

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.3.1.9

برآورد عوامل محدودکننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه
کارکرد (CPA) در منطقه خرمشهر

Estimation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield limiting factors using comparative
performance analysis (CPA) method in Khorramshahr region in Iran

حمید مطوریان^۱، آیدین خدائی جوقان^۲، محمدرضا مرادی تلاوت^۳، سید عطاءالله سیادت^۴
و بنیامین ترابی^۵

چکیده

مطوریان، ح.، آ. خدائی جوقان، م. ر. مرادی تلاوت، سید ع. سیادت و ب. ترابی. ۱۴۰۰. برآورد عوامل محدودکننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در منطقه خرمشهر. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۲): ۲۷۷-۲۶۵.

یکی از راهکارهای افزایش عملکرد در واحد سطح کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل در نظام‌های زراعی است. این پژوهش به منظور مستندسازی عوامل مدیریت زراعی مؤثر بر تولید گندم در منطقه خرمشهر در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ انجام شد. در این تحقیق ۶۰ مزرعه با تنوع در سطح زیر کشت، عملیات زراعی و میزان عملکرد براساس اطلاعات اخذ شده از مراکز خدمات و پایش مستمر آنها مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای ارزیابی خلاء عملکرد از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) استفاده شد. در این روش برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین کلیه متغیرهای کمی و کیفی اندازه‌گیری شده و عملکرد دانه با استفاده از رگرسیون گام به گام مورد بررسی قرار گرفت. پس از تعیین مدل عملکرد، میانگین مشاهده شده متغیرها در مزارع مورد مطالعه، در مدل عملکرد قرار داده شده و میانگین عملکرد با مدل محاسبه شد. با قرار دادن بیشترین مقدار متغیرها در مدل عملکرد، عملکرد قابل حصول برآورد شد. بر این اساس میانگین عملکرد، عملکرد قابل حصول و خلاء عملکرد گندم در شهرستان خرمشهر به ترتیب ۳۷۴۰، ۵۴۵۵ و ۱۷۱۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند. خلاء عملکرد ۳۱/۵ درصدی برآورد شده در این تحقیق نشان‌دهنده تاثیر پذیری بالای گندم نسبت به روش‌های مدیریت زراعی دارد. مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در خلاء عملکرد گندم شامل میزان استفاده از علف کش (۵۷۹ کیلوگرم در هکتار)، میزان تحصیلات کشاورزان (۲۹۲ کیلوگرم در هکتار)، تعداد دفعات آبیاری (۲۷۹ کیلوگرم در هکتار)، میزان مصرف کود پتاسیم (۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) و روش کاشت (۱۷۹ کیلوگرم در هکتار) بودند. این متغیرها در مجموع ۸۷/۴۵ درصد از خلاء عملکرد محاسبه شده گندم را به خود اختصاص دادند. نتایج این آزمایش حاضر نشان داد که با بهبود مدیریت زراعی می‌توان خلاء عملکرد مزارع گندم در خرمشهر را کاهش داد.

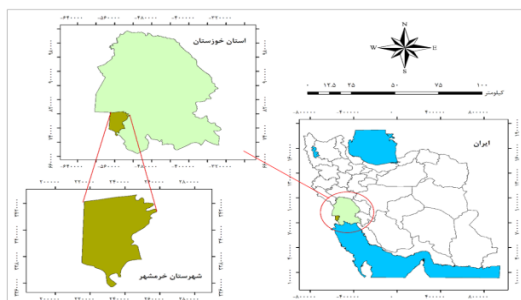
واژه‌های کلیدی: خلاء عملکرد، عملکرد قابل حصول، عملکرد واقعی، عملکرد پتانسیل و گندم

مقدمه

افزایش تولید گیاهان زراعی یکی از اهداف مهم بخش کشاورزی در سرتاسر جهان است. روش‌های زیادی جهت برطرف کردن نیاز روز افزون بشر به تولیدات کشاورزی ارائه شده است که از مهم‌ترین آن‌ها افزایش سطح زیرکشت و افزایش عملکرد در واحد هستند. افزایش عملکرد در واحد سطح یک راهبرد مهم و مورد تأکید محسوب می‌شود (Cunningham et al., 2013). عملکرد گیاهان زراعی توسط عوامل مختلفی شامل عوامل تعیین کننده، عوامل محدود کننده و عوامل کاهنده تعیین می‌شود. در صورتی که آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه فراهم و محیط رشد عاری از هرگونه علف هرز، آفت یا بیماری باشد، سرعت رشد گیاه توسط عوامل محیطی تعیین می‌شود. در این شرایط عملکرد گیاه به عملکرد بالقوه یا پتانسیل موسوم است (Torabi et al., 2011). عملکرد واقعی عبارت از عملکرد برداشت شده در مزرعه است و اختلاف بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی، خلاء عملکرد نامیده می‌شود. برآورد تفاوت بین عملکرد قابل حصول در مزرعه و میانگین عملکرد واقعی مزارع در یک منطقه، تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد نامیده می‌شود (Van Itersum et al., 2013). تفاوت بین عملکرد واقعی در سطح مزارع و عملکرد قابل حصول، از موضوعات مورد توجه محققان برای شناسایی دلایل این تفاوت است. روش‌های مختلفی جهت تعیین این تفاوت وجود دارد که یکی از روش‌هایی که قابلیت تجزیه داده‌های میدانی را دارد، روش تحلیل مقایسه کارکرد (Comparative Performance Analysis; CPA) است. در این روش عوامل اصلی محدود کننده عملکرد شناسایی شده و توابع لازم برای عملکردهای حداقل تعریف می‌شوند. در این روش برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین کلیه متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی) و عملکرد با استفاده از روش رگرسیون گام به گام ارزیابی می‌شود (De Bie, 2000). در این

گونه تحقیقات در صورت جمع‌آوری و وارد کردن منابع تولید گیاهی (از جمله ویژگی‌های خاک) و سطوح مختلف ورودی‌ها، می‌توان با استفاده از روش‌های آماری، بالاترین عملکرد در پاسخ به سطح معینی از دسترسی به منابع را تعیین کرد (Van Itersum et al., 2013).

در یک آزمایش با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد برای تعیین مدل تولید و خلاء عملکرد کلزا در منطقه نکا، میزان خلاء عملکرد ۱۷۲۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شد. بیشترین مقدار از کل خلاء عملکرد به ترتیب مربوط به مصرف کود سرک نیتروژن (۲۷ درصد) و تعداد دفعات مصرف علف کش (۲۴ درصد) بودند (Nezamzadeh et al., 2011). در یک تحقیق ترابی و همکاران (Torabi et al., 2011) با ارزیابی خلاء عملکرد گندم در گرگان گزارش کردند که میزان خلاء عملکرد ناشی از میزان مصرف کود پتاسیم قبل از کاشت ۲۰ درصد، میزان کود سرک نیتروژن ۱۸ درصد، شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی ۱۹ درصد، شاخص کلروفیل در مرحله گرده‌افشانی ۱۰ درصد، کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه در مرحله رسیدگی ۱۴ درصد و طول دوره رشد رویشی گیاه ۱۹ درصد بودند. آنها گزارش کردند میانگین عملکرد کشاورزان منطقه (۴۶۶۵ کیلوگرم در هکتار)، با بهبود مدیریت زراعی به ۷۰۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار قابل ارتقا است. تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد گندم با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد در بندر گز نشان داد که عوامل تاریخ کاشت، رقم، استفاده از سموم علف کش تاپیک و گرانستار، تراکم بوته و تجربه کشاورز مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد هستند (Nekahi et al., 2014). حجار پور و همکاران (Hajjarpour et al., 2017) با ارزیابی خلاء عملکرد گندم در استان گلستان با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد گزارش دادند که دور آبیاری ۲۷ درصد، کود نیتروژن ۲۵ درصد، تاریخ کاشت ۲۰ درصد، نوع رقم



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان خرمشهر

Fig. 1. Geographic location of Khorramshahr

شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، نشان‌دهنده میزان خلاء عملکرد ناشی از آن متغیر است. مقادیر بهینه متغیرها با توجه به ضریب‌های محاسبه شده در مدل نهایی عملکرد و مقادیر حداکثر و یا حداقل مورد استفاده کشاورزان، انتخاب شدند، به این ترتیب که اگر تغییری در مدل دارای ضریب مثبت بود، بالاتر و اگر ضریب آن منفی بود، کمتر از میانگین، به عنوان میزان مطلوب در نظر گرفته شد. برای تعیین سهم هر متغیر در کل خلاء عملکرد، نسبت سهم هر متغیر در ایجاد خلاء عملکرد به کل خلاء عملکرد محاسبه و به درصد نمایش داده شد (Nekahi et al., 2014). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 استفاده شد.

و سایر عملیات زراعی در نظر گرفته شد. برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین کلیه متغیرهای کمی و کیفی اندازه‌گیری شده و عملکرد از طریق رگرسیون گام به گام برآورد شد (Torabi, 2011). پس از تعیین مدل عملکرد، میانگین مشاهده شده متغیرها در مزارع مورد مطالعه، در مدل عملکرد قرار داده شده و عملکرد متوسط با استفاده از مدل محاسبه شد. پس از آن با قرار دادن بیشترین مقدار متغیرها در مدل عملکرد، عملکرد قابل حصول برآورد شد. اختلاف این دو مقدار نشان دهنده خلاء عملکرد است (Torabi, 2011). اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب بیشترین مقدار مشاهده

جدول ۱- متغیرهای مورد ارزیابی در مزارع گندم شهرستان خرمشهر

Table 1. Studied variables of wheat fields in Khorramshahr region

Variables	متغیر
Variables related to farmers information including: name, gender, production history and education level	متغیرهای مربوط به مشخصات کشاورز شامل نام، سن، جنسیت، سابقه تولید و تحصیلات
Variables related to field's information including: name of village, geographical coordinates, field area, previous crops, previous legumes name, previous years of legume production, field position, direction of the field gradient, drainage and flooding problems, field leveling situation, leveling date	متغیرهای مربوط به اطلاعات کلی مزرعه شامل نام روستا، موقعیت جغرافیایی، مساحت مزرعه، محصول قبلی، نام گیاه بقولانی قبلی، آخرین سال از زراعت گیاه بقولانی قبلی، موقعیت مزرعه، جهت شیب مزرعه، مشکل زه‌کشی مزرعه، مشکل آب‌گرفتگی مزرعه، وضعیت تسطیح و تاریخ تسطیح
Variables related to seedbed preparation including: name and type of machinery and implements, date and number of machinery operation, tillage method, seedbed situation and soil moisture content at the cultivation time and soil crusting problem	متغیرهای مربوط به تهیه بستر بذر شامل نام و نوع ادوات و ماشین‌آلات، تاریخ و تعداد دفعات اجرای عملیات ماشینی، شیوه خاک‌ورزی، وضعیت بستر در زمان کاشت، رطوبت بستر در زمان کاشت و مشکل سله خاک
Variables related to crop nutrition including: fertilizer, basal application and top-dressing, date of application, crop growth stages at application time, rate and method of application, No. of top-dressing	متغیرهای مربوط به تغذیه گیاه شامل نوع کود، مصرف پایه و سرک، تاریخ مصرف، مرحله رشدی گیاه در زمان مصرف، مقدار مصرف، شیوه مصرف، تعداد دفعات سرک
Variables related to cultivation including: Seeding rate, seed disinfection, seed disinfection material, name of cultivar, type of cultivar, source from which seed acquired, satisfaction rate for seed, plant density, sowing method, sowing date	متغیرهای مربوط به عملیات کاشت شامل میزان بذر، وضعیت ضدعفونی بذر، ماده ضدعفونی بذر، نام رقم، منبع تهیه بذر، درجه رضایت از بذر، تراکم بوته، روش کاشت، تاریخ کاشت
Variables related to crop protection including: name and type of pesticides, date and crop growth stages at the application time of pesticide, rate and unit of pesticide application, mode of pesticide application, frequency of herbicide, insecticide, fungicide application	متغیرهای مربوط به مراقبت از گیاه شامل نام و نوع سموم مصرفی، تاریخ و مرحله رشدی گیاه در زمان مصرف هر سم، مقدار و واحد مصرف سموم، شیوه مصرف سموم، تعداد دفعات مصرف علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش
Variables related to other field operations including: type, date and machinery	متغیرهای مربوط به سایر عملیات زراعی شامل نوع عملیات زراعی، تاریخ اجرا، ابزار مورد استفاده

نتایج و بحث

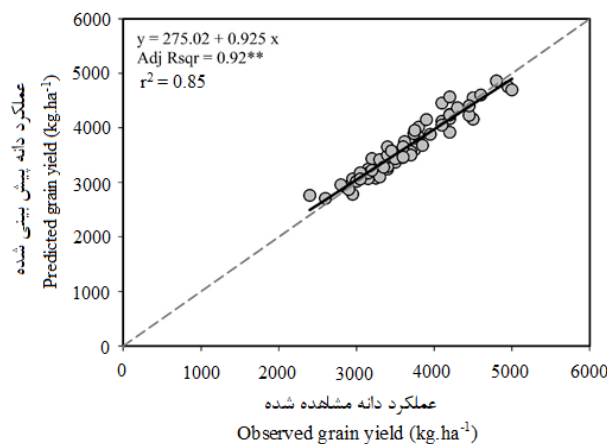
شد. از بین متغیرهای مورد بررسی نه متغیر عامل
بیشترین تغییرات عملکرد بودند (رابطه ۱).

مدل عملکرد از طریق رگرسیون چندگانه انتخاب

$$\text{Grain yield} = 2146.19 + 119.21X_1 - 285.35X_2 + 1.94X_3 - 2.41X_4 + 2.78X_5 + 0.5X_6 + 0.11X_7 + 207.33X_8 + 299.01X_9 \quad (\text{رابطه ۱})$$

توسط مدل، رابطه معنی داری را با یکدیگر داشتند
(شکل ۲). شکل ۲ رابطه بین عملکرد واقعی و تخمین
زده شده با ضریب همبستگی ۹۲ درصد نشان داده شده
است. میزان جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۲۱۱ و
ضریب تغییرات مدل ۶ درصد محاسبه شدند که
نشان دهنده دقت مناسب مدل برای تعیین میزان خلاء
عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد
است.

در رابطه ۱، عدد ۲۱۴۶/۱۹، عرض از مبدأ
رگرسیون چندگانه و X_1 - X_9 به ترتیب میزان تحسیلات
کشاوری، روش تهیه بستر بذر، مقدار بذر مصرفی، مقدار
مصرف کود نیتروژن در مرحله اول، میزان مصرف کود
پتاسیم، میزان مصرف علف کش ایلوکسان، میزان
مصرف علف کش توفوردی، تعداد دفعات آبیاری
و روش حذف بقایای گیاهی هستند. عملکرد مشاهده
شده مزارع مورد مطالعه و عملکرد پیش‌بینی شده



شکل ۲- رابطه عملکرد دانه گندم مشاهده شده و پیش‌بینی شده در منطقه خرمشهر

Fig. 2. Relationship between the observed and predicted grain yield of wheat in Khorramshahr

بودند. میزان خلاء عملکرد مربوط به نه متغیر وارد
شده در معادله تولید ۱۷۱۵/۳ کیلوگرم در هکتار
محاسبه شد.

یکی از عوامل تأثیرگذار بر خلاء عملکرد گندم،
میزان مصرف علف کش دیکلوفوپ متیل (ایلوکسان)
بود. این علف کش علیه علف‌های هرز باریک‌برگ
مانند یولاف وحشی و فالاریس در مزارع گندم مصرف
می‌شود. در مزارع مورد ارزیابی میزان مصرف این

سهم هر کدام از عوامل ایجادکننده خلاء عملکرد و
مقادیر بهینه هر متغیر در جدول ۲ ارائه شده است. در
این جدول عواملی که بالاترین سهم را در تغییرات
عملکرد داشتند به ترتیب میزان مصرف علف کش
دیکلوفوپ متیل (۲۸/۶۶ درصد)، میزان تحسیلات
کشاوری (۱۷/۰۳ درصد)، تعداد دفعات آبیاری
(۱۶/۳۲ درصد)، میزان مصرف کود پتاسیم
(۱۴/۹۶ درصد) و نوع ماشین آلات (۱۰/۴۸ درصد)

جدول ۲ - کمی سازی خلاء عملکرد گندم در منطقه خرمشهر

Table 2. Quantifying of wheat yield gap in Khoramshahr

Variables	متغیر	ضرایب Coefficient	مقدار متغیرها Rate of variables				عملکرد دانه محاسبه شده با مدل Grain yield calculated with model		خلاء عملکرد Yield gap	
			میانگین Average	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهینه Opt.	میانگین Average	بهینه Opt.	مقدار (kg.ha ⁻¹)	درصد (%)
Intercept	عرض از مبدأ	2146.1	1	-	-	1	2146.1	2146.1	-	-
Education level	سواد کشاورزان	119.2	3.55	1	6	6	423.2	715.2	292.0	17.03
Machinery equipment	ماشین آلات	-285.3	1.63	1	2	1	-465.1	-285.3	179.7	10.48
Seed rate (kg.ha ⁻¹)	میزان بذر	1.94	255.6	150	350	258.8	495.9	502.0	6.11	0.36
Nitrogen fertilizer (basal) (kg.ha ⁻¹)	میزان کود نیتروژن (پایه)	-2.41	106.7	0	230	75	-257.2	-180.7	76.5	4.46
Potassium fertilizer (kg.ha ⁻¹)	میزان کود پتاسیم	2.78	7.67	0	100	100	21.3	278	256.6	14.96
Illoxane herbicide (ml.ha ⁻¹)	میزان مصرف علف کش دیکلوفوپ متیل	0.50	16.6	0	1000	1000	8.34	500	491.6	28.66
2,4-D herbicide (ml.ha ⁻¹)	میزان مصرف علف کش توفوردی	0.11	525	0	3000	1323	57.7	145.5	87.7	5.12
Irrigation frequency	تعداد دفعات آبیاری	207.3	3.65	2	6	5	756.7	1036.6	279.9	16.32
Residue removing method	روش حذف بقایای گیاهی	299.0	1.85	1	2	2	553.1	598.0	44.8	2.61
Grain yield	عملکرد دانه	-	3653.5	2400	5000	-	3740.2	5455.6	1715.3	100

Farmres education level: 1. Illiterate, 2. Elementary, 3. Graduarte, 5. Graduated, 6. BSc and higher

Machinery equipment: 1. Drill seeder, 2. Centrifuge

Residue removing method: 1. Burning, 2. Unburning

سواد کشاورزان: ۱- بی سواد ۲- ابتدایی ۳- راهنمایی ۴- دیپلم ۵- فوق دیپلم ۶- لیسانس و بالاتر

ابزار کاشت: ۱- خطی کار ۲- سانتریفیوژ

روش حذف بقایای گیاهی: ۱- سوزاندن ۲- عدم سوزاندن

گندم کار در استان خوزستان را مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که بین سطح سواد کشاورزان و عملکرد گندم رابطه مثبت و معنی داری وجود داشت.

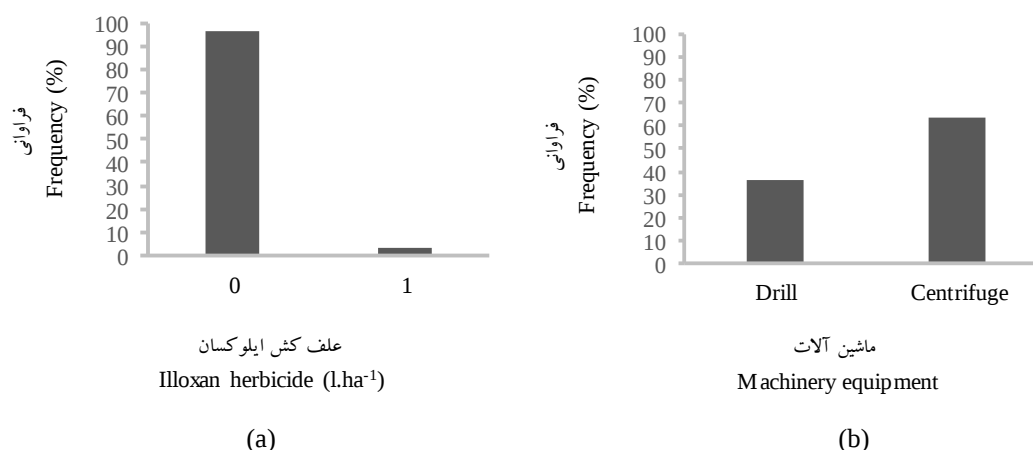
در منطقه خرمشهر به دلیل رایج بودن کشت تابستانه برنج و سله بستن و فشردگی خاک و عدم وجود زمان کافی جهت آماده سازی زمین، کاشت بذر در اراضی کوچک به صورت دستپاش و در اراضی بزرگ با استفاده از سانتریفیوژ و در بقایای گیاهی سال قبل انجام می شود. سهم ماشین آلات در خلاء عملکرد گندم $10/48$ بود و اختلاف عملکرد حاصل از آن معادل $179/7$ کیلو گرم در هکتار بود (جدول ۲). در مزارع گندم مورد مطالعه در تحقیق حاضر ۲۲ مزرعه (معادل $36/6$ درصد) با استفاده از خطی کار و ۳۸ مزرعه (معادل $63/3$ درصد) با استفاده از سانتریفیوژ کاشته شدند (شکل ۳-۲).

از مزایای استفاده از کاشت بذر با خطی کار می توان صرفه جویی در بذر، کاهش تعداد عملیات کاشت (انجام توام دو عملیات کاشت بذر و کودپاشی)، کاهش فشردگی خاک (کاهش تردد ماشین آلات کشاورزی)، یکنواختی سبز شدن گیاهچه ها و کنترل بهتر علف های هرز را نام برد. تجزیه و تحلیل عملکرد گندم برحسب ابزار کاشت نشان داد که میانگین عملکرد مزارع کاشته شده بوسیله خطی کار $4148/2$ کیلو گرم در هکتار و میانگین عملکرد مزارع کشت شده با سانتریفیوژ $3367/1$ کیلو گرم در هکتار بود. ماشین آلات عامل ایجاد خلاء عملکرد مزارع گندم منطقه به مقدار $10/48$ درصد بود (جدول ۲).

تعداد دفعات آبیاری مزارع گندم در منطقه مورد مطالعه از دو تا شش مرتبه متفاوت بود. نتایج بررسی های به عمل آمده نشان داد که مزارع با سه بار آبیاری (۲۷ مزرعه) بالاترین درصد فراوانی (۴۵ درصد) را داشتند و سایر مزارع شامل دو بار آبیاری (سه مزرعه، معادل پنج درصد)، چهار بار آبیاری (۱۹ مزرعه، معادل $31/6$ درصد)، پنج بار آبیاری (۱۰ مزرعه، معادل $16/6$ درصد) و شش بار آبیاری (یک مزرعه، معادل $1/6$ درصد)

علف کش از صفر تا یک لیتر در هکتار متغیر بود. میزان بهینه مصرف علف کش یک لیتر در هکتار بود و این عامل باعث ایجاد خلاء عملکرد $491/6$ کیلو گرم در هکتار با سهم $28/66$ درصد بود (جدول ۲). بر اساس مشاهدات در طول دوره رشد گندم، تراکم علف های هرز باریک برگ در مزارع بالا بود که این موضوع می تواند از دلایل اختلاف عملکرد کشاورزان استفاده کننده از سموم باریک برگ کش و سایر کشاورزان باشد. بررسی فراوانی مزارع گندم مورد ارزیابی از نظر میزان مصرف علف کش نشان داد که تنها یک مزرعه ($1/67$ درصد) مبادرت به مصرف علف کش ایلوکسان کرده و در ۵۹ مزرعه دیگر ($98/3$ درصد) از این علف کش استفاده نمی کنند (شکل ۳-۱). نکاحی و همکاران (Nekahi et al., 2014) خلاء عملکرد ناشی از عدم مصرف علف کش های تاپیک و گرانتار در مزارع گندم استان گلستان را ۱۸ درصد برآورد کردند. آنها گزارش کردند که ۹۳ درصد کشاورزان از علف کش های تاپیک و گرانتار استفاده نکرده و در سایر مزارعی که از این علف کش ها استفاده شده بود، میانگین مصرف کمتر از یک لیتر در هکتار بود.

میزان تحصیلات کشاورزان منطقه از بی سواد تا لیسانس و بالاتر متغیر بود. اختلاف بین میزان تحصیلات به شش مقطع تقسیم شد. بیشترین و کمترین فراوانی کشاورزان گندم کار به ترتیب مربوط به کشاورزان با تحصیلات متوسطه (۱۴ نفر معادل $23/33$ درصد) و راهنمایی (۵ نفر معادل $8/33$ درصد) بود. مقطع تحصیلی ۶ (لیسانس و بالاتر) که بعنوان حد تحصیلات بهینه تعیین شد، باعث افزایش عملکرد $292/0$ کیلو گرم در هکتار عملکرد دانه گندم گردید. این موضوع نشان می دهد که میزان تحصیلات برای استفاده از روش های نوین زراعی و به تبع آن افزایش عملکرد، نقش مهمی دارد در تولید گندم در منطقه دارد (جدول ۲). عمانی و همکاران (Omani et al., 2005) در یک تحقیق نقش عوامل اجتماعی از جمله تحصیلات کشاورزان



شکل ۳- فراوانی میزان مصرف علف کش ایلوکسان (لیتر در هکتار) (الف) و روش خاک ورزی (ب) در مزارع گندم خرمشهر
Fig. 3. Frequency of herbicide (iloxane) application rate (l.ha⁻¹) (a) and tillage method (b) in wheat fields in Khorramshahr

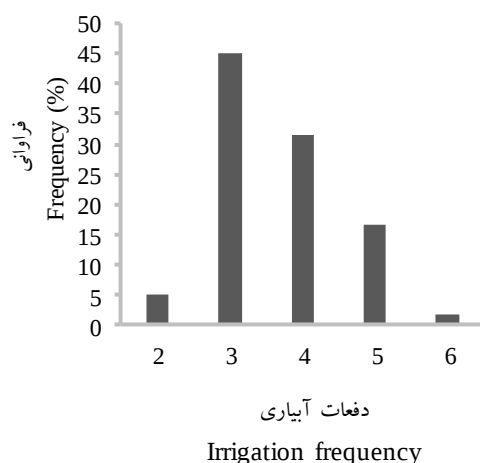
آبی، انواع تنش‌ها، آفات و بیماری‌ها شده و باعث افزایش کارایی مصرف آب و کود می‌شود. اومار (Umar, 2006) گزارش نمود که با مصرف مقادیر بیشتر پتاسیم در شرایط تنش رطوبتی، عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت افزایش می‌یابد. پتاسیم علاوه بر کمک به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، تحمل گیاهان به تنش کم آبی و کارایی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد (Valadabadi et al., 2010). پتاسیم برای تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها، انجام فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاه ضروری است. در شرایط رطوبتی، اثر پتاسیم بر افزایش عملکرد و کاهش اثرات منفی تنش به مراتب نسبت به شرایط مساعد رطوبتی بالاتر است (Fanaei et al., 2009). نتایج نشان داد که مصرف کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در مزارع گندم منطقه، بین صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در شکل ۴-۲، درصد فراوانی مزارع گندم براساس میزان استفاده از کود سولفات پتاسیم نشان داده شده است. بالاترین فراوانی مربوطه به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۹ مزرعه، معادل ۳۳/۳۳ درصد) و کمترین مقدار آن ۱۷۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (یک مزرعه، معادل ۱/۷۵ درصد) بود. در

درصد) بودند (شکل ۴-۱). حد بهینه تعداد دفعات آبیاری پنج بار و میانگین آن ۳/۶۵ بود. عملکرد محاسبه شده با مدل در دو سطح میانگین و قابل حصول به ترتیب ۷۵۶/۷ و ۱۰۳۶/۶ کیلوگرم در هکتار بود که با خلاء عملکرد ۲۷۹/۹ کیلوگرم در هکتار، ۱۶/۳۲ درصد از کل خلاء عملکرد را تشکیل داد. بیشترین اختلاف عملکرد مربوط به دور آبیاری دو و شش بار (۱۵۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۲). با توجه به اینکه واکنش گندم نسبت به آب در مراحل مختلف رشد یکسان نیست، برای برنامه‌ریزی مطلوب آبیاری لازم است حساسیت مراحل رشد نسبت به آب شناسایی شود. تنش رطوبتی از طریق کاهش طول دوره پر شدن دانه و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی و ذخیره شده در اندام‌های مختلف گیاه به سمت دانه‌ها، باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Senobar et al., 2011). کاهش وزن دانه به فرایند پر شدن دانه (نه تقسیم سلولی) نسبت داده شده است (Ahmadi and Backer, 2001).

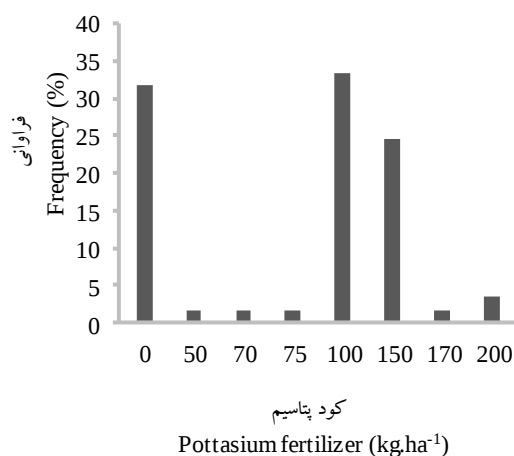
مدیریت کوددهی یکی از عملیات مهم زراعی است. در بین عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاهان، پتاسیم علاوه بر کمک افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، باعث افزایش تحمل گیاهان به شوری، کم

حاصل از آن ۲۵۶/۶ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۵ درصد) بود (جدول ۲).

تحقیق حاضر میزان مصرف کود پتاسیم دومین عامل تاثیرگذار در خلاء عملکرد گندم بوده و مقدار خلاء



(a)



(b)

شکل ۴- فراوانی تعداد دفعات آبیاری (الف) و مقدار مصرف کود پتاسیم (ب) در مزارع گندم خرمشهر

Fig. 4. Frequency of irrigation (a) and potassium application rate (b) of wheat fields in Khorramshahr

محاسبه شده توسط مدل به ترتیب ۵۵۳/۱ و ۵۹۸/۰ کیلوگرم در هکتار بود. حداقل مقدار متغیر مربوط به سوزاندن بقایا و حد بهینه آن مربوط به عدم سوزاندن بقایا بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که در مزارعی که برای از بین بردن بقایای زراعت قبلی و آماده کردن زمین بقایای گیاهی سال قبل سوزانده نمی شوند، از روش هایی مانند برگرداندن بقایا به خاک، چرا توسط دام و یا کشت در کلش سال قبل استفاده می شود. باتوجه به اینکه کشت رایج تابستانه در منطقه برنج است، کشاورزان جهت آماده سازی سریع تر زمین برای کشت پاییزه اقدام به سوزاندن بقایای گیاهی سال قبل می کنند. در سال های خشک (مانند سال اجرای تحقیق حاضر)، به دلیل کاهش ذخایر سدها و ممنوعیت کشت گیاهان با نیاز آبی بالا مانند برنج و فاصله چندماهه بین دو کشت پاییزه، کشاورزان فرصت کافی جهت استفاده از روش هایی غیر از سوزاندن بقایای گیاهی پیدا می کنند. از دلایل دیگر بالا بودن تعداد کشاورزانی که بقایای سال قبل را نمی سوزانند، اطلاع رسانی تبعات و

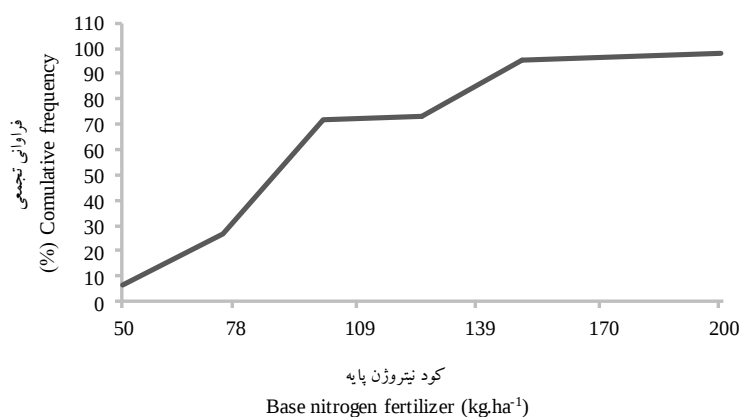
نتایج نشان داد که میزان مصرف بذر در بیشترین مزارع (۲۷ مزرعه، معادل ۴۵ درصد)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و در کمترین آنها (یک مزرعه، معادل ۱/۶۷ درصد)، ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. میزان بذر مصرفی در ۹۵ درصد از مزارع گندم (۵۷ مزرعه) تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار بذر مصرفی در کل منطقه مورد مطالعه از ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار متفاوت بوده و حد بهینه مصرف بذر ۲۵۹ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد محاسبه شده با مدل در دو سطح میانگین و قابل حصول به ترتیب ۴۹۶ و ۵۰۲ کیلوگرم در هکتار بوده و خلاء عملکرد آن معادل شش کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲).

نتایج مربوط به روش حذف بقایای گیاهی زراعت سال قبل در مزارع گندم نشان داد که فراوانی اقدام به سوزاندن بقایای زراعت قبلی ۴۱/۶ درصد (۲۵ مزرعه) و عدم سوزاندن ۵۸/۳ درصد (۳۵ مزرعه) بود. این عامل ۲/۶۱ درصد (معادل ۴۴/۸ کیلوگرم در هکتار) از کل خلاء عملکرد را دارا بود. عملکرد متوسط و بهینه

مضرات سوزاندن بقایا توسط کارشناسان و مروجین سازمان جهاد کشاورزی در سال‌های اخیر بوده است. هرچند که سوزاندن بقایای گیاهی علاوه بر صرفه‌جویی در وقت، به دلیل آزادسازی سریع برخی از عناصر مورد نیاز گیاه در کوتاه مدت، باعث افزایش مقطعی عملکرد زراعت بعدی می‌شود (Du Preez et al., 2003)، این افزایش عملکرد مستمر نبوده و در بلندمدت به دلیل آسیب به ساختمان خاک، کاهش مواد آلی، از بین رفتن ریزسازواره‌های مفید خاک، سله بستن خاک و کاهش نفوذپذیری آن و کاهش جمعیت حشرات و شکارگرهای طبیعی، تاثیر منفی بر عملکرد گیاهان زراعی دارد. به علاوه می‌توان به اثرات سوء زیست محیطی سوزاندن بقایای گیاهی از جمله از بین رفتن گونه‌های گیاهی و جانوری، آلودگی هوا و افزایش گازهای گلخانه‌ای اشاره کرد.

ارزیابی فراوانی تجمعی مزارع گندم برحسب میزان

مصرف کود نیتروژن پایه نشان داد که بالاترین میزان مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۲۷ مزرعه) و کمترین میزان مربوط به ۱۲۵ و ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار (۱/۶۷ درصد) بود (شکل ۵). در مزارع مورد مطالعه ۹۵ درصد زارعین تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن را به صورت پایه مصرف کردند. میزان کود نیتروژن پایه عامل ۴/۴۶ درصد خلاء عملکرد (معادل ۷۶/۵ کیلوگرم در هکتار) بود. مقدار بهینه این عامل ۷۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (جدول ۲). کود نیتروژن رشد گیاه را از طریق چندین واکنش تحت تاثیر قرار می‌دهد. رابطه نیتروژن با فتوسنتز، توزیع نیتروژن بین برگ‌ها، گسترش و آرایش برگ‌ها و اثرات بعدی آن بر روی دریافت تابش توسط برگ، از آن جمله هستند، بنابراین تامین نیاز نیتروژن در مراحل مختلف رشد و مطابق با نیاز گیاه و افزایش جذب آن می‌تواند روی سرعت رشد گیاه و تولید محصول تاثیرگذار باشد (Gastal and Lemaire, 2002).



شکل ۵- فراوانی تجمعی مقدار کود نیتروژن مصرف شده پایه (کیلوگرم در هکتار) در مزارع گندم خرمشهر

Fig. 5. Cumulative frequency of basal nitrogen fertilizer rate application (kg.ha⁻¹) in wheat fields of Khorramshahr

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در مجموع ۶۰ مزرعه گندم با تنوع در سطح زیر کشت، نوع عملیات زراعی و

میزان عملکرد، مهم‌ترین عوامل موثر در خلاء عملکرد به ترتیب شامل میزان مصرف علف کش ایلوکسان (۴۹۱/۶ کیلوگرم در هکتار، معادل ۲۸/۶۶ درصد)، میزان

نگارندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایت‌های مالی و معنوی قدردانی می‌نمایند. از کمک‌های ارزنده جناب آقای دکتر ابوالفضل درخشان سیاست‌گذاری می‌شود.

تحصیلات کشاورزان (۲۹۲) کیلوگرم در هکتار، معادل ۱۷/۰۳ درصد، تعداد دفعات آبیاری (۲۷۹/۹) کیلوگرم در هکتار، معادل ۱۶/۳۲ درصد، میزان مصرف کود پتاسیم (۲۵۶/۶) کیلوگرم در هکتار، معادل ۱۴/۹۶ درصد) و روش کاشت (۱۷۹/۷۷) کیلوگرم در هکتار، معادل ۱۰/۴۸ درصد) بودند. این عوامل در مجموع ۸۷/۴۵ درصد خلاء عملکرد محاسبه شده را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، عملکرد قابل حصول ۵۴۵۵/۶ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد مزارع مورد بررسی نیز ۳۷۴۰/۲

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A. and D.A. Backer. 2001.** The effect of water stress on grain filling processes in wheat. *J. Agric. Sci.* 136(3): 257-269.
- Cunningham, S.A., S.J. Attwood, K.S. Bawa, T.G. Benton, L.M. Broadhurst, R.K. Didham, S. McIntyre, I. Perfecto, M.J. Samways, T. Tscharntke, J. Vandermeer, M.A. Villard, A.G. Young and D.B. Lindenmayer. 2013.** To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. *Agric. Ecosyst. Environ.* 173: 20-27.
- De Bie, C.A.J.M. 2000.** Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Sci (ITC), Enschede. The Netherlands.
- Du Preez, C.C., J.T. Steyn and E. Kotze. 2003.** Long-term effects of wheat residue management on some fertility indicators of a semi-arid Plinthosol. *Soil Tillage Res.* 63 (1): 25-33.
- Fanaei, H.R., M. Galavi, M. Kafi, A. Ghanbari Bonjar and A.H. Shiranirad. 2009.** Effect of potassium fertilization and irrigation on yield and water use efficiency of Rapeseed (*Brassica napus*. L) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) species. *Iran. J. Crop Sci.* 11(3): 273-291. (In Persian with English abstract).
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., D.K. Ray, P.C. West, C. Balzer, E.M. Bennett, S.R. Carpenter, J. Hill, C. Monfreda, S. Polasky, J. Rockstrom, J. Sheehan, S. Siebert, D. Tilman and D.P.M. Zaks. 2011.** Solutions for a cultivated planet. *Nature.* 478: 337-342.
- Gastal, F. and G. Lemaire. 2002.** N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53:789-799.
- Hajjarpour, A., A. Soltani, E. Zeinali, H. Kashiri and A. Aynehband. 2017.** Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis method. *Iran. J. Field Crop Sci.* 19(2): 86-101. (In Persian with English abstract).

- Kayiranga, D. 2006.** The effect of land factors and management practices on rice yields, case study Cyili inland Valley, Gikonko, District, Rwanda. Msc Thesis from Internation Institute for Geo- nformation Science and Earth observation Enscherde, The Netherland.
- Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati, R. Moradi and Y. Alizadeh. 2009.** Meta analysis of agrobiodiversity in Iran. J. Agroecol. 2(1): 1-16. (In Persian with English abstract).
- Nezamzadeh, S.E., A. Soltani, S. Dastan and H. Ajam Norouzi. 2019.** Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed production using comparative performance analysis (CPA) and boundary-line analysis (BLA) methods in Neka region. Appl. Field Crops Res. 32(2): 76-107.
- Nekahi, M.Z., A. Soltani, A. Siahmarguee and N. Bagherani. 2014.** Yield gap associated with crop management in wheat (Case study: Golestan province-Bandar-Gaz). Electronic J. Crop Prod. 7:135-156. (In Persian with English abstract).
- Omani, A.R., M. Chizari and M.S. Sabouri. 2005.** Determine technical knowledge and social, economic and farming characteristics affecting on crop yield of wheat farmers. Iran. J. Dynamic Agric. 3(2). 12-21. (In Persian with English abstract).
- Umar, S. 2006.** Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. Pak. J. Bot. 38: 1373-1380.
- Senobar, A., S.A. Tabatabayi and F. Dehghani. 2011.** Effect of irrigation intervals on grain yield, yield components and harvest index of bread wheat cultivars in Yazd region. Environ. Stresses Crop Sci. 3(2). 95-104. (In Persian with English abstract).
- Torabi, B., A. Soltani, S. Galeshi, E. Zeinali. 2011.** Analyzing wheat yield constraints in Gorgan, J. Crop Prod. 4(4): 1-17.
- Van Ittersum, M.K., K.G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittone and Z. Hochman. 2013.** Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Res. 143: 4-17.
- Valadabadi, S.A.R. and H. Aliabadi Farahani. 2010.** Studying the interactive effect of potassium application and individual field crops on root penetration under drought condition. J. Agric. Biotechnol. Sustain. Dev. 2: 82-86.

Estimation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield limiting factors using comparative performance analysis (CPA) method in Khorramshahr region in Iran

Matourian, H.¹, A. Khodaei- Joghani², M. Moradi-Telavti³, S.A. Siadat⁴ and B. Torabi⁵

ABSTRACT

Matourian, H., A. Khodaei-Joghani, M. Moradi-Telavti, S.A. Siadat and B. Torabi. 2021. Estimation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield limiting factors using comparative performance analysis (CPA) method in Khorramshahr region in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 23(3): 265-277. (In Persian).

One way to increase crop yield per unit of area is to close the gap between actual and potential yield in cropping systems. This study was conducted to determine the factors that affected wheat yield gap in Khorramshahr, Iran during 2018-2019 growing season. In this study 60 fields of different areas under cultivation, field management practices and grain yield levels were surveyed based on information from agricultural services centers and continuous monitoring. Comparative performance analysis (CPA) method was used to evaluate the grain yield gap. The average grain yield, attainable grain yield and wheat yield gap in Khorramshahr were 3740, 5455 and 1715 kg.ha⁻¹, respectively. Estimated yield gap (31.5%) in this study indicated that the high importance of appropriate management practices on wheat grain yield. Most important variables affected wheat grain yield gap were included Illoxane herbicide application (579 kg.ha⁻¹), farmers education level (292 kg.ha⁻¹), irrigation intervals (279 kg.ha⁻¹), potassium fertilizer application rate (256 kg.ha⁻¹) and planting machinery and equipment (179 kg.ha⁻¹). These factors accounted for 87.45% of the calculated grain yield gap. The results of this study showed that by improving crop management practices, the grain yield gap of wheat fields in Khorramshahr region can be reduced.

Key words: Actual yield, Attainable yield, Potential yield, Wheat and Yield gap

Received: March, 2021 Accepted: July, 2021

1. MSc graduated, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

2. Assistant Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran. (Corresponding author)
(Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir)

3. Associate Prof., Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

4. Professor, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

5. Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran