Archiv

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۹۷
۱۹-۳۳
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:

مقایسه دو روش برازش خط مرزی در آنالیز خلاء عملکرد: مطالعه موردی گندم دیم در استان گلستان

***امیر حجارپور[۱]، افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳]، حبیب‌الله کشیری[۴]، امیر آینه‌بند[۵] و محمد ناظری[۶]**

[۱]دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]مدیر ترویج کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، [۵]استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز، [۶]کارشناس مسئول دفتر گندم، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۲/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر به‌علت نگرانی‌های به‌وجود آمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات نیز در این زمینه در سطح جهان رو به افزایش است و نیاز است تا با روش‌های آماری مناسب اقدام به برآورد عملکرد پتانسیل و شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد پتانسیل نمود. در مدیریت زراعت دیم، بهینه‌سازی رشد رویشی قبل از مرحله گلدهی در جهت حداکثر بهره‌برداری از آب موجود در خاک یک اصل اساسی می‌باشد و عوامل مدیریتی مانند تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی و میزان کود نیتروژن (N) مصرفی می‌توانند تعیین‌کننده میزان رشد رویشی تا قبل از گلدهی باشند. آنالیز خط مرزی یک روش آماری است که به کمک آن می‌توان واکنش عملکرد به یک عامل محیطی یا مدیریتی در شرایطی که سایر عوامل نیز متغیر باشند را مشخص کرد. اهداف تحقیق حاضر عبارت از معرفی، استفاده و مقایسه دو روش آنالیز خط مرزی جهت تعیین همزمان بهترین مدیریت‌ها، برآورد پتانسیل‌ها و محاسبه خلاء عملکرد گندم دیم در سه شهرستان آق‌قلا، گمیشان، و کلاله در استان گلستان بوده است؛ یکی روش معمول بر مبنای استفاده از روش حداقل توان‌های دوم (LS) و دیگری روشی بر مبنای برنامه‌ریزی خطی (LP) که در آن اصل بر این است که هیچ نقطه‌ای بالاتر از خط رسم شده قرار نگیرد.

مواد و روش‌ها: برای این مطالعه اطلاعات موردنیاز از ۳۳۲ مزرعه گندم در سه شهرستان آق‌قلا، گمیشان و کلاله در طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳ جمع‌آوری شدند. عوامل مدیریتی مورد بررسی شامل تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی و میزان کود N مصرفی (به‌صورت پایه و سرک)، بودند. برای برازش خط مرزی به روش LS با استفاده از قانون حداقل توان‌های دوم یک خط از میان حداکثر عملکردها برازش داده شد. اما در روش LP، یک تابع بر لبه بالایی پراکنش داده‌ها برازش داده شد به گونه‌ای که هیچ نقطه‌ای در بالای این خط قرار نگیرد. برای این منظور، به نحوی پارامترهای معادله موردنظر تغییر داده شد که مجموع باقی‌مانده‌ها در کمترین حد ممکن باشد، با این شرط که هیچ تک باقی‌مانده منفی نیز وجود نداشته باشد. در ادامه حد بهینه هر عامل مدیریتی مشخص و در نهایت با برآورد پتانسیل‌ها و کم کردن متوسط عملکرد در هر شهرستان، خلاء عملکرد برای هر عامل و در مجموع محاسبه شد.

*مسئول مکاتبه: ahajarpoor@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها: نتایج آنالیز خط مرزی، حد بهینه عوامل مدیریتی جهت دستیابی به عملکرد پتانسیل در هر شهرستان را نشان داد و تاریخ کشت مطلوب، میزان بذر مصرفی و میزان نیتروژن (N) مصرفی بهینه در هر شهرستان تعیین شدند. متوسط عملکرد گندم دیم در سه شهرستان آق‌قلا، گمیشان و کلاله در حدود ۲۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد پتانسیل نیز بر اساس روش LS در حدود ۴۷۰۰ کیلوگرم و بر اساس روش LP در حدود ۴۸۰۰ کیلوگرم برآورد شد که نشان از خلا عملکردی در حدود ۲۱۰۰–۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (۴۴ تا ۴۵ درصد) دارد. لازم به ذکر است که نتایج این تحقیق دارای قطعیت نبوده و برای دستیابی به حدود بهینه هر شهرستان نیاز به چندین سال آزمایش وجود دارد.

نتیجه‌گیری: از مزایای روش LP این است که احتیاج به تقسیم‌بندی عامل مستقل به محدوده‌های مشخص و تعیین نقاط مرزی ندارد، همچنین برازش خط با مشارکت تمامی نقاط انجام می‌شود و به‌عبارتی تمامی نقاط بر روی خط رسم شده تأثیرگذار هستند. شاید ضعف این روش را بتوان در عدم دخالت تجربه کاربر در برازش این خط مرزی دانست، اما به‌نظر می‌رسد هر کدام از این روش‌ها در شرایط خاصی بسته به نوع و پراکندگی داده‌ها می‌توانند مفید باشند و کاربر باید بعد از رسم پراکندگی نقاط بهترین روش برازش خط را برای آن داده‌ها انتخاب کند.

کلمات کلیدی: امنیت غذایی، آنالیز خط مرزی، برنامه‌ریزی خطی، حداقل توان‌های دوم، مدیریت زراعت دیم

مقدمه

آنالیز خلا عملکرد[1] (تخمین کمی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص)، یک جزء مهم در طراحی استراتژی‌های تأمین غذا در مقایس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (۲۷). عملکرد پتانسیل[2] در واقع حداکثر عملکرد به‌دست آمده یک رقم در محیط معین و تحت شرایط مطلوب و یا بدون محدودیت‌های رشد مثل آب، مواد غذایی، آفات یا بیماری‌ها می‌باشد؛ در شرایط دیم، عملکرد پتانسیل آب محدود[3] توسط میزان فراهمی آب و همچنین توزیع آن در طی فصل رشد گیاه تعیین می‌شود. به اختلاف بین عملکردهای واقعی در مقابل عملکرد به‌دست آمده تحت شرایط مطلوب مدیریتی خلا عملکرد گفته می‌شود (۱۶).

در کشورهای در حال توسعه، معمولا کاهش عملکرد در شرایط دیم به بارندگی ناکافی نسبت داده می‌شود که خارج از کنترل کشاورز است (۲۲). به‌رغم تأثیر زیاد بارندگی بر عملکرد، عملکرد حاصله همیشه با مقدار بارندگی متناسب نیست بلکه عواملی نظیر توزیع، شدت و تعداد دفعات بارندگی نیز تعیین‌کننده هستند (۱۵). همچنین بر اساس گزارشات محققان مشخص شده است که صرفا استناد عملکرد کم به کمبود بارندگی صحیح نمی‌باشد. عالی‌مقام و سلطانی (۲۰۱۵) خلاء عملکرد گندم دیم در ایران را برابر ۱/۵۱ (۶۰ درصد) تن در هکتار برآورد کردند (۱۰). ایشان عنوان کردند که عملکرد گندم در کشور نسبت به کشورهایی با عرض جغرافیای یکسان با ایران دارای اختلاف قابل توجهی بوده و به‌نظر می‌رسد که کمتر بودن عملکرد گندم دیم در ایران فقط به‌دلیل اقلیم گرم و خشک و پایین بودن میزان بارندگی در کشور نباشد.

