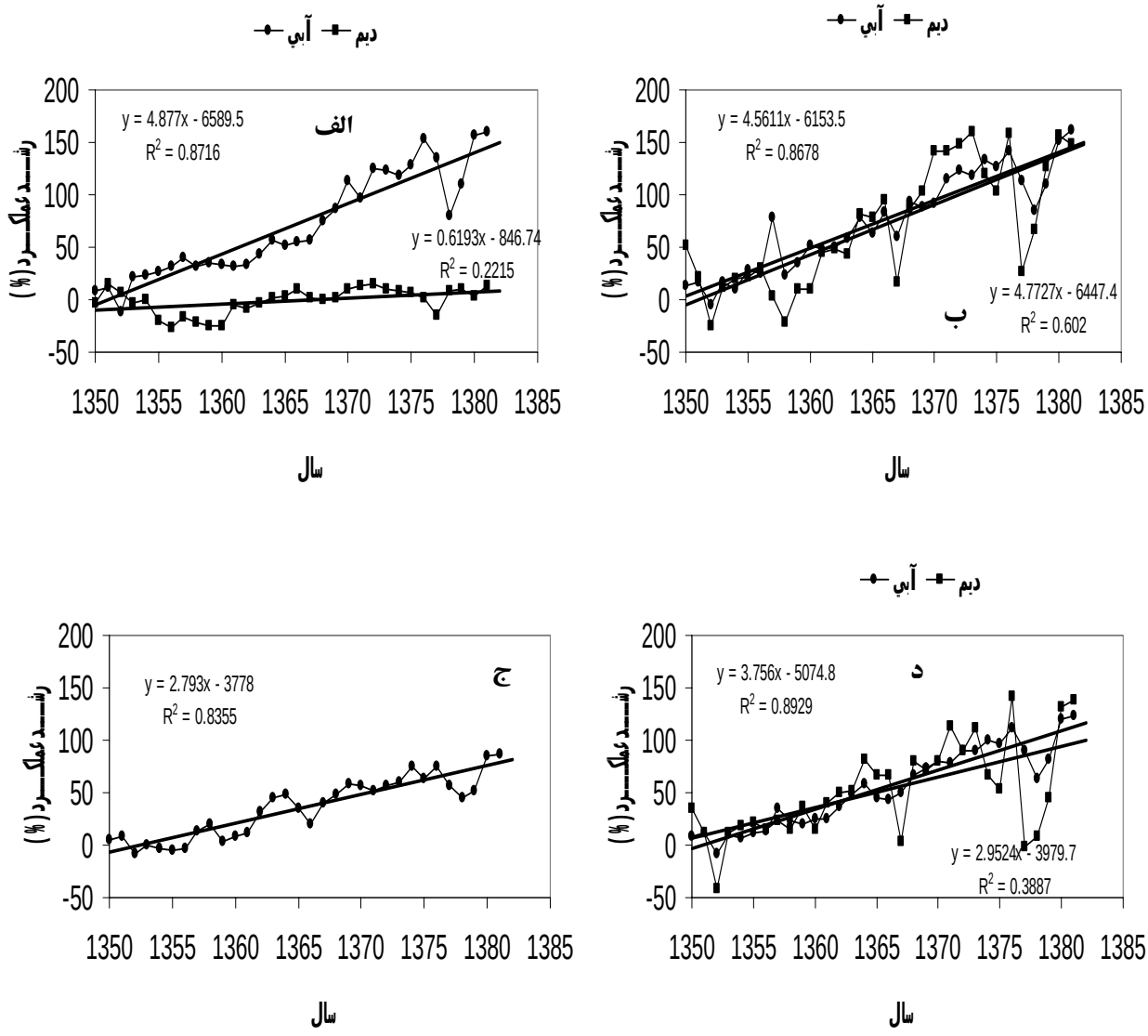
براساس آمار سازمان خوار و بار جهانی سرعت افزایش سطح زیر کشت گندم، ذرت و برنج در آسیا که در فاصله سالهای ۸۲-۱۹۶۵ به ترتیب معادل ۱/۳، ۱/۰۹ و ۰/۷ درصد در سال بوده، در طی سالهای ۲۰۰۰-۱۹۸۲ به ترتیب به ۰/۱۵، ۰/۹۵ و ۰/۱۳ درصد در سال رسیده است. براساس همین اطلاعات، سرعت افزایش سطح زیر کشت کل غلات آسیا در دوره های یاد شده، از۰/۴۲ به ۰/۰۲ درصد در سال تقلیل یافته بطوریکه در طی ۱۵ سال گذشته سطح زیر کشت گندم در آسیا تنها ۰/۲ درصد رشد داشته است (۱۲). البته نتایج این تحقیق نشان می دهد که در ایران روند افزایش سالانه سطح زیر کشت بویژه در مورد برنج و گندم آبی بالاتر از میانگین آسیا می باشد. افزایش سطح زیر کشت غلات آبی کشور در طی سالهای ۷۰-۱۳۵۰ عمدتا ناشی از بهبود روشهای آبیاری بوده است. شواهد موجود روند مشابهی را در بسیاری از نقاط جهان تائید می کند (۱۱، ۲۷). بنابراین محدودیت منابع آب اصلی ترین عامل ثبات و یا کاهش سطح زیر کشت غلات در کشور محسوب می شود. البته عواملی نظیر تغییر کاربری اراضی و سرعت فرآیند صنعتی شدن (۱۸) را نیز می توان بر این روند موثر دانست. به این ترتیب به نظر می رسد که افزایش تولید غلات در کشور در آینده تنها از طزیق افزایش عملکرد در واحد سطح میسر خواهد بود.

عملکرد: میانگین عملکرد گندم دیم و آبی کشور در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰ به ترتیب ۶۳۸/۱ و ۳۳۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار و میانگین در صد رشد عملکرد این دو به ترتیب ۷۰ و ۵۱/۷ بوده است. با وجودیکه ضریب تغییرات عملکرد گندم دیم و آبی در طی دوره مطالعه تقریبا برابر و در حدود ۳۰ درصد می باشد ولی تغییرات در مورد گندم دیم عمدتا به دلیل نوسانات سالانه ناشی از وضعیت آب و هوایی و در مورد گندم آبی به دلیل دامنه زیاد عملکرد است، بطوریکه در طی ۳۲ سال عملکرد گندم آبی با ۲۰۶۹ کیلوگرم افزایش از ۱۲۹۸/۱ به ۳۳۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار رسیده است (شکل ۳-الف). آنالیز روند تغییرات عملکرد (شکل۳- الف) نشان می دهد که در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰ عملکرد گندم آبی بطور متوسط ۶۲/۵ کیلوگرم در سال افزایش یافته در حالیکه میانگین افزایش سالانه عملکرد گندم دیم کشور در طی همین مدت تنها ۱۲/۶ کیلوگرم می باشد که حدود ۲۰٪ گندم آبی است. روند درصد رشد عملکرد گندم نسبت به سال مبدا نیز به وضوح نشان می دهد که گندم آبی با میانگین رشد ۴/۸۷ درصد در سال وضعیت مطلوب تری نسبت به رشد ۲/۹۵ درصدی گندم دیم داشته است (شکل۴- الف). مقایسه این دو روند حاکی از آن است که هر چند رشد عملکرد گندم در سال ۱۳۸۲ نسبت به سال مبدا ۱۳۹ درصد می باشد ولی نوسانات بسیار شدید آن با ضریب تغییرات معادل ۸۶٪ بی ثباتی عملکرد محصول دیم را در مقابل نوسانات آب و هوایی تایید می کند. این در حالیست که عملکرد گندم آبی با ۱۶۰ درصد رشد نسبت به سال مبدا در طول دوره از روند افزایش خطی برخوردار بوده است.

