

## ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی گندم آبی (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت حاصلخیزی خاک

عزیز مجیدی<sup>۱\*</sup>، رقیه عبدالعظیم‌زاده<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶

### چکیده

مصرف نامتعادل کود، یکی از مهم‌ترین مشکلات مزارع تحت کشت گندم در کشور است. هدف این پروژه، ارزیابی تأثیر مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای اصول تغذیه گیاه و مقایسه آن با روش‌های مرسوم کشاورزان در گندم آبی بود. آزمایش در سه مزرعه گندم (فقی بیگلو، طالب‌آباد و حسن‌آباد) استان آذربایجان غربی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل (۱) شاهد: عرف زارع و (۲) مصرف بهینه کود بودند. مدیریت تغذیه گندم در تیمار (۱) بر مبنای تجربیات زارعین گندم و در تیمار (۲) بر مبنای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک بر مبنای آزمون خاک و آخرین دستاوردهای علمی بود. نتایج نشان داد که تفاوت معناداری از نظر عملکرد دانه بین دو تیمار وجود داشت ( $p < 0.05$ ). متوسط عملکرد دانه گندم در تیمارهای عرف زارع و مصرف بهینه کود به ترتیب برابر ۵۶۰۱ و ۶۶۶۷ کیلوگرم در هکتار بود. با مصرف بهینه کود، میزان عملکرد دانه ۱۸/۹۶ درصد بهبود یافت. وزن کلش نیز با مصرف بهینه کود افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). مقدار این افزایش در فقی بیگلو، طالب‌آباد و حسن‌آباد به ترتیب معادل ۱۷/۵۸، ۱۲/۳۰ و ۷/۶۷ درصد بود. به جز فقی بیگلو، شاخص برداشت محصول با مصرف بهینه کود افزایش و این افزایش نسبت به عرف زارع در طالب‌آباد و حسن‌آباد به ترتیب ۹/۲۱ و ۴/۰۶ درصد بود. مقدار پروتئین دانه در تیمار عرف زارع برابر ۱۱/۷۹ درصد بدست آمد. مصرف بهینه کود میزان پروتئین دانه را به طور معناداری (۱۵/۵۸ درصد) افزایش داد. در تیمار عرف زارع، نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه گندم در محدوده ۴۵ تا ۷۵ بود. با مصرف بهینه کود، این نسبت به طور معناداری به کمتر از ۲۵ (حد مطلوب) کاهش یافت. به طور کلی، نتیجه‌گیری می‌شود که مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای اصول تغذیه گیاه، سهل‌الوصول‌ترین راهکار برای دستیابی به عملکردهای بهینه محصول و بهبود کیفیت دانه گندم است.

**واژه‌های کلیدی:** تغذیه متعادل، شاخص برداشت، عملکرد دانه، غنی‌سازی دانه گندم

مجیدی ع.، عبدالعظیم‌زاده ر. ۱۴۰۱. ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی گندم آبی (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت حاصلخیزی خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۰، شماره ۴. صفحه: ۷۶-۹۱.

۱- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. (مکاتبه کننده)

۲- کارشناس ارشد، مدیریت هماهنگی ترویج، سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران  
\*پست الکترونیک: [A.majidi@areco.ac.ir](mailto:A.majidi@areco.ac.ir)

## مقدمه

در ایران، سالیانه مقدار زیادی انواع کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی مصرف می‌شوند. بنا به آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹، حدود دو میلیون تن کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسیمی فقط توسط شرکت خدمات حمایتی کشاورزی توزیع شده و این علاوه بر مقادیری است که توسط بخش خصوصی در کشور تأمین و توزیع می‌گردد (Ahmadi et al., 2020). آمار دقیقی در زمینه مصرف مقادیر کودهای شیمیایی، زیستی و آلی در تولید محصول گندم کشور وجود ندارد.

معمولاً در اراضی تحت کشت گندم، اصول علمی حاکم بر مصرف بهینه کود کمتر رعایت می‌شود. از این رو، انتقال دانش فنی اصول تغذیه بهینه به گندم کاران کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تعداد کثیری از کشاورزان در مقادیری کمتر و یا بیشتر از نیاز غذایی محصول از منابع کودی استفاده کرده و فقط در موارد معدودی مصرف کود متناسب با ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک صورت می‌گیرد. در اغلب موارد نیز مصرف کودهای شیمیایی محدود به دو عنصر نیتروژن و فسفر بوده و نیاز گیاه به سایر عناصر غذایی نادیده گرفته می‌شود. بنابراین، مدیریت غیراصولی حاصلخیزی خاک، می‌تواند موجب کاهش کارایی مصرف کودها شده و تولید محصول گندم در واحد سطح را تحت تأثیر قرار دهد. در ایران، اطلاعات دقیقی در زمینه کارایی مصرف کود برای محصولات مهمی مانند گندم وجود ندارد. باین وجود، با بررسی آمار موجود (Ahmadi et al., 2020) به سهولت می‌توان دریافت که مصرف کود تناسب اندکی با نیاز واقعی گیاه دارد (Keshavarz et al., 2013).

بررسی روند ۵۰ ساله تولید گندم در کشور بیانگر این است که از سال ۱۳۶۸ سطح زیر کشت غلات کشور به ثبات رسیده و متوسط افزایش عملکرد هکتاری سالیانه گندم طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۵ در کشور به طور متوسط در حدود ۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار پیش‌بینی و برآورد شده است (Zarea Feizabadi et al., 2006). میزان تولید گندم آبی کشور در سال ۱۳۹۹ به طور متوسط ۴۲۳۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شد و این در شرایطی است که گندم کاران پیشرو عملکردی بالغ بر حدود دو برابر متوسط تولیدی، محصول برداشت می‌کنند (Ahmadi et al., 2020).

نقش مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک برای بهبود و پایداری تولید در واحد سطح انکارناپذیر است (Abdollahi Garekand et al., 2019). افزایش تولید محصول در واحد سطح برای تأمین نیاز غذایی روبه رشد جمعیت، منجر به افزایش برداشت عناصر غذایی از خاک و کاهش سطح حاصلخیزی آن می‌شود. بنابراین، تولید عملکردهای بهینه بدون انجام عملیات مدیریت حاصلخیزی خاک مبتنی بر ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک عملاً امکان‌پذیر نیست (Havlin & Heiniger, 2020). بررسی‌ها نشان داده است که روش‌های بکار رفته در مدیریت مصرف کود مزارع گندم در شمال کشور چین متناسب با نیازهای محصول نبوده و نتیجه آن به هدر رفتن منابع کودی و پائین آمدن راندمان مصرف عناصر غذایی بوده است (Zhen et al., 2006). پروژه مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک برای خودکفایی تولید گندم کشور چین در سال ۲۰۱۲ به انجام رسید و مشخص شد که مصرف کود در تولید گندم نامتعادل بوده و عنصر پتاسیم کمتر از مقدار موردنیاز ولی، عناصر فسفر و نیتروژن بیشتر از مقادیر توصیه‌شده مصرف می‌شدند. نتایج مطالعات در این کشور نشان داد که ادامه روند مصرف نامتعادل کود صرف‌نظر از جنبه‌های اقتصادی، آلودگی محصولات تولیدی و به مخاطره افتادن پایداری تولید و محیط‌زیست را به دنبال داشته و استفاده از روش‌های علمی مدیریت حاصلخیزی خاک را برای تولید بهینه محصول ضروری دانستند (Zheng et al., 2012). در یک بررسی دیگر در نظام‌های مختلف کشت گندم در کشور چین، حاصلخیزی خاک را یکی از مؤلفه‌های تعیین‌کننده تولید بهینه محصول ارزیابی کرده که نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای کمی و کیفی محصول داشت (Xu et al., 2018). نتایج مطالعات به انجام رسیده در شمال کشور ایران نیز نشان داد که مصرف کود در اراضی تحت کشت گندم کمتر از نیاز واقعی گیاه بوده و زارعین اغلب بدون توجه به وضعیت حاصلخیزی خاک نسبت به مصرف کود اقدام می‌نمایند (Nobatiany et al., 2021). در این مطالعه بین عملکردهای قابل حصول و واقعی تفاوتی به میزان ۴۱۰۷/۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و از بین متغیرهای موردبررسی، مقدار فسفر قابل جذب خاک، درصد مواد آلی خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب خاک و مقدار نیتروژن مصرفی از دلایل اصلی خلاء

مدیریت پایدار حاصلخیزی خاک های زراعی تحت کشت گندم در استان آذربایجان غربی، نیازمند تدوین یک برنامه منسجم است تا با بهره گیری از دانش مدیریت صحیح تغذیه گیاهی محقق گردد. چنین برنامه‌ای در ارتقای سطح حاصلخیزی خاک‌های زراعی، عملکرد مناسب و حفظ محیط‌زیست نقش حائز اهمیتی خواهد داشت. بر این اساس، هدف از اجرای این پروژه، مقایسه اثربخشی مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک بر مبنای آزمون خاک با روش‌های متداول مصرف کود توسط گندم کاران استان آذربایجان غربی بر عملکرد و بهبود برخی ویژگی‌های کیفی محصول گندم آبی بود.

### مواد و روش‌ها

این پروژه در سه مزرعه تحت کشت گندم در اراضی مزروعی شهرستان‌های اشنویه و ارومیه در استان آذربایجان غربی طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. مشخصات جغرافیائی و رده‌بندی (Staff, 2014) محل‌های اجرای پروژه در جدول ۱ نشان داده شده است. روش آماری مورداستفاده آزمون تی<sup>۱</sup> شامل دو تیمار عرف زارع و مصرف بهینه عناصر غذایی بر مبنای آزمون خاک و آخرین دستاوردهای علمی بود. مساحت قطعات در روستاهای حسن‌آباد، فقی بیگلو و طالب‌آباد به ترتیب ۵، ۳ و ۳ هکتار بوده که هر کدام از تیمارها در نصف مساحت مزارع اعمال شدند. قبل از اعمال تیمارهای کودی، نمونه‌های مرکب خاک از عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری از هر کدام از قطعات شامل ۱۵ نمونه ساده تهیه شدند (Hauser, 1977). برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر اساس دستورالعمل‌های موجود اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee & Dani, 1996)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن با اسیدکلریدریک (Loeppert & Suarez, 1996)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت سنج الکتریکی (Rhoades, 1996)، واکنش خاک در گل اشباع (pH<sub>s</sub>) به وسیله الکتروود شیشه‌ای (Thomas, 1996)، کربن آلی به روش اکسید کردن با اسیدسولفوریک غلیظ در مجاورت دی کرومات پتاسیم (Nelson & Sommers, 1996)، نیتروژن کل به روش برنر (Bremner, 1996).

عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه گزارش گردید. مقدار این خلاء ناشی از عوامل فوق به طور متوسط در محدوده ۰/۵-۳۲/۳۴ درصد بود (Nobatiany *et al.*, 2021). در کشور ایران بررسی‌های متعددی در زمینه نیازهای غذایی گندم و وضعیت حاصلخیزی خاک‌های زراعی کشور به انجام رسیده و نقش مهم مدیریت حاصلخیزی خاک در افزایش کمی و کیفی محصول گندم طی چند دهه گذشته به خوبی مستند شده است (Malakouti, 2000; Malakouti *et al.*, 2004). برای تغذیه متعادل و ارتقای کارایی مصرف کود، مدلی تحت عنوان "مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار گندم" باهدف ایجاد یک سیستم حمایتی و علمی نسبتاً دقیق برای مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک‌های زراعی تحت کشت گندم به منظور ارتقای کمی و کیفیت محصول گندم در کشور تهیه و تدوین شد (Balali *et al.*, 2000). در این مدل بر مبنای ارزیابی پتانسیل تولیدی خاک، عملکرد مورد انتظار محصول برآورد شده و توصیه مصرف متعادل کود جهت تصحیح وضعیت حاصلخیزی خاک با استفاده از منابع کودی آلی و شیمیایی ارائه می‌گردد. اقدامات مشابهی در سایر کشورها نیز به انجام رسیده و مدل‌های مصرف متعادل کود توسط محققان تدوین و معرفی گردیده است (He *et al.*, 2009; Sellamuthu *et al.*, 2015). استفاده از چنین مدل‌هایی در راستای تولید پایدار محصول و حفظ سطح حاصلخیزی خاک در سطح کلان نتایج امید بخش را به همراه داشته است. مع الوصف، گذار از مصرف بی‌رویه و استفاده از روش‌های نوین مصرف کود بر مبنای دستاوردهای علمی مصرف کود مستلزم تدوین سیاستی جامع با برنامه‌ریزی دقیق و بلندمدت بوده و ضروری است مصرف کود بر مبنای نیاز خاک و گیاه جایگاه محوری وزارت کشاورزی را به خود اختصاص دهد (Tehrani *et al.*, 2012). در این رابطه تعمیق برنامه‌های تحقیقاتی در چهارچوب طرح‌های کلان و آموزش و ترویج این فناوری باید در برنامه توسعه پایدار کشور مدنظر قرار گیرد. به عنوان مثال، دستیابی به عملکرد بالای ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گندم در استان خوزستان با مدیریت بهینه تغذیه گندم و آموزش منطقه به سهولت قابل وصول بوده است (Javaheri *et al.*, 2016).

کشت گندم در اوایل آبان جایگذاری شدند. در هر سه مکان اجرای آزمایش، رقم گندم کشت شده پیشگام با تراکم ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۵۰ دانه در مترمربع) بود. در طول فصل رشد یادداشت برداری‌های لازم انجام شد. نصف دیگر اوره در مرحله تشکیل اولین گره ساقه (کد ۳۱ زادوکس) (Zadoks et al., 1974) به همراه اسید هیومیک در بهار به صورت کودآبیاری مصرف شدند. در طول مرحله داشت نسبت به انجام مراقبت‌های زراعی لازم اقدام گردید. آبیاری به صورت یکنواخت و در مراحل رشد فنولوژیکی بعد از کشت، اولین گره ساقه، ساقاب، خوشاب و داناب گندم مطابق عرف زارع به انجام رسید. پنج روز بعد از آبیاری مزرعه در مرحله خوشاب، محلول پاشی سولفات روی با غلظت دو کیلوگرم در ۴۰۰ لیتر در تیمار مصرف بهینه کود و هنگام غروب آفتاب انجام شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (کد ۹۳ زادوکس) در اوایل تیرماه سال ۱۳۹۴، با استفاده از کادریهای یک مترمربعی در ۱۵ نقطه هر کدام از قطعات به صورت کف بر گندم برداشت و عملکردهای دانه و کلش اندازه‌گیری شدند. وزن کلش از اختلاف عملکرد زیستی و عملکرد دانه محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه بر عملکرد زیستی محاسبه شد. پس از برداشت محصول، نمونه‌های دانه و کلش از هریک از سطوح برداشت شده تهیه و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز در کاه و دانه مطابق استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب (Emami, 1996) اندازه‌گیری شدند. برای هضم نمونه‌های گیاه جهت اندازه‌گیری نیتروژن، فسفر و پتاسیم از روش اکسیداسیون مرطوب با استفاده از اسید سالیسیلیک، اسیدسولفوریک و سلنیم و برای سایر عناصر از روش اکسیداسیون خشک با استفاده از اسیدکلریدریک دو نرمال استفاده شد (Emami, 1996). غلظت نیتروژن با روش کج‌جدال اندازه‌گیری و با اعمال ضریب ۵/۷، به درصد پروتئین خام دانه تبدیل شد (Sedri et al., 2016).

فسفر قابل‌استفاده با روش اولسن (Kuo, 1996)، پتاسیم قابل‌استفاده به روش استات آمونیوم نرمال (Helmke & Sparks, 1996)، غلظت عناصر کم‌مصرف به روش DTPA (Lindsay & Norvell, 1978) اندازه‌گیری شدند. میانگین نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. خاک‌های محل اجرای آزمایش‌ها در روستای حسن‌آباد و طالب‌آباد غیر شور ولی، در روستای فقی بیگلو جزو خاک‌های شور بودند. pH خاک‌ها قلیائی، آهک متوسط تا زیاد، مقدار کربن آلی و بافت خاک متوسط بوده و از نظر فسفر و پتاسیم قابل جذب در محدوده کم تا کفایت و از نظر عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز و مس در محدوده کفایت ولی، از نظر عنصر روی در روستاهای حسن‌آباد و طالب‌آباد در محدوده کمبود و در روستای فقی بیگلو در شرایط کفایت قرار داشتند (Hazelton & Murphy, 2007).

کودهای مورد استفاده مطابق تیمارها در جدول ۳ نشان داده شده است. در تیمار عرف زارع مصرف کودها بر اساس تجربیات زارعین انجام شد. در این تیمار فقط از کودهای اوره و سوپرفسفات‌تریپل استفاده شد. نصف کود اوره به همراه تمامی کود فسفاتی به صورت پخش مستقیم و مخلوط کردن آن با خاک با استفاده از زدن دیسک قبل از کشت گندم در پائیز مصرف شدند. نصف دیگر کود اوره در بهار به صورت سرک در مرحله تولید اولین گره ساقه مصرف شدند. در تیمار مصرف بهینه کود، نوع، مقدار و زمان مصرف کودها مطابق آخرین دستاوردهای علمی و بر اساس نتایج آزمون خاک برآورد و مصرف شدند (Balali et al., 2000). در این تیمار نصف اوره، تمامی کودهای سوپرفسفات‌تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی مطابق تیمارها در کرت مربوطه به صورت نواری مصرف شدند. برای مصرف این کودها از دستگاه‌های کارنده، خطی کار توأم‌ساز کشت مدل‌های TD-18 و TD-20 استفاده شدند. قبل از کشت، نسبت به واسنجی دستگاه‌های مذکور برای اطمینان از مصرف صحیح کود و بذر اقدام شد. ذرات کودی در فاصله پنج سانتی‌متری عرضی و پنج سانتی‌متر عمیق‌تر از محل بذور همزمان با

جدول ۱- مشخصات جغرافیائی و سری های خاک (USDA) مکان های آزمایشی

Table 1. Geographical characteristics and soil series (USDA) of the experimental sites

Location	latitude			Longitude			Altitude (m)	Soil Series
	Degree	Minute	Second	Degree	Minute	Second		
Oshnavieh, Hassan-Ahabad	36	59	31.61	45	07	24.36	1435	Fine-Loamy, Mixed, Active Mesic Typic Calcixererts
Urmia, Faghi Bigloo	37	39	32.41	45	01	07.98	1345	Fine-Loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts
Urmia, Talebabad	37	28	49.06	45	12	31.84	1282	Fine-Loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts

جدول ۲- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل های اجرای آزمایش

Table 2. Some Soil physical and chemical characteristics of the experimental sites

Properties	Location		
	Oshnavieh, Hassan-Ahabad	Urmia, Faghi Bigloo	Urmia, Talebabad
EC <sub>e</sub> (ds m <sup>-1</sup> )	0.57	2.15	1.63
pH <sub>s</sub>	7.5	8.2	7.8
SP (%)	52	50	61
Clay (%)	32	29	28
Silt (%)	47	35	46
Sand (%)	21	36	26
Soil Tex.	SiCL	CL	CL
OC (%)	0.89	1.32	1.07
TNV (%)	20.10	18.05	10.40
P <sub>ava</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	7.60	16.76	9.50
K <sub>ava</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	160	230	310
Fe-DTPA (mg kg <sup>-1</sup> )	3.90	4.72	7.78
Zn-DTPA (mg kg <sup>-1</sup> )	0.62	0.93	0.57
Mn-DTA (mg kg <sup>-1</sup> )	4.80	7.70	6.70
Cu-DTPA (mg kg <sup>-1</sup> )	1.70	2.06	3.18

جدول ۳- مقادیر و منابع کودی مورد استفاده در تیمارهای آزمایشی

Table 3. Fertilizer amounts and sources used in the experimental treatments

Location	Treatment	Urea	Triple Super Phosphate	Potassium sulfate (kg ha <sup>-1</sup> )	Zinc sulfate	Humic Acid	Zinc sulfate (kg 400L <sup>-1</sup> )
Oshnavieh, Hassan-Ahabad	Conventional method	200	200	0	0	0	0
	Optimum fertilization	180	135	150	20	2	2
Urmia, Faghi Bigloo	Conventional method	200	100	0	0	0	0
	Optimum fertilization	140	0	115	0	2	2
Urmia, Talebabad	Conventional method	200	150	0	0	0	0
	Optimum fertilization	140	100	10	20	2	2

حسب میلی مول محاسبه شد (Erdal et al., 2002). تجزیه و تحلیل آماری داده ها برای صفات مختلف برای آزمون تی با استفاده از نرم افزار SPSS در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

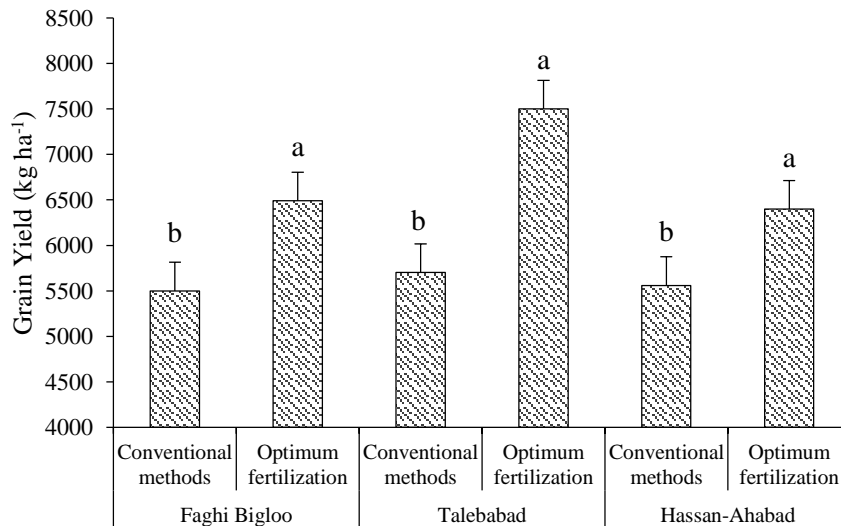
برای اندازه گیری غلظت اسید فیتیک در دانه گندم، از اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال و محلول آهن فریک مطابق روش هوگ و لانتزچ (Haug & Lantzs, 1983) استفاده شد. نسبت مولی اسید فیتیک به روی با تقسیم غلظت اسید فیتیک بر حسب میلی مول به غلظت روی بر

## نتایج و بحث

اثر تیمارها بر عملکرد دانه، وزن کُلش و شاخص برداشت

نتایج اثر تیمارها بر عملکرد دانه گندم در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تفاوت معناداری بین دو تیمار عرف زارع و مصرف بهینه کود در هر سه مکان وجود داشت ( $p < 0.05$ ). بیشترین عملکرد دانه در تیمار

مصرف بهینه کود در روستای طالب آباد به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد معادل ۲۸/۲۴ درصد افزایش نشان داد. میزان افزایش تولید در روستاهای فقی بیگلو و حسن آباد نیز به ترتیب معادل ۱۴/۳۶ و ۱۴/۲۹ درصد و متوسط تولید محصول در هر سه مکان معادل ۱۸/۹۶ درصد بود.



شکل ۱- اثر تیمارها بر عملکرد دانه گندم در مکان‌های آزمایشی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

Figure 1. Effect of treatments on wheat grain yield in the experimental sites. Similar letters indicate no significant difference at 5% level.

متعادل عناصر غذایی موجب افزایش کارایی جذب نیتروژن به میزان بیش از ۴۰ درصد می‌گردد. به‌طور کلی، محققین بر این باورند که طی پنج دهه گذشته، مصرف متعادل عناصر غذایی در اراضی مزروعی موجب افزایش عملکرد هکتاری گندم شده و آگاهی عمومی در مورد روش‌های افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی بین کشاورزان ارتقاء یافته است (Salim & Raza, 2020).

بر مبنای داده‌های جدول (۳) کاملاً مشهود است که در روستای طالب آباد مقادیر مصرف کودهای اوره و سوپرفسفات‌تریپل در تیمار عرف زارع به ترتیب به مقدارهای ۶۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار مصرف بهینه کود بیشتر بود. همچنین علیرغم وجود کمبود روی در خاک، از سولفات روی در تیمار عرف زارع استفاده نشده بود. در این ارتباط ذکر دو نکته ضروری است. نکته اول اینکه با وجود مقدار مصرف کمتر عناصر

بررسی‌ها در داخل کشور نشان داده است که با مصرف بهینه کود، عملکرد هکتاری گندم به‌طور معناداری افزایش می‌یابد (Malakouti *et al.*, 2004). در سایر کشورها نیز، نقش مصرف متعادل کود در افزایش تولید گندم گزارش شده است. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2009) دریافتند که با مصرف بهینه کود در اراضی تحت کشت گندم در کشور چین، وضعیت حاصلخیزی خاک‌ها ارتقاء و افزایش معناداری در عملکرد دانه گندم مشاهده شد. نتایج مشابهی نیز توسط بهرا و همکاران (Behera *et al.*, 2007) در کشور هند گزارش شد. تابک و همکاران (Tabak *et al.*, 2020) عنوان نمودند که مصرف بهینه کود ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول گندم، موجب تولید به صرفه و اقتصادی محصول شده و خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودها را نیز کاهش می‌دهد. نامبردگان دریافتند که مصرف

بیشترین افزایش وزن کلش (۱۰۷۸ کیلوگرم در هکتار) در روستای فقی بیگلو مشاهده شد. این افزایش ممکن است ناشی از تغییرات کربن آلی خاک در سه منطقه باشد. همچنان که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد میزان کربن آلی در این مکان نسبت به روستاهای طالب‌آباد و حسن‌آباد بیشتر بوده و از آنجائی که مواد آلی خاک منبع اصلی نیتروژن قابل جذب در خاک است می‌توان انتظار داشت عرضه نیتروژن بومی قابل جذب خاک در این مکان بیشتر بوده و ضمن تأثیر آن بر عملکرد دانه، رشد رویشی و در نتیجه وزن کلش افزایش یافته است. افزایش وزن کلش در نتیجه مصرف متعادل کود در گیاه گندم نیز توسط سایر محققین گزارش شده است (Manzar-ul-Alam et al, 2005; Satyanarayana et al, 2002; Shirazi et al, 2014). افزایش عملکرد کلش در نتیجه مصرف بهینه کود از نظر تولید علوفه حائز اهمیت است. بنابراین، باید در محاسبات اقتصادی اثرات مصرف بهینه در تولید محصول مدنظر قرار گیرد.

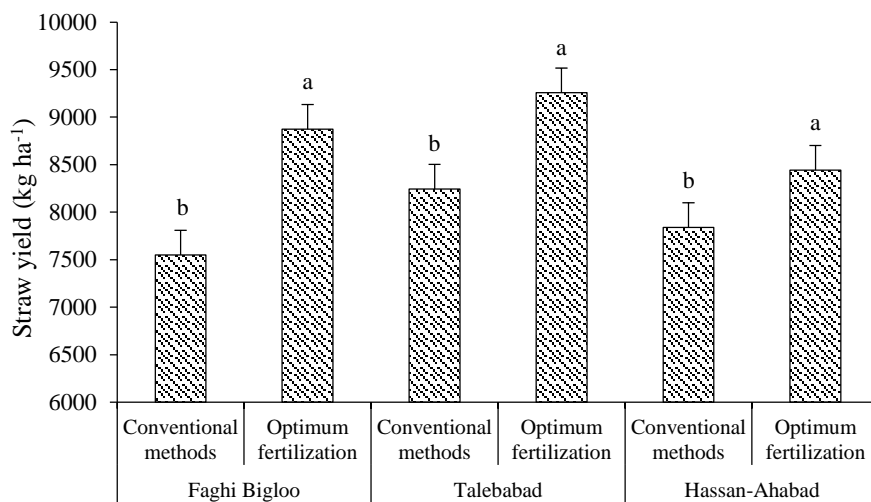
شاخص برداشت بر توزیع نسبی محصولات فتوسنتز در بین مخزن‌های اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه دلالت دارد. معنی‌دار بودن تأثیر تیمارها بر شاخص برداشت به مفهوم تأثیر بیشتر آن در ذخیره مواد تولید شده در فرآیند فتوسنتز در دانه نسبت به اندام‌های رویشی گندم است. نتایج نشان داد که به‌غیر از مکان اجرای پروژه در فقی بیگلو، در دو مکان دیگر شاخص برداشت محصول تحت تأثیر تیمارها قرار گرفته و با مصرف بهینه کود در روستاهای طالب‌آباد و حسن‌آباد میزان شاخص برداشت محصول به ترتیب معادل ۹/۲۱ و ۴/۰۶ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). همچنان که ملاحظه می‌گردد میزان این افزایش در روستای طالب‌آباد بیشتر از روستای حسن‌آباد بود. این امر بیانگر این واقعیت است که با مصرف بهینه کود هر چند عملکرد دانه و وزن کلش در روستای طالب‌آباد افزایش یافته ولی اثربخشی این تیمار بر افزایش عملکرد دانه بیشتر از تأثیر آن بر وزن کلش گندم بوده است. چنین به نظر می‌رسد که مصرف بهینه کود در اراضی که با کمبود عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و روی مواجه‌اند (جدول ۱)، بیشترین تأثیر را بر رشد زایشی و تولید محصول گذاشته و این امر می‌تواند از نظر دستیابی به پتانسیل تولیدی محصول حائز اهمیت باشد. عدم تفاوت تأثیر