1- Yield gap analysis
2- Potential yield
3- Water-limited Potential yield

www.SID.ir

Archive of SID

در سال‌های اخیر به‌علت نگرانی‌های به وجود آمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات نیز در این زمینه در سطح جهان (۱۵، ۱۰، ۲۹) و ایران (۲۳، ۱۰) رو به افزایش است و نیاز است تا با روش‌های آماری مناسب اقدام به برآورد عملکرد پتانسیل و شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد پتانسیل نمود.

یکی از روش‌هایی که توانایی برآورد عملکرد پتانسیل و میزان خلاء عملکرد را دارد، آنالیز خط مرزی[1] است. همچنین به کمک این روش حد مطلوب مدیریتی و درصد مزارع بالا و پایین حد مطلوب مدیریتی را می‌توان مشخص کرد. در آنالیز خط مرزی با استفاده از یک معادله $Ymax= f (X; \theta)$ بین حداکثر عملکردهای به‌دست آمده و یک متغیر هدف (بدون در نظر گرفتن اثر سایر عوامل مؤثر بر عملکرد) یک رابطه برقرار می‌شود که در این معادله $Ymax$ حداکثر عملکرد، به‌عنوان تابعی از مقادیر مختلف متغیر X، و θ نیز پارامترهای معادله می‌باشد که از طریق اندازه‌گیری‌های متعدد Y و X در مزارع مختلف تخمین زده می‌شوند (۱۷). این روش باعث شناخت پاسخ عملکرد به تنها یک متغیر از میان متغیرهای متعدد تأثیرگذار، می‌شود؛ درحالی‌که عملکرد به خودی خود تحت تأثیر تمامی این متغیرها بوده و در اصل عملکرد نهایی، میانگینی از پاسخ‌های مختلف به‌این متغیرها می‌باشد (۲۱).

محققان بسیاری آنالیز خط مرزی را یک آنالیز کاربردی در مباحث بیولوژیکی گیاهان یافته‌اند که از آن جمله می‌توان به مطالعه فیضی‌اصل و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد که ارتباط بین خصوصیات گیاهی و عملکرد را با استفاده از آنالیز خط مرزی مشخص کرده و به شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گندم پرداختند (۸). درحالی‌که این آنالیز بیشتر در ارتباط بین عوامل خاکی (شامل غلظت مواد غذایی، مواد آلی، اسیدیته و غیره) و عملکرد استفاده شده است (۲۱، ۳، ۲۶ و ۲۹)، اما برخی مانند اشمیت و همکاران (۲۰۰۰) رابطه بین متغیرهای خاکی با انتشار گاز N_2O از زمین‌های زراعی را با استفاده از این آنالیز بررسی کرده‌اند (۲۰). ارتباط عملکرد با عواملی مانند بارندگی، تبخیر–تعرق، نیتروژن مصرفی، آفات و بیماری‌ها و تراکم گیاهی نیز در مطالعات جداگانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۱۹، ۱۱، ۹، ۲۵، ۲۴). با تمام این وجود می‌توان گفت که پروتکل توافق شده‌ای برای آنالیز خط مرزی وجود ندارد و در مواردی محققین به‌صورت کاملا اختیاری یک خط مرزی به داده‌ها برازش می‌دهند که هیچ‌گونه مبنای علمی و آماری ندارد (۱۷). از این‌رو بانهکا و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی[2]، روشی برای برازش بهتر خط مرزی به داده‌ها ارایه داده‌اند که از لحاظ ایشان معایب استفاده از روش‌های معمول را پوشش داده به نحوی که هیچ نقطه‌ای بالاتر از خط مرزی نهایی قرار نمی‌گیرد (۲).

شناخت پتانسیل‌ها و همچنین میزان و نحوه تأثیر هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد به‌صورت جداگانه، نقش مهمی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین جهت رسیدن به حداکثر عملکرد دارد؛ بنابراین اهداف تحقیق حاضر معرفی، استفاده و مقایسه دو روش آنالیز خط مرزی جهت تعیین همزمان بهترین مدیریت‌ها، برآورد پتانسیل‌ها و محاسبه خلا عملکرد گندم دیم در سه شهرستان آق‌قلا، گمیشان، و کلاله در استان گلستان بوده است. این دو روش عبارتند از روش معمول آنالیز خط مرزی که بر اساس روش کمترین توان‌های دوم[3] (۱۰) بین حداکثر عملکردها و متغیر موردنظر ارتباط برقرار

1- Boundary-line analysis

2- Linear programming approach

3- Least-square

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند و دیگری روشی است که بانهکا و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی پیشنهاد دادند (۲).

مواد و روش‌ها

داده‌ها و اطلاعات زراعی: برای این مطالعه اطلاعات موردنیاز از مزارع گندم سه شهرستان آق‌قلا، گمیشان و کلاله در طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ جمع‌آوری شدند. در ابتدا در هر شهرستان ۶۰ مزرعه جهت بررسی انتخاب شدند؛ این مزارع با علم به دیم بودن کشت و کار آن‌ها انتخاب و در طی فصل پایش از این مزارع به‌صورت دوره‌ای انجام و اطلاعات موردنیاز جمع‌آوری شدند. به‌علت این‌که ۲۸ مزرعه در حین فصل اقدام به آبیاری تکمیلی نمودند در مرحله آنالیز کنار گذاشته شدند و در مجموع ۳۳۲ مزرعه مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق بدون در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به خاک مزارع، اطلاعات مربوط به چند مدیریت کلیدی در زراعت دیم مورد آنالیز قرار گرفت. عوامل مدیریتی مورد بررسی شامل تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی و میزان کود N مصرفی (به‌صورت پایه و سرک)، بودند.

