



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹

صفحه‌های ۳۶۱-۳۷۲

مستندسازی فرایند تولید و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد گندم به روش CPA در شهرستان کلاله

محمدشریف نوبتیانی^۱، علی راحمی کاریزکی^{۲*}، عباس بیابانی^۳، علی منصوریراد^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

۲. استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

۳. دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شهرستان کلاله با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام گردید. جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز، به صورت میدانی و مصاحبه شخصی با کشاورزان صورت گرفت. بدین منظور، ۶۰ مزرعه گندم مناطق دیم شهرستان کلاله به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی در کلیه عملیات مدیریت زراعی کاشت، داشت و برداشت باشند. مقدار دانه تحویلی به مراکز خرید گندم بعد از تعیین مقدار افت به عنوان عملکرد نهایی مزرعه ثبت شد. برای تعیین میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن از تجزیه مقایسه کارکرد استفاده شد. نتایج حاصل از مدل عملکرد نشان داد که بین عملکرد قابل حصول (۷۲۴۸/۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد واقعی (۳۱۷۶/۴ کیلوگرم در هکتار) اختلافی به میزان ۴۰۷۱/۷ کیلوگرم در هکتار وجود داشت. از بین متغیرهای مورد بررسی، متغیرهای تجربه کشاورز، میزان بذر مصرفی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، دفعات مصرف قارچ‌کش، مواد آلی خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی، بیش‌ترین تأثیر را در ایجاد خلأ عملکرد گندم در این منطقه داشتند، که به ترتیب ۱۹/۴، ۱۶/۸، ۱۴/۹، ۱۴/۳، ۱۲/۷، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد از عملکرد قابل حصول را شامل می‌شدند. به نظر می‌رسد که با اصلاح این عوامل می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد.

کلیدواژه‌ها: تجزیه مقایسه کارکرد، خلأ عملکرد، عملکرد بالقوه، عملکرد واقعی، مدیریت زراعی.

Documentation of Production Process and Determination of Limiting factors of Wheat Yield by CPA Method in Kalaleh County

Mohammad Sharif Nobatiani¹, Ali Rahemi Karizaki^{2*}, Abbas Biabani³, Ali Mansouri Rad²

1. M.Sc. Student, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

2. Assistant Professor, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

3. Associate Professor, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

Received: June 26, 2019

Accepted: November 6, 2019

Absrtact

The present study has been conducted to evaluate the factors, limiting wheat yield in Kalaleh County via Comparative Performance Analysis (CPA) Method during 2015-16. The required information has been collected through fieldwork, along with personal interviews with the farmers. As a result, sixty wheat fields are selected in dry land areas of Kalaleh so that sufficient diversity could be maintained for all crop management, planting, crop protection, and harvesting areas. The amount of grain delivered to the wheat shopping centers has been recorded after determining the amount of drop as the final yield of the farm. Results from the yield model show that there has been a difference of 4071.7 kg between attainable (7248 kg/ha) and actual yield (377.4 kg/ha). Among the studied variables, the farmer experience, seeding rate, the amount of phosphorus in the soil, frequency of fungicide use, organic matter of the soil, amount of potassium absorbed in the soil, and the amount of applied nitrogen have influenced the wheat yield gap of the study area the most. These have been 19.4%, 16.8%, 14.9%, 14.3%, 12.7%, 11.7%, and 10.3% of the achievable yield, respectively. By amending these factors, it seems that it could reduce the difference between the achievable and the actual yield.

Keywords: Comparative performance analysis, crop management, potential yield, actual yield, yield gap.

۱. مقدمه

شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد گیاه زراعی می‌تواند سبب برطرف شدن یا کاهش خلأ عملکرد شود. روش‌های مختلفی جهت تعیین خلأ عملکرد در ایران استفاده می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به تجزیه خط مرزی (Hajjarpoor *et al.*, 2017)، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش آنتروپی (Torabi *et al.*, 2013) اشاره کرد. یکی از روش‌های دیگر جهت کمی کردن خلأ عملکرد، استفاده از تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) است (Soltani *et al.*, 2016) که در مقایسه با روش تابع خط مرزی، کارایی بهتری را از نظر پیش‌بینی خلأ عملکرد گیاه زراعی نشان داده است (Yousefian *et al.*, 2018). روش تحلیل مقایسه کارکرد گزینه مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدودکننده عملکرد را شناسایی کرده و سپس نسبت به حذف این عوامل اقدام نمود. در این روش با استفاده از رگرسیون چندگانه و گام‌به‌گام محدودیت‌های عملکرد و در نهایت مدل تولید تعیین می‌شود (Rezaei & Soltani, 2008). با این روش، میزان تولید در حالت‌های عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی مورد مقایسه قرار می‌گیرد (Abravan *et al.*, 2016) و با استفاده از مدل تولید و مقادیر پارامترهای مدل حاصل از این روش، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد (De Bie, 2000).

در یک مطالعه، Pradhan (2004) با روش CPA اثر زمین و جنبه‌های مدیریتی را روی عملکرد ذرت مورد مطالعه قرار داد و گزارش کرد خاک دارای بافت سبک ۲۷ درصد، مساحت کرت‌ها در مزرعه ۳۰ درصد، تراکم بذر ۳۰ درصد و عملیات تنک به میزان ۱۳ درصد در خلأ عملکرد ذرت نقش داشتند. همچنین، Tanaka *et al.* (2013) در شش برنامه آبیاری، عملکرد برنج را با استفاده

از رگرسیون چندگانه با روش گام‌به‌گام مورد بررسی قرار دادند، در مطالعه آن‌ها عملکرد برنج از ۱/۳ تا ۷/۸ تن بر هکتار با میانگین ۴/۸ تن بر هکتار متغیر بود و با استفاده از رگرسیون چندگانه، شیوه‌های مدیریت زراعی کشاورزان به‌علاوه تنش‌های زنده و غیرزنده به‌صورت متغیرهای مستقل، مشخص کرده که ۷۵ درصد تغییر در عملکردها می‌تواند به‌وسیله پنج فاکتور زراعی (مدیریت بقایای آیش، روش شخم، تنش آب، خسارت موش صحرائی و میزان مصرف نیتروژن به‌ترتیب ۱۶/۸، ۱۳/۳، ۱۲/۴، ۱۱/۲ و ۹/۴ درصد) و دو فاکتور خاکی (شیب زمین و مقدار شن در خاک به‌ترتیب ۸/۷ و ۳/۲ درصد) توجیه شود.

همچنین، Soltani *et al.* (2011) براساس روش CPA به ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان پرداختند. نتایج آنان نشان داد که میزان مصرف پتاسیم قبل از کاشت، مصرف نیتروژن پس از کاشت و تاریخ کاشت به‌ترتیب با ۲۰، ۱۸ و ۱۹ درصد در خلأ عملکرد نقش دارند و با بهینه‌سازی آن‌ها می‌توان عملکرد گندم در گرگان را به میزان ۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. علاوه بر این، Nekahi *et al.* (2014) به بررسی خلأ عملکرد گندم در شهرستان بندرگز با استفاده از روش CPA پرداخته و عنوان کردند که چهار عامل تراکم، تاریخ کاشت، رقم و عدم استفاده از علف‌کش تایپیک و گرانستار به‌ترتیب ۱۹/۲۳، ۱۶/۴۰، ۱۲/۳۰ و ۹/۷ درصد در خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه تأثیر داشته‌اند. در مطالعه دیگری، Abravan *et al.* (2016) عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد کلزا در شرق استان گلستان را با استفاده از روش CPA مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند بیش‌ترین درصد خلأ عملکرد (۲۵/۵ درصد) مربوط به مصرف غیرصحیح کود نیتروژن بود. به‌طوری‌که با بهبود این عامل، عملکرد کلزا به میزان ۸۶۳ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. همچنین،

1. Comparative Performance Analysis

اهمیت بررسی خلأ عملکرد گندم، به خصوص در منطقه شرق استان گلستان که یکی از مناطق استراتژیک تولید گندم در استان است، این مطالعه به منظور ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شهرستان کلاله با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد انجام گردید.

۲. مواد و روش‌ها

شهرستان کلاله با مساحت ۱۷۲۸ کیلومتر مربع بین ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی در شرق استان گلستان واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۴۵ متر و براساس طبقه‌بندی اقلیمی دوماستن، شهرستان کلاله دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد و میانگین بارندگی بلندمدت سالیانه (آمار ۱۶ ساله) در این منطقه ۵۸۲ میلی‌متر و میانگین دمای آن ۲۴ درجه سانتی‌گراد است. اطلاعات موردنیاز به صورت پیمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در روستاهای انتخابی، در دوره‌های مختلف جمع‌آوری شد. جهت جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد گندم انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان صورت گرفت. بدین منظور ۶۰ مزرعه گندم واقع در ۱۰ روستا در مناطق دیم شهرستان کلاله انتخاب شدند، به طوری که مساحت این اراضی از یک هکتار تا ۱۵ هکتار متغیر بوده و میانگین این مزارع، در حدود هشت هکتار بود. هم‌چنین برای تعیین تعداد مزارع (نمونه) از فرمول کوکران استفاده شد. عملیات پایش طی فصل رشد محصول و به صورت هفته‌ای انجام شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی در کلیه عملیات مدیریت زراعی مربوط به عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر مزرعه از طریق مشاهده، ملاقات چهره به چهره با کشاورزان و یا اندازه‌گیری، تکمیل گردیدند. پارامترهای مربوط به

Nehbandani *et al.* (2016) با بررسی عوامل محدودکننده عملکرد سویا در شرایط گرگان و علی‌آباد کتول با استفاده از روش CPA گزارش کردند که پنج عامل تعداد دفعات آبیاری، میزان نیتروژن خالص، میزان فسفر مصرفی، تاریخ کاشت و تعداد دفعات زدن دیسک سبب خلأ عملکرد سویا گندم (به ترتیب ۱۹/۳۰، ۱۶/۴۲، ۱۵/۷۲، ۱۵/۱۰ و ۱۴/۸۸ درصد) در منطقه مورد مطالعه شده بودند. در یک مطالعه، Hajjarpoor *et al.* (2017) دلایل ایجاد خلأ عملکرد گندم را در شرایط دیم کم‌بازده، به عدم استفاده از دستگاه کاشت بذر در داخل بقایا، وضعیت نامناسب بستر کاشت و عدم محلول‌پاشی عناصر غذایی (به ترتیب ۱۶/۱۲، ۱۵/۳۷ و ۱۳/۷۶ درصد از خلأ عملکرد) نسبت دادند و برای شرایط دیم پر محصول، عدم وارد کردن بقولات در تناوب، مساحت کم مزارع، عدم مصرف بهینه کودهای نیتروژن، پتاسیم و کود دامی (به ترتیب ۱۵/۲۳، ۱۳/۲۲ و ۱۲/۹۸ درصد از خلأ عملکرد) را به عنوان عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد گندم اعلام نمودند و هم‌چنین چهار عامل آبیاری، عدم مصرف بهینه کود نیتروژن، عدم رعایت تاریخ کاشت بهینه و عدم استفاده از رقم مناسب را از جمله عوامل اصلی خلأ عملکرد گندم (به ترتیب ۲۰/۶۷، ۱۷/۴۹، ۱۵/۵۵ و ۱۳/۹۳ درصد از خلأ عملکرد) در شرایط کشت آبی گزارش کردند. مطالعه خلأ عملکرد در مناطق برنج‌کاری منطقه نکا استان مازندران با استفاده از روش CPA نشان داد کل خلأ عملکرد تخمین زده شده برابر ۴۱۲۲ کیلوگرم در هکتار بود که پیش‌کاشت کلزا به میزان دو درصد، تناوب زراعی به میزان دو درصد، بذر گواهی شده به میزان دو درصد، تاریخ بذرپاشی به میزان دو درصد، مصرف کود سرک به میزان دو درصد، مصرف پتاسیم به میزان دو درصد، مصرف نیتروژن بعد از گلدهی به میزان دو درصد و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به میزان دو درصد بود (Gorjizad *et al.*, 2019). لذا با توجه به

قراردادن میانگین مشاهده شده متغیرها (xها) در ۶۰ مزرعه بررسی شده در مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه گردید، سپس با قراردادن بهترین مقدار مشاهده شده متغیرها از تمامی ۶۰ مزرعه در مدل، حداکثر عملکرد قابل دستیابی محاسبه شد. اختلاف بین این دو عملکرد به عنوان خلأ 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 نشان دهنده مقدار خلأ عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است. نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، نشان دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلأ عملکرد می باشد و به صورت درصد نشان داده شد (Torabi et al., 2012). جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و نتایج این آزمون نشان داد که در تمامی پارامترهای مورد بررسی، سطح معناداری در این آزمون بیش تر از ۰/۰۵ بود و لذا توزیع داده ها با اطمینان بالایی به صورت نرمال بود (داده ها نشان داده نشده اند).

۳. نتایج و بحث

از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل (معادله نهایی رگرسیون) با هفت متغیر مستقل انتخاب شد که در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل آورده شده است. این مدل ۶۴ درصد از کل تغییرات عملکرد را توجیه نمود ($P < 0/0001$) که مدل عملکرد به صورت معادله ۱ بود:

$$Y = 2455.2 + 18.7X_1 - 13.9X_2 + 7.3X_3 + 634.1X_4 + 135.4X_5 + 65.9X_6 + 3.1X_7 \quad (1)$$

که در آن Y: عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار)، X_1 : تجربه کشاورز در کشت گندم (سال)، X_2 : میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_3 : میزان نیتروژن مصرفی

کشاورز، سن و تجربه کاشت گندم بود. جهت آنالیز و اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت گندم، از مزارع انتخابی نمونه خاک تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، درصد نیتروژن کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد رس، سیلت، ماسه و هم چنین کلاس بافت خاک اندازه گیری شد و مقدار دانه تحویلی به مراکز خرید گندم بعد از تعیین مقدار افت به عنوان عملکرد نهایی مزرعه ثبت شد (Torabi et al., 2012).

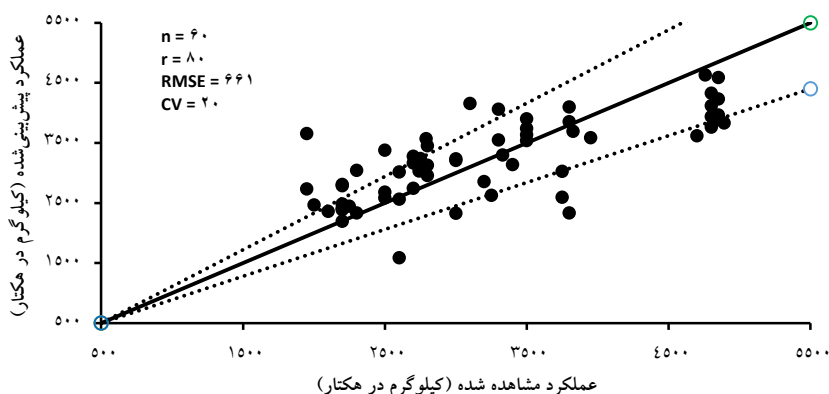
برای تجزیه و تحلیل داده ها از توزیع فراوانی تجمعی یا نسبی استفاده شد. در این بررسی ها دامنه تغییرات و شیوه انجام هر عملیات مدیریتی انجام شده در مزارع گندم و هم چنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کرده بودند، مشخص شدند. برای تعیین میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن از تجزیه مقایسه کارکرد استفاده شد (Soltani et al., 2000). در این روش رابطه بین تمام متغیرهای اندازه گیری شده (کمی و کیفی) و عملکرد با استفاده از روش رگرسیون چندگانه مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش برای تعیین این که کدام متغیرها باید در مدل نهایی تولید گنجانده شوند از گزینش متغیر با استفاده از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد (Rezaei & Soltani, 2008). انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از روش های توصیه شده در نرم افزار SAS (۹/۲) انجام شد (Soltani, 2007). متغیرها به صورت مقادیر متوسط و بهترین حالت که می تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار گیرد وارد مدل تولید هفت متغیره شدند. برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه گیری شده و عملکرد از طریق روش رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل شده تعیین شد که می تواند اثر محدودیت های عملکرد را کمی کند. با

خواهد شد. در جدول (۱) مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین هر یک از این صفات آورده شده است. شکل (۱) رابطه بین عملکردهای واقعی مزارع و عملکرد تخمین زده شده توسط مدل تولید با ضریب تبیین ۰/۸۰ را نشان می‌دهد و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تغییرات (CV) مدل به ترتیب ۶۶۱ کیلوگرم در هکتار و ۲۰ درصد می‌باشد. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل مناسب است و می‌تواند برای تعیین میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد به کار گرفته شود.

(کیلوگرم در هکتار)، X_4 : دفعات مصرف قارچ‌کش، X_5 : درصد مواد آلی خاک، X_6 : مقدار فسفر قابل جذب در خاک، X_7 : مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک هستند. در این مطالعه، متغیرهای تجربه کشاورز، میزان بذر مصرفی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، دفعات مصرف قارچ‌کش، مواد آلی خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی به ترتیب ۱۹/۴، ۱۶/۸، ۱۴/۹، ۱۲/۷، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند که در ادامه، براساس میزان تأثیر آن‌ها بر خلأ عملکرد پرداخته

جدول ۱. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل CPA

متغیرها	میانگین	حداکثر	حداقل
تجربه کشاورز (year)	۲۲/۹	۶۵	۱
میزان بذر مصرفی (kg.ha)	۲۰۹/۳	۲۵۰	۱۶۰
میزان نیتروژن مصرفی (kg.ha)	۸۵/۴	۱۴۲/۵	۳۴/۵
دفعات مصرف قارچ‌کش	۱/۱	۲	۱
مواد آلی خاک (%)	۰/۶۵	۱/۱۵	۰/۳۵
مقدار فسفر قابل جذب در خاک (mg.kg^{-1})	۷/۸	۱۷	۱/۲
مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک (mg.kg^{-1})	۲۲۴/۳	۳۷۸	۵۸
عملکرد واقعی (kg.ha)	۳۱۷۶/۴	۴۸۹۰	۱۹۵۰



شکل ۱. رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده. خطوط منقطع نشان‌دهنده اختلاف ۲۰ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده هستند. خط وسط (ممتد)، خط ۱:۱ می‌باشد.

عملکرد و ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول داشت (جدول ۲ و شکل ۲). به نظر می‌رسد آموزش‌های فنی کشاورزان، انتقال یافته‌های جدید تحقیقاتی و ارتقای سطح دانش آنان می‌تواند از سهم ۱۹/۴ درصدی این عامل بکاهد و باعث کم‌تر شدن فاصله از عملکرد قابل حصول شود (Guilpart et al., 2017).

در مطالعه Nekahi et al. (2014) سابقه کشاورز در کشت گندم ۳۵۴ کیلوگرم در هکتار (۱۰ درصد) در خلأ عملکرد گندم نقش داشت آنان بیان داشتند که کشاورزان قدیمی‌تر از روش‌های سنتی‌تر استفاده می‌کنند و به کاربرد یافته‌های جدید تحقیقاتی کم‌تر توجه نشان می‌دهند.

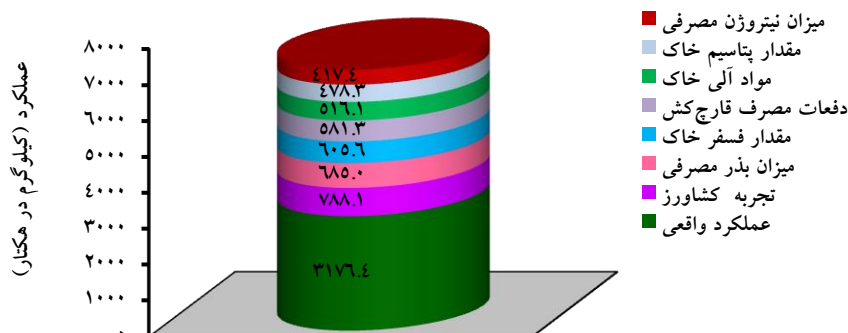
کل خلأ عملکرد گندم و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد نسبت به آن در جدول (۲) نشان داده شده است. بر طبق مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۳۱۷۶/۴ و ۷۲۴۸/۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شده است (جدول ۲) که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده قابل مقایسه می‌باشد (جدول ۱).

۳.۱. تجربه کشاورز

نتایج نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی، تجربه کشاورز در کشت گندم با ۱۹/۴ درصد (۷۸۸/۱ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد، بیش‌ترین سهم را در محدودیت

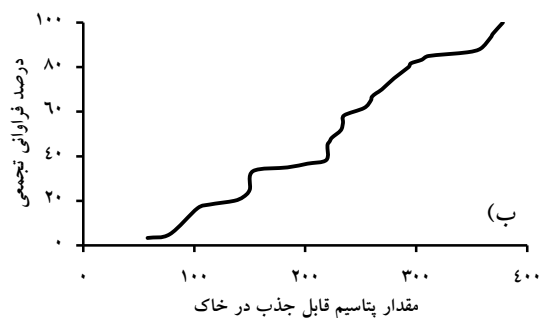
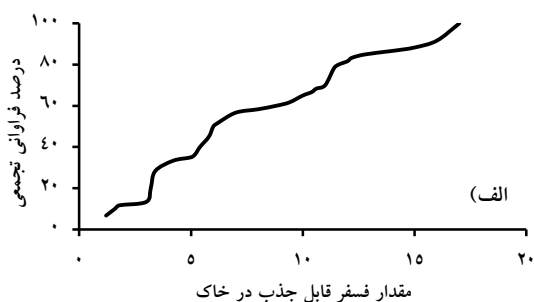
جدول ۲. سهم هر یک عوامل مورد بررسی در ایجاد خلأ عملکرد گندم

متغیر	ضریب	مقادیر متغیر		عملکرد محاسبه شده با مدل		خلأ عملکرد مقدار درصد
		میانگین	بهبینه	میانگین	بهبینه	
عرض از مبدأ	۲۴۵۵/۲	۱	۱	۲۴۵۵/۲	۲۴۵۵/۲	-
تجربه کشاورز	۱۸/۷	۲۲/۹	۶۵	۴۲۹/۶	۱۲۱۷/۷	۱۹/۴
میزان بذر مصرفی	-۱۳/۹	۲۰۹/۳	۱۶۰	-۲۹۰۷/۴	-۲۲۲۲/۴	۱۶/۸
مقدار فسفر قابل جذب در خاک	۶۵/۹	۷/۸	۱۷	۵۱۴/۶	۱۱۲۰/۲	۱۴/۹
دفعات مصرف قارچ کش	۶۳۴/۱	۱/۰۸	۲	۶۸۷	۱۲۶۸/۳	۱۴/۳
مواد آلی خاک	۱۳۵/۴	۰/۶۵	۱/۱۵	۶۷۴/۶	۱۱۹۰/۷	۱۲/۷
مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک	۳/۱	۲۲۴/۳	۳۷۸	۶۹۸/۵	۱۱۷۶/۷	۱۱/۷
میزان نیتروژن مصرفی	۷/۳	۸۵/۴	۱۴۲/۵	۶۲۴/۴	۱۰۴۱/۷	۱۰/۳
میانگین عملکرد	-	۳۱۷۶/۴	۴۸۹۰	۳۱۷۶/۴	۷۲۴۸/۱	-



شکل ۲. سهم محدودیت‌های اصلی خلأ عملکرد در گندم در منطقه کلاله

مورد مطالعه میزان فسفر قابل جذب در خاک ۶ میلی گرم بر کیلوگرم و یا کم تر از آن بود. فسفر بعد از نیتروژن مهم ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است، به طوری که این عنصر رشد ریشه را تحت تأثیر قرار می دهد، به بیشتر شدن جذب مواد غذایی کمک می کند، کمبود نیتروژن در خاک را متعادل می کند و به رسیدگی دانه کمک می کند (Begum et al., 2015). در حدود ۷۱/۸ درصد از خاک های کشاورزی ایران کم تر از حد بحرانی فسفر داشته و در این اراضی لازم است کودهای فسفره اضافه گردد. نتایج تحقیق Shahbazi & Besharati (2013) نشان داد که در استان گلستان در ۷۶۷ درصد اراضی کشاورزی، میزان فسفر کم تر از حد بحرانی (۱۵ میلی گرم در کیلوگرم) جهت کشت گندم بود.



شکل ۳. درصد فراوانی تجمعی مقدار فسفر (الف) و پتاسیم (ب) قابل جذب در خاک در ۶۰ مزرعه گندم کلاله

۴. دفعات مصرف قارچ کیش

به طور کلی در ۱۰ درصد مزارع مورد بررسی، دو نوبت

۲.۳. مقدار بذر مصرفی در هکتار

نتایج تجزیه مقایسه کارکرد نشان داد که دومین عاملی که بیش ترین سهم را در محدودیت عملکرد گندم داشت، مقدار بذر مصرفی در هکتار است که سبب ۱۶/۸ درصد (۶۸۵ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲ و شکل ۲). عامل عمده ای که معمولاً مقدار بذر مصرفی را در مناطق خشک و نیمه خشک تعیین می کند، مقدار رطوبت قابل استفاده خاک است که انتظار می رود در دسترس محصول قرار گیرد. از این جهت هرچه شرایط و فصل رشد خشک تر باشد، میزان بذر کمتری می کارند. با توجه به این که کشت گندم در منطقه مورد مطالعه به صورت دیم کاری انجام می شود حصول عملکرد مناسب متکی به باران در طی فصل رشد گندم می باشد و به تبع آن در تراکم های بالا اثرات تنش رطوبتی بر کاهش عملکرد گندم مشهود خواهد بود. ضریب منفی متغیر میزان بذر مصرفی به این معنی است که هرچه مقدار بذر در هکتار بیش تر مصرف شود عملکرد نهایی کاهش بیشتری می یابد به عبارتی اگر کشاورزان میزان بذر مصرفی در هکتار را در حد بهینه (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) به کار ببرند به عملکرد گندم ۶۸۵ کیلوگرم در هکتار افزوده می شود و خلأ عملکرد ۱۶ درصدی حاصل از مصرف زیادی بذر از بین خواهد رفت.

۳.۳. مقدار فسفر قابل جذب در خاک

بعد از سابقه کشت کشاورز در کشت گندم (۱۹/۴ درصد) و میزان بذر مصرفی (۱۶/۸ درصد)، مقدار فسفر قابل جذب در خاک سومین عاملی است که بیش ترین سهم را در محدودیت عملکرد گندم داشت که باعث ۱۴/۹ درصد (۶۰۵/۶ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد گندم در منطقه شده بود (جدول ۲ و شکل ۲). دامنه میزان فسفر قابل جذب در خاک در مزارع مورد بررسی از ۱/۲ تا ۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر بود (شکل ۳-الف) و در ۵۰ درصد مزارع

آفات و بیماری‌ها و غیره)، کود و آماده‌سازی زمین عملکرد پنبه را افزایش می‌دهند. آموزش کشاورزان در بین این عوامل از اولویت بیش‌تری برخوردار بود.



شکل ۴. درصد مصرف قارچ‌کش در ۶۰ مزرعه گندم مورد مطالعه در کلاله

۳.۵. درصد مواد آلی

نتایج نشان داد که مواد آلی خاک سبب ۱۲/۷ درصد (۵۱۶/۱ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲ و شکل ۲). میانگین درصد مواد آلی خاک در مزارع مورد بررسی ۰/۶۵ درصد و حداقل و حداکثر مواد آلی خاک به ترتیب ۰/۳۵ و ۱/۱۵ درصد بود (جدول ۱). مقدار مواد آلی خاک تابعی از عوامل مختلف از جمله اقلیم، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی می‌باشد (Shahbazi & Besharati, 2013)، که با توجه به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و پایداری کیفیت خاک، مقدار آستانه مواد آلی در خاک در حدود ۲ درصد اظهار شده است (Patrick et al., 2013). واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک سبب شده تا بخش قابل توجهی از اراضی کشور از نظر مواد آلی وضعیت مطلوبی نداشته باشد، به طوری که در ۶۳/۲ درصد خاک‌های کشور، درصد مواد آلی کم‌تر از یک درصد است (Shahbazi & Besharati, 2013). اقلیم منطقه مورد مطالعه نیز براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، نیمه‌خشک می‌باشد که متأثر از

قارچ‌کش مصرف‌شده بود اما ۸۸/۳ درصد کشاورزان تنها یک نوبت از قارچ‌کش‌های مورد مصرف در زراعت گندم استفاده کرده بودند (شکل ۴). در منطقه مورد مطالعه به دلیل رطوبت نسبتاً بالا شیوع بیماری‌های قارچی زیاد است و در بعضی از سال‌ها به شدت توسعه می‌یابد که خسارت جبران‌ناپذیری را به مزارع گندم وارد می‌کند که مهم‌ترین بیماری در منطقه مورد بررسی، بیماری سپتوریوز، فوزاریوم و زنگ زرد است که برای مبارزه با آن‌ها از قارچ‌کش‌های تیلت، آلتوکمبی، فولیکور، فالکن و رکس ۲ استفاده می‌شود. در طی فصل رشد گیاهان زراعی، انجام عملیات داشت می‌تواند منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گردد و مبارزه با بیماری‌ها از عملیات مهم زراعی هستند که در طول فصل رشد مورد توجه اکثر کشاورزان قرار می‌گیرد (Torabi et al., 2012). نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد دفعات مصرف قارچ‌کش سبب ۱۴/۳ درصد خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲). با توجه به مدل به‌دست‌آمده، تعداد بهینه قارچ‌کش، دو بار است و لذا با دو بار کاربرد قارچ‌کش در زمان مناسب، می‌توان خلأ عملکرد ناشی از آن (۱۴/۳ درصد) را جبران نمود (شکل ۲). به عبارتی با مصرف قارچ‌کش تا دو بار در طی فصل رشد محصول، عملکرد گندم ۵۸۱/۳ کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. یکی از مهم‌ترین موانع تولید و حصول عملکردهای بالا در زراعت گندم، بیماری‌های قارچی این محصول هستند (Zeinvand Lorestani et al., 2017). در همین راستا نتایج تحقیقات Hajjarpoor et al. (2017) روی گندم در شرایط استان گلستان نشان داد که عدم استفاده از قارچ‌کش نیز باعث پنج درصد (۲۰۸/۹ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود. در یک مطالعه، Bakhsh et al. (2005) با استفاده از رگرسیون خطی عوامل مؤثر بر عملکرد پنبه را در پنجاب پاکستان مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که آموزش، میزان حفاظت از گیاه (مبارزه با علف‌های هرز،

آن ۹۱/۶ درصد مزارع مورد بررسی، کم‌تر از یک درصد مواد آلی داشتند که به دلیل فرسایش، عدم استفاده از کودهای آلی، شخم زیاد، جمع‌آوری بقایای گیاهی و سوزاندن آن‌ها مواد آلی خاک نسبت به چهل سال گذشته کاهش یافته است، به طوری که افزایش و پایداری تولید را در این منطقه با خطر مواجه کرده است.

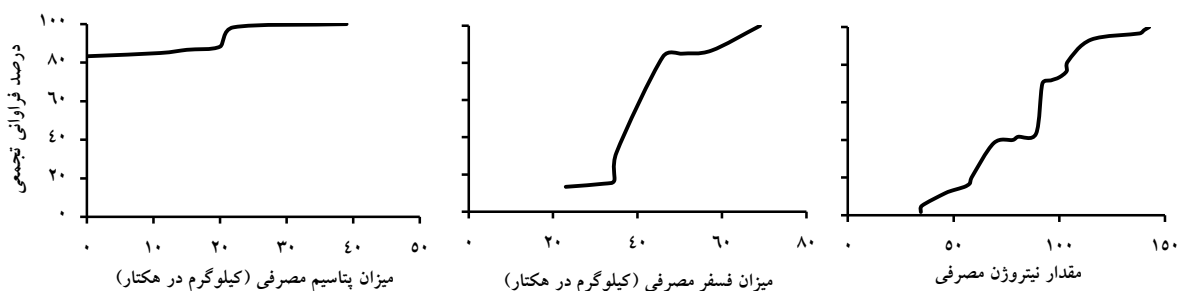
۶.۳. مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک

در مزارع مورد بررسی میزان پتاسیم قابل جذب در خاک از ۵۸ تا ۳۷۸ قسمت در میلیون (میلی‌گرم بر کیلوگرم) متغیر بود و در ۷۵ درصد مزارع بررسی شده میزان پتاسیم قابل جذب در خاک، ۲۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و یا کم‌تر از آن بود (شکل ۳-ب). درحالی‌که اهمیت استفاده متعادل از کودهای شیمیایی بسیار زیاد بوده و به‌شدت بر آن تأکید شده، ولی در بسیاری از زمین‌های کشاورزی ایران مورد غفلت واقع شده است. پتاسیم یکی از سه ستون اصلی استفاده متعادل از کودها همراه با نیتروژن و فسفر بوده و علاوه بر کمک در انجام فتوسنتز، در نقل و انتقال مواد فتوسنتزی مؤثر است، لذا اضافه‌کردن پتاسیم کافی سرعت انتقال نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه را افزایش می‌دهد (Shahbazi & Besharati, 2013). در این مطالعه، مشاهده گردید که مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک سبب ۱۱/۷ درصد خلأ عملکرد شده بود و هنگامی که مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک در حد بهینه (۳۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود عملکرد گندم به میزان ۴۷۸/۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۲، شکل ۲). کمبود پتاسیم باعث تضعیف سیستم ریشه‌ای می‌شود که موجب کاهش جذب عناصر غذایی لازم و در نتیجه تولید بذور و میوه‌های کوچک و چروکیده و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد (Poori et al., 2012). تقریباً ۷۵ درصد پتاسیم جذب‌شده توسط

غلات دانه ریز در بقایای محصول باقی می‌ماند (Singh et al., 2001). بنابراین ترکیب بقایای گیاهی با خاک بعد از برداشت، مقدار قابل توجهی از پتاسیم را به چرخه باز می‌گرداند (Fageria, 2009). با توجه به این‌که در منطقه مورد مطالعه بخش اعظم بقایای گیاهی به‌عنوان علوفه از مزارع خارج می‌شود و هم‌چنین به سبب آتش‌زدن بقایای گیاهی، کاهش پتاسیم خاک خیلی سریع رخ می‌دهد، بنابراین حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و عدم آتش‌زدن بقایای گیاهی کمک قابل توجهی به افزایش پتاسیم در خاک می‌کند.