در طی دوره مطالعه تغییرات عملکرد جو نیز روندی مشابه گندم را دنبال کرده است (شکل ۳- ب). در این فاصله عملکرد جو آبی با میانگین افزایش ۵۶/۴ کیلوگرم در سال از ۱۲۳۷/۹ به ۳۲۲۹/۳ کیلوگرم در هکتار رسیده است در حالیکه در مورد جو دیم میانگین افزایش سالانه تنها ۳۰٪ جو آبی و ۱۹/۳ کیلوگرم در هکتار بوده است. در طی این دوره میانگین عملکرد جو دیم (۶۸۸/۲ کیلوگرم در هکتار) اندکی بیشتر از گندم دیم است ولی ضریب تغییرات بالاتر این محصول نوسانات شدیدتر عملکرد آن را نسبت به گندم دیم تایید می کند.



شکل ۳- روند تغییرات عملکرد گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰. در شکل پیش بینی روند عملکرد تا سال ۱۴۰۰ نیز نشان داده شده است.



شکل ۴- روند تغییرات درصد رشد عملکرد بسبت به سال مبدا برای گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰.

میانگین رشد عملکرد جو دیم و آبی کشور در طی دوره ۳۲ ساله مطالعه به ترتیب ۷۴/۷ و ۶۹/۷ در صد می باشد. و آنالیز روند رشد درصدی (شکل۴- ب) نیز حاکی از آن است که میانگین رشد عملکرد جو آبی و دیم به ترتیب ۴/۵۶ و ۴/۷۷ درصد در سال بوده است.

عملکرد برنج مشابه گندم و جو در طی دوره ۳۲ ساله این مطالعه افزایش یافته است. پطوریکه عملکرد برنج که در سال ۱۳۵۰ معادل ۲۵۴۶ کیلوگرم در هکتار بوده با ۸۷/۱ درصد رشد، در سال ۱۳۸۲ به ۴۷۶۴ کیلوگرم در هکتار رسید (شکل۳- ج). در طی دوره مطالعه عملکرد برنج بصورت خطی و با میانگین ۶۹/۷ کیلوگرم در سال افزایش یافته که معادل رشد سالانه ۲/۸ درصدی نسبت به سال مبدا است (شکل۴- ج).

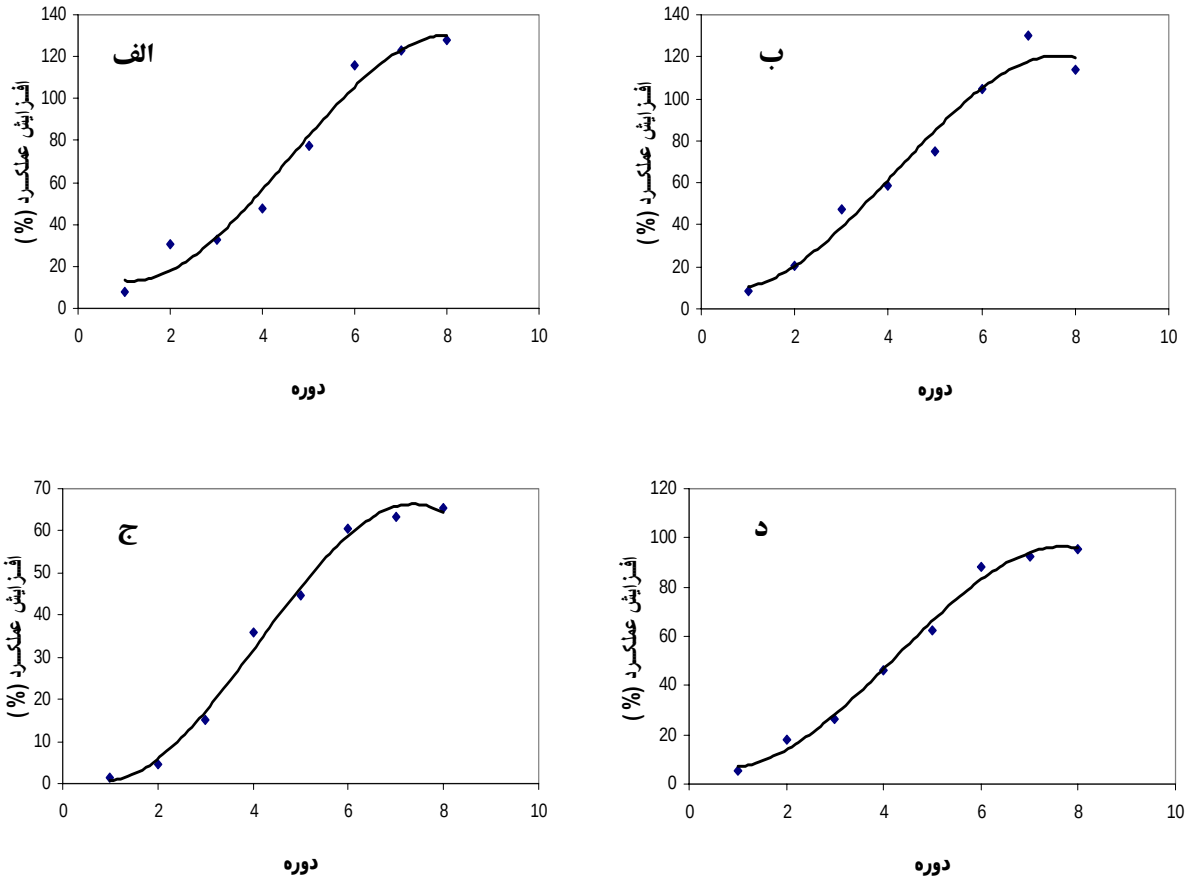
نتایج نشان می دهد که در مجموع عملکرد غلات آبی و دیم کشور در طی ۳۲ سال گذشته به ترتیب ۱۲۳ و ۱۳۹ درصد رشد یافته است. البته بالاتر بودن درصد رشد غلات دیم ناشی از عملکرد بسیار پایین این محصولات در سال مبدا (۴۲۴ کیلوگرم در هکتار) می باشد. بطور کلی عملکرد غلات آبی و دیم کشور در طی دوره بررسی به ترتیب میانگین رشد سالانه ای معادل ۶۲/۹ و ۱۲/۶کیلوگرم داشته اند (شکل۳- د). بعلاوه درصد رشد سالانه عملکرد غلات آبی‌ودیم کشور به‌ترتیب ۳/۷۶ و ۲/۹۵ می‌باشد (شکل۴- د).