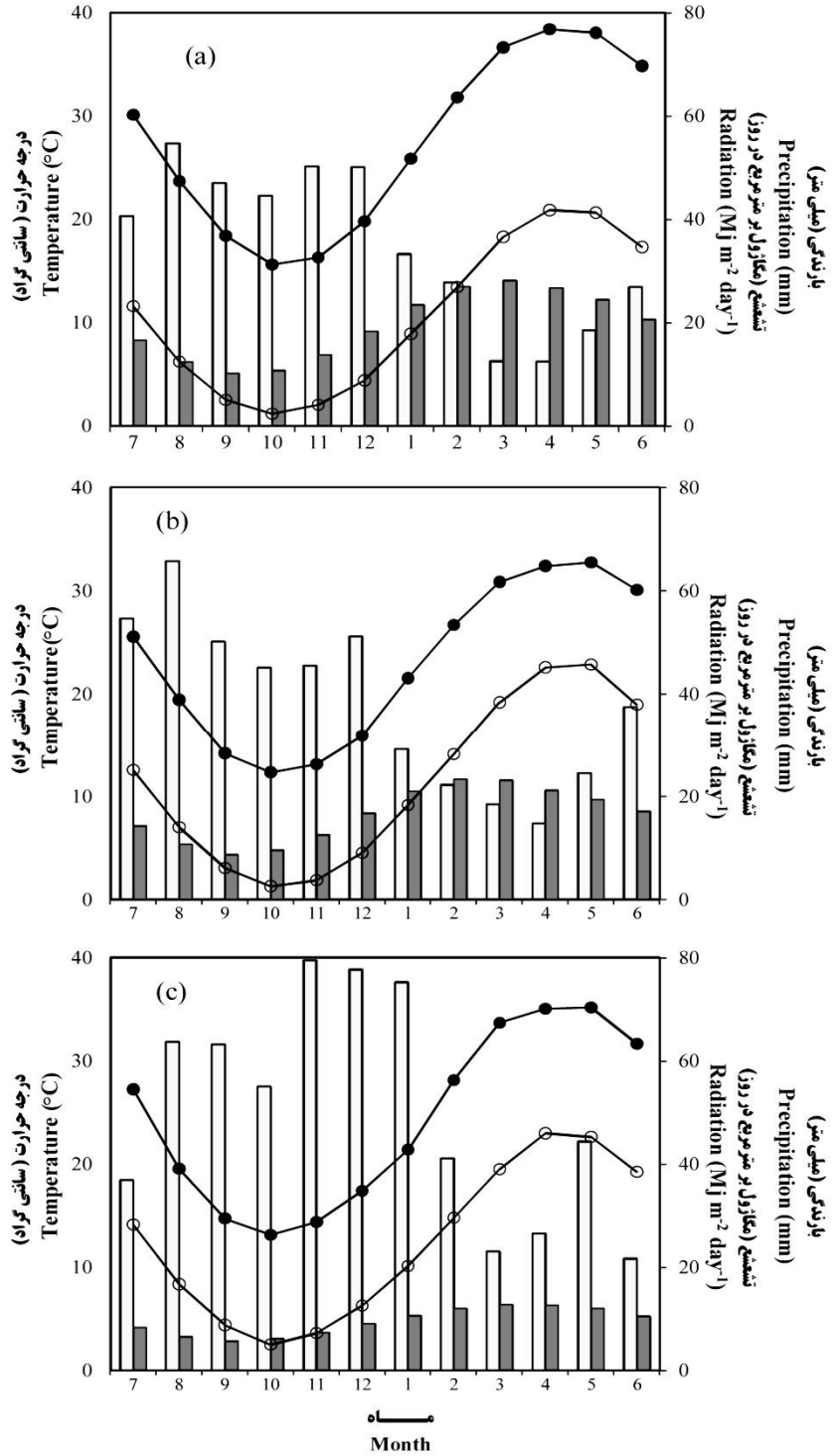
اطلاعات اقلیمی: استان گلستان بین ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی در بخش شمالی کشور واقع گردیده است. استان گلستان- به‌دلیل شرایط خاص جغرافیایی و طبیعی- دارای تنوع اقلیمی قابل توجهی می‌باشد، به‌طوری‌که نواحی جنوب از آب و هوای کوهستانی، نواحی مرکزی و جنوب غربی از آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای و نواحی شمالی از آب و هوای نیمه‌خشک و خشک برخوردار است. اقلیم سه شهرستان انتخاب شده در این تحقیق به گونه‌ای است که می‌توانند معرف کشت و کار دیم گندم در قسمت اعظمی از استان گلستان باشند (شکل ۱). این شهرستان‌ها دارای زمستان‌های ملایم بوده و گندم دیم در آن‌ها به‌صورت کشت پاییزه و معمولا در اوایل آذرماه کشت می‌شود. محصول گندم نیز به‌طور معمول در خردادماه برداشت می‌شود. میانگین بلندمدت حداکثر و حداقل دما در طی فصل رشد گندم (آذرماه تا خرداد ماه) برای آق‌قلا به‌ترتیب برابر با ۲۳/۵ و ۷ درجه سانتی‌گراد، در گمیشان، ۱۹/۲ و ۷/۵ درجه سانتی‌گراد و در شهرستان کلاله برابر با ۲۰/٤ و ۸/۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. میانگین ماهانه تابش خورشیدی نیز در فصل رشد گندم برای شهرستان آق‌قلا ۱۷/۹ مگاژول بر مترمربع در روز و مجموع بارش آن ۲۳۵ میلی‌متر بوده است. این ارقام برای گمیشان به‌ترتیب برابر ۱۵/۷ مگاژول بر مترمربع در روز و ۲۵۰ میلی‌متر و برای کلاله ۸/۵ مگاژول بر مترمربع در روز و ۳۹۱ میلی‌متر بوده‌اند (شکل ۱).

آنالیز: اگرچه مطالعات مختلف بر روی آنالیز خط مرزی، مراحل و چگونگی انجام این آنالیز را به‌صورت‌های مختلف بیان کرده‌اند اما در تمامی این روش‌ها، اصل اساسی بر تقسیم متغیر مستقل به محدوده‌های مشخص[1]، تعیین نقاط مرزی در هر محدوده[2] و برازش یک خط مرزی با استفاده از روش کمترین توان‌های دوم (LS) می‌باشد (۹). بنابراین در این مقاله خطوط مرزی رسم شده به روش LS، با روش ارایه شده توسط بانهکا و همکاران (۲۰۱۳) که بر اساس برنامه‌ریزی خطی (LP) است، مورد مقایسه قرار گرفتند (۲).

1- Interval
2- Maximum-yield subset

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- میانگین بلندمدت ماهانه حداقل (دایره‌های روشن) و حداکثر دما (دایره‌های تاریک)، بارندگی (ستون‌های روشن) و تابش خورشیدی (ستون‌های تاریک) شهرستان‌های آق‌قلا (الف)، گمیشان (ب) و کلاله (ج)[1].

Figure 1. Mean monthly maximum and minimum temperature, monthly total rainfall and Radiation at Aqqala (a), Gomishan (b) and Kalaleh (c) base on the long term climate data.

۱- لازم به ذکر است که اطلاعات گمیشان از ایستگاه غفارحاجی در نزدیکی گمیشان حاصل شده است. ایستگاه کلاله از ایستگاه‌های سینوپتیک و ایستگاه‌های آق‌قلا و غفارحاجی از ایستگاه‌های شرکت آب منطقه‌ای می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

برای برازش خط مرزی به روش LS با رسم نمودار پراکنش میزان عملکرد به‌دست آمده در هر مزرعه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل متغیرهای مستقل (مدیریت‌های زراعی)، ابتدا عملکردهای حداکثر به‌عنوان نقاط مرزی در هر مقدار از متغیر مستقل مشخص شدند و سپس یک خط از میان این نقاط با استفاده از قانون حداقل توان‌های دوم برازش داده شد (۱۰). اما در روش LP، یک تابع بر لبه‌ی بالایی پراکنش داده‌ها برازش داده شد به گونه‌ای که هیچ نقطه‌ای در بالای این خط قرار نگیرد. برای این منظور با نصب افزونه Analytic Solver در نرم‌افزار Excel و استفاده از امکانات حل معادله آن، به نحوی پارامترهای معادله موردنظر تغییر داده شد که مجموع باقی‌مانده‌ها در کمترین حد ممکن باشد، با این شرط که هیچ تک باقی‌مانده منفی نیز وجود نداشته باشد. این روش با سایر نرم‌افزارهای آماری نیز قابل اجرا بوده و مهم انجام شروط آن می‌باشد. برای دستیابی به توضیحات بیشتر و معادلات این روش به بانهکا و همکاران (۲۰۱۳) مراجعه شود (۲).

برای مشخص کردن حد بهینه هر مدیریت به‌صورت جداگانه برای هر شهرستان، مشتق تابع درجه دو به‌دست آمده با هر روش برابر صفر قرار داده شد و بعد از حل معادله مقدار بهینه هر متغیر مشخص شد. سپس درصد مزارعی که به این حد بهینه نرسیده و یا از آن تجاوز کرده‌اند نیز مشخص شدند.