نیتروژن و فسفر در تیمار مصرف بهینه عناصر غذایی، این تیمار توانسته است نیازهای غذایی گیاه را به این عناصر تأمین و مصرف بیشتر آنها بر افزایش تولید محصول بی‌تأثیر بوده است. نتایج مشابهی در زمینه عدم افزایش عملکرد دانه گندم با مصرف مازاد بر نیاز عناصر غذایی توسط گوتیری و همکاران (Guttieri et al., 2005) نیز گزارش شده است. نکته دوم استفاده از اسید هیومیک همراه با اوره به صورت کودآبیاری در تیمار مصرف بهینه کود است. خان و همکاران (Khan et al., 2018) دریافتند که مصرف خاکی اسید هیومیک موجب افزایش ۲۰ درصدی عملکرد دانه گندم شد. اظهار شافی و همکاران (Izhar Shafi et al., 2020) نیز گزارش کردند که استفاده از اسید هیومیک ضمن افزایش کارایی جذب فسفر، عملکرد دانه گندم را از ۲۳۳۸ کیلوگرم در هکتار (بدون اسید هیومیک) به ۲۵۴۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. بنابراین، به نظر می‌رسد عواملی که باعث بهبود عملکرد دانه گندم شده است مشتمل بر رعایت توازن در مصرف منابع کودی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و استفاده از روش نواری مصرف کود در زمان کشت، مصرف سولفات روی برای جبران کمبود روی در خاک و استفاده از اسید هیومیک برای سهولت تحرک عناصر در محیط ریشه در تیمار مصرف بهینه کود بوده است. بنابراین، استفاده از این برنامه کودی که بر مبنای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک در تیمار مصرف بهینه کود مورد استفاده قرار گرفت، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر افزایش عملکرد کمی محصول داشته باشد. کاهش مصرف کودهای نیتروژنه در تیمار مصرف بهینه نسبت به عرف زارع برای مکان‌های حسن‌آباد، فقی بیگلو و طالب‌آباد به ترتیب برابر ۲۰، ۶۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار و برای کود فسفره در مکان‌های مذکور به ترتیب برابر ۶۵، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار صورت گرفته ولی، مصرف کودهای سولفات پتاسیم، اسید هیومیک و سولفات روی در این مکان‌ها منتج از ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، برقراری توازن تغذیه‌ای و تأمین نیازهای غذایی گندم به انجام رسیده است (جدول ۳).

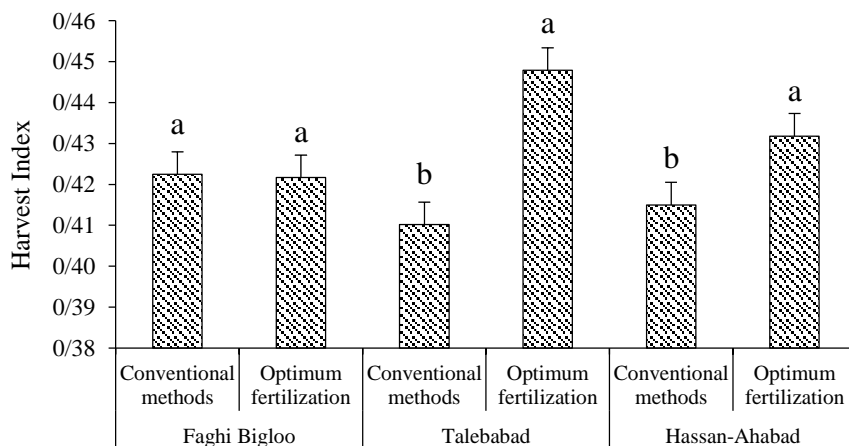
وزن کلش گندم نیز با مصرف بهینه کود در روستاهای فقی بیگلو، طالب‌آباد و حسن‌آباد به ترتیب معادل ۱۷/۵۸، ۱۲/۳۰ و ۷/۶۷ درصد افزایش یافت (شکل ۲).

بنابراین، به‌طور کلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً در خاک‌های زراعی که از وضعیت حاصلخیزی بهتری برخوردارند تأثیر مصرف بهینه کود بر افزایش وزن کلش گندم بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد دانه باشد. تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است. سلیم و رضا (Salim & Raza, 2020) بیان کردند که میزان اثربخشی مصرف کود بر صفات مختلف رشد گندم بسته به سطح حاصلخیزی خاک متفاوت است.

تیمارها بر شاخص برداشت در روستای فقی بیگلو برخلاف سایر مکان‌ها بیانگر این واقعیت است که تیمار مصرف بهینه کود تأثیر بیشتری بر رشد رویشی داشته است تا عملکرد دانه (اشکال ۱ و ۲) و به همین دلیل تیمارها در یک کلاس آماری قرار گرفته‌اند. با رجوع به جدول ۱ چنین استنباط می‌گردد که وضعیت حاصلخیزی خاک در این مکان نسبت به دو مکان دیگر به‌ویژه از نظر فسفر در شرایط بهتری قرار دارد.



شکل ۲- اثر تیمارها بر وزن کلش گندم در مکان‌های آزمایشی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.  
Figure 2. Effect of treatments on wheat straw yield in the experimental sites. Similar letters indicate no significant difference at 5% level.



شکل ۳- اثر تیمارها بر شاخص برداشت در مکان‌های آزمایشی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.  
Figure 3. Effect of treatments on harvest index in the experimental sites. Similar letters indicate no significant difference at 5% level.



## اثر تیمارها بر غلظت عناصر در دانه و کلش

نتایج مربوط به اثر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در دانه و کلش گندم در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده است. علی‌رغم مصرف کمتر نیتروژن (جدول ۲) در مصرف بهینه کود، غلظت نیتروژن دانه گندم در هر سه مکان افزایش یافت. با عدم مصرف کود فسفره در روستای فقی بیگلو، غلظت فسفر در دانه نسبت به تیمار عرف زارع کاهش یافت ولی، در دو مکان دیگر علی‌رغم کاهش مصرف کود سوپرفسفات تریپل، غلظت این عنصر در یک کلاس آماری نسبت به تیمار عرف زارع قرار گرفتند (جدول ۳). در روستای طالب‌آباد نیز علاوه بر نیتروژن، عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و منگنز در تیمار مصرف بهینه کود افزایش نشان داد. چنین روندی در رابطه با عناصر منیزیم، آهن و منگنز در روستای حسن‌آباد نیز مشاهده شد. در روستای فقی بیگلو غلظت عنصر منیزیم تحت تأثیر تیمار مصرف بهینه کود قرار نگرفت و مشابه تیمار شاهد بود. با توجه به داده‌های این مطالعه نمی‌توان تحلیل دقیقی ارائه نمود و تحقیقات در این زمینه باید تداوم یابد. غلظت عنصر مس نیز تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با توجه به نتایج جدول (۲) محدوده غلظت مس قابل عصاره‌گیری خاک‌ها به روش DTPA در محدوده ۱/۳-۷/۲ بود. این مقادیر از نظر وضعیت حاصلخیزی خاک در وضعیت بالاتر از حد بحرانی قرار می‌گیرند

(Balali *et al.*, 2000). بنابراین، احتمالاً در شرایطی که خاک از نظر عنصر مس حاصلخیز باشد اعمال تیمارهای کودی، مشابه آنچه در این مطالعه به انجام رسیده، تأثیری بر غلظت آن در دانه ندارد. افزایش غلظت برخی عناصر به‌ویژه نیتروژن و روی در دانه می‌تواند به‌عنوان غنی‌سازی دانه و بهبود کیفیت آن به‌ویژه از نظر تأمین نیازهای غذایی جامعه به عناصر معدنی تلقی گردد. در این رابطه تأثیر تیمار بهینه کود ممکن است هم به دلیل تأثیر آن بر برقراری تعادل تغذیه‌ای و هم متأثر از افزایش کارایی جذب عناصر به‌ویژه از نظر مصرف نواری کود و تأثیر مصرف اسید هیومیک در افزایش تحرک عناصر و قابلیت جذب آنها در محیط ریشه گیاه باشد (Morais *et al.*, 2021). در هر صورت تحقیقات باید در این زمینه تداوم یابد.

در تیمار مصرف بهینه کود، عنصر روی به‌طور قابل توجهی در دانه گندم افزایش یافت که متأثر از اثرات مصرف حاکی سولفات روی، محلول‌پاشی آن و مصرف متعادل کود است. با توجه به اثرات بسیار مهم روی در بدن انسان غنی‌سازی آن بسیار مهم بوده که با مصرف بهینه کود به‌راحتی می‌توان آنرا در دانه گندم افزایش داد. بررسی‌ها نشان داده است که با مصرف سولفات روی در مزرعه، غلظت روی در دانه به‌طور معناداری افزایش می‌یابد که برای تأمین سلامتی جامعه حائز اهمیت است (Wang *et al.*, 2015).

جدول ۴- اثر تیمارهای کودی بر غلظت برخی عناصر غذایی دانه گندم در مکان‌های آزمایشی

Table 4. Effect of fertilizer treatments on some nutrients concentration in wheat grain of the experimental sites.

Location, Treatment	Hassan-Ahabad		Talebabad		Faghi Bigloo	
	Conventional method	Optimum fertilization	Conventional method	Optimum fertilization	Conventional method	Optimum fertilization
N (%)	2.12b <sup>†</sup>	2.82a	1.75b	2.00a	1.69b	2.15a
P (%)	0.69a	0.68a	0.43a	0.41a	0.41a	0.34b
K (%)	0.40a	0.45a	0.25b	0.35a	0.47a	0.52a
Ca (%)	0.12a	0.13a	0.19b	0.24a	0.22a	0.24a
Mg (%)	0.08b	0.09a	0.11b	0.14a	0.12a	0.15a
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	7.83a	10.55a	3.53a	3.75a	0.98a	1.00a
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	35.62b	56.06a	30.99a	31.57a	28.81a	28.11a
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	43.65b	46.45a	17.64b	24.50a	24.57b	29.57a
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	18.37b	56.65a	19.41b	40.62a	17.50b	64.59a

†حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

<sup>†</sup>Similar letters indicate no significant difference at 5% level.

جدول ۵- اثر تیمارهای کودی بر غلظت برخی عناصر غذایی کلش گندم در مکان‌های آزمایشی

Table 5. Effect of fertilizer treatments on some nutrients concentration in wheat straw of the experimental sites

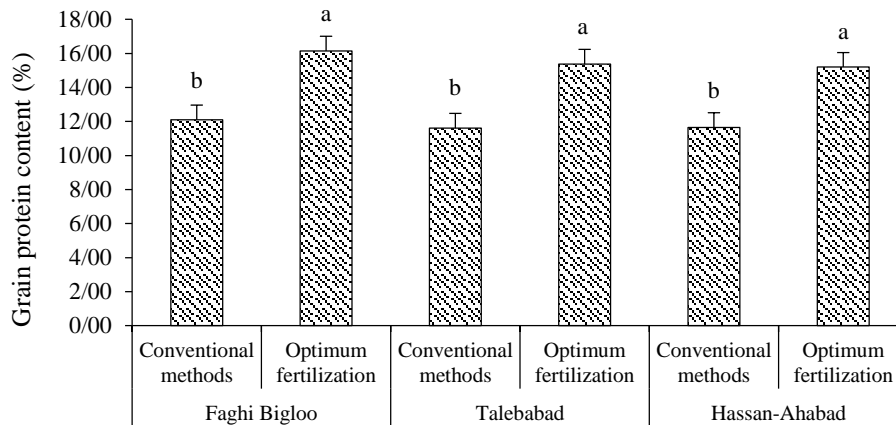
Location, Treatment	Nutrient	Hassan-Ahabad		Talebabad		Faghi Bigloo	
		Conventional method	Optimum fertilization	Conventional method	Optimum fertilization	Conventional method	Optimum fertilization
	N (%)	0.37b <sup>†</sup>	0.42a	0.29a	0.37a	0.22a	0.24a
	P (%)	0.07b	0.08a	0.07a	0.07a	0.07a	0.06a
	K (%)	1.22b	1.46a	2.25a	2.30a	1.38b	1.55a
	Ca (%)	0.46a	0.59a	0.18a	0.49a	0.21a	0.23a
	Mg (%)	0.20a	0.21a	0.12a	0.17a	0.13a	0.13a
	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1.27b	1.46a	0.70b	0.74a	5.17a	5.26a
	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	43.11 a	49.71 a	40.70a	56.95a	6.16a	10.69a
	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	24.57a	28.12b	6.27b	7.40a	5.25b	5.38a
	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	7.26b	13.18a	2.21b	3.10a	2.21b	12.32a

†حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

†Similar letters indicate no significant difference at 5% level.

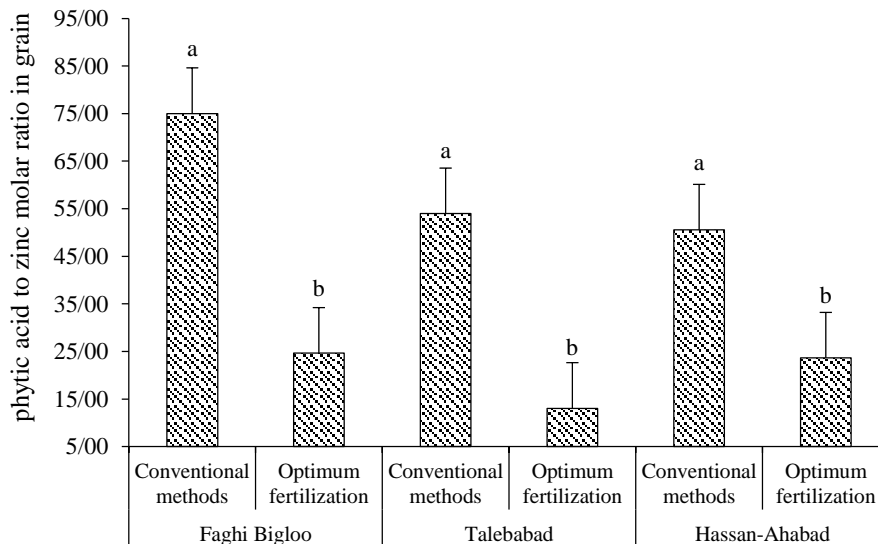
بیشتری موردنیاز است. افزایش غلظت پتاسیم کلش در تیمار مصرف بهینه کود روستاهای حسن‌آباد و فقی بیگلو می‌تواند متأثر از مصرف کود پتاسیمی در این تیمار باشد (جدول ۳). میزان افزایش آن در این دو مکان به ترتیب معادل ۱۲/۳۲ و ۱۹/۶۷ درصد بود. میزان پتاسیم قابل جذب اولیه خاک در روستای حسن‌آباد، فقی بیگلو به ترتیب برابر ۱۶۰ و ۲۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند (جدول ۲). در روستای طالب‌آباد غلظت پتاسیم قابل جذب خاک نزدیک به حد بحرانی بود و مصرف ده کیلوگرم در هکتار (جدول ۲ و ۳) تأثیری بر غلظت آن در کلش نداشت. بنابراین، از نتایج مذکور می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که هرچند میزان کمبود عنصر پتاسیم در خاک بیشتر باشد، در صورت مصرف کود پتاسیمی گندم مقدار بیشتری از آن را جذب نموده و می‌توان انتظار داشت که کارایی جذب آن نیز افزایش یابد. افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف در کلش به‌ویژه روی در تیمار مصرف بهینه کود از نظر بهبود کیفیت غذایی کلش برای احشام نیز بسیار حائز اهمیت است که باید از نظر تأمین سلامت دام موردتوجه قرار گیرد.

تیمارهای کودی بر غلظت برخی عناصر در کلش نیز تأثیرگذار بود. غلظت نیتروژن در کلش روستای حسن‌آباد علیرغم مصرف کمتر نیتروژن در واحد سطح افزایش نشان داد. این افزایش ممکن است ناشی از اثرات متقابل مثبت پتاسیم (Gu *et al.*, 2021) و روی (Malakouti, 2011) بر جذب نیتروژن در گیاه باشد. غلظت فسفر کلش نیز در روستای حسن‌آباد به میزان ۱۴/۲۸ درصد بیشتر از تیمار عرف زارع بود. این افزایش در شرایطی اتفاق افتاد که مقدار مصرف کود فسفره به میزان ۶۵ کیلوگرم در هکتار کمتر از عرف زارع بود. می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالاً در تیمار مصرف بهینه کود به علت برقراری توازن تغذیه‌ای ناشی از روش مصرف نواری و همچنین مصرف عناصر پتاسیم، روی و اسید هیومیک، میزان جذب فسفر توسط گیاه بهبود یافته و در نتیجه در کلش تجمع یافته است. چنین تغییراتی در مورد عناصر مذکور در مکان‌های فقی‌بیگلو و طالب‌آباد مشاهده نشد. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌ها می‌تواند از دلایل بروز چنین مشاهداتی باشد. داده‌های این مطالعه قادر به بیان تفسیری دقیق و علمی در این زمینه نبوده و پژوهش‌های



شکل ۴- اثر تیمارهای کودی بر محتوی پروتئین دانه گندم در مکان‌های آزمایشی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

Figure 4- Effect of fertilizer treatments on wheat grain protein content in the experimental sites. Similar letters indicate no significant difference at 5% level.



شکل ۵- اثر تیمارهای کودی بر نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) دانه گندم در مکان‌های آزمایشی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

Figure 5- Effect of fertilizer treatments on phytic acid to zinc (PA/Zn) molar ratio in the experimental sites. Similar letters indicate no significant difference at 5% level.

بیگلو بیشترین از دو مکان دیگر بود. با رجوع به جدول ۳ مشاهده می‌گردد که میزان مصرف نیتروژن در این مکان ۶۰ کیلوگرم کمتر از تیمار عرف زارع بوده ولی، علیرغم عدم مصرف پتاسیم در تیمار عرف زارع در تیمار مصرف بهینه کود، کود پتاسیمی به میزان ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار مصرف شده است و این امر می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش پروتئین دانه گندم محسوب گردد. پژوهش‌ها نشان داده است که با مصرف پتاسیم در خاک‌های مواجه با کمبود این عنصر، میزان پروتئین دانه در گندم افزایش می‌یابد (Gu *et al.*, 2021). بررسی‌ها نشان داده است که با مصرف مقدار بهینه پتاسیم در

اثر تیمارها بر میزان پروتئین و نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در دانه گندم

میزان پروتئین دانه گندم یکی از ویژگی‌های مهم کیفی در دانه گندم بوده و نقش مهمی در کیفیت تغذیه‌ای و فرآوری ایفا می‌کند (Xue *et al.*, 2016). اثر تیمارها بر میزان پروتئین دانه در شکل ۴ آورده شده است. درصد پروتئین دانه در هر سه مکان با مصرف بهینه کود نسبت به عرف زارع افزایش یافت. افزایش میزان پروتئین دانه در روستاهای فقی بیگلو، طالب‌آباد و حسن‌آباد به ترتیب معادل ۳۳/۴۷، ۳۲/۴۵ و ۳۰/۴۱ درصد بودند. همچنان که ملاحظه می‌گردد میزان افزایش آن در روستای فقی

روی تأثیر به مراتب بیشتری برافزایش غلظت روی در دانه در خاک‌های آهکی مواجه با کمبود دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد که اکثریت گندم‌کاران استان آذربایجان غربی، نه تنها کود را بر مبنای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک مزارع به مصرف نمی‌رسانند بلکه، مبنای تصمیم‌گیری برای تغذیه گندم، تجربیات محلی آنهاست. افزایش عملکرد دانه و کلس با مدیریت مصرف بهینه کود به‌طور متوسط به میزان ۱۸/۹۶ درصد به دست آمد. این افزایش صرفاً به دلیل اصلاح مقادیر مصرف کود بر مبنای شناخت وضعیت حاصلخیزی خاک این مزارع صورت نگرفت بلکه، تغییر روش مصرف کود از پخش مستقیم به نواری در زمان کاشت نیز از نکات مهمی بود که علاوه بر مصرف کمتر اوره و سوپرفسفات‌تریپل، در تیمار مصرف بهینه، افزایش بیشتر عملکرد دانه گندم را در پی داشت. بنابراین، با جایگزین نمودن روش مصرف نواری به‌جای پخش مستقیم در خاک، کارایی زراعی مصرف اوره و سوپرفسفات‌تریپل در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد. مقدار کاهش مصرف اوره و سوپرفسفات‌تریپل در تیمار مصرف بهینه کود نسبت به عرف زارع به ترتیب برابر ۷۶/۶ و ۵۲/۲ درصد بود. پائین بودن میزان پروتئین و بالاتر بودن نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در دانه گندم در مقایسه با استانداردهای جهانی از مهم‌ترین مشکلات گندم‌های تولیدی در مزارع مورد مطالعه بود. نتایج نشان داد که این نسبت در گندم‌های تولیدی به‌طور متوسط ۲/۳۳ در صد بیشتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود. نسبت PA/Zn در دانه گندم با مصرف بهینه کود تا حد ۲۵ (حد مطلوب) کاهش یافت. میزان پروتئین دانه نیز در تیمار مذکور به‌طور قابل‌توجهی افزایش نشان داد. مصرف بهینه کود از دستاوردهای مهم این مطالعه بود و ضروری است در برنامه‌های تولیدی گندم در اراضی مزروعی استان آذربایجان غربی مورد استفاده قرار گیرد.

زراعت گندم، ضمن افزایش عملکرد دانه، میزان پروتئین خام نیز به‌طور معناداری افزایش می‌یابد (Huimin *et al.*, 2018; Safar-Noori *et al.*, 2004). پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز، سنتز پروتئین، فعال شدن آنزیم‌هایی مانند سینتاز نشاسته و ATPase، تنظیم اسمز، انتقال انرژی، حرکت روزنه، تعادل کاتیون و آنیون و مقاومت در برابر استرس دارد (Kausar & Gull, 2014; Lakudzala, 2013). نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) یکی از شاخص‌های مهم کیفی در دانه گندم است. اثر تیمارها بر نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه گندم در شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که نسبت‌های مولی اسید فیتیک به روی در دانه گندم در تیمار عرف زارع در هر سه مکان در محدوده ۴۵ تا ۷۵ بودند. با مصرف سولفات روی به‌صورت توأم مصرف خاکی و برگ‌پاشی در تیمار مصرف بهینه کود این شاخص به کمتر از ۲۵ کاهش یافت. از دلایل پائین بودن این شاخص در تیمار کودی عرف زارع می‌توان به مواردی مانند مصرف نامتعادل کودها به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای فسفاتی و عدم مصرف کودهای حاوی روی و وجود کربنات‌های کلسیم در خاک اشاره نمود. نسبت مولی اسید فیتیک به روی یکی از شاخص‌های مهم کیفی در دانه گندم است. شاخص نسبت مولی اسید فیتیک به روی از نظر قابل جذب بودن عناصر معدنی به‌ویژه روی در سیستم گوارشی بسیار حائز اهمیت است. اگر این نسبت در هر ماده غذایی بیشتر از ۲۵ باشد، عناصر معدنی موجود در آن، قابل جذب نخواهد بود. از طرف دیگر برای آنکه عناصر موجود در نان به‌وسیله سیستم گوارشی بدن قابل جذب باشد، باید شاخص PA/Zn کمتر از ۲۵ باشد (Chen *et al.*, 1996; WHO, 2017). بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده می‌توان دریافت که با رعایت اصول تغذیه بهینه و صحیح به‌راحتی می‌توان این نسبت را در حد استانداردهای سازمان بهداشت جهانی کاهش داده و یکی از مهم‌ترین راهکارها از طریق غنی‌سازی دانه گندم در مزرعه است. نتایج مذکور با نتایج سایر محققین مطابقت می‌نماید (Cakmak, 2008; Hao *et al.*, 2015; Malakouti, 2011). ژائو و همکاران (Zhao *et al.*, 2014) گزارش کردند که ضریب پخشیدگی روی (از منبع سولفات روی) در خاک جزئی بوده و در مقایسه با مصرف خاکی، برگ‌پاشی

## References

- Abdollahi Garekand J., sepehr E., Feiziasl V., Rasouli sadaghiani M., and Samadi, A. 2019. The effect of application of plant residues on improvement of chemical properties of calcareous, sodic and saline-sodic soils. *Applied Soil Research*, 7(3): 67-82.
- Ahmadi K., Ebadzadeh H., Hatami F., Mohammad Nia Afrooz S., Esfandiaripour A., and Abbas Taghani R. 2020. Agricultural Statistics for the Crop Year 2018-2019 (vol. 1). Crops Information and Communication Technology Center, Planning and Economic Deputy Ministry of Agriculture Jihad, Tehran, 98p. (In Persian)
- Balali M., Mahajermilani P., Khadami Z., Droodi M., Mashayikhi H., and Malakuti M. J. 2000. A comprehensive computer model of chemical fertilizer recommendation in the direction of sustainable wheat agricultural products. Agriculture Education Publication. Karaj, 52p. (In Persian)
- Behera U. K., Sharma A., and Pandey H. 2007. Sustaining productivity of wheat-soybean cropping system through integrated nutrient management practices on the Vertisols of central India. *Plant and Soil*, 297(1): 185-199.
- Bremner J. M. 1996. Nitrogen. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods: American Society of Agronomy, Madison, WI*, pp. 1058-1121.
- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302(1): 1-17.
- Chen X.P., Zhang Y.Q., Tong Y.P., Xue Y.F., Liu D.Y., Zhang W., Deng Y., Meng Q.F., Yue S.C., Yan P. and Cui Z.L. 2017. Harvesting more grain zinc of wheat for human health. *Scientific Reports*, 7(1): 1-8.
- Emami A. 1996. *Plant Analysis Methods (Vol. 1)*. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Tehran, Issue No: 982, 128p. (In Persian)
- Erdal I., Yilmaz A., Tan S., Torun B., and Cakmak I. 2002. Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1): 113-127.
- Gee W. G., and Dani O. 1996. Particle-size analysis. In: Campbell G. S. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods, American Society of Agronomy, Madison, WI*, pp. 475-490.
- Gu X., Liu Y., Li N., Liu Y., Zhao D., Wei B., and Wen X. 2021. Effects of the foliar application of potassium fertilizer on the grain protein and dough quality of wheat. *Agronomy*, 11(9): 1749-1769.
- Guttieri M. J., McLean R., Stark J. C., and Souza E. 2005. Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheats for optimum bread and noodle quality. *Crop Science*, 45(5): 2049-2059.
- Hao Y., Zhang Y., and He Z. 2015. Progress in zinc biofortification of crops. *Chinese Bulletin of Life Sciences*, 27: 1047-1054.
- Haug W., and Lantzsch H. J. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34: 1423-1426.
- Hauser G. F. 1977. The calibration of soil tests for fertilizer recommendations. Food and Agriculture Organization. Bulliten No:18. 76 p.
- Havlin J., and Heiniger R. 2020. Soil fertility management for better crop production. *Agronomy*, 10: 1349-1354.
- Hazelton P., and Murphy B. 2007. *Interpreting Soil Test Results [OP]: What Do All the Numbers Mean? (2<sup>nd</sup> Ed.)*. CSIRO Publishing, Australia, 152p.
- He P., Li S., Jin J., Wang H., Li C., Wang Y., and Cui, R. 2009. Performance of an optimized nutrient management system for double-cropped wheat-maize rotations in North-central China. *Agronomy Journal*, 101(6): 1489-1496.
- Helmke P. A., and Sparks D. L. 1996. Lithium, Potassium, Rubidium and Cesium. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, American Society of Agronomy, Madison, WI*, pp. 551-574.
- Huimin Z., Hongxia L., Linsheng W., Hao W., Wenli Z., Yongxin G., and Liuhao W. 2004. Effect of potassium on the growth at the late stages and grain quality of winter wheat in dryland. *Journal of Triticeae Crops*, 24(3): 73-75.
- Izhar Shafi M., Adnan M., Fahad S., Wahid F., Khan A., Yue Z., Danish S., Zafar-ul-Hye M., Brtnicky M. and Datta R. 2020. Application of single superphosphate with humic acid improves

- the growth, yield and phosphorus uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) in calcareous soil. *Agronomy*, 10(9): 1224-1239.
- Javaheri A., Aine L., Abbas G., Naderi A., Sabetzanganeh H.,... and Mazbaninasr M. 2016. Study effect factors to decrease the efficiency fertilizer consumption of wheat in farmers conditions in Khuzestan. 15<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Kausar A., and Gull M. 2014. Effect of potassium sulphate on the growth and uptake of nutrients in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stressed conditions. *Journal of Agricultural Science*, 6(8): 101-112.
- Keshavarz P., Zngiabadi M., and Abbaszadeh M. 2013. Relationship between soil organic carbon and wheat grain yield as affected by soil clay content and salinity. *Iranian Journal of Soil Research*, 27(3): 359-371. (In Persian)
- Khan R., Khan M., Khan A., Saba S., Hussain F., and Jan I. 2018. Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of Plant Nutrition*, 41(4): 453-460.
- Kuo S. 1996. Phosphorous. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 869-919.
- Lakudzala D. D. 2013. Potassium response in some Malawi soils. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 8: 175-181.
- Lindsay W. I., and Norvell W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society America Journal*, 42: 421-448.
- Loeppert R. H., and Suarez D. L. 1996. Carbonate and Gypsum. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 437-474.
- Malakouti M. J. 2011. Towards improving the quality of consumed breads in Iran: a review. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8(31): 11-21.
- Malakouti M. J., Khoughar Z., and Khademi Z. 2004. Innovative Approaches to Balanced Nutrition of Wheat "A Compilation of Papers" (1<sup>st</sup> Ed.). Ministry of Agriculture, Wheat Department, Sena Publications, Tehran, 851p. (In Persian)
- Malakouti M. J. 2000. Balanced Nutrition of Wheat, An Approach Towards Self-Sufficiency and Enhancement of National Health " A compilation of Papers". Agriculture Educatin Publication. Karaj, 544p. (In Persian)
- Manzar-ul-Alam S., Shah S. A., and Iqbal M. M. 2005. Evaluation of method and time of fertilizer application for yield and optimum P-efficiency in wheat. *Evaluation*, 27(3): 457-463.
- Morais E. G. D., Silva C. A., and Jindo K. 2021. Humic acid improves Zn fertilization in Oxisols