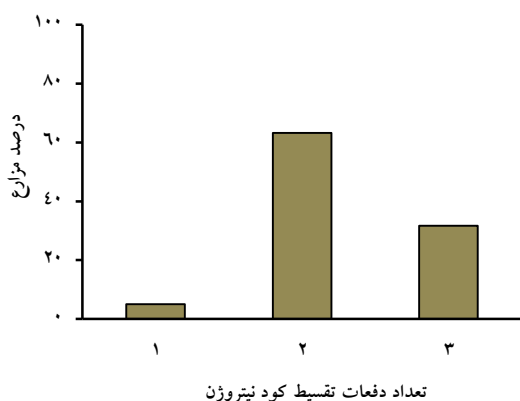
۷.۳. مصرف کودهای شیمیایی

دامنه مصرف نیتروژن خالص در بین کشاورزان مورد بررسی از ۳۴/۵ تا ۱۴۲/۵ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. نتایج نشان داد که ۷۵ درصد کشاورزان ۱۰۳ کیلوگرم یا کم‌تر از آن، نیتروژن مصرف کردند (شکل ۵). میزان مصرف کود فسفر خالص در مزارع مورد بررسی از ۲۳ تا ۶۹ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. منابع کودهای فسفره که کشاورزان استفاده کرده بودند شامل سوپرفسفات تریپل و سوپرفسفات ساده بود و ۸۵ درصد کشاورزان ۵۰ کیلوگرم و یا کم‌تر از آن، فسفر مصرف کرده بودند. اما با توجه به غنی‌بودن خاک‌های منطقه مورد مطالعه از نظر پتاس، معمولاً مقدار مصرف کودهای پتاسه به مراتب کم‌تر از مصرف کودهای فسفره می‌باشد و منابع کودهای پتاسه که در دسترس کشاورزان قرار دارد شامل کودهای کلروپتاس و سولفات پتاس است که عمده مصرف کشاورزان را کود کلروپتاس در بر می‌گیرد. دامنه مقدار مصرف کود پتاس خالص از صفر تا ۳۹ کیلوگرم در هکتار در مزارع مورد بررسی متغیر بود و تنها در ۱۷ درصد مزارع کودهای پتاسه مصرف شده بودند (شکل ۵).



شکل ۵. درصد فراوانی تجمعی میزان پتاسیم، نیتروژن و فسفر مصرف شده در ۶۰ مزرعه گندم مورد مطالعه در کلاله

کود سرک مورد استفاده قرار گرفته شده بود که بیشترین درصد فراوانی مصرف کود سرک را به خود اختصاص داده بود (شکل ۶). مصرف کود سرک توسط کشاورزان در دو مرحله انجام می‌شود که بیش‌تر کشاورزان در مراحل شروع پنجه‌دهی و ظهور خوشه انجام می‌دهند و برخی از کشاورزان نیز در مرحله خوشه‌دهی کامل کود سرک مصرف می‌کنند. کشت‌وکار رایج منطقه به علت عدم درک صحیح از نیازمندی‌های گیاه گندم، با مشکلات زیادی روبه‌رو است؛ به طوری‌که مصرف بی‌رویه آب، کودها و سموم شیمیایی نه تنها به افزایش هزینه تولید منجر شده، بلکه موجب کاهش عملکرد شده و باعث تخریب منابع و محیط زیست در درازمدت می‌گردد (Dastan et al., 2015).



شکل ۶. درصد تعداد دفعات تقسیط کود نیتروژن در ۶۰ مزرعه گندم مورد مطالعه در کلاله

نتایج تجزیه کارکرد نشان داد که میزان نیتروژن مصرفی، سبب ۱۰/۳ درصد (۴/۱۷ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود و به عبارتی با مصرف بهینه میزان نیتروژن به میزان ۱۴۲/۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد گندم در منطقه مورد بررسی، ۴/۱۷ کیلوگرم افزایش خواهد یافت. نتایج تحقیقات Hajjarpoor et al. (2017) نشان داد مصرف بهینه کودهای نیتروژن‌دار در زراعت گندم می‌تواند باعث رفع ۲۵ درصد (۲۰۴۲ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شود. در یک مطالعه، Rajapakse (2003) با استفاده از یک مطالعه پیمایشی محدودیت‌های عملکرد برنج را در محدوده نظام‌آباد آندراپرادش هند با روش CPA مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که مدل تولید ۵۸ درصد از تنوع عملکرد برنج را با متوسط خلأ عملکرد ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار توجیه نمود و پنج عامل تعداد دفعات مصرف کود، کمبود آب، تأخیر در برداشت، وجین دستی در دو نوبت و تأخیر در نشاکاری سبب خلأ عملکرد برنج شده بود، به طوری‌که تعداد دفعات مصرف کود و کمبود آب بیش‌ترین سهم از درصد خلأ عملکرد را به خود اختصاص دادند (به ترتیب ۳۳ و ۲۶ درصد). با توجه به ماهیت کودهای نیتروژن‌دار به‌خصوص اوره، می‌بایست چندین نوبت در طی فصل رشد محصول مورد استفاده قرار گیرد تا عملکرد قابل انتظار حاصل شود. در مزارع مورد بررسی از یک تا سه نوبت کود نیتروژن مصرف شده بود که در ۳/۶۳ درصد مزارع حداقل دو نوبت

می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

- Abravan, P., Soltani A., Majidian M., & Mohsenabadi, G.H. (2016). Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan province using CPA method. *Agroecology Journal*, 7(2), 46-60. (In Persian)
- Bakhsh, K., Hassan I., & Maqbool, A. (2005). Factors affecting cotton yield: A case study of Maas, E.V.; Sargodha. *Journal of Agriculture Social Sciences*, 1, 332-334.
- Begum, M.A., Islam M.A., Ahmed Q.M., Islam M.A., & Rahman, M.M. (2015). Effect of nitrogen and phosphorus on the growth and yield performance of soybean. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 2(1), 35-42. DOI: 10.3329/ralf.v2i1.23027
- Dastan, S., Noormohamadi, G., Madani, H., & Soltani, A. (2015). Analysis of Energy Indices in Rice Production Systems in the Neka Region. *Journal of Environmental Sciences*, 13(1), 53-66. (In Persian)
- De Bie, C.A.J.M. (2000). *Yield gap studies through comparative performance analysis of agroecosystems*. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands. 234 p.
- Fageria, N.K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. The USA. 430 p.
- Gorjizad, A., Soltani, A., Dastan, S., & Ajamnoroozi, H. (2019). Evaluation of Potential Yield and Yield Gap Associated with Crop Management in Improved Rice Cultivars in Neka Region. *Agroecology journal*, 11(1), 277-294. (In Persian)
- Guilpart, N., Grassini, P., Sadras, V.O., Timsina, J., & Cassman, K.G. (2017). Estimating yield gaps at the cropping system level. *Field crops research*, 206, 21-32. DOI.org/10.1016/j.fcr.2017.02.008
- Hajjarpoor, A., Soltani A., Zeinali E., Kashiri H., Ayneband A., & Nazeri, M. (2017). Determination of the optimum managements ranges in order to increasing wheat yield in Golestan province. *Journal of Crops Improvement*, 19(3), 577-590. (In Persian)

براساس نتایج این مطالعه، خلأ عملکرد گندم در منطقه کلاله، بالا بوده و سهم هر یک از عوامل متغیرها بر آن نشان‌دهنده این است که با مدیریت زراعی بهینه می‌توان مقدار زیادی از این خلأ عملکرد را جبران نموده و به عملکرد بالقوه این گیاه زراعی رسید. دستیابی به عملکرد بالقوه، به ندرت در گیاهان زراعی به دست می‌آید و به صورت کاربردی، تنها قسمتی از آن به عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌شود. هدف بسیاری از پژوهش‌گران در این عرصه، افزایش عملکرد تا حد قابل قبول برای ثابت نگه‌داشتن قیمت مواد غذایی است که هم برای مصرف‌کننده مطلوب باشد و هم قیمت تمام‌شده 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 نظام های کاشت گیاهان زراعی باشد (Lobell et al., 2009).

۴. نتیجه گیری

در این مطالعه بین عملکرد قابل حصول (۷۲۴۸/۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد واقعی (۳۱۷۶/۴ کیلوگرم در هکتار) اختلافی به میزان ۴۰۷۱/۷ کیلوگرم وجود داشت که از بین متغیرهای مورد بررسی، تجربه کشاورز، میزان بذر مصرفی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، دفعات مصرف قارچ‌کش، مواد آلی خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند که به ترتیب ۱۹/۴، ۱۶/۸، ۱۴/۹، ۱۴/۳، ۱۲/۷، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد سهم هر متغیر در ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول بود. بنابراین به نظر می‌رسد که با اصلاح این عوامل محدودکننده، عملکرد گندم با استفاده از راه‌کارهایی نظیر استفاده از کودهای پایه بر مبنای نتایج آنالیز آزمون خاک مزارع، استفاده از قارچ‌کش‌ها در مراحل حساس رشد گیاه و استفاده از کود سرک و تقسیط مناسب آن

- Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance: current assessment *Journal of Irrigation and Drainage Division*, 103: 115-134.
- Lobell, D.B., Cassman, K.G., & Field, C.B. (2009). Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 179-204. Doi: org/10.1146/annurev.enviro.041008.093740
- Nehbandani, A., Soltani A., Zeinali E., & Hoseini, F. (2016). Analyzing soybean yield constraints in Gorgan and Aliabad katul using CPA method. *Agroecology Journal*, 7(1), 109-123. (In Persian)
- Nekahi, M.Z., Soltani A., Siyahmarguee A., & Bagherani, N. (2014). Yield gap associated with crop management in wheat: Case study, Golestan province-Bandar Gaz. *Electronic Journal of Crop Production*, 7(2), 135-136. (In Persian).
- Patrick, M., Tenywa, J.S., Ebanyat, P., Tenywa, M.M., & Mubiru, D.N. (2013). Soil Organic Carbon Thresholds and Nitrogen Management in Tropical Agroecosystems: Concepts and Prospects. *Journal of Sustainable Development*, 16, 31-41. DOI: 10.5539/jsd.v6n12p31
- Poori, K., Akbari F., Kamkar, B. (2012). The effect of different crop residues and soil compound on potassium concentration of leaf and wheat yield. *Journal of Plant Production*, 19(4), 207-212. (In Persian)
- Pradhan, R. (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.
- Rezaei, A., & Soltani, A. (1998). *An introduction to Applied Regression Analysis*, Fourth ed. Isfahan University of Technology, Esfahan, Iran. (In Persian)
- Shahbazi, K., & Besharati, H. (2013). Overview of Agricultural Soil Fertility Status of Iran. *Fields Management Journal*. 1(1), 1-15. DOI: 10.22092/LMJ.2013.100072
- Singh, P., Vijaya D., Chinh N.T., Pongkanjana A., Prasad K.S., Srinivas K., & Wani, S.P. (2001). Potential productivity and yield gap of selected crops in the rain fed regions of India, Thailand, and Vietnam. Natural Resource Management Program Report no. 5. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 50p. <http://oar.icrisat.org/id/eprint/2511>
- Soltani, A. (2007). *Application of SAS in statistical analysis*. Mashhad Jahad Daneshgahi Press, Mashhad, Iran.
- Soltani, A., Galeshi S., & Zeinali, E. (2000). Analysis of the Constraints on Wheat Production in Golestan Province. Report of the research project, Golestan Province Management and Planning Organization. (In Persian)
- Soltani, A., Hajjarpoor, A., & Vadez, V. (2016). Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research*, 185, 21-30. DOI.org/10.1016/j.fcr.2015.10.015
- Soltani, A., Torabi B., Galeshi S., & Zeinali, E. (2011). Analyzing Wheat Yield Constraints in Gorgan with Comparative Performance Analysis (CPA) method, Golestan. Research Report, Iran. (In Persian)
- Tanaka, A., Satio K., Azoma K., & Kobayashi, K. (2013). Factors affecting variation in farm yields of irrigated lowland rice in southern-central Benin. *European Journal of Agronomy*, 44, 46-53. DOI.org/10.1016/j.eja.2012.08.002
- Torabi, B., A. Soltani, S. Galeshi, E. Zeinali & M. Kazemi Korgehei, M. (2013). Ranking factors causing the wheat yield gap in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production*, 6, 171-189. (In Persian)
- Torabi, B., Soltani A., Galeshi S., & Zeinali, A. (2012). Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Journal of Crop Production*, 4(4), 1-17. (In Persian)
- Yousefian, M., Dastan, S., Soltani, A., & Ajamnorouzi, H. (2018). Estimation of yield gap in local rice cultivars by using CPA and BLF methods (Case study: Mazandaran province, Sari region). *Journal of Crops Improvement*, 10(3), 267-288. (In Persian).
- Zeinvand Lorestani, A., Behnam Kamkar B., & Razavi, S.E. (2017). Study on the effect of agricultural management factors on fungal diseases diversity indices and wheat yield in Gorgan using decision tree analysis CART. *Cereal Research*, 6(4), 489-505. (In Persian)