در نهایت با استفاده از حد بهینه تعیین شده و معادله به‌دست آمده در هر مرحله به پتانسیل عملکرد تعیین و با کم کردن متوسط هملکرد هر شهرستان از آن، خلاء ناشی از آن عامل محاسبه شد. همچنین با گرفتن میانگین از پتانسیل‌ها و کم کردن از متوسط عملکرد، خلاء عملکرد هر شهرستان مطابق با معادله زیر مشخص شد.

$$Y_G = Y_P - Y_A$$

که در آن، Y_G، خلا عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار، Y_P، عملکرد پتانسیل بر حسب کیلوگرم در هکتار که می‌تواند برای هر عامل به‌صورت جداگانه و یا بر مبنای میانگین عملکرد پتانسیل کلیه عوامل باشد و در نهایت Y_A، عملکرد واقعی یا متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی بر حسب کیلوگرم در هکتار در هر شهرستان می‌باشد.

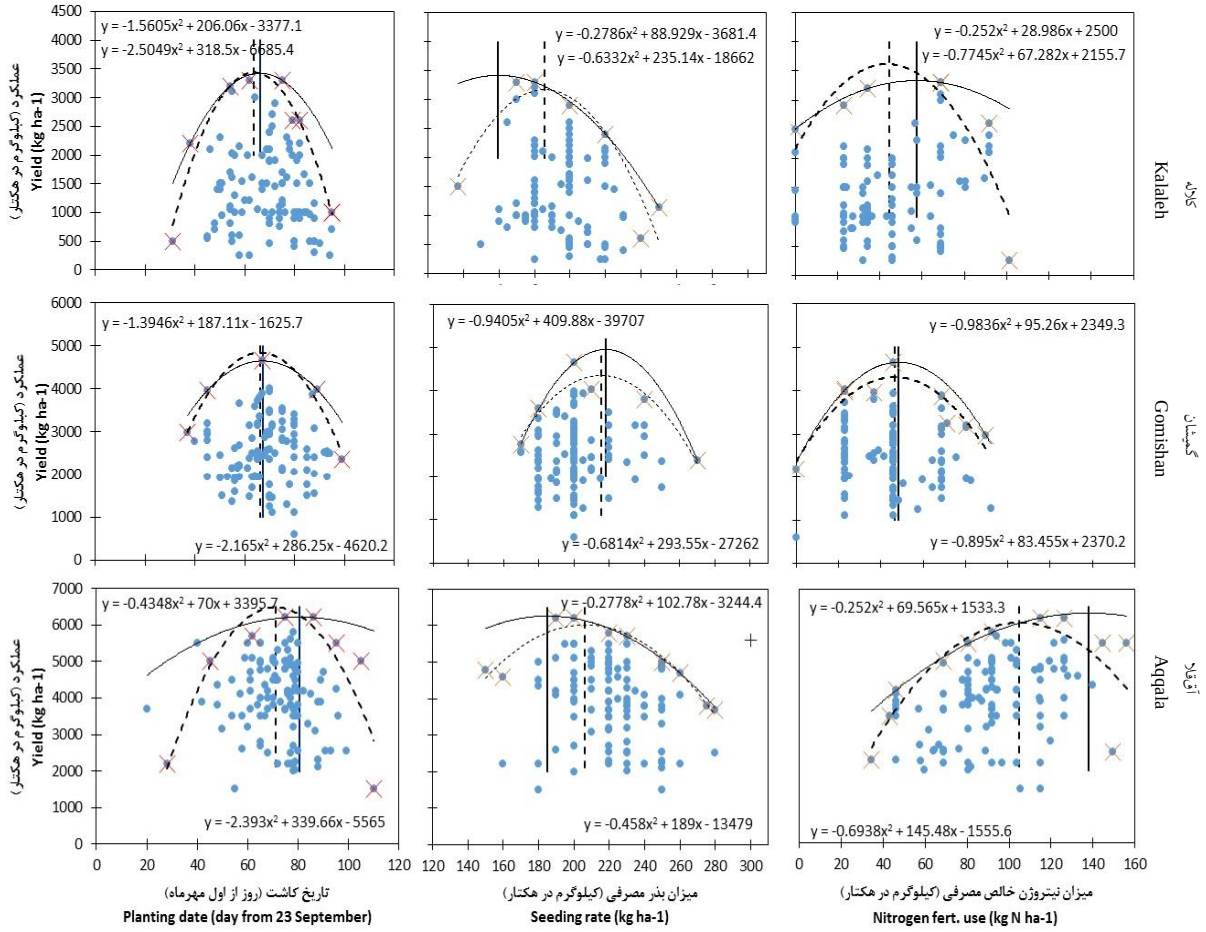
نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج مربوط به آنالیز خط مرزی به دو روش LS و LP به‌همراه میانگین عملکرد پتانسیل برآورد شده و خلاء عملکرد را به‌صورت جداگانه برای هر شهرستان و مجموع آن‌ها را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار هر متغیر یا نهاده در میان مزارع مورد بررسی به همراه حد بهینه تعیین شده توسط هر یک از روش‌ها نیز در این جدول آورده شده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، تاریخ کاشت بهینه به‌ترتیب با روش‌های LS و LP، برای آق‌قلا، ٤ و ٦ آذرماه، میزان بذر مصرفی بهینه برابر با ۱۸٦ و ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار و مقدار بهینه مصرف کود نیتروژن ٤٥ و ٥٨ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تعیین شدند. نتایج در گمیشان به‌این ترتیب بود که تاریخ کاشت بهینه ٦ و ۷ آذر، میزان بذر مصرفی بهینه برابر با ۲۱٥ و ۲۱۷ کیلوگرم در هکتار و مقدار بهینه مصرف کود نیتروژن ٤۷ و ٤۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌ترتیب با روش‌های LS و LP برآورد گردید. در شهرستان کلاله نتایج نشان داد که به‌ترتیب با روش‌های LS و LP، تاریخ کاشت بهینه ۱۱ و ۲۱ آذر، میزان بذر مصرفی بهینه برابر با ۲۰٦ و ۱۸٥ کیلوگرم در هکتار و مقدار بهینه مصرف کود نیتروژن ۱۰٥ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار است (شکل ۲؛ جدول ۱). خط مرزی رسم شده نشان می‌دهد که در صورت عدم محدودیت سایر عوامل، بالاترین عملکرد ممکن در هر سطح از متغیر مستقل چه مقدار خواهد بود (شکل ۲). در این نمودارها عملکرد نقاطی که پایین‌تر از خط مرزی هستند به وسیله سایر عوامل (به‌جز عامل مورد بررسی) محدود شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمودار پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل تاریخ کاشت (روز از اول مهرماه)، میزان بذر مصرفی و میزان نیتروژن خالص مصرفی به‌همراه برازش تابع خط مرزی به روش LS (نقطه چین) و روش LP (خط ممتد). داده‌های استفاده شده در روش LS با علامت ضربدر مشخص شده‌اند. همچنین خطوط عمودی مشخص‌کننده بهترین حالت یا بالاترین عملکرد ممکن در هر روش هستند. معادلات بالای هر نمودار مربوط به LP و معادلات پایین مربوط به LS هستند. در کلاله داده پرت میزان بذر مصرفی که با علامت + نمایش داده شده، از مجموع داده‌ها کنار گذاشته شده است.

Figure 2. Scatter graph of yield to the planting date, seeding rate and amount of nitrogen fertilizer as well as fitted boundary line with LS (Dotted line) and LP (Continuous line) methods. The data used in the LS method identified with cross. The vertical lines indicate the best or highest possible yield in each method. In each graph equation on the top is related to the LP method and equation in the down is related to LS method.

متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی در آق‌قلا برابر با ۱۳۹٦، در گمیشان برابر با ۲۵۳۲ و در کلاله برابر با ۳۹۸۰ کیلوگرم در هکتار بود که به‌عنوان عملکرد واقعی در هر منطقه لحاظ شدند. پتانسیل عملکرد شهرستان آق‌قلا با روش LS، ۳٤۳٤ و با روش LP، ۳۳۹۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند درحالی‌که این اعداد برای شهرستان گمیشان، ٤۵۰٤ و ٤۷۵۳ گیلوگرم در هکتار و برای شهرستان کلاله، به‌ترتیب ٦۱۹۲ و ٦۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ۱).

به‌طور خلاصه با توجه به متوسط عملکرد شهرستان‌ها که برابر با ۲٦۳٦ کیلوگرم در هکتار بود و با توجه به میانگین عملکرد پتانسیل قابل حصول که بر اساس روش LS برابر با ٤۷۱۰ و بر اساس روش LP برابر ٤۸۰۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند، خلاء عملکرد در حدود ۲۱٦۹-۲۰۷٤ کیلوگرم در هکتار تخمین زده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج آنالیز خط مرزی به دو روش LS و LP به‌همراه محاسبه پتانسیل و خلا عملکرد گندم در شرایط دیم استان گلستان.

Table 1. The results of two methods (LP and LS) of boundary line analysis as well as estimated potential and yield gap of wheat in drylands of Golestan province.

	حداقل Min.	حداکثر Max.	حد بهینه Opt.	درصد مزارع کمتر از حد بهینه Farms less than opt.(%)	درصد مزارع بیشتر از حد بهینه Farms higher than opt.(%)	عملکرد پتانسیل (کیلوگرم در هکتار) Potential Yield (Y_P, kg/ha^{-1})	خلا عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield Gap (Y_G, kg/ha^{-1}) = YP – Average Yield	درصد خلا عملکرد Yield Gap (%) = $Y_G/Y_P \times 100$
نتایج آنالیز خط مرزی به روش LS – Results of boundary line analysis with LS method								
آق قلا (با متوسط عملکرد ۱۳۹۶ کیلوگرم در هکتار) – Aqqala (With average yield of 1396 kg ha^{-1})								
تاریخ کاشت (روز از اول مهر) Planting date	31	95	64	36	64	3439	2043	59
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg.ha)	137	250	186	38	62	3168	1772	56
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N fertilizer (kg N.ha^{-1})	0	101.2	44.5	47	53	3696	2300	62
میانگین – Average						3434	2038	59
گمیشان (با متوسط عملکرد ۲۵۳۲ کیلوگرم در هکتار) – Gomishan (With average yield of 2532 kg ha^{-1})								
تاریخ کاشت (روز از اول مهر) Planting date	37	99	66	43	57	4842	2310	48
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg.ha^{-1})	170	270	215.4	84	16	4354	1822	42
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N fertilizer (kg N.ha^{-1})	0	92	46.6	73	27	4316	1784	41
میانگین – Average						4504	1972	44
کلاله (با متوسط عملکرد ۳۹۸۰ کیلوگرم در هکتار) – Kalaleh (With average yield of 3980 kg ha-1)								
تاریخ کاشت (روز از اول مهر) Planting date	20	110	71	38	61	6488	2508	39
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg.ha^{-1})	150	280	206.3	25	75	6019	2039	34
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N fertilizer (kg N.ha^{-1})	34.5	156	104.8	74	26	6070	2090	34
میانگین – Average						6192	2212	36
میانگین کل – Total Average						4710	2074	44

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1-

نتایج آنالیز خط مرزی به روش LP – Results of boundary line analysis with LP method

آق قلا (با متوسط عملکرد ۱۳۹۶ کیلوگرم در هکتار) – Aqqala (With average yield of 1396 kg ha^{-1})								
تاریخ کاشت (روز از اول مهر) Planting date	31	95	66	38	62	3426	2030	59
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg/ha^{-1})	137	250	160	4	96	3416	2020	59
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N fertilizer (kg N.ha^{-1})	0	101.2	57.5	68	27	3333	1937	58
میانگین – Average						3392	1996	59
گمیشان (با متوسط عملکرد ۲۵۳۲ کیلوگرم در هکتار) – Gomishan (With average yield of 2532 kg ha^{-1})								
تاریخ کاشت (روز از اول مهر) Planting date	37	99	67	46	54	4650	2118	46
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg/ha^{-1})	170	270	217.9	84	16	4952	2420	49
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N fertilizer (kg N.ha^{-1})	0	92	48.4	74	26	4656	2124	46
میانگین – Average						4753	2221	47
کلاله (با متوسط عملکرد ۳۹۸۰ کیلوگرم در هکتار) – Kalaleh (With average yield of 3980 kg ha^{-1})								
تاریخ کاشت (روز از اول مهر) Planting date	20	110	81	83	17	6213	2233	36
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg/ha^{-1})	150	280	185	7	91	6263	2283	36
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N fertilizer (kg N.ha^{-1})	34.5	156	138	96	3	6333	2353	37
میانگین – Average						6270	2290	37
میانگین کل – Total Average						4805	2169	45

* متوسط عملکرد هر شهرستان از میانگین دو ساله عملکردها حاصل شده است.

*The average yield is calculated by the mean of two years data.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مزایا و معایب استفاده از دو روش برازش خط مرزی.

Table 2. Advantages and weakness of using two methods for fitting boundary line.

روش برازش خط Method of fitting	LS	LP
مزایا Advantages	✓ تجربه کاربر در برازش خط مؤثر است. ✓ Experience of user is effective to fit the line ✓ امکان کنار گذاشتن داده‌های پرت در حین آنالیز وجود دارد. ✓ It is possible to discard the outliers data during analysis ✓ امکان برازش سایر توابع نظیر دو تکه‌ای و دندان مانند علاوه بر توابع درجه دوم وجود دارد. ✓ Ability to fit other functions such as segmented and dent-like function as well as quadratic function	✓ احتیاج به انتخاب نقاط و محدوده‌ها ندارد. ✓ Don't require to divide independent factor and to determine the boundary point ✓ با تمامی نقاط برازش انجام می‌شود و همه نقاط تأثیرگذار هستند. ✓ All points have impact on the curve fitting ✓ هیچ نقطه‌ای بالاتر از خط وجود ندارد. ✓ There is no point above the drawn line
معایب Weakness	✓ احتیاج به انتخاب محدوده‌ها و نقاط حداکثر قبل از برازش خط وجود دارد. ✓ Require to divide independent factor to some ranges and to determine the boundary point before curve fitting ✓ تنها عملکرد چند مزرعه خاص در این آنالیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ✓ Only yield of some particular fields are used in this analysis ✓ می‌تواند بسیار سلیقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. ✓ It can be used in very personalization matter	✓ تجربه کاربر در برازش خط بی‌تأثیر است. ✓ Experience of user is not effective to fit the line ✓ امکان کنار گذاشتن داده‌های پرت در حین آنالیز وجود ندارد و داده‌ی پرت باید از مجموع داده‌ها کنار گذاشته شود. ✓ It is not possible to discard the outlier data during analysis ✓ برای برازش توابع دیگر علاوه بر درجه دوم، نیاز به حل معادلات پیچیده‌تری وجود دارد. ✓ It is necessary to solve more complex equations to fit other functions in addition to the quadratic function

استان گلستان در سال‌های انجام این تحقیق بارندگی کمتر از میانگین بلندمدت را تجربه کرد. می‌توان گفت پیامدهای کاهش بارندگی و افت محسوس درجه حرارت به‌خصوص در دی ماه و بهمن ماه سال ۱۳۹۲، تأخیر در رشد و کاهش تراکم بوته در واحد سطح مزارع در شهرستان آق‌قلا و بعد از آن در شهرستان گمیشان بود. شهرستان کلاله به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و خاک مناسب از این موضوع کمتر آسیب دید. همچنین خشک‌سالی باعث تشدید شوری در مناطقی از شهرستان‌های آق‌قلا و گمیشان شد. اگر چه پراکنش بارندگی در سال دوم تحقیق (۹۴-۱۳۹۳) بهتر بود اما وقوع تنش گرمایی در فروردین ماه در شهرستان‌های آق‌قلا و گمیشان باعث پوکی دانه‌ها و در پی آن کاهش عملکرد شد. در سال دوم نیز شهرستان کلاله اگرچه از تنش گرما خسارت دید اما این میزان خسارت کمتر از دو شهرستان دیگر بود. عملکردهای پتانسیل برآورد شده در این شرایط به‌ترتیب به وسیله روش‌های LS و LP برای آق‌قلا برابر ۳٤۳٤ و ۳۳۹۲، گمیشان، ٤٥۰٤ و ٤۷٥۳، و در کلاله برابر با ٦۱۹۲ و ٦۲۷۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (جدول ۱). اگر چه مقدار متوسط بارندگی معیار دقیقی از اثر آن بر رژیم رطوبتی نمی‌باشد و مخصوصا مقدار آب قابل دسترس برای تولید گیاهان زراعی را نشان نمی‌دهد (۱٥)، اما از لحاظ میزان بارندگی بلندمدت نیز شهرستان کلاله بیشترین بارش و بعد از آن شهرستان گمیشان و در انتها شهرستان آق‌قلا قرار دارد (شکل ۱). همچنین به علت بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی در شهرستان گمیشان، خاک دارای رطوبت بالاتری نسبت به شهرستان آق‌قلا می‌باشد. باید توجه داشت که در

www.SID.ir

Archive of SID

شرایطی که در منطقه مورد مطالعه سیستم‌های کشت تحت مدیریت فشرده وجود نداشته باشد، حداکثر عملکرد نمی‌تواند بیانگر عملکرد پتانسیل باشد. وجود سال‌های غیر معمول از لحاظ آب و هوایی در طی مطالعه و یا در صورت وجود یک کشاورز استثنایی در جامعه آماری نیز سبب ایجاد خطا در محاسبات خواهد شد (۱۵، ۱۰).

اگرچه آب و هوا عامل اصلی تعیین‌کننده تاریخ کاشت در هر مکان و در هر سال می‌باشد اما نتایج نشان داد که تاریخ کاشت مطلوبی برای هر شهرستان در مجموع دو سال اجرای طرح وجود داشته که این تاریخ مطلوب برای هر شهرستان مشخص شد. تاریخ‌های مطلوب برآورد شده در این شرایط به‌ترتیب به وسیله روش‌های LS و LP برای آق‌قلا برابر ٤ و ٦ آذر ماه، گمیشان، ٦ و ٧ آذر ماه، و در کلاله برابر با ١١ و ٢١ آذر ماه تعیین شدند (جدول ١). با توجه به دیم بودن این مناطق، تاریخ کاشت‌های زودهنگام با رشد رویشی بیشتر، علاوه‌بر حساسیت در مقابل سرمازدگی باعث مصرف بیشتر آب ذخیره شده در خاک شده‌اند که این موضوع منجربه عملکردی پایین‌تر از پتانسیل منطقه شده است. همچنین تاریخ کاشت‌های دیرهنگام نیز به‌دلیل کوتاه‌تر بودن دوره رشد و همچنین برخورد با دماهای بالای انتهای فصل، سبب کاهش عملکرد می‌شود. اگر مقدار ماده خشک یک کنوپی هنگام گلدهی کمتر از یک حد بهینه باشد، دانه‌بندی کافی صورت نخواهد گرفت و اگر بیشتر از حد بهینه باشد، تعداد دانه بیشتری تشکیل می‌شود که گیاه قادر نخواهد بود تمام آن‌ها را پر کند. دلیل این موضوع عمدتا ناشی از این است که گیاه مقدار زیادی از آب را قبل از گلدهی مصرف کرده است و طی دوره پر شدن دانه با تنش خشکی مواجه خواهد شد. باید یادآور شد که این تاریخ کاشت‌های بهینه تنها برای سال‌های اجرای طرح بوده و برای دستیابی به تاریخ کاشت مطلوب مناطق احتیاج به جمع‌آوری چندین سال اطلاعات می‌باشد. در هر حال، در شرایط کشت دیم به‌دلیل تلفیق بسیار متنوع کمیت و کیفیت بارندگی و همچنین دما، شاید هم در بسیاری موارد دستورالعمل قاطع و دقیقی برای تضمین موفقیت وجود نداشته باشد (۱۳).

میزان بذر مصرفی مطلوب بین ١٦٠ تا ٢١٨ کیلوگرم در هکتار بین شهرستان‌ها متغیر بود. این میزان بذر بسیار بیشتر از میزان بذر توصیه شده توسط مراکز تحقیقاتی برای شرایط دیم می‌باشد (٦٠ تا ١٢٠ کیلوگرم در هکتار)؛ علت این امر به دلایل دیگری نظیر عدم تهیه بستر مناسب برمی‌گردد. اگر چه صرفا با اتکا به نتایج دو سال از کشت و کار در این شرایط نمی‌توان نتیجه‌گیری قطعی انجام داد اما کشاورزان با مصرف بذر بیشتر درصد پوشش ضعف ناشی از تهیه بستر و ماشین‌های کاشت نامناسب برای این مناطق و همچنین عدم رعایت تاریخ کاشت هستند. انتخاب میزان بذر مصرفی توسط کشاورزان با توجه به شرایط بستر بذر (چه از منظر تهیه بستر و چه از لحاظ کیفیت خاک بستر)، درصد استقرار، تاریخ کاشت و نوع رقم مورد استفاده به نحوی است که در نهایت تراکم مطلوب آن‌ها حاصل شود (١٠). تراکم مطلوب بذر در شرایط دیم بسته به مقدار بارندگی‌های منطقه بین ٢٥٠-١٢٠ بوته سبز شده در مترمربع متغیر است (١٣).

در شرایط دیم مدیریت مصرف کودهای نیتروژن دار از حساسیت بالایی برخوردار است زیرا از طرفی نیتروژن یک عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در غلات بوده و از سوی دیگر مصرف بیش از نیاز آن در پاییز باعث رشد رویشی زیاد و مصرف آب ذخیره شده در خاک شده و در صورت عدم

www.SID.ir

Archive of SID

بارندگی مناسب در فصل بهار می‌تواند به شدت عملکرد را کاهش بدهد (۷). از اینرو میزان مصرف کودهای نیتروژن‌دار بر مبنای نیتروژن خالص نیز دارای حد بهینه‌ای در هر شهرستان بود (جدول ۱). در شهرستان کلاله به علت دارا بودن بارندگی‌های بهاره (شکل ۱)، کشاورزان می‌توانند کود نیتروژن بیشتری نسبت به دو شهرستان آق‌قلا و گمیشان مصرف کنند و این باعث بالا رفتن پتانسیل تولید در این شهرستان شده است. باید توجه داشت که در زراعت گندم دیم مقدار مصرف کود نیتروژن علاوه‌بر میزان و توزیع بارندگی پاییزه و بهاره به عوامل دیگری نظیر میزان نیتروژن اولیه خاک و میزان رشد و عملکرد مورد انتظار نیز بستگی دارد. میزان بهینه مصرف نیتروژن به‌دست آمده در این تحقیق نزدیک به میزان‌های توصیه شده (بر اساس مقدار بارندگی در سال زراعی) توسط مراکز تحقیقات کشاورزی می‌باشد (۱۲). میزان کود نیتروژن مصرفی بهینه برای آق‌قلا با استفاده از روش LP بیشتر از گمیشان تعیین شد درحالی‌که پتانسیل عملکرد این میزان کود کمتر از گمیشان بود؛ دلیل این امر این است که ممکن است کشاورزان در آق‌قلا به مصرف کود مبادرت کرده باشند اما به‌علت کمبود بارندگی این کوددهی مورد استفاده گیاه واقع نشده باشد. بنابراین عامل مؤثر دیگر، مدیریت زمان و نحوه مصرف کود نیتروژن است. در بررسی به عمل آمده در این تحقیق مشخص شد که تقسیط کود نیتروژن در حداقل دو نوبت می تواند باعث افزایش عملکرد گندم دیم شود (داده‌ها نشان داده نشد).

برای کاهش خلاء عملکرد مشخص کردن محدودیت‌های عملکرد در یک ناحیه خاص ضروری می‌باشد (۲۷)؛ آنالیز خط مرزی استفاده شده در این تحقیق، علاوه‌بر برآورد میزان خلا عملکرد، حد بهینه برای دستیابی به عملکرد پتانسیل و محدودیت‌های عملکرد ناشی از هر عامل را نیز به صورت روشن نشان داد (شکل ۲). در هر بخش از نمودارهای شکل ۲ خط رسم شده به معنی مقدار لازم از آن نهاده جهت دستیابی به آن عملکرد است و تمامی نقاطی که زیر خط قرار گرفته‌اند شرایطی را داشته‌اند که پاسخ عملکرد به میزان متغیر مستقل توسط سایر عوامل محدود شده است (۱٤). از مجموع نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌توان برآورد میانگین پتانسیل عملکرد گندم دیم استان گلستان را با روش LS برابر با ٤۷۱۰ کیلوگرم در هکتار و با روش LP برابر با ٤۸۰۵ کیلوگرم در هکتار دانست. متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی یا عملکرد واقعی نیز برابر با ۲٦۳٦ کیلوگرم در هکتار بود که با متوسط عملکرد گندم دیم اعلام شده توسط سازمان جهاد کشاورزی قابل مقایسه می‌باشد (۵). بنابراین خلاء محاسبه شده در این تحقیق برابر ٤٤ تا ٤۵ درصد عملکرد پتانسیل (برابر با ۲۰۷٤ در روش LS و ۲۱٦۹ کیلوگرم در هکتار در روش LP) تخمین زده می‌شود. مولر و همکاران (۲۰۱۲) نیز در یک مطالعه شبیه‌سازی که به‌صورت جهانی و برای غلات مهم دنیا شامل ذرت، گندم و برنج انجام دادند، خلا عملکرد گندم در ایران را حدود ٤۰ درصد عنوان کردند (۱۸). عالی‌مقام و سلطانی (۲۰۱۵) نیز خلاء عملکرد گندم دیم کشور را بر مبنای رابطه بارندگی با عملکرد، به‌طور متوسط ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار عنوان کردند (۱۰).

ون‌ایترسام و همکاران (۲۰۱۳) عنوان کردند که این‌گونه مطالعات اگرچه برای محاسبه عملکردهای قابل حصول در یک منطقه خاص با در نظر گرفتن بهترین ترکیب از ژنوتیپ‌ها، شرایط محیطی و مدیریت‌ها (G×E×M) مفید است اما اطمینان از عدم به‌وجود آمدن هیچگونه تنش زنده و غیره زنده در طول دوره رشد گیاه ممکن نیست (۲۷)؛ بنابراین این عملکردها به اندازه کافی تخمین مناسبی از پتانسیل منطقه با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی غالب منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

نیستند. شرایط آب و هوایی خاص در منطقه در این‌گونه مطالعات می‌توانند عاملی جهت محدود کردن عملکردهای حداکثر باشند. به عنوان مثال خشکسالی و یا تنش گرمایی عنوان شده در طی سال‌های اجرای این تحقیق، امکان افزایش بیشتر عملکردهای پتانسیل را محدود ساخت. با تمام این تفاسیر می‌توان گفت که خلاء محاسبه شده در این تحقیق به تعریف ارایه شده توسط کانر و همکاران (۲۰۱۱) در مورد خلا عملکرد قابل بهره‌برداری[1] بسیار نزدیک بوده و اختلاف بین عملکردهای واقعی و عملکردهای پتانسیل با توجه به شرایط محیطی منطقه را در طی این دو سال زراعی نشان می‌دهد (٤). هر چه تعداد سال انجام یک مطالعه میدانی بیشتر باشد جهت فایق آمدن بر نوسانات اقلیمی و آب و هوایی بهتر است (۱۵، ٦).

ایده اصلی این مقاله مقایسه دو روش برای رسم خط مرزی در مطالعات خلاء عملکرد بود. در جدول ۲ نقاط ضعف و قوت هر یک از این روش‌ها آورده شده است. برای روش‌های معمول برازش خط مرزی پروتکل توافق شده‌ای وجود ندارد و در مواردی محققین به صورت کاملا اختیاری یک خط مرزی به داده‌ها برازش می‌دهند (۱۷). این روش‌ها می‌تواند تا حدودی به سلیقه محقق در انتخاب نقاط بستگی داشته باشد. همچنین تعیین تعداد محدوده‌ها در این روش‌ها متفاوت می‌باشد. بعد از تعیین محدوده‌ها و نقاط حداکثر در هر محدوده از روش‌هایی نظیر روش حداقل توان‌های دوم جهت برازش خط مرزی استفاده می‌شود (۱۰). اما روش حداقل توان‌های دوم زمانی قابل استفاده است که قرار باشد از میان داده‌ها خطی عبور داده شود، به این ترتیب تعدادی از نقاط بالا و تعدادی از آنها در پایین خط قرار می‌گیرند (۲۹). بانهکا و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که در برازش خط مرزی باید اصل بر این باشد که تمام نقاط زیر این خط قرار بگیرند و روش حداقل توان‌های دوم با این تئوری در تضاد است زیرا برخی نقاط در بالای خط قرار می‌گیرند (۲). اما اشکال وارده مذکور این است که تجربه کاربر در آن دخیل نمی‌باشد؛ به این دلیل که گاهی اوقات در علوم بیولوژیک و به‌ویژه علم زراعت، تجربه متخصصین می‌تواند در آنالیز داده‌ها جهت رسیدن به‌نتیجه مطلوب بسیار کمک کند. همچنین در برخی موارد توانایی برازش یک خط مناسب با این روش محدود است به‌عنوان مثال در داده‌های میزان بذر مصرفی در کلاله یک داده پرت وجود داشت (شکل ۲) که با وجود این داده، امکان برازش یک تابع درجه دوم مناسب بر روی کل داده‌ها وجود نداشت؛ بنابراین به اجبار این داده از مجموع کل داده‌ها کنار گذاشته شد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نمونه‌برداری از ۳۳۲ مزرعه طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳ متوسط عملکرد گندم دیم در سه شهرستان آق‌قلا، گمیشان و کلاله در حدود ۲٦۰۰ کیلوگرم در هکتار بود؛ عملکرد پتانسیل نیز بر اساس آنالیز خط مرزی انجام شده با روش LS برابر با ٤۷۱۰ کیلوگرم در هکتار و با روش LP برابر با ٤۸۰۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که نشان از خلاء عملکردی در حدود ۲۱۰۰-۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (٤٤ تا ٤۵ درصد) دارد. شهرستان‌های انتخاب شده در این مطالعه معرف کشت و کار دیم گندم در قسمت اعظمی از استان گلستان بوده که سه عامل مدیریتی شامل تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی و میزان کود نیتروژن مصرفی در آن‌ها با استفاده از آنالیز خط مرزی مورد بررسی قرار گرفتند و حد بهینه عوامل مدیریتی جهت دستیابی به عملکرد پتانسیل برای هر شهرستان شناسایی شدند. هر سه این عوامل