چانجه دوره ۳۲ ساله بررسی به ۸ دوره ۴ ساله تقسیم شود و میانگین درصد رشد عملکرد برای هر دوره محاسبه شود (شکل ۵) مشخص خواهد شد که در طی ۱۰ سال گذشته عملکرد غلات کشور به سقف خود نزدیک شده در حالیکه در طی ۲۰ سال اول دوره از رشدی خطی برخوردار بوده است. به عبارت دیگر رشد عملکرد در طی دوره ۴ ساله سوم چهارم و پنجم به ترتیب ۲۰، ۲۳ و ۲۴ درصد بوده که در دوره های هفتم و هشتم به ترتیب به ۴/۴ و ۳/۲ درصد تقلیل یافته است.

میانگین عملکرد جهانی گندم در سال ۲۰۰۰ برابر ۲۹۷۹ و برای همه غلات ۳۱۰۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (۳۵). بر این اساس عملکرد فعلی غلات در ایران در مقایسه با میانگین جهانی آن در وضعیت مطلوبی قرار دارد. بعلاوه روند افزایش عملکرد غلات در کشور با روند خطی افزایش عملکرد جهانی این محصولات که از سال ۱۹۵۰ میلادی ادامه دارد (۱۶). در سال ۲۰۰۰ سرعت سالانه افزیش عملکرد غلات در خاورمیانه ۲۳/۶، در آسیای جنوب شرقی ۷۰/۹، در اروپا ۲۲/۸، در آمریکای شمالی و اقیانوسیه ۵۵/۴ و میانگین جهانی آن ۳۹ کیلوگرم در هکتار بوده است (۲۳).نتایج این مطالعه نیز نشان داد که میانگین سرعت رشد عملکرد غلات (آبی و دیم) کشور در حدود ۴۰ کیلوگرم در سال است که با میانگین جهانی قابل مقایسه بوده و بالاتر از خاورمیانه می باشد.

پنگ و همکاران (۲۶) با بررسی روند ۲۰ ساله تولید برنج آسیا نشان دادند که با توجه به عدم امکان افزایش سطح زیر کشت، جهت تامین تقاضای سال ۲۰۲۵ ، عملکرد برنج در این سال باید به حدود ۸/۵ تن در هکتار برسد.

تولید: با توجه به تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد، تولید گندم کشور (آبی و دیم) از ۳/۶۱ میلیون تن در سال ۱۳۵۰ به ۱۳/۴۴ میلیون تن در سال ۱۳۸۲ افزایش یافته است (شکل۶-الف). سهم گندم آبی از کل محصول گندم کشور که در سال مبدا ۵۱/۵ درصد بوده در سال ۱۳۸۲ به ۶۴/۷ درصد رسیده است که نشان دهنده افزایش چشمگیر سهم گندم آبی می باشد. در انطباق با تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد گندم در طی دوره ۳۲ ساله مطالعه، میانگین رشد تولید گندم آبی، دیم و کل گندم کشور به ترتیب ۱۱/۳۹، ۳/۹۷، و ۷۸,۷ درصد در سال بوده است (شکل۷-الف). بر اساس نتایج این تحقیق از میزان کل افزایش تولید گندم کشور ۳۴ درصد مربوط به سطح زیر کشت و بقیه مربوط به افزایش عملکرد می باشد.



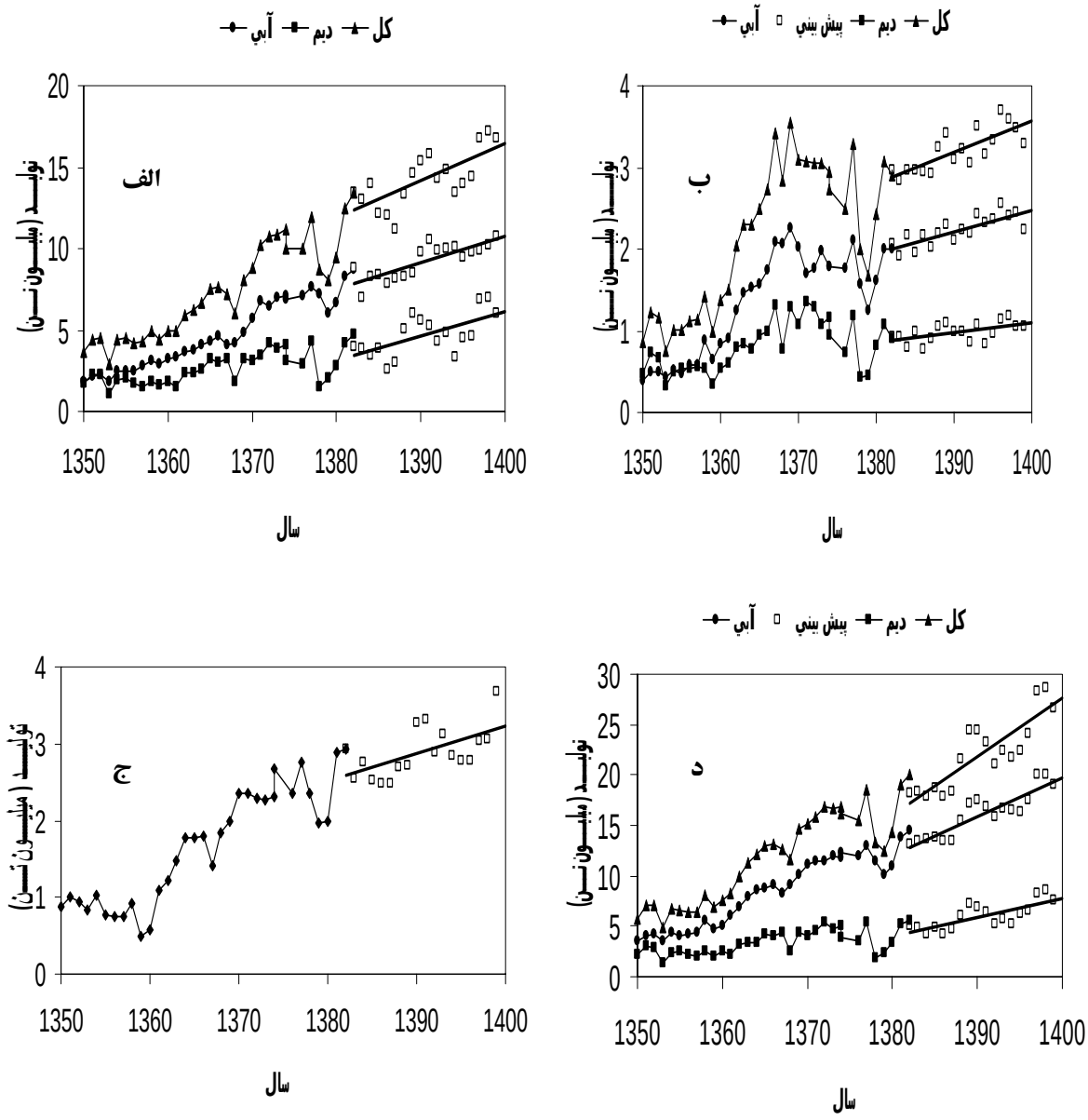
شکل ۵- درصد افزایش عملکرد گندم آبی (الف)، جو آبی (ب)، برنج (ج) و کل غلات آبی کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰. این دوره ۳۲ ساله به ۸ دوره چهار ساله تقسیم و میانگین افزایش عملکرد در طی هر دوره در شکل نشان دادا شده است.

تولید جو کشور (دیم وآبی) در سال ۱۳۵۰ تنها ۰/۸۵ میلیون تن بوده که ۵۵٪ آن بصورت دیم تولید می شده است. در طی ۳۲ سال گذشته تولید این محصول در کشور با ۱۲۵ درصد رشد به ۲/۹۱ میلیون تن بالغ گردیده است. البته سهم جو دیم بتدریج کاهش یافته بطوریکه در سال ۱۳۸۲ تنها ۳۱٪ از تولید جو کشور دیم بوده است (شکل۶- ب). سرعت افزلیش تولید جو کشور در طی دوره مطالعه نسبت به سال مبدا به ترتیب ۳۱/۸۷، ۳/۴۱ و ۸/۱۴ درصد در مورد جو آبی، دیم و کل بوده است (شکل۷- ب) که نشاندهنده سرعت بیشتر افزایش تولید جو نسبت به گندم می‌باشد.

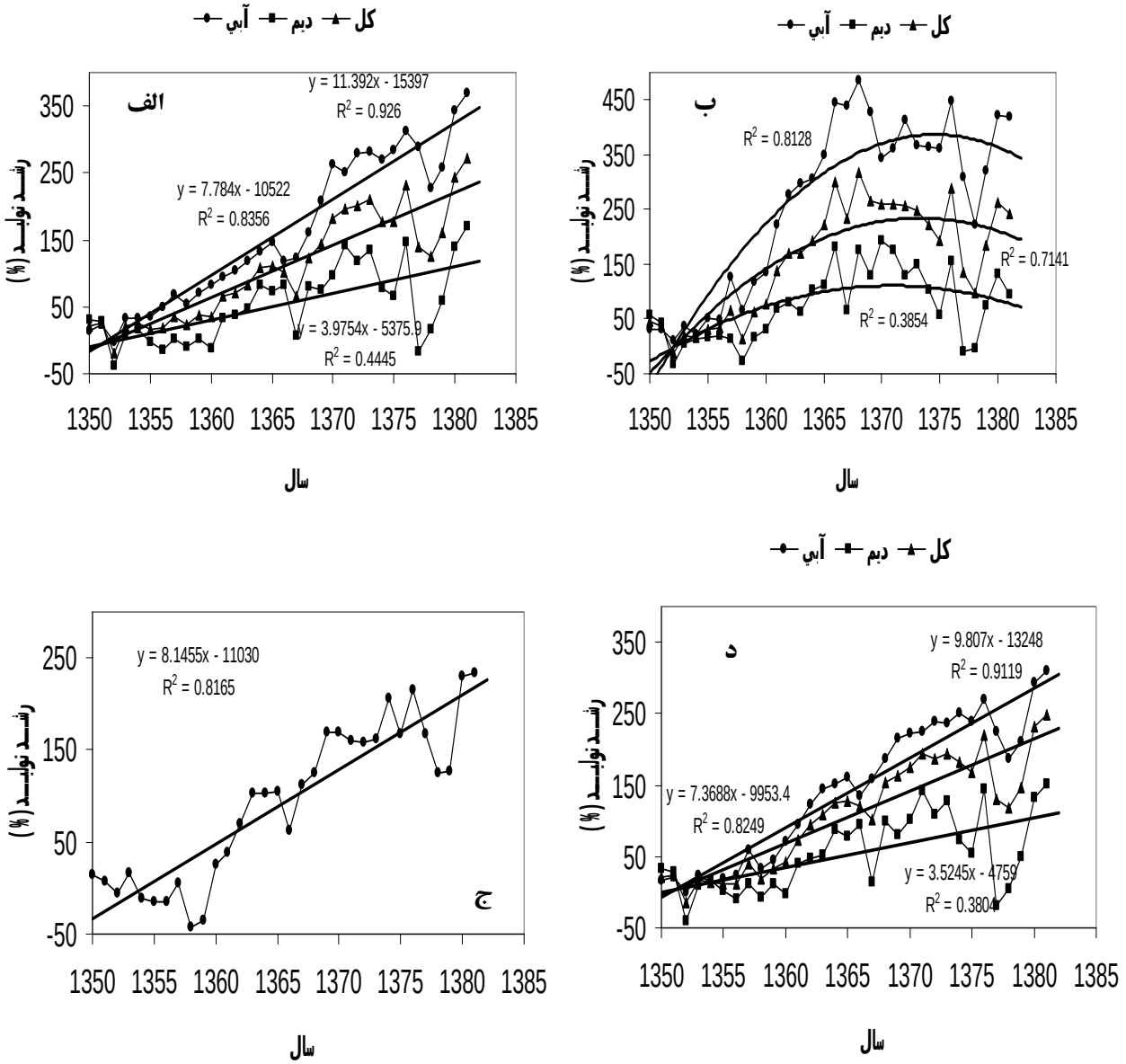
تولید برنج کشور در طی ۳۲ سال گذشته با میانگین افزایش ۷۰ هزار تن در سال از ۰/۸۸ به ۲/۹۳ میلیون تن رسیده است (شکل۶- ج). بر این اساس روند درصدی رشد تولید برنج کشور نیز در طی دوره مطالعه خطی و میانکین آن ۸/۱۴ درصد در سال می باشد (شکل ۷- ج).

با توجه به نتایج فوق تولید کل غلات کشور (آبی و دیم) که در سال مبدا ۵/۷۷ میلیون تن بوده پس از ۳۲ سال با حدود ۲۵۰٪ افزایش به ۱۱/۲۰ میلیون تن رسیده است (شکل۶- د). رشد قابل توجه غلات آبی باعث شده که سهم این نوع محصول در کل تولید غلات از ۵۸٪ در سال ۱۳۵۰ به ۷۲٪ در سال ۱۳۸۲ افزایش یابد. سرعت افزایش تولید غلات کشور در طی دوره مطالعه به ترتیب ۹/۸، ۳/۵۲ و ۷/۳۶ در سال برای محصول آبی، دیم و کل غلات بوده است (شکل۷- د).

وضعیت آینده: پیش بینی وضعیت آینده تولید غلات کشور تا سال ۱۴۰۰ نشان می دهد که سطح زیر کشت آبی، دیم و در نتیجه کل غلات کشور تغییر چندانی نخواهد یافت (شکل۱- د) و به ترتیب ۹/۸۴، ۵/۷۶ و ۳/۹۸ میلیون هکتار برای کل غلات و محصول دیم و آبی خواهد بود که موید افزایشی در حدود ۸٪ طی ۱۵ سال آینده می باشد. البته روند خطی افزایش عملکرد غلات حفظ شده و نتایج پیش بینی ((شکل۳- د)) نشان می دهد که عملکرد غلات آبی و دیم کشور تا سال ۱۴۰۰ به ترتیب به ۴۶۵۴ و ۱۱۳۵ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید و در این صورت عملکرد غلات آبی و دیم به ترتیب ۲۶/۵٪ و ۱۵/۸٪ نسبت به سال ۱۳۸۲ افزایش می یابد. بر این اساس افزایش تولید از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح همچنان ادامه یافته و تولید کل غلات کشوردر سال ۱۴۰۰ با حدود ۳۲ درصد رشد نسبت به سال ۱۳۸۲ از مرز ۲۶ میلیون تن خواهد گذشت (شکل ۶- د). این افزایش تولید عمدتا مربوط به گندم است. پیش بینی سطح زیر کشت گندم دیم و آبی کشور برای سال ۱۴۰۰ تغییر جزیی را نشان می دهد (شکل۱- الف) در حالیکه پیش بینی عملکرد گندم دیم و آبی برای این سال به ترتیب ۳۹۷۰ و ۱۳۳۰ کیلوگرم در هکتار می باشد(شکل۳- الف) . بر اساس این پیش بینی میانگین افزایش عملکرد گندم دیم و آبی کشور در طی ۵۰ سال (۱۴۰۰-۱۳۵۰) به ترتیب ۵۴/۶۱ و ۱۷/۴ کیلوگرم در سال برآورد می شود. بنابراین تولید کل گندم کشور در سال ۱۴۰۰ معادل ۱۶/۷۹ میلیون تن (۶۴٪ آبی و ۳۶٪ دیم) خواهد شد (شکل۶- الف) که ادر حدود ۶۳ درصد از کل غلات تولید شده در این سال را شامل می‌شود.



شکل ۶- تغییرات میزان تولید سالانه گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰. در شکل پیش بینی روند تغییرات تولید تا سال ۱۴۰۰ نیز نشان داده شده است.



شکل ۷- روند تغییرات درصد رشد تولید سالانه گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰.

سطح زیر کشت جو دیم و آبی کشور نیز مشابه آنچه در مورد گندم ذکر شد تا سال ۱۴۰۰ تغییر قابل ملاحظه ای نخواهد یافت (شکل ۱- ب) در حالیکه در مورد برنج افزایش سطح زیر کشت تا حدود ۱۰٪ پیش بینی می شود (شکل۱- ج). البته روند افزایش عملکرد جو دیم و آبی (شکل۳- ب) و برنج (شکل۳- ج) تا سال ۱۴۰۰ ادامه خواهد یافت بطوریکه پیش بینی عملکرد جو دیم و آبی کشئر برای این سال به ترتیب ۳۶۵۴ و ۱۱۵۸ کیلوگرم در هکتار و برای برنج ۵۵۱۰ کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

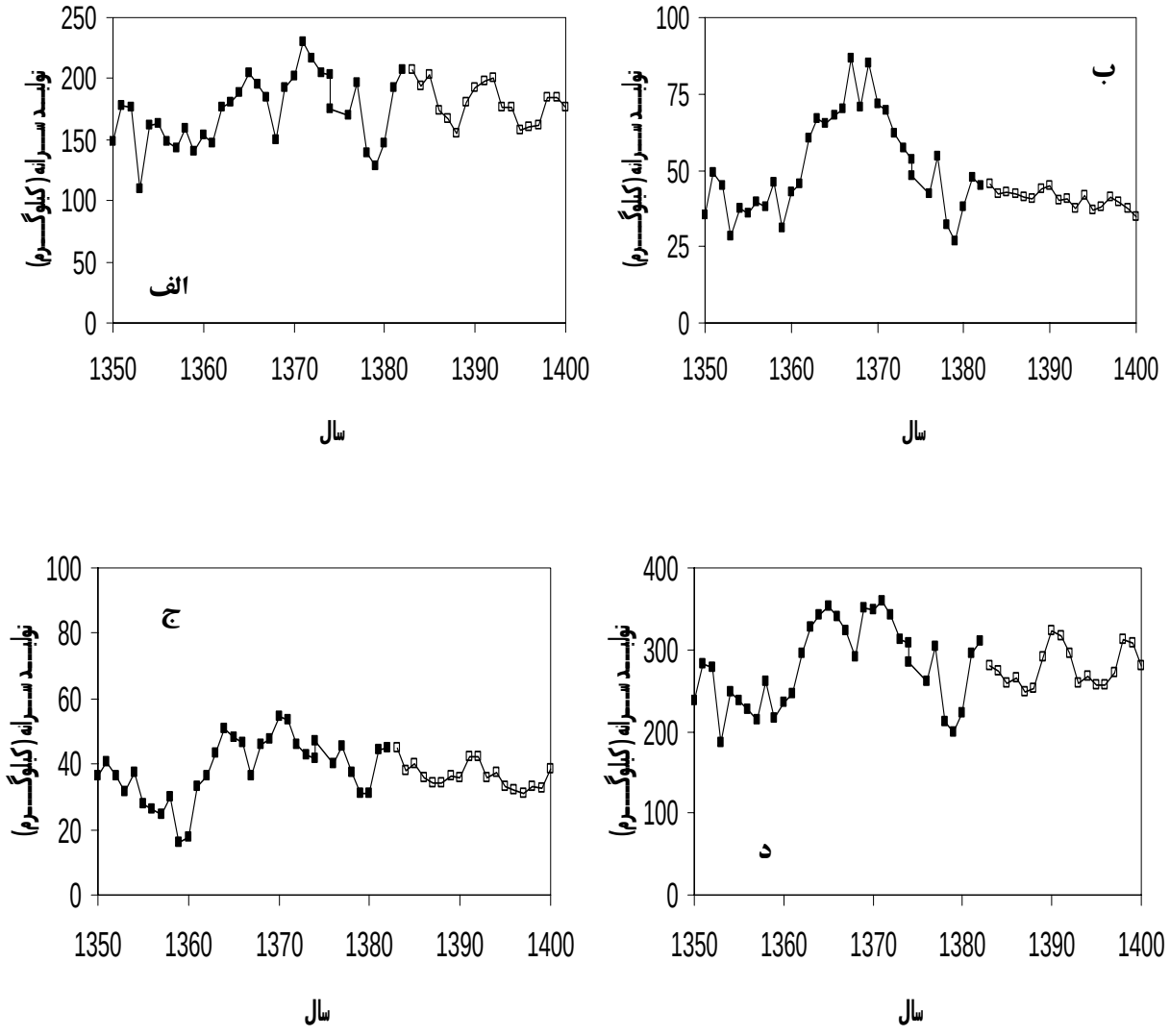
تولید سرانه: تولید سرانه گندم که در سال ۱۳۵۰ معادل ۱۴۹ کیلوگرم بوده است تا پایان دهه ۵۰ زشد چشمگیری نداشته و در محدوده ۱۵۰ کیلوگرم باقی ماند. در فاصله سالهای ۷۵-۱۳۶۰ تولید سرانه گندم رشد قابل توجهی یافت بطوریکه در سال ۱۳۷۰ به حدود ۲۲۰ کیلوگرم رسید (شکل۸- الف) که بالاترین مقدار در طی دوره ۳۲ ساله مطالعه است. کاهش تولید سرانه ای محصول بعد از سال ۷۰ باعث شد که این شاخص در سالهای ۸۰-۱۳۷۹ مجددا نزول یابد هر چند نهایتا تولید سرانه گندم در سال ۱۳۸۲ به ۲۰۶ کیلوگرم افزایش یافته است. نتایج پیش بینی بر اساس سری زمانی نشان می دهد که تولید سرانه گندم کشور در سال ۱۴۰۰ در حدود ۱۷۶ کیلوگرم خواهد بود (شکل۸- الف).

با وجودیکه دانه جو مصرف مستقیم خوراکی ندارد ولی نتایج محاسبه تولید سرانه این غله نشان داد که در طی دو دهه ۵۰ و ۶۰ این شاخص از ۳۵ به ۷۵ کیلوگرم افزیش یافته است (شکل۸- ب) البته کاهش آن در سالهای بعد از ۱۳۷۰ باعث شد که تولید سرانه این محصول در سال ۱۳۸۲ تا ۴۴/۷ کیلوگرم تقلیل یابد بعلاوه بر اساس نتایج پیش بینی تولید سرانه جو کشور در سال ۱۴۰۰ از ۳۵ کیلوگرم تجاوز نخواهد کرد (شکل۸- ب).

حداکثر تولید سرانه برنج در طی دوره ۳۲ ساله مطالعه به میزان ۶۶ کیلوگرم مربوط به سالهای ۷۰-۱۳۶۹ می باشد (شکل ۸- ج). تولید سرانه این محصول در ۲۰ ساله اول دوره مطالعه روند افزایشی و در ادامه روندی کاهشی را نشان می دهد بطوریکه این شاخص در سال ۱۳۸۲ به ۴۵ کیلوگرم رسیده و برای سال ۱۴۰۰ نیز در حدود ۴۰ کیلوگرم پیش بینی شده است (شکل۸- د).

بر اساس نتایج این تحقیق تولید سرانه غلات در کشور در طی دهه ۵۰ نسبتا پایین و در محدوده ۲۵۰-۲۲۰ کیلوگرم در نوسان بوده است (شکل۸- د). در طی دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ تولید سرانه غلات در کشور بطور چشمگیری افزایش یافته و در سال ۱۳۷۱ به رقم ۳۵۰ کیلوگرم یعنی بالاترین مقدار در طی دوره مطالعه رسیده است. البته کاهش بعدی این شاخص باعث شد که تولید سرانه غلات در سال ۱۳۸۲ به ۳۱۰ کیلوگرم برسد بعلاوه میزان این شاخص برای سال ۱۴۰۰ در حدود ۲۸۰ کیلوگرم پیش بینی می شود (شکل۸- د) که ۶۲ درصد آن مربوط به گندم خواهد بود.

یافته های این تحقیق نشان می دهد که تغییرات تولید سرانه غلات کشور تا حد زیادی با الگوی جهانی آن انطباق دارد. بر اساس شواهد موجوداز سال ۱۹۸۴ میلادی تا کنون سرعت تولید غلات در جهان کمتر از سرعت رشد جمعیت بوده و لذا میزان تولید سرانه این محصولات در سطح جهانی کاهش یافته است (۳۵). میانگین جهانی تولید سرانه غلات در سال ۱۹۷۱ (۱۳۵۰) ۳۴۸ کیلوگرم و در سال ۱۹۸۴ (۱۳۶۰) به بالاترین مقدار در قرن گذشته یعنی۳۷۳ کیلوگرم رسید ولی کاهش بعدی باعث شد که در سال ۲۰۰۰ به ۳۵۹ کیلوگرم تقلیل یابد (۱۶).



شکل ۸- تغییرات تولید تولید سرانه گندم (الف)، جو (ب)، برنج (ج) و کل غلات کشور (د) در فاصله سالهای ۸۲-۱۳۵۰ و پیش بینی این تغییرات تا سال ۱۴۰۰.

در خاورمیانه نیز روند کاهشی تولید سرانه غلات از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ ادامه داشته است. این شاخص که در دهه ۷۰ میلادی در خاورمیانه حدود ۳۰۰ کیلوگرم بوده در فاصله سالهای ۸۵-۱۹۸۰ به ۲۵۰ تا ۲۷۰ و در سال ۲۰۰۰ به ۲۳۰ کیلوگرم رسیده است (۲۳). میانگین این شاخص در سال ۲۰۰۰ در آسیای جنوب شرقی ۳۲۰ و در جنوب آسیا ۲۳۰ کیلوگرم بوده است (۱۶). بر اساس نتایج این مطالعه تولید سرانه غلات در ایران از خاور میانه بالاتر و با سرانه آسیا و میانگین جهانی قابل مقایسه است. البته باید توجه داشت که بالا بودن سرانه جهانی غلات ناشی تولید بسیار بالای این محصولات در کشورهای غربی است. در حال حاضر آمریکا، کانادا و استرالیا با کمتر از ۶٪ جمعیت جهان ۲۰٪ از غلات جهان را تولید می کنند به همین دلیل تولید سرانه این کشورها بسیار بالا و در سال ۲۰۰۰ در حدود ۱/۲ تن بوده است که بیش از دوبرابر تولید سرانه ۵۳۰ کیلوگرمی اروپا می باشد (۲۸). با این حال حتی در کشورهای پیشرفته نیز کاهش تولید سرانه مشهود است بطوریکه این شاخص در نیمه دهه ۸۰ میلادی برای اروپا و مجموع آمریکا- کانادا- استرالیا به ترتیب ۶۰۰ و ۱۴۰۰ کیلوگرم بوده (۱۱) که بمراتب بیشتر از سال ۲۰۰۰ می باشد.

از دیدگاه اکولوژیکی ارزیابی روند عملکرد و تولید برای بررسی پایداری سیستمهای فشرده تولید حائز اهمیت است (۱۹). تولید غلات (بویژه گندم) در اراضی آبی منبع حیاتی تامین غذای میلیونها مردم کشورهای در حال توسعه می باشد. در طی ۵۰ سال آینده افزایش عملکرد این سیستمها برای تامین تقاضای روزافزون به این منابع بدون افزایش سطح زیر کشت و یا افزایش قیمت ضروری خواهد بود (۳۷). با وجودیکه تولید غلات در سطح جهانی در طی ۵۰ سال گذشته افزایش یافته ولی تولید سرانه این محصولات از سال ۱۹۸۴ میلادی کاهش یافته است (۱۴). بعلاوه محدویت زمین بدلیل تخریب اراضی و مشکل آب (۳۰) کاهش تولید سرانه را در آینده تشدید خواهد کرد (۷). در فاصله سالهای ۲۰۰۱-۱۹۶۱، تولید غلات جهان از ۶۰۰ میلیون تن به ۱ میلیارد تن افزیش یافته که عمدتا ناشی از افزایش عملکرد در واحد سطح بوده است و پیش بینی می شود که آینده تولید غلات نیز در گرو افزایش عملکرد باشد (۲۵).

بطورکلی اقتصاد دانان بر این عقیده اند که روند افزایشی عملکرد در آینده ادامه خواهد یافت (۱۸، ۳۰). به اعتقاد بورلاگ (۴) رشد عملکرد ناشی از اصلاح ژنتیکی، کودهای شیمیایی، آفت کشها و سیستمهای آبیاری در آینده نیز با موفقیت ادامه یافته و افزایش عملکرد غلات دور از دسترس نخواهد بود. در حالیکه در مقابل اکولوژیست ها بر اساس تجزیه و تحلیل و ارزیابی شواهد موجود در مورد روند عملکرد غلات، معتقدند که محدودیت های بیوفیزیکی مانع تداوم رشد عملکرد غلات خواهد شد (۹، ۱۹). اسلافر (۳۳) با بررسی روند عملکرد گندم در ۲۱ کشور جهان نشان داد که رشد عملکرد در طی دهه آخر قرن گذشته ثقریبا ثابت مانده است . این وضعیت که در فاصله سالهای ۹۵-۱۹۹۰ بارزتر می باشد (۱۵) نشان می دهد که ظاهرا عملکرد گندم به سقف خود نزدیک شده است. از سوی دیگر مکانیزم های افزایش آینده عملکرد غلات بدرستی مشخص نمی باشند زیرا بسیاری از شاخص های فیزیولوژیکی موثر بر عملکرد غلات که مورد توجه اصلاحگران می باشد به سقف خود نزدیک شده اند (۲۷).

بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی (۱۲) جهت تامین تقاضای غلات در مقیاس جهانی تا سال ۲۰۵۰ لازم است که میانگین افزایش عملکرد سالانه در حدود ۳۳/۱ کیلوگرم در هکتار باشد. هافنر (۱۵) با تجزیه و تحلیل روند عملکرد غلات در ۱۸۸ کشور جهان بر روی گندم، برنج و ذرت نشان داد که تحقق این امر به لحاظ فیزیولوژیکی امکان پذیر بوده و در واقع موانع اقتصادی و بیوفیزیکی عامل

اصلی کاهش سرعت افزایش عملکرد غلات می باشند، البته امکان تداوم افزایش عملکرد غلات با بکارگیری شیوه های رایج مورد تردید می باشد (۱۹، ۲۱، ۳۵).

محققین سالهای ۱۹۸۲-۱۹۶۷ (۱۳۴۶۱-۱۳۴۷) را دوره اوج انقلاب سبز و سالهای ۱۹۹۵-۱۹۸۲ (۱۳۷۴-۱۳۶۱) را دوره پس از انقلاب سبز می دانند (۱۸). نتایج این بررسی موفقیت دوره انقلاب سبز را در ایرا نیز تایید می کند. با این حال بای توجه داشت که سرعت افزایش عملکرد گندم، ذرت، برنج و کل غلات آسیا از دوره اوج انقلاب سبز تا سال ۲۰۰۰ به ترتیب از ۴/۱ به ۲/۷، ۳/۵ به ۲/۹٪، ۲/۵ به ۱/۹٪ و ۳/۶ به ۲/۴٪ در سال تقلیل یافته است (۲۵). بر اساس داده های موجود این کاهش در رشد عملکرد که عمدتا ناشی از سیستم های فشرده تک کشتی می باشد (۱۹) در ایران نیز مشاهده می شود. از سال ۱۹۶۷ تا سال ۲۰۰۰ درحدود ۹۶-۷۹٪ از افزایش عملکرد گندم، ذرت و برنج در جهان مربوط به فشرده سازی بوده است (۱۶). با وجودیکه یافته های این تحقیق سهم عوامل تکنولوژیکی در افزایش عملکرد غلات کشور را در حدود ۷۰ درصد برآورد می کند، به نظر می رسد فشار ناشی از سیستمهای تک کشتی مستلزم مصرف نهاده های بیشتر است و مصرف نهاده ها با تخریب تدریجی سیستم تولید، موانع بیوفیزیکی را در مسیر افزایش عملکرد ایجاد خواهند کرد (۲۷).

نتایج این بررسی در مجموع بیانگر روند افزایشی عملکرد و تولید غلات در کشور است بطوریکه علیرغم ثبات نسبی سطح زیر کشت ، رشد عملکرد افزایش تولید غلات در آینده را بهمراه خواهد داشت. بعلاوه پیش بینی این روند تا افق ۱۴۰۰ نیز وضعیت نسبتا مطلوبی را برای این محصولات ترسیم می کند. البته با وجودیکه تولید سرانه غلات کشور روندی نزولی را دنبال می کند ولی با سرانه جهانی و آسیا قابل مقایسه است. با این حال پیش بینی روند آینده تولید بر اساس سری های زمانی صرفا بر اساس الگوی دراز مدت زمانی صورت گرفته و موانع اکولوژیکی تداوم تولید و پیآمد های پدیده هایی تظیر تغییر اقلیم را در بر تخواهد داشت. نتایج مطالعات انجام شده در کشور شواهدی را در مورد اثرات تغییر جهانی اقلیم بر شاخص های اقلیمی کشاورزی ایران(۲۰) و کاهش عملکرد غلات در واکنش به این تغییرات (۲۴) ارائه کرده است. از سوی دیگر باوجودیکه مطالعه روند عملکرد ساده ترین شاخص ارزیابی تولید محسوب می شود، بررسی ثبات عملکرد در طول زمان نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مطالعات بیشتر در مورد این عوامل نتایج عمیق تری را در مورد وضعیت تولید غلات در کشور بدست خواهد داد.

منابع

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

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

3- Blackmore, B.S., R., Godwin, 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years, Biosystems Engineering, 84: 455-466.

4- Borlaug, N.E., 2000. Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry. Plant Physiology, 124: 487–490.

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

6- Cassman, K., D.C., Peng, J.K., Olk, W., Ladha, A., Reichardt A., Dobermann, and U., Singh 1998. Opportunities for increased nitrogen use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. Field Crops Research, 56: 7-38.

7- Cassman, K., 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield (to be completed).

8- Dawe, D., A., Dobermann, P., Moya, S., Abdulrahman, P., Lal, S.Y., Li, B., Lin, G., Panaullah, O., Sariam, Y., Singh, A., Swarup, P.S., Tan, and Q.X., Zhen, 2000. How widespread are yield declines in long-term rice experiments in Asia? Field Crops Research, 66: 175–193.

9- Dyson, T., 1999. Population and Food: Global Trends and Future Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol. 96, pp. 5952–5959, May 1999 Colloquium Paper.

10- Dyson, T., 2000. World food trends and prospects to 2025. Proc. Natl. Acad. Sci. USA

11- Evans, M. 2001. Wheat Situation and Outlook Yearbook United States Department of Agriculture Economic Research Service WHS-2001 March 2001.

12- Food and Agriculture Organization, 2002. Internet database: http://www.fao.org.

13- Garcia-Paredesm J.D, K.R. Olson, and J.M. Lang, 2000. Predicting corn and soybean productivity for Illinois soils. Agricultural Systems, 64: 151-170

14- Gregory, P.J., and J.S.I., Ingram, 2000. Global change and food and forest production: future scientific challenges. Agriculture, Ecosystems and Environment, 82: 3–14.

15- 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.

16- Hall, C.A.S., C.L., Perez, and G., Leclerc, 2000. Quantifying Sustainable Development: The Future of Tropical Economies. Academic Press, San Diego.

17- Hanke, J.E., and A.G. Reitsch, 1995. Business Forecasting. PrenticeHall, Englewood Cliffs, NJ.

18-Khush, G.S., 1999. Green revolution: preparing for the 21st century. Genome, 42: 646–655.

19- Ko, J., C.A.S., Hall, and L.G.L., Lemus, 1998. Resource use rates and efficiency as indicators of regional sustainability: an examination of five countries. Environmental Monitoring and Assessment, 51: 571–593.

20- Koocheki A, M., Nassiri, G.A., Kamali and H., Shahandeh, 2006. Potential impacts of climate change on agro-meteorological indicators in Iran. Arid Land Research and Management (accepted).

21- Ladha, J.K., D., Dawe, H., Pathak, A.T., Padre, R.I., Yadav, B., Singh, B., Y., Singh, A.L., Kundu, R., Sakal, N., Ram, A.P., Regmi, S.K., Gami, A.L., Bhandari, R., Amin, C.R., Yadav, E.M., Bhattari, S., Das, H.P., Aggarwal, R.K., Gupta, P.R., Hobbs, 2003. How extensive are yield declines in long-term rice–wheat experiments in Asia? Field Crops Research, 81: 159–180.

22- Lobell, D., and G.,Asner, 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields. Science, 299: 1032.

23- Bakker, M., G., Govers, F., Ewert, M., Rounsevell, and R. Jones, 2005. Variability in regional wheat yields as a function of climate, soil and economic variables: Assessing the risk of confounding. Agriculture, Ecosystems and Environment: 110: 195–209

24- Nassiri, M, A. Koocheki, G.A. Kamali and H. Shahandeh. 2006. Potential Impact of Climate Change on Rainfed Wheat Production in Iran. Archives in Agronomy and Soil Science (accepted).

25- Patchet, S.I., 1982. Statistical Methods for Managers and Administrators, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY.

26- Peng, S., R.C. Laza, R.M. Visperas, A.L. Sanico, K.G. Cassman, 1999. Grain yield of rice cultivars and lines developed systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proc. National Acad. Sci.: 96:5952–5959.

27- Pingali, P.L., and P.W., Heisey, 1999. Cereal Productivity in Developing Countries: Past Trends and Future Prospects. CIMMYT Economics Program Paper 99–03, CIMMYT.

28- Reynolds, M.P., S., Rajaram, and L.D., Sayre, 1999. Physiological and genetic changes of irrigated wheat in the post-green revolution period and approaches for meeting projected global demand. Crop Science: 39: 1611–1621.

29- Reilly J. M, Keith, and O., Fuglie, 1998. Future yield growth in field crops: what evidence exists? Soil and Tillage Research 47: 275-290

30- Rosegrant, M., M., Paisner, S., Meijer, and J., Witcover, 2001. Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.

31- Scian, B.V., and M.E., Bouza, 2005. Environmental variables related to wheat yields in the semiarid Pampa region of Argentina. Journal of Arid Environments 61: 669–679

32- Slafer, G.A., and F.H., Andrade, 1993. Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. Field Crops Research: 31, 351–367.

33- Slafer, G.A., and G.C., Kernich, 1996. Have changes in yield 1900–1992 been accompanied by a decrease yield stability in Australia cereal production? Australian Journal of Agricultural Research: 47, 323–334.

34- Slafer, G.A., E.H., Satorre, and F.H., Andrade, 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: Slafer, G.A. Ed., Genetic Improvement of Field Crops. Marcel Dekker, New York, pp. 1–68.

35- Slafer, G.A., D.F., Calderini, and D.J., Miralles, 1996. Generation of yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In: Reynolds, M. Ed. , Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. CIMMYT Int. Symp., CIANO, Cd. Obregon, Mexico. CIMMYT, Mexico, D.F., pp. 101–133.

36- Tirol-Padre A., and J.K., Ladha, 2006. Integrating rice and wheat productivity trends using the SAS mixed-procedure and meta-analysis Field Crops Research 95: 75–88.

37- Walker, G.K. 1989. Model for operational forecasting of western Canada wheat yield. Agricultural and Forest Meteorology: 44:339–351.

Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation

A. zarea, A. koocheki and M. Nassiri

Abstract

Trends in cultivated area, yield and production of wheat, barley and rice as the main cereal crops of Iran were studied during 1350-1382 using time series analysis and the situation of future were predicted for 1382-1400 period. The results showed that country-level cultivated area of cereals is leveled off after and initial increase and the current area under cultivation will be maintained until year 1400. However, cultivated area of irrigated wheat and rice will be increased slightly. During the last 32 years cereals yield is increased considerably. Mean annual rate of yield increase was much higher for irrigated cereals (62.5 kg year-1) and rice (69.7 kg year-1) compared to rainfed cereals (12.6 kg year-1), this incremental trend will be continued towards year 1400. The increase of cereal yield in spite of constant cultivated area is led to increase in total production and it was predicted that total cereal production of country will be exceed 26 million tons in target year of 1400. However, per capita cereal production which was at its highest in the mid years of the study period, was decreased later and at present is about 310 kg which is not much different from the baseline year (1350). Per capita production of cereals will remain unchanged until year 1400 because of high predicted population growth rate.