



نخمنین خلاء عملکرد ارقام بومی برنج با استفاده از دو روش تحلیل مقایسه کارکرد و تابع خط مرزی (مطالعه موردی: استان مازندران - منطقه ساری)

محبوبه یوسفیان^۱، سلمان دستان^{۲*}، افشین سلطانی^۳، حسین عجم نوروزی^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

۲- پژوهشگر پسادکتری، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

۳- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

۴- استادیار گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۶

چکیده

برآورد خلاء عملکرد، شناسایی استعداد یک منطقه برای تولید محصول زراعی است که در جهت دادن به پژوهش‌ها و طراحی الگوی کشت منطقه کمک می‌کند. یکی از مشکلات عمده تولید برنج، اختلاف زیاد بین عملکرد واقعی مزرعه و عملکرد قابل حصول است. بنابراین، شناسایی عوامل محدودکننده تولید و خلاء عملکرد بسیار حایز اهمیت است. از این رو، هدف از این پژوهش برآورد خلاء عملکرد ارقام بومی برنج با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد و تابع خط مرزی بود. در این پژوهش کلیه عملیات‌های مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت ۱۰۰ مزرعه ارقام محلی برنج به صورت پیمایشی و از طریق مطالعه میدانی در منطقه ساری واقع در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ ثبت شد. نتایج نشان داد که از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با پنج متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA)، عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد محاسبه شده با مدل به ترتیب برابر ۴۴۹۵ و ۶۳۳۷ کیلوگرم در هکتار و میزان خلاء عملکرد برابر ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. طبق یافته‌های تابع خط مرزی (BLF) مشاهده شد که میانگین عملکرد بر اساس حد بهینه مربوط به ۱۳ متغیر مورد بررسی برابر ۵۳۶۹ کیلوگرم در هکتار با خلاء عملکرد ۸۷۴ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد نسبی و خلاء عملکرد نسبی برای ۱۳ متغیر مورد بررسی به ترتیب برابر ۸۳/۷۵ و ۱۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بنابراین، می‌توان بیان کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلاء عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده عملکرد برنج به کار گرفته شود. علاوه بر این، با توجه به اینکه پتانسیل عملکرد محاسبه شده از طریق داده‌های واقعی هر مزرعه حاصل شد، می‌توان گفت که این پتانسیل عملکرد، قابل حصول است.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل عملکرد، خلاء عملکرد، خلاء نسبی، عملکرد نسبی، عملکرد واقعی

مقدمه

جمعیت جهان در حال حاضر ۷/۶ میلیارد نفر است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به حدود نه میلیارد نفر برسد (CIA, 2018). ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان از طریق میزان زمین‌های مناسب و منابع آب در دسترس برای تولید محصولات زراعی و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی رشد گیاهان زراعی محدود می‌شود (Van Ittersum et al., 2013). از بین بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع به دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند با استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و مناسب‌ترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به دست آید، راهکار کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (Hochman et al., 2013).

یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در کشور ایران، اختلاف زیاد بین عملکرد واقعی^۱ کشاورزان و عملکرد قابل حصول^۲ است. در سال‌های اخیر به‌علت نگرانی‌های به‌وجود آمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات نیز در این زمینه در سطح جهان (Lobell et al., 2009; Van Ittersum et al., 2015; Wang et al., 2013) و ایران (Hajarpour et al., 2015; 2017; Halalkhor et al., 2017; Nehbandani et al., 2017; Torabi et al., 2011, 2013; Soltani et al.,

2016) رو به افزایش بوده و نیاز است تا با روش‌های آماری مناسب اقدام به برآورد میزان فلاء عملکرد و دلایل آن و یا به‌عبارتی شناسایی عوامل محدود کننده عملکرد پتانسیل کرد (Hajarpour et al., 2015). در این راستا روش‌های مختلفی جهت آنالیز فلاء عملکرد وجود دارد که شامل اندازه‌گیری پیمایشی و مصاحبه با کشاورز (Fujisaka, 1991)، تجزیه و تحلیل چند متغیره و همبستگی آماری بین عملکرد و متغیرهای مدیریتی (Kalivas & Kollias, 2001)، مدل‌های شبیه‌سازی (Lobel et al., 2009) و رتبه‌بندی و الویت‌بندی عوامل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی هستند (Torabi et al., 2013). یکی از این روش‌ها که توانایی برآورد عملکرد پتانسیل و دلایل فلاء عملکرد را دارد، تحلیل مقایسه کارکرد (CPA^۳) و تابع خط مرزی (BLF^۴) است (Soltani et al., 2016). در واقع، آنالیز فلاء عملکرد یک تخمین کمی از امکان افزایش ظرفیت تولید را فراهم می‌کند که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (Van Wart et al., 2013). فلاء عملکرد اختلاف بین عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی به دست آمده از

3. Comparative Performance Analysis

4. Boundary Line Function

1. Actual yield

2. Attainable yield

گرفتن اثر سایر عوامل مؤثر بر عملکرد) یک رابطه برقرار می‌کند که در این معادله Y_{max} حداکثر عملکرد، به‌عنوان تابعی از مقادیر مختلف متغیر X و θ نیز مؤلفه‌های معادله است که از طریق اندازه‌گیری‌های X و Y در مزارع مختلف تخمین زده می‌شود (Makowski *et al.*, 2007). این روش باعث شناخت پاسخ عملکرد به تنها یک متغیر از میان داده‌های متعدد جمع‌آوری شده می‌شود؛ در حالی که عملکرد به خودی خود تحت تأثیر متغیرهای زیادی قرار داشته و در اصل عملکرد نهایی، میانگینی از پاسخ‌های مختلف به این متغیر است (Shatar & Mcbratney, 2004).

از مهم‌ترین مطالعات انجام شده در زمینه آنالیز خلاء عملکرد برنج در جهان می‌توان به آنالیز خلاء عملکرد با استفاده از روش (CPA) توسط برخی محققان اشاره کرد (Kayiranga, 2003; Pradhan, 2004; Rajapakse, 2006). از دیگر مطالعات در این زمینه برای گیاه برنج می‌توان به آنالیز خلاء عملکرد برنج در نظام‌های کاشت رایج و ارگانیک در مدیترانه (Delmottea *et al.*, 2011)؛ تعیین عوامل مؤثر بر تنوع عملکرد برنج غرقابی در Southern-central Benin (Tanaka *et al.*, 2013)؛ تعیین عوامل رکود یا کاهنده عملکرد عملکرد برنج در نظام‌های کاشت غرقابی در Senegal River Valley (Tanaka *et al.*, 2015)؛ آنالیز خلاء عملکرد نظام‌های کاشت برنج در آمریکا (Epse *et al.*, 2016a,b)؛

مزرعه تحت شرایط مطلوب مدیریتی تعریف می‌شود (Van Ittersum *et al.*, 2013).

در روش تحلیل مقایسه کارکرد با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام‌به‌گام (Soltani *et al.*, 2016)، محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلاء عملکرد در مدل تولید تعیین می‌شود (De Bie, 2000). اگرچه روش‌های رگرسیونی روابط بین متغیرهای مختلف با عملکرد را به خوبی نشان می‌دهند، اما همبستگی بین این متغیرها و تأثیر هم‌زمان و نهایی برهمکنش آن‌ها بر عملکرد به دلیل نشان دادن میانگین پراکندگی داده‌ها، باعث پنهان شدن بخش مهمی از اطلاعات و تخمین پایین‌تر از حد پتانسیل عملکرد خواهد می‌شود (Shatar & Mcbratney, 2004)؛ در حالی که استفاده از میانگین‌ها برای زمانی مناسب است که مدیریت یکسانی برای به‌دست آمدن عملکردها مورد استفاده قرار گرفته باشد. بنابراین، بهتر است با روش‌های آماری مناسب دیگر نیز اقدام به برآورد پتانسیل عملکرد و شناسایی عوامل محدود کننده آن پرداخت. از این‌رو، تابع خط مرزی روشی است که به‌نظر می‌رسد در این‌گونه مطالعه‌ها می‌تواند مکملی برای روش‌های رگرسیونی و مدل‌های آماری معمول باشد. در این روش با استفاده از معادله $Y_{max} = f(X; \theta)$ بین حداکثر عملکردهای به‌دست آمده و یک متغیر هدف (بدون در نظر

از بین بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع کشاورزان به دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند با استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و مناسب‌ترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به دست آید، راهکار کلیدی برای دستیابی به عملکرد قابل حصول است. انتظار تأمین تقاضای شدید غذایی از طریق افزایش سطح زیر کشت قابل توجیه نیست، زیرا در ابتدا زمین‌های مناسب برای کشاورزی کم بوده و سپس تقاضای زمین برای کاربری‌های غیرکشاورزی افزایش یافته است؛ لذا، اولین قدم برای کاهش خلاء عملکرد، مشخص کردن متغیرهای مهم محدود کننده عملکرد است. شناخت متغیرهای محدود کننده عملکرد می‌تواند محققان را در تلاش برای کاهش خلاء عملکرد یاری دهد. کاهش خلاء عملکرد نه تنها به افزایش عملکرد و تولید کمک می‌کند، بلکه کارایی استفاده از زمین و نیروی انسانی را بهبود می‌بخشد که در نتیجه هزینه تولید را کاهش و پایداری عملکرد را افزایش می‌دهد (Gorjizad et al., 2019). از این‌رو، شناسایی عوامل خلاء عملکرد برنج برای دانستن امکان رسیدن به عملکرد بالاتر و برنامه‌ریزی‌های مناسب ضرورت دارد. بنابراین، این پژوهش با هدف برآورد خلاء عملکرد برنج مرتبط با مدیریت زراعی ارقام بومی برنج به دو روش تحلیل مقایسه کارکرد و تابع خط مرزی

شبیه‌سازی خلاء عملکرد برنج در دنیا (Mueller et al., 2012)؛ تعیین خلاء عملکرد برنج غرقابی در کشور چین (Xu et al., 2016)، و آنالیز خلاء عملکرد برنج با استفاده از مدل‌سازی در فیلیپین (Silva et al., 2017) اشاره کرد. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر نیز خلاء عملکرد برنج را ۱۸۵۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (Kayiranga, 2006). دیگر محققان نیز نشان داد که به ترتیب کود با ۳۳ درصد، کمبود آب با ۲۶ درصد، برداشت دیرهنگام با ۱۸ درصد، وجین دستی در نوبت دوم با ۱۶ درصد و به تعویق افتادن نشاکاری با هفت درصد، مهم‌ترین عوامل ایجاد خلاء عملکرد در برنج به میزان ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار بودند (Rajapakse, 2003). در ایران آنالیز خلاء عملکرد به صورت پراکنده و برای گیاهان زراعی محدود انجام شد (Hajjarpour et al., 2015; Hajjarpour et al., 2017; Nehbandani et al., 2017; Soltani et al., 2016; Torabi et al., 2011; Torabi et al., 2013). در مطالعه‌ای با آنالیز خلاء عملکرد نخود در ایران، عوامل محیطی را مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد عنوان شدند (Soltani et al., 2016). تاکنون تنها یک گزارش در زمینه آنالیز خلاء عملکرد برنج به دو روش تحلیل مقایسه کارکرد و تابع خط مرزی در ایران گزارش شد (Gorjizad et al., 2019).

در منطقه ساری واقع در استان مازندران انجام شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه

شهرستان ساری در استان مازندران واقع شده که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه شرقی قرار دارد. شهرستان ساری از شمال به دریای مازندران، از جنوب به سلسله جبال البرز، از مشرق به نکا و از غرب به قائم‌شهر منتهی می‌شود. آب و هوای قسمت جلگه‌ای ساری مطلوب و معتدل و هوای قسمت کوهستانی آن سردسیری است.

مهم‌ترین مؤلفه‌های آب و هوایی در طی دوره نمو و رشد گیاه برنج در منطقه نیز در جدول

۱ ارایه شده است. داده‌های هواشناسی به صورت ماهانه از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دشت‌ناز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه با ارتفاع ۲۹ متر از سطح دریای آزاد جمع‌آوری شد (جدول ۱). برای محاسبه تابش خورشیدی (مگاژول در مترمربع در روز) از برنامه Srad_calc استفاده شد که از ضرایب انگلسترم در برنامه استفاده گردید (Soltani & Maddah, 2010). این برنامه از داده‌های ساعت آفتابی هر منطقه برای محاسبه تابش خورشیدی استفاده می‌کند. برای محاسبه طول روز نیز از برنامه PP_calc استفاده شد (Soltani & Maddah, 2010) (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین مؤلفه‌های آب و هوایی در دوره آزمایش در مقایسه با آمار بلند مدت ۱۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۰) در منطقه ساری

ماه	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	متوسط دما (°C)	تعرق تبخیر و (mm)	بارندگی کل (mm)	رطوبت نسبی (%)	ساعت آفتابی کل	تابش خورشیدی (mg m ⁻² d ⁻¹)
فروردین	۹/۵	۱۹/۵	۱۴/۵	۷۱/۸	۹۸/۷	۷۶	۱۵۷/۷	۱۴/۷
اردیبهشت	۱۵/۸	۲۵/۲	۲۰/۴	۱۱۵/۹	۲۷/۰	۷۷	۱۶۸/۸	۱۷/۰
خرداد	۱۹/۲	۲۸/۶	۲۳/۹	۱۵۴/۴	۲۳/۷	۷۶	۲۵۲/۲	۲۲/۲
تیر	۲۲/۲	۳۱/۴	۲۶/۸	۱۶۹/۴	۵۹/۴	۷۵	۲۳۸/۰	۲۱/۳
مرداد	۲۲/۶	۳۳/۵	۲۸/۰	۱۹۳/۹	۶/۷	۷۳	۲۶۹/۵	۲۱/۹
شهریور	۲۱/۲	۳۲/۰	۲۶/۶	۱۵۶/۶	۹۹/۳	۷۱	۲۴۰/۵	۱۸/۶
دوره ۱۵ ساله	۱۸/۳	۲۵/۲	۲۲/۸	۱۴۷/۶	۸۹/۰	۷۳/۵	۲۰۸/۸	۱۹/۵

جمع‌آوری داده‌ها

تمامی عملیات مدیریتی انجام شده از مرحله شخم اولیه و تهیه خزانه تا برداشت مربوط به ۱۰۰ مزرعه در منطقه ساری واقع در استان مازندران به صورت پیمایشی و از طریق مطالعات میدانی برای برآورد خلاء عملکرد ثبت شد. برای تعیین تعداد مزارع (نمونه) از فرمول کوکران استفاده شد. تمامی مزارع مورد مطالعه متعلق به ارقام محلی بود که ۵۲ مزرعه متعلق به رقم طارم هاشمی، ۲۴ مزرعه متعلق به رقم طارم محلی و ۱۲ مزرعه مربوط به رقم سنگ طارم بود. تنها سه مزرعه مربوط به رقم طارم دیلمانی، دو مزرعه مربوط به رقم طارم طلائی، سه مزرعه زیر کشت طارم اشرفی، یک مزرعه مربوط به رقم گرده و سه مزرعه متعلق به رقم طارم عالم سبز بود. مشخصات ارقام در جدول ۲ ارایه شد.

در این بررسی‌ها شیوه انجام هر عملیات مدیریتی در هر یک از مراحل کاشت، داشت و برداشت و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کردند، مشخص شد. کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه بستر بذر (نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک و غیره)، رقم مورد استفاده و محل تهیه بذر، زمان کاشت، کود (نوع کود،

میزان کود و زمان مصرف کود)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آبیاری (تعداد و زمان آبیاری)، زمان برداشت و میزان عملکرد جمع‌آوری شد. این اطلاعات در قالب پرسش‌نامه و از طریق مصاحبه رودر رو با کشاورزان جمع‌آوری شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط کشاورزان نیز ثبت شد. برای انجام این تحقیق ابتدا مزارع به‌طور تصادفی شناسایی و انتخاب شدند. شیوه شناسایی مزارع به شکلی بود که کلیه روش‌های عمده تولید را در منطقه ساری پوشش داده و از لحاظ مدیریتی نیز دارای تنوع بودند. سپس، اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه جمع‌آوری شدند. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه، ابتدا تمامی اعمال زراعی تفکیک شدند. سپس، با شروع هر عملیات، با توجه به نوسانات دمایی، تنوع روش‌های تولید و مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها (ورودی‌ها) توسط کشاورزان منطقه و به‌منظور تهیه اطلاعات جامع‌تر، اطلاعات بارز عملیات زراعی از قبیل تاریخ شروع هر عملیات و میزان ورودی‌ها در هر مرحله از اجرا (کاشت تا برداشت) از مزارع جمع‌آوری و ثبت شد.

جدول ۲- تشریح مشخصات ارقام مورد بررسی در آزمایش

رقم	ارتفاع بوته	وضعیت رسیدگی	طول دوره رشد (بذرپاشی در خزانه تا برداشت)	میزان عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کیفیت	تحمل به تنش	مبدأ رویش
طارم هاشمی	پابلند	زودرس	۱۱۸ روز	۴۱۰۰	بالا	کمی حساس	گیلان
طارم محلی	پابلند	زودرس	۱۲۳ روز	۳۶۰۰	بالا	حساس	مازندران
سنگ طارم	پابلند	زودرس	۱۲۰ روز	۴۱۰۰	بالا	حساس	مازندران
طارم دیلمانی	پابلند	زودرس	۱۱۸ روز	۳۸۵۰	بالا	حساس	مازندران
طارم طلایی	پابلند	زودرس	۱۲۰ روز	۴۱۰۰	بالا	حساس	مازندران
طارم اشرفی	پابلند	زودرس	۱۲۲ روز	۴۲۰۰	بالا	حساس	مازندران
گرده	پابلند	زودرس	۱۲۲ روز	۴۵۰۰	بالا	نسبتاً مقاوم	مازندران
طارم عالم سبز	پابلند	زودرس	۱۱۸ روز	۴۰۰۰	بالا	حساس	مازندران

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی؛ متغیرهای کیفی به صورت صفر و یک کدگذاری شدند) و عملکرد با روش رگرسیون گام به گام (Rezaei and Soltani, 1998) مورد بررسی قرار گرفت. با قرار دادن میانگین مشاهده شده متغیرها (Xها) در ۱۰۰ شالیزار مورد بررسی در مدل عملکرد، عملکرد میانگین با مدل محاسبه شد. سپس با قرار دادن میزان مطلوب متغیرها در مدل عملکرد، پتانسیل عملکرد محاسبه شد. اختلاف این دو، برابر خلاء عملکرد در نظر گرفته شد. اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب مقدار بهترین مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر نشان‌دهنده مقدار خلاء

عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است. نسبت خلاء عملکرد برای هر متغیر به کل خلاء عملکرد، نشان‌دهنده سهم آن در ایجاد خلاء عملکرد است و به صورت درصد نشان داده شد. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل شده تعیین شد که می‌تواند اثر محدودیت‌های عملکرد را کمی کند (Soltani et al., 2000). از ۱۵۰ متغیر مورد بررسی تنها پنج متغیر وارد معادله تولید تحلیل مقایسه کارکرد شد (جدول ۳). برای تجزیه و تحلیل از رویه‌های مختلف نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) استفاده شد.

در روش تابع خط مرزی با رسم نمودار پراکنش میزان عملکرد به دست آمده در هر منطقه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل متغیرهای مستقل، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و رویه nline، یک تابع بر لبه

نتایج و بحث

تخمین فلاء عملکرد بر اساس روش

تحلیل مقایسه کارکرد مدل تولید

یافته‌های مربوط به رگرسیون گام‌به‌گام برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد و مدل عملکرد در جدول ۳ ارائه شده است.

بالایی پراکنش داده‌ها برآزش داده شد. بر اساس مرحله پنجم و نحوه چیدمان داده‌ها تابع مناسب (خطی، درجه دو، دو تکه‌ای و یا سه تکه‌ای) انتخاب شد. در واقع، توابع انتخاب شده برآزش بهتری از داده‌ها داشتند.

جدول ۳- کمی کردن فلاء عملکرد برنج و سهم هر یک از متغیرهای وارد شده در معادله تولید

متغیر	ضریب در مدل	مشخصات متغیرهای مستقل					مقادیر پیش‌بینی شده	فلاء عملکرد (kg ha ⁻¹)	درصد فلاء عملکرد
		حداقل	متوسط	حداکثر	بهترین	متوسط			
عرض از مبدأ	۴۳۹۹	-	-	-	-	۴۳۹۹	-	-	
رقم طارم هاشمی (X ₁)	۲۴۶	۰	۰/۵۸	۱	۱	۲۴۶	۱۰۳	۶	
پتاسیم خالص (X ₂)	۶	۰	۲۷/۵۴	۱۵۰	۱۵۰	۸۶۹	۷۰۹	۳۹	
زنبور تریکوگراما (X ₃)	۸۲۳	۰	۰/۰۲	۱	۱	۸۲۳	۸۰۶	۴۴	
برداشت دستی (X ₄)	-۲	۰	۰/۳۵	۱	۰	۰	۱	۰	
مشکل آفات (X ₅)	-۱۸۲	۰	۱/۲۲	۳	۰	-۲۲۲	۲۲۲	۱۲	
عملکرد شلتوک (kg ha ⁻¹)	-	۳۱۰۰	۴۴۸۵	۵۴۳۰	-	۴۴۹۵	۱۸۴۱	۱۰۰	

کاهش عملکرد تعیین شد. بنابراین، از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل (معادله رگرسیون نهایی) با پنج متغیر مستقل انتخاب شد. معادله نهایی عملکرد به صورت زیر بود:

[۱]

$$Y (kg/h) = 4399 + 246X_1 + 6X_2 + 823X_3 - 2X_4 - 182X_5$$

که در آن Y: عملکرد شلتوک بر حسب کیلوگرم در هکتار، X₁: رقم طارم هاشمی، X₂: مصرف کود پتاسیم، X₃: مبارزه بیولوژیک از طریق زنبور تریکوگراما، X₄: برداشت دستی

در این مدل رگرسیونی عملکرد شلتوک در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و سایر متغیرها از قبیل رقم طارم هاشمی، مصرف کود پتاسیم، کنترل بیولوژیک از طریق زنبور تریکوگراما، برداشت دستی محصول و مشکل آفات به عنوان متغیرهای مستقل لحاظ شدند که نتیجه آن در معادله نهایی ارائه شد. در نهایت با استفاده از معادله تولید ۱، میزان عملکرد واقعی، عملکرد قابل حصول و سهم هر کدام از متغیرها بر

افزایش عملکرد مربوط به اثر رقم مصرف پتاسیم و مبارزه بیولوژیک با زنبور تریکوگراما نیز به ترتیب برابر ۷۰۹ و ۸۰۶ کیلوگرم در هکتار معادل ۳۹ و ۴۴ درصد از کل تغییر عملکرد بود (جدول ۳). در بین پنج متغیر وارد شده در مدل اثر متغیر مصرف پتاسیم و مبارزه بیولوژیک با زنبور تریکوگراما قابل توجه بوده که می‌توان بخش قابل توجهی از خلاء عملکردی در مزارع کشاورزان را با مدیریت مصرف پتاسیم و مبارزه تلفیقی مناسب با آفات جبران کرد.

جدول ۳ کل خلاء عملکرد و سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد نسبت به آن را نشان می‌دهد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۴۴۹۵ و ۶۳۳۷ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده (۴۴۸۵ و ۵۴۳۰ کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه هستند. کل خلاء عملکرد تخمین زده شده برابر ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می‌توانند برداشت کنند ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل حذف یا کاهش خواهد بود (جدول ۳).

شکل ۱ سهم هر یک از صفات در خلاء عملکرد را به همراه عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد را نشان می‌دهد. بنابراین،

محصول و X_5 : مشکل آفات است، که در ادامه به بررسی تک تک عوامل مؤثر بر عملکرد پرداخته شده است (جدول ۳).

عوامل محدود کننده عملکرد و تخمین

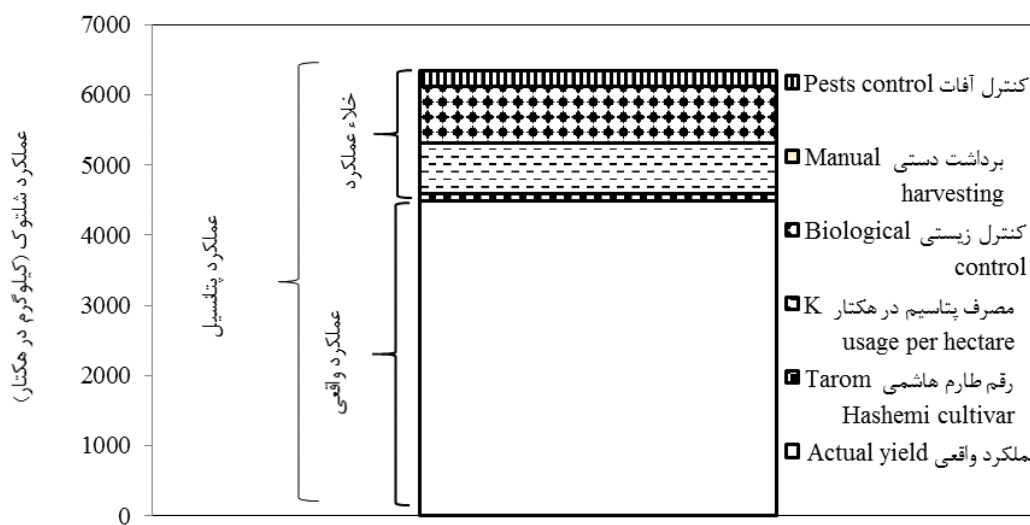
خلاء عملکرد

در جدول ۳ متغیرهای وارد شده در معادله تولید به همراه میانگین، حداقل و حداکثر مقادیر مشاهده شده آن‌ها در مزارع ارایه شده است. مشخصات متغیرهای وارد شده در مدل به صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جدول ۳ ارایه شد. بهترین حالت برای متغیرهای رقم طارم هاشمی، مصرف پتاسیم و زنبور تریکوگراما با اثر مثبت، مقدار حداکثر آن‌ها انتخاب شد. متغیرهای برداشت دستی محصول و مشکل آفات به عنوان متغیر منفی بوده و مقادیر اندک آن‌ها انتخاب شد. بنابراین، مقدار بهینه معادل مقدار حداقل این دو متغیر بود (جدول ۳).

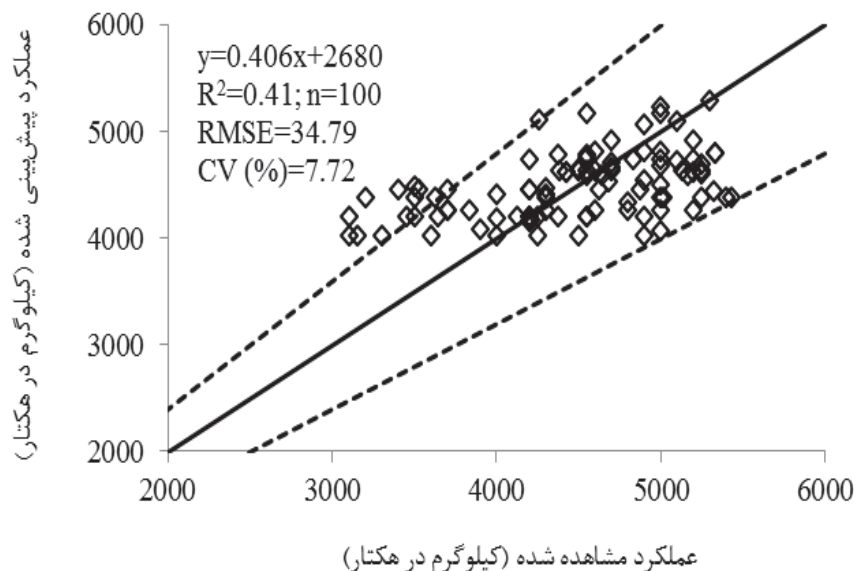
میزان افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط دو متغیر برداشت دستی محصول و مشکل آفات به ترتیب برابر صفر و ۱۲ درصد از کل افزایش عملکرد معادل یک و ۲۲۲ کیلوگرم در هکتار بود. میزان افزایش عملکرد مربوط به اثر متغیر رقم طارم هاشمی برابر ۱۰۳ کیلوگرم در هکتار معادل شش درصد از کل افزایش عملکرد بود. مقدار

خلاء عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودیت کننده عملکرد به کار گرفته شود. طبق یافته‌های در روش تحلیل مقایسه کارکرد، میزان بالای خلاء عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل توجهی از این خلاء را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید. دست‌یابی به پتانسیل عملکرد به ندرت در محصولات زراعی حاصل می‌شود و در عمل تنها بخشی از آن به‌عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌شود.

عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد محاسبه شده با مدل به‌ترتیب برابر ۴۴۹۵ و ۶۳۳۷ کیلوگرم در هکتار و میزان خلاء عملکرد برابر ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که این نتیجه نشان می‌دهد با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل توجهی از این خلاء را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید (شکل ۱). یافته‌های شکل ۲ رابطه بین عملکرد واقعی (مشاهده شده) و عملکرد پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد. این آماره مشخص کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان



شکل ۱- مقدار محدودیت‌های اصلی خلاء عملکرد ارقام محلی برنج در منطقه ساری.



شکل ۲- رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده. دامنه ۲۰ درصد از اختلاف بین پیش‌بینی شده و مشاهده شده توسط خطوط منقطع نشان داده شده است. خط ممتد خط ۱:۱ است.

تخمین خلاء عملکرد بر اساس روش

تابع خط مرزی

با رسم پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی (عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد)، بالاترین عملکردها در سطوح مختلف هر نهاد یا مدیریت خاص برای هر متغیر انتخاب شدند. از طریق برازش یک خط بر لبه بالایی داده‌ها (بالاترین عملکردهای انتخاب شده در هر دامنه) پاسخ عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته به متغیرهای مستقل (مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر عملکرد) تعیین شد. از طریق برازش یک خط بر لبه بالایی داده‌ها مشخص شد که پاسخ عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته به متغیرهای مستقل مقدار نیتروژن خالص و مقدار فسفر خالص در هکتار

از یک تابع دو تکه‌ای مثبت تبعیت می‌کند. متغیر تاریخ نشاکاری و تاریخ برداشت نیز از یک معادله درجه دو تبعیت کرد. طبق یافته‌ها اکثر متغیرهای میزان بذر مصرفی، سن نشاء، تعداد نشاء در کپه، تراکم کاشت و مصرف نیتروژن قبل از نشاء از یک تابع خطی با شیب منفی تبعیت کردند. یافته‌های نشان می‌دهد که عملکرد نقاطی که پایین‌تر از خط مرزی هستند توسط سایر عوامل محدود شده‌اند. علاوه بر این متغیرهای مشکل خوابیدگی بوته، آفات، بیماری و علف‌های هرز از تابع خطی تبعیت کردند. متوسط عملکرد مزرعه برابر ۴۴۹۵ کیلوگرم در هکتار بود. پتانسیل عملکرد تحت اثر متغیر میزان بذر مصرفی برابر ۵۲۸۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با حداقل

هکتار و با خلاء عملکرد ۹۳۵ کیلوگرم در هکتار (۸/۲۳ درصد از کل) به دست آمد. عملکرد نسبی و خلاء نسبی تحت اثر متغیر تاریخ نشاکاری به ترتیب برابر ۸۲/۷۸ و ۱۷/۲۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). عملکرد نسبی و خلاء نسبی مربوط به متغیر سن نشا نیز به ترتیب برابر ۷۴/۶۵ و ۱۵/۳۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). حداقل حد بهینه برای سن نشا برابر ۳۹ روز بود. این متغیر از تابع دو تکه‌ای منفی تبعیت کرد که نشان می‌دهد سن نشا ۲۰ تا ۳۹ روز تأثیر منفی بر عملکرد نداشته و نشای بالاتر از ۳۹ روز منجر به کاهش عملکرد شد. درصد مزارع خارج از حد بهینه برای این متغیر ۱۱ درصد بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برابر ۵۳۱۰ کیلوگرم در هکتار با خلاء عملکرد ۸۱۵ کیلوگرم در هکتار معادل ۷/۱۷ درصد به دست آمد (شکل ۳ ب).

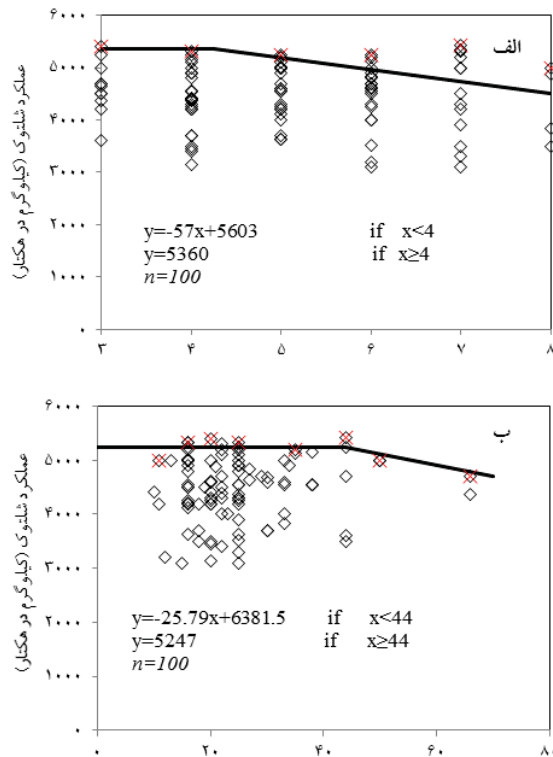
حد بهینه ۷۹ کیلوگرم بذر در هکتار حاصل شد (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که با مصرف ۷۹ کیلوگرم بذر به عملکرد بهینه رسیده و بذر مصرفی بالاتر در آن منجر به کاهش عملکرد خواهد شد. همچنین، ۱۶ درصد از مزارع تحت اثر متغیر بذر مصرفی خارج از حد بهینه بودند (شکل ۳ الف). عملکرد نسبی مربوط به متغیر میزان بذر برابر ۸۵/۱ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد برابر ۷۸۷ کیلوگرم در هکتار (۶/۹۲ درصد از کل) بود که دارای خلاء نسبی ۱۴/۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴).

آنالیز تابع خط مرزی مربوط به متغیر تاریخ نشاکاری نشان می‌دهد که ۹۵ درصد از مزارع خارج از حد بهینه بودند. حداقل حد بهینه مربوط به این متغیر برابر ۵۴ روز از اول فروردین بود (جدول ۴). عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۵۴۳۰ کیلوگرم در

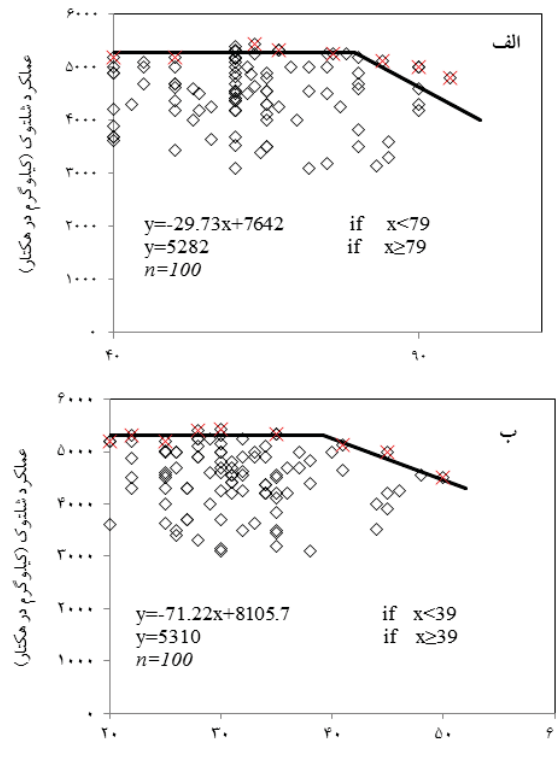
جدول ۴ - نتایج آنالیز خط مرزی به همراه محاسبه پتانسیل عملکرد و خلاء عملکرد برنج

خلاء عملکرد	خلاء نسبی (کیلوگرم در هکتار)	خلاء عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد نسبی (کیلوگرم در هکتار)	متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بر اساس حد بهینه (کیلوگرم در هکتار)	مزارع خارج از حد بهینه (%)	میان برد (کیلوگرم در هکتار)	مغیر
۶/۹۲	۱۴/۹۰	۷۸۷	۸۵/۱۰	۴۴۹۵	۵۲۸۲	۱۶	۷۹	میزان بذر (کیلوگرم در هکتار)
۸/۳۳	۱۷/۳۲	۹۳۵	۸۲/۷۸	۴۴۹۵	۵۴۳۰	۹۵	۵۴	تاریخ نشاکاری (روز از اول فروردین)
۷/۱۷	۱۵/۳۵	۸۱۵	۸۴/۶۵	۴۴۹۵	۵۳۱۰	۱۱	۳۹	سن نشا (روز)
۷/۶۱	۱۶/۱۴	۸۶۵	۸۳/۸۶	۴۴۹۵	۵۳۶۰	۶۲	۴	تعداد نشا در کپه
۶/۶۲	۱۴/۳۳	۷۵۲	۸۵/۶۷	۴۴۹۵	۵۲۴۷	۴	۴۴	تراکم کاشت (بوته در متر مربع)
۶/۴۸	۱۴/۰۹	۷۳۷	۸۵/۹۱	۴۴۹۵	۵۳۳۲	۵	۲۵/۵۱	نیتروزن (kg N.ha ⁻¹)
۶/۹۹	۱۵/۰۱	۷۹۴	۸۴/۹۹	۴۴۹۵	۵۲۸۹	۴	۱۹	فسفر (kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)
۶/۶۹	۱۴/۴۶	۷۶۰	۸۵/۵۴	۴۴۹۵	۵۲۵۵	۱۲	۸۴/۳۵	نیتروزن قبل از نشاکاری (kg N.ha ⁻¹)
۸/۸۴	۱۸/۳۷	۱۰۰۵	۸۱/۷۳	۴۴۹۵	۵۵۰۰	۹۶	۱۴۹	تاریخ برداشت (روز از اول فروردین)
۸/۷۸	۱۸/۱۷	۹۹۸	۸۱/۸۲	۴۴۹۵	۵۴۹۲	۶۳	۰	مشکل خوابیدگی بوته †
۸/۷۸	۱۸/۱۷	۹۹۸	۸۱/۸۳	۴۴۹۵	۵۴۹۳	۷۴	۰	مشکل آفات †
۸/۶۱	۱۷/۸۷	۹۷۸	۸۲/۱۳	۴۴۹۵	۵۴۷۳	۶۹	۰	مشکل بیماری‌ها †
۸/۲۸	۱۷/۳۱	۹۴۱	۸۲/۶۹	۴۴۹۵	۵۴۳۶	۹۱	۰	مشکل علف‌های هرز †
۱۰۰	۱۶/۳۵	۸۷۴	۸۳/۷۵	۴۴۹۵	۵۳۶۹	-	-	میادگی

†: مشکل خوابیدگی بوته، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به ترتیب عبارتند از: هیچ (۰)، کم (۱)، متوسط (۲)، زیاد (۳) و خیلی زیاد (۴).



شکل ۳- پراکنش داده‌های عملکرد در متغیر تعداد نشا در کپه (الف) و تراکم کاشت (ب)

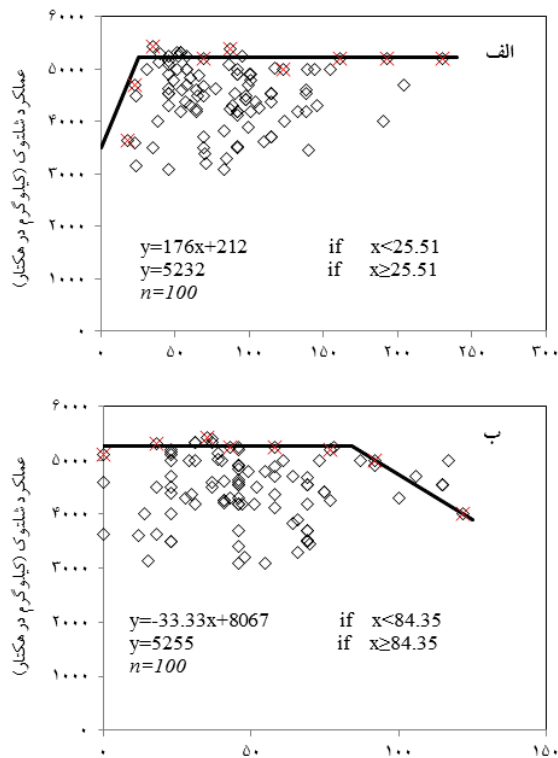


شکل ۲- پراکنش داده‌های عملکرد در متغیر میزان بذر مصرفی در هکتار (الف) و سن نشا (ب)

یافته‌های آنالیز خط مرزی متغیر تراکم کاشت نیز نشان می‌دهد که حداقل حد بهینه تراکم کاشت برابر ۴۴ بوته در متر مربع بوده و ۴ درصد از مزارع خارج از حد بهینه بودند (جدول ۴). عملکرد بر اساس حد بهینه نیز تحت اثر این متغیر برابر ۵۲۴۷ کیلوگرم در هکتار با خلاء عملکرد معادل ۷۵۲ کیلوگرم در هکتار (۶/۶۲ درصد از کل) بود (شکل ۴ب). همچنین، عملکرد نسبی و خلاء نسبی مربوط به متغیر تراکم کاشت برابر ۸۵/۶۷ و ۱۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴).

یافته‌های مربوط به متغیر تعداد نشا در کپه نشان می‌دهد که ۶۲ درصد از مزارع خارج از حد بهینه بودند و حداقل حد بهینه برابر چهار نشا بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۵۳۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که دارای خلاء عملکرد برابر ۸۶۵ کیلوگرم در هکتار (۷/۶۱ درصد) و عملکرد نسبی برابر ۸۳/۸۶ کیلوگرم در هکتار بود. خلاء نسبی برای متغیر تعداد نشا نیز برابر ۱۶/۱۴ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴الف).

از کل به دست آمد (شکل ۵ب). عملکرد نسبی مربوط به متغیر مصرف نیتروژن در مرحله قبل از نشاکاری برابر ۸۵/۵۴ کیلوگرم در هکتار و خلاء نسبی این متغیر نیز برابر ۱۴/۴۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴).



شکل ۴- پراکنش داده‌های عملکرد در متغیر مصرف کود نیتروژن در هکتار (الف) و مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری (ب)

آنالیز تابع خط مرزی مربوط به متغیر تاریخ برداشت نشان می‌دهد که ۹۳ درصد از مزارع خارج از حد بهینه بودند. حداقل حد بهینه مربوط به این متغیر برابر ۱۴۹ روز از اول فروردین بود (جدول ۴). عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۵۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و با خلاء عملکرد ۱۰۰۵ کیلوگرم در

طبق یافته‌های جدول ۴ مشاهده می‌شود که حداقل حد بهینه برای مصرف کود نیتروژن برابر ۲۵/۵۱ کیلوگرم در هکتار بود و درصد خارج از حد بهینه این متغیر برابر پنج درصد بود. عملکرد بر اساس حد بهینه و خلاء عملکرد به ترتیب برابر ۵۲۳۲ و ۷۳۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که میزان خلاء عملکرد معادل ۶/۴۸ درصد بود (شکل ۵الف). عملکرد نسبی و خلاء نسبی برای متغیر مصرف کود نیتروژن به ترتیب برابر ۸۵/۹۱ و ۱۴/۰۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به کود فسفر نیز نشان می‌دهد که حداقل حد بهینه برابر ۱۹ کیلوگرم در هکتار و درصد مزارع خارج از حد بهینه برابر چهار درصد بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۵۲۸۹ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد برابر ۷۹۴ کیلوگرم در هکتار (۶/۹۹ درصد) بود. برای متغیر کود فسفر عملکرد نسبی و خلاء نسبی به ترتیب برابر ۸۴/۹۹ و ۱۵/۰۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (جدول ۴). آنالیز خط مرزی برای متغیر مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری (پایه) نشان داد که حداقل حد بهینه برابر ۸۴/۳۵ کیلوگرم در هکتار و درصد مزارع خارج از حد بهینه برابر ۱۲ درصد بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برای متغیر مصرف نیتروژن در مرحله قبل از نشاکاری برابر ۵۲۵۵ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، خلاء عملکرد برابر ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۶/۶۹ درصد

در هکتار با خلاء عملکرد ۸۷۴ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد نسبی و خلاء نسبی مربوط به ۱۳ متغیر مورد بررسی نیز به ترتیب برابر ۸۳/۷۵ و ۱۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (جدول ۴).

هدف بسیاری از محققان نیز افزایش عملکرد تا حد قابل قبولی برای نگهداری قیمت مواد غذایی در حدی است که هم برای مصرف کننده مطلوب باشد و هم قیمت تمام شده محصول بتواند هزینه‌ها را برای کشاورز پوشش دهد. به نظر می‌رسد عملکردی معادل ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل یک آستانه تقریبی مطلوب از نظر اقتصادی در بیشتر نظام‌های کاشت گیاهان زراعی باشد (Lobell et al., 2009). دستیابی به عملکرد بالاتر از ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد اگرچه امکان‌پذیر است، اما شاید با توجه به قیمت ادوات، کود، سم و همچنین هم‌پوشانی فصل کاشت محصولات، از نظر اقتصادی برای کشاورزان منطقه مقرون به صرفه نباشد. علاوه بر این، مشاهده‌های تجربی نشان می‌دهد که مهم‌ترین مشکل خلاء عملکردهای بالا در گیاهان زراعی در ایران شیوه‌های مدیریتی ناکارآمد در مزارع کشاورزان است (Torabi et al., 2013). اگرچه هدف از این پژوهش برآورد میزان خلاء عملکرد برنج بوده است و دلایل به وجود آمدن این میزان خلاء عملکرد نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر است، اما محتمل‌ترین راه‌کار که می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و

هکتار (۸/۸۴ درصد از کل) به دست آمد. عملکرد نسبی و خلاء نسبی تحت اثر متغیر تاریخ نشاکاری به ترتیب برابر ۸۱/۷۳ و ۱۸/۱۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴).

نتایج تابع خط مرزی مربوط به چهار متغیر مشکلات خوابیدگی بوته، آفات، بیماری‌های و علف‌های هرز به صورت هیچ (۰)، کم (۱)، متوسط (۲)، زیاد (۳) و خیلی زیاد (۴) رتبه‌بندی شد. یافته‌ها نشان داد که حداقل حد بهینه برای این چهار متغیر برابر صفر بود. درصد مزارع خارج از حد بهینه مربوط به چهار متغیر مشکلات خوابیدگی بوته، آفات، بیماری‌های و علف‌های هرز به ترتیب برابر ۶۳، ۷۴، ۶۹ و ۹۱ درصد به دست آمد (جدول ۴). عملکرد بر اساس حد بهینه برای این چهار متغیر به ترتیب برابر ۵۴۹۳، ۵۴۷۳، ۵۴۳۶ و ۵۴۳۶ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد آن‌ها به ترتیب برابر ۹۹۸، ۹۹۸، ۹۷۸ و ۹۷۱ کیلوگرم در هکتار معادل ۷/۷۸، ۷/۷۸، ۸/۶۱ و ۸/۲۸ درصد بود. عملکرد نسبی مربوط به متغیرهای مشکلات خوابیدگی بوته، آفات، بیماری‌های و علف‌های هرز به ترتیب برابر ۸۱/۸۳، ۸۱/۸۳، ۸۲/۱۳ و ۸۲/۶۹ کیلوگرم در هکتار و خلاء نسبی این چهار متغیر نیز به ترتیب برابر ۱۸/۱۷، ۱۸/۱۷، ۱۷/۸۷ و ۱۷/۳۱ درصد حاصل شد (جدول ۴). طبق یافته‌های تجزیه و تحلیل تابع خط مرزی مشاهده می‌شود که میانگین عملکرد بر اساس حد بهینه مربوط به ۱۳ متغیر مورد بررسی برابر ۵۳۶۹ کیلوگرم

اولیه انتخاب متغیر ندارد. علاوه بر این، تفسیر نتایج نیز نسبت به مدل‌های رگرسیونی چند متغیره ساده‌تر است (Shatar & Mcbratney, 2004). با توجه به اینکه پتانسیل عملکرد محاسبه شده در این آنالیز در منطقه، از طریق داده‌های واقعی هر مزرعه حاصل شده، پتانسیل عملکرد حاصل شده وابسته به منطقه بوده و می‌توان گفت که این پتانسیل عملکرد، قابل حصول است. در واقعیت، پژوهش‌های چند منطقه‌ای اثر تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، اقلیم و شرایط خاکی متفاوت را به گیاه تحمیل می‌کند (Van Ittersum *et al.*, 2013)، در صورتی که پتانسیل عملکرد به‌دست آمده در یک ایستگاه تحقیقاتی و یا در شبیه‌سازی پتانسیل عملکرد با مدل‌های گیاهی این‌گونه محدودیت‌ها وجود ندارد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از آنالیز خط مرزی در مطالعات خلاء عملکرد می‌تواند به خوبی پاسخ‌های عملکرد به‌عوامل مدیریتی را از طریق شناسایی سهم هر متغیر نشان دهد. با استفاده از این پاسخ‌ها می‌توان بهترین مدیریت و برنامه‌ریزی را برای رسیدن به بالاترین عملکرد مشخص کرد. البته استفاده از این روش معایبی نیز داشته است؛ از جمله برهمکنش متغیرهای تأثیرگذار بر عملکرد را غیر معنی‌دار در نظر گرفته و تنها به آنالیز تأثیر یک متغیر بر عملکرد می‌پردازد، در حالی که در واقعیت، عملکرد حاصل برهمکنش مجموعه‌ای از عوامل است

کاهش خلاء عملکرد شود، بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان است. روش‌های رگرسیونی چند متغیره اگرچه دارای مزایایی هستند اما همانند شرایط مزرعه توسط عوامل متعددی محدود می‌شوند که در روش آنالیز خط مرزی این موارد وجود ندارد و تنها اثر یک عامل یا محدودیت مورد بررسی قرار می‌گیرد (Shatar & Mcbratney, 2004). با تمام این تفاسیر می‌توان گفت که خلاء عملکرد محاسبه شده در این پژوهش به تعریف ارایه شده توسط محققان در مورد خلاء عملکرد قابل بهره‌برداری نزدیک بوده و اختلاف بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل حصول با توجه به شرایط محیطی منطقه را نشان می‌دهد (Connor *et al.*, 2011). یکی از محدودیت‌های این پژوهش تعداد سال‌های اجرای آن است؛ هرچه تعداد سال انجام یک مطالعه بیشتر باشد تخمین تأثیر نوسانات اقلیمی و آب و هوایی دقیق‌تر است (Egli & Hatfield, 2014; Lobell *et al.*, 2009). برای کاهش خلاء عملکرد مشخص کردن محدودیت‌های عملکرد در یک ناحیه خاص ضروری است (Van Ittersum *et al.*, 2013)؛ آنالیز خط مرزی استفاده شده در این تحقیق علاوه بر برآورد میزان خلاء عملکرد؛ دلایل این خلاء و یا محدودیت‌های عملکرد را نشان می‌دهد. یکی از مزایای این روش آنالیز بر خلاف روش‌های مبتنی بر مدل‌های رگرسیونی چند متغیره این است که نیاز به انجام پروسه

(2017) با مستندسازی فرآیند تولید ارقام بومی برنج در دو روش کاشت رایج و نیمه‌مکانیزه در استان مازندران اعلام کردند که میانگین عملکرد شلتوک در کاشت رایج و نیمه‌مکانیزه به ترتیب برابر ۴۱۰۰ و ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، عملکرد شلتوک در کاشت نیمه‌مکانیزه در مقایسه با کاشت رایج از ثبات بهتری برخوردار بود.

محققان با ارزیابی پتانسیل و خلاء عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی ارقام اصلاح‌شده برنج در منطقه نکا گزارش کردند که از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) با هشت متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۷۱۹۴ و ۹۲۴۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. کل خلاء عملکرد تخمین زده شده برابر ۲۰۴۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیرهای تناوب زراعی و بذر گواهی شده به ترتیب برابر ۱۱۱ و ۱۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر کود سرک و پتاسیم مصرفی نیز به ترتیب برابر ۳۲۷ و ۶۷۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۳۳ درصد از کل تغییر عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به ترتیب برابر ۳۲۴ و ۲۱۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۱۰ درصد از کل افزایش عملکرد مشاهده شد.

(Kitchen *et al.*, 2003). توجه به این نکته ضروری است که استفاده از سایر روش‌های برآورد پتانسیل عملکرد مانند استفاده از مدل‌های گیاهی در کنار آنالیز خط مرزی می‌تواند نکات بسیار مهمی از محدودیت‌های تولید در یک منطقه را آشکار نماید.

یک مطالعه شبیه‌سازی به صورت جهانی و برای غلات مهم دنیا شامل ذرت، گندم و برنج انجام شد که سهم خلاء عملکرد برنج را در مقیاس جهانی حدود ۲۹ درصد گزارش کردند. اما خلاء عملکرد محاسبه شده در این تحقیق ۱۱/۰۷ الی ۱۴/۷۳ درصد برآورد شد (Mueller *et al.*, 2012). دیگر محققان عنوان کردند اگرچه برای محاسبه عملکرد قابل حصول در یک منطقه خاص با در نظر گرفتن بهترین ترکیب از ژنوتیپ‌ها، شرایط محیطی و مدیریت (G×E×M) مفید است، اما اطمینان از عدم به وجود آمدن هیچ‌گونه تنش زنده و غیرزنده در طول دوره رشد گیاه ممکن نیست (Van Ittersum *et al.*, 2013)؛ بنابراین این عملکردها به اندازه کافی تخمین مناسبی از پتانسیل منطقه با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی غالب منطقه نیستند. عوامل اقلیمی خاص در منطقه نیز در این‌گونه مطالعه‌ها می‌توانند عاملی جهت محدود کردن عملکردهای حداکثر باشند. به عنوان مثال میزان تابش فصلی در هر منطقه موجب افزایش یا کاهش پتانسیل عملکرد پتانسیل می‌شود. در مطالعه‌ای Dastan *et al.*

گندم در استان گلستان در شرایط آبی، دیم پرمحصول و دیم کم‌محصول به ترتیب برابر ۶۸۱۶، ۵۷۹۱ و ۳۹۲۲ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که فاصله ۴۲، ۳۱ و ۵۰ درصدی با عملکرد واقعی منطقه را نشان می‌دهد (Hajjarpour *et al.*, 2017a,b). در مطالعه‌ای با تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان به روش CPA گزارش شد که خلاء عملکرد برابر ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار بود که میزان مصرف پتاسیم، مدیریت تغذیه نیتروژن و تاریخ کاشت به ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد مهم‌ترین عوامل موثر در خلاء عملکرد بودند که با بهینه‌سازی آن‌ها می‌توان با مدیریت این عوامل خلاء عملکرد گندم در گرگان جبران کرد (Torabi *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای دیگر در منطقه بندرگز استان گلستان میزان خلاء عملکرد گندم به روش CPA برابر ۳۴۶۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (Nehbandani *et al.*, 2017).

استفاده از آنالیز خط مرزی در مطالعه‌های خلاء عملکرد می‌تواند به روشنی پاسخ‌های عملکرد به عوامل مدیریتی را نشان داده و پتانسیل‌های ممکن را محاسبه کند. تفسیر نتایج این آنالیز ساده بوده و توصیه می‌شود روی یک مجموعه داده با چندین روش آنالیز انجام شود و در کنار آن‌ها نیز آنالیز خط مرزی به‌عنوان یک آنالیز کاربردی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، به‌نظر می‌رسد این آنالیز نیاز به آزمایش‌های

میزان خسارت عملکرد ناشی از دو متغیر پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی در خزانه به ترتیب برابر دو و سه یازده از کل افزایش عملکرد (۳۴ و ۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود (Gorjizad *et al.*, 2018).

شناخت پتانسیل‌ها و همچنین میزان و نحوه تأثیر هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد به صورت جداگانه، نقش مهمی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین جهت رسیدن به حداکثر عملکرد دارد. در بررسی عوامل مؤثر در خلاء عملکرد ذرت دریافت که خاک دارای بافت سبک، مساحت مزارع، تعداد بذر کاشته شده در هر کپه و عدم انجام عملیات تنک به ترتیب با ۲۷، ۳۰، ۳۰ و ۱۳ درصد، مهم‌ترین عوامل ایجاد کاهش عملکرد در ذرت بودند (Pradhan, 2004). از میان آنالیزهای انجام گرفته روی گیاهان زراعی از طریق خط مرزی، تنها آنالیز خط مرزی در ایالت چیپاس (در جنوب مکزیک) برای ذرت به بررسی عوامل مدیریتی پرداخت (Tasistro, 2012). همچنین، دیگر محققان نیز اثر عوامل مدیریتی را بررسی کرده‌اند، اما هدف از کار آن‌ها یافتن بهترین مدیریت‌ها نبود. ایشان اثر چهار تیمار مدیریتی را بر رابطه بین بارندگی و عملکرد با استفاده از آنالیز خط مرزی بررسی کردند (Huang *et al.*, 2008). در مطالعه‌ای با تعیین حدود بهینه عوامل مدیریتی جهت افزایش عملکرد گندم در استان گلستان مشخص شد که عملکرد پتانسیل

عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودیت کننده عملکرد به کار گرفته شود و می‌توان گفت این پتانسیل عملکرد، قابل حصول است.

توصیه‌های این پژوهش بر اساس یافته‌ها در سال‌های ذکر شده در منطقه است. بدیهی است که در آینده با تغییر نظام زراعی (مثل گسترش کشاورزی حفاظتی)، مدیریت زراعی و احتمالاً شرایط آب و هوایی، این توصیه‌ها ممکن است تغییر کنند. همچنین، با اصلاح عوامل درجه یک ایجاد کننده خلاء عملکرد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است، عوامل درجه دوم خود را نشان خواهند شد. بنابراین، شایسته است پایش و ارزیابی مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان به‌طور پیوسته صورت گیرد و میزان خلاء عملکرد و عوامل مدیریتی ایجاد کننده آن، شناسایی و برطرف شوند. در این پژوهش، از میان تمامی مدیریت‌های زراعی رایج کشاورزان، مواردی که در خلاء عملکرد تأثیر بیشتری داشته و در مرحله اول نیاز به تغییر و بهبود دارند، مورد اشاره قرار گرفته‌اند. بنابراین، توصیه‌های این پژوهش، مکمل سایر مدیریت‌های توصیه شده و معمول است.

معمول مزرعه‌ای را کاهش داده و برای طراحی آزمایش‌های مزرعه‌ای جدید اطلاعات مناسبی را در اختیار محقق قرار دهد. در صورتی که این‌گونه مطالعه‌های میدانی به‌صورت گسترده و طی چندین سال برای گیاهان زراعی مهم انجام شود، می‌توان بیشتر از توانایی این‌گونه آنالیزها برای پیدا کردن راه‌های افزایش تولید استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌ها در ۱۰۰ مزرعه مورد مطالعه، از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با پنج متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد CPA، عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد محاسبه شده با مدل به‌ترتیب برابر ۴۴۹۵ و ۶۳۳۷ کیلوگرم در هکتار و میزان خلاء عملکرد برابر ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. طبق یافته‌های BLF مشاهده شد که میانگین عملکرد بر اساس حد بهینه مربوط به ۱۳ متغیر مورد بررسی برابر ۵۳۶۹ کیلوگرم در هکتار با خلاء عملکرد ۸۷۴ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین، با توجه به یافته‌های می‌توان بیان کرد که دقت مدل (معادله تولید) در هر دو روش مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلاء

- Delmotte, S., P. Tittonell, J.C. Mouret, R. Hammond, and L. Lopez-Ridaura.** 2011. On-farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*. 35, 223-236.
- Egli, D.B. and J.L. Hatfield.** 2014. Yield gaps and yield relationships in central U.S. soybean production systems. *Agronomy Journal*. 106: 560-566.
- Espe, M.B., K.G. Cassman, H. Yang, N. Guilpart, P. Grassini, J. Van Wart, M. Anders, D. Beighley, D. Harrell, S. Linscombe, K. McKenzie, R. Mutters, L.T. Wilson, and B.A. Linqvist.** 2016a. Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. *Field Crops Research*. 196: 276-283.
- Espe, M.B., H. Yang, K.G. Cassman, N. Guilpart, H. Sharifi, and B.A. Linqvist.** 2016b. Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. *Field Crops Research*. 193: 123-132.
- Fujisaka, S.** 1991. A set of farmer-based diagnostic methods for setting post 'green revolution' rice research priorities. *Agricultural System*. 36, 191-206.
- Gorjizad, A., S. Dastan, A. Soltani, and H. Ajam Norouzi.** 2019. Evaluation of Potential Yield and Yield Gap Associated with Crop Management in Improved Rice Cultivars in Neka Region. *Agroecology Journal*. 11(1), DOI: 10.22067/jag.v11i1.67430 .

منابع

- Allahgholipour, M. and M.S. Mohammad Salehi.** 2014. Characteristics of some local rice cultivars. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Rice Research Institute of Iran. 26 page.
- Beza, E., J. Vasco Silva, L. Kooistra, and P. Reidsma.** 2017. Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. *European Journal of Agronomy*. 82: 206-222.
- CIA. 2018. CIA World Factbook. World POP Clock Projection. United State.
- Connor, D.J., R.S. Loomis, and K.G. Cassman.** 2011. *Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems*. Cambridge University Press. 556 p.
- Dastan, S., A. Soltani, and M. Alimaghani.** 2017. Documenting the process of local rice cultivars production in two conventional and semi-mechanized planting methods in Mazandaran province. *Cereal Research*. Accepted.
- De Bie, C.A.J.M.** 2000. Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands. 234 p.

- techniques on cotton yield in Central Greece, using different statistical methods. *Agronomy Journal*. 21, 73-90.
- Kayiranga, D.** 2006. The effects of land factors and management practices on rice yields. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enscheda (ITC). The Netherlands. 72 p.
- Kitchen, N.R., S.T. Drummond, E.D. Lund, K.A. Sudduth, and G.W. Buchleiter.** 2003. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil-crop systems. *Agronomy Journal*. 95: 483-495.
- Lobell, D.B., K.G. Cassman, and C.B. Field.** 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources*. 34: 179-204.
- Makowski, D., T. Dore, and H. Monod.** 2007. A new method to analyze relationships between yield components with boundary lines. *Agronomy for Sustainable Development*. 27: 119-128.
- Mueller, N.D., J.S. Gerber, M. Johnston, D.K. Ray, N. Ramankutty, and J.A. Foley.** 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*. 490: 254-257.
- Nehbandani, A., A. Soltani, E. Zeinali, and F. Hoseini.** 2017. Analyzing soybean yield constraints in Gorgan and Aliabad Katul using CPA method. *Journal of Agroecology*. 7(1): 109-123. (In Persian with English abstract)
- Hajjarpour, A., A. Soltani, and B.Torabi.** 2015. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production*. 8(4): 183-201. (In Persian with English abstract).
- Hajjarpour, A., A. Soltani, E. Zeinali, E. Kashiri, and A. Aynehband.** 2017. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis method. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 19(2), 86-101. (In Persian with English abstract).
- Halalkhor, S., S. Dastan, A. Soltani, and H. Ajam Norouzi.** 2017. Documenting the process of rice production and yield gap associated with crop management in local cultivars of rice production (case study: Mazandaran province, Babol region). *Agricultural Crop Management*. 19(3). Accepted. (In Persian with English abstract).
- Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., Van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J.N. and Horan, H., 2013.** Reprint of Quantifying yield gaps in rain-fed cropping systems: A case study of wheat in Australia. *Field Crops Research*. 143, 65-75.
- Huang, X., L. Wang, L. Yang, L, and A.N. Kravchenko.** 2008. Management effects on relationships of crop yields with topography represented by wetness index and precipitation. *Agronomy Journal*. 100: 1463-1471.
- Kalivas, D.P. and V.J. Kollias.** 2001. Effects of soil, climate and cultivation

- association, University of Shahid Beheshti. 80 p. (In Persian with English abstract)
- Soltani, A., S. Galeshi, and E. Zeinali.** 2000. Analysis of limitations contained in wheat production in Golestan province (Research Report). Management and Planning Organization of Golestan province. (In Persian with English abstract)
- Soltani, A., A. Hajjarpour, and V. Vadez.** 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research*. 185: 21-30.
- Tanaka, A., M. Diagne, and K. Saito.** 2015. Causes of yield stagnation in irrigated lowland rice systems in the Senegal River Valley: Application of dichotomous decision tree analysis. *Field Crops Research*. 176: 99-107.
- Tanaka, A., K. Saito, K. Azoma, and K. Kobayashi.** 2013. Factors affecting variation in farm yields of irrigated lowland rice in southern-central Benin. *European Journal of Agronomy*. 44: 46-53.
- Tasistro, A.** 2012. Use of boundary lines in field diagnosis and research for Mexican farmers. *Better Crops with Plant Food*. 96: 11-13.
- Torabi, B., A. Soltani, S. Galeshi, and E. Soltani.** 2011. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Journal of Plant Production*. 4(4): 1-17. (In Persian with English abstract)
- Torabi, B., A. Soltani, S. Galeshi, E. Zeinali, and M. Kazemi Korgehei.** 2004. The effect of land and management aspects on maize yield. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 52 p.
- Rajapakse, D.C.** 2003. Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 80 p.
- Reidsma, P. and H. Jeuffroy.** 2017. Farming systems analysis and design for sustainable intensification: new methods and assessments. *European Journal of Agronomy*. 82: 203-205.
- Rezaei, A. and Soltani, A.** 1998. An introduction to Applied Regression Analysis, 4th. Isfahan University of Technology. Esfahan. (In Persian with English abstract)
- Shatar, T.M. and A.B. Mcbratney.** 2004. Boundary-line analysis of field-scale yield response to soil properties. *Journal of Agricultural Science (JAS)*. 142: 553-560.
- Silva, J.V., P. Reidsma, A.G. Laborte, and M.K. Van Ittersum.** 2017. Explaining rice yields and yield gaps in Central Luzon, Philippines: An application of stochastic frontier analysis and crop modeling. *European Journal of Agronomy*. 82: 223-241.
- Soltani, A. and V. Maddah.** 2010. Simple applications for agriculture education and research. *Agroecology*

Van Wart, J., K.C. Kersebaum, S. Peng, M. Milner, and K.G. Cassman. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*. 143: 34-43.

Xu, X., P. He, S. Zhao, S. Qiu, A.M. Johnstond, and W. Zhou. 2016. Quantification of yield gap and nutrient use efficiency of irrigated rice in China. *Field Crops Research*. 186, 58-65.

2013. Ranking factors causing the wheat yield gap in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production*. 6(1): 171-189. (In Persian with English abstract)

Van Ittersum, M.K., K.G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittonell, and Z. Hochman. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crops Research*. 143: 4-17.

Estimation of yield gap in local rice cultivars by using CPA and BLF methods (Case study: Mazandaran province, Sari region)

M. Yousefian¹, S. Dastan^{2*}, A. Soltani³, H. Ajam Norouzi⁴

1. Ph.D. student, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
2. Postdoctoral Research Scholar, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj.
3. Prof. Dept. Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Assist. Prof, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.

Abstract

One main problem in rice production is the high difference between actual farm yield and attainable yield. Therefore, identifying yield restricting factors and yield gap is very important. In this research, all managerial operations from nursery preparation to harvest for local cultivars of rice were recorded through field studies, in Sari, Mazandaran, Iran from 2015-2016. In this research, 100 paddy fields with local cultivars of rice were evaluated. Field identifications were done in a way that includes all main production procedure in specific region with variation in management view point. For defining yield model (production model), relationship between all measured variables and final model was designed by controlled trial and error method. The result showed that with approximately 150 variables under study, the final model with six independent variables was chosen. In yield model by CPA method, the actual yield and calculated potential yield were equal to 4495 and 6337 kg. ha⁻¹, respectively. The amount of yield gap equals 1841 kg. ha⁻¹. In boundary line analysis by fitting one line above the edge of data, it was determined that the yield response as a dependent variable to independent variable like seed rate, number of seedling per plant, planting density and N usage before transplanting follows the negative two piecewise function. But, Nitrogen usage per hectare variable followed negative two piecewise functions. According to boundary line analysis finding it has been seen that yield mean on the basis of optimal limit related to 13 variables under study equal to 5369 kg. ha⁻¹ with yield gap of 874 kg. ha⁻¹. Mean relative yield and relative yield gap for 13 variables were 83.75 and 16.25 kg. ha⁻¹, respectively. Therefore, it is expressed that the model precision (production equation) is appropriate and can be applied for both estimation of the quantity of yield gap and determining the portion of each restricting yield variables. Furthermore, regarding the fact that calculated yield potential is reached through actual data in each paddy field, it has been stated that this yield potential is attainable.

Key words: Actual yield, Potential yield, Relative gap, Relative yield, Rice, Yield gap

* Corresponding author (dastan@abrii.ac.ir)