1- Exploitable yield gap

www.SID.ir

Archive of SID

بر روی میزان رشد رویشی تا قبل از گلدهی اثر دارند. لازم به ذکر است که نتایج این تحقیق دارای قطعیت نبوده و برای دستیابی به حدود بهینه هر شهرستان نیاز به چندین سال آزمایش وجود دارد.

در این مطالعه دو روش مورد استفاده برای برازش خط مرزی موردی مقایسه قرار گرفتند. روش اول روش معمول برازش خط با استفاده از قانون حداقل توان‌های دوم (۹) و روش دیگر، روشی بود که توسط بانهکا و همکاران (۲۰۱۳) عنوان شده بود (۲). بانهکا و همکارن بیشتر متخصصان ریاضی و آمار بوده‌اند تا بیولوژیست و اعتقاد آن‌ها در این بوده که روش‌های معمول مورد استفاده از مبانی آماری قوی برخوردار نیستند. شاید ضعف این روش را بتوان در عدم دخالت تجربه کاربر در برازش خط دانست؛ مسأله‌ای که در علوم بیولوژیک و به‌ویژه علم زراعت می‌تواند جهت رسیدن به نتیجه‌ی مطلوب بسیار کمک کند. از مزایای این روش در مقایسه با روش‌های معمول مورد استفاده این است که احتیاج به انتخاب محدوده‌ها و نقاط مرزی ندارد، همچنین برازش خط با مشارکت تمامی نقاط انجام می‌شود و به‌عبارتی تمامی نقاط بر روی خط رسم شده تأثیرگذار هستند. به‌نظر می‌رسد هر کدام از این روش‌ها برای شرایط خاصی می‌توانند مفید باشند و کاربر باید بعد از رسم پراکندگی نقاط بهترین روش برازش خط را برای آن داده‌ها انتخاب کند.

منابع

1. Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A review. Field Crop. Res., 143: 4-17.
2. Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. Annu. Rev. Environ. Resour., 34: 179-204.
3. Soltani, A., and Faraji, A. 2007. Soil Water and Plant Relationship. JMD press. 246p. (In Persian)
4. Koocheki, A., and Soltani, A. 1998. Agriculture in Dry Lands Principles and Practice. Agricultural Education Publish. 942p. (In Persian)
5. Alimagham, M., and Soltani, A. 2015. The evaluation of rainfed wheat yield gap and production gap in Iran based on yield-rainfall function. Unpub.
6. Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M., and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crop. Res., 143: 34-43.
7. Wang, N., Jassogne, L., van Asten, P.J.A., Mukasa, D., Wanyama, I., Kagezi, G., and Giller, K.E. 2015. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. Eur. J. Agr., 63: 1-11.
8. Soltani, A., Hajjarpoor, A., and Vadez, V. 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crop Res., 185: 21-30.
9. Hajjarpoor, A., Soltani, A., and Torabi, B. 2016. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. J. crop prod. In press. (In Persian)
10. Makowski, D., Doré, T., and Monod, H. 2007. A new method to analyse relationships between yield components with boundary lines. Agron. Sustain. Dev., 27: 119-128.
11. Shatar, T.M., and Mcbratney, A.B. 2004. Boundary-line analysis of field-scale yield response to soil properties. JAS., 142: 553-560.
12. Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Amiri, A., Ansari, Y., Mousavi, S.B., and Chenar, M.A. 2010. Analysis of yield stability of wheat genotypes using new crop properties balance index (CPBI) method. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 38: 228-33.

www.SID.ir

Archive of SID

production, Iranian Ministry of Agriculture.
22. Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature. 490: 254-257.
23. Connor, D.J., Loomis, R.S., and Cassman, K.G. 2011. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Camb. Univ. Press. 556p.
24. Egli, D.B., and Hatfield, J.L. 2014. Yield gaps and yield relationships in central U.S. soybean production systems. Agr. J., 106: 560.
25. Huang, X., Wang, L., Yang, L., and Kravchenko, A.N. 2008. Management Effects on Relationships of Crop Yields with Topography Represented by Wetness Index and Precipitation. Agr. J., 100: 1463
26. Grassini, P., Hall, A.J., and Mercau, J.L. 2009. Benchmarking sunflower water productivity in semiarid environments. Field Crop Res., 110: 251-262.
27. Tittonell, P., and Giller, K.E. 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. Field Crop. Res., 143: 76-90.
28. Tasistro, A. 2012. Use of boundary lines in field diagnosis and research for Mexican farmers. Better Crop. Plant Food., 96: 11-13.
29. Tittonell, P., Shepherd, K., Vanlauwe, B., and Giller, K. 2008. Unravelling the effects of soil and crop management on maize productivity in smallholder agricultural systems of western Kenya—An application of classification and regression tree analysis. Agric. Ecosyst. Environ., 123: 137-150.
13. Casanova, D., Goudriaan, J., Bouma, J., and Epema, G. 1999. Yield gap analysis in relation to soil properties in direct-seeded flooded rice. Geoderma. 91: 191-216
14. Kitchen, N.R., Drummond, S.T., Lund, E.D., Sudduth, K.A., and Buchleiter, G.W. 2003. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil–crop systems. Agr. J., 95: 483-495.
15. Schmidt, U., Thöni, H., and Kaupenjohann, M. 2000. Using a boundary line approach to analyze N2O flux data from agricultural soils. Nutr. Cycl. Agroecosys., 57: 119-129.
16. Patrignani, A., Lollato, R.P., Ochsner, T.E., Godsey, C.B., and Edwards, J.T. 2014. Yield Gap and Production Gap of Rainfed Winter Wheat in the Southern Great Plains. Agr. J., 106: 1329.
17. Banneheka, B., Dhanushika, M., Wijesuriya, W., and Herath, K. 2013. A linear programming approach to fitting an upper quadratic boundary line to natural rubber data. J. Nat. Sci. Found Sri. Lanka., 41: 13-20.
18. Khajepoor, M.R. 2014. Cereals. JMD-Esfahan press. 764p. (In Persian)
19. Feiziasl, V., and Pourmohammad, A. 2013. Effects of nitrogen rates and application time on agronomic efficiency of nitrogen and seed yield of dryland's wheat genotypes. Sci. water soil. 24: 93-104.
20. Institute of soil and water research. 2014. Integrated management of soil fertility and wheat nutrition, Institute of soil and water research, Iranian Ministry of agriculture.
21. Deputy of improving plant production. 2013. Deputy of improving plant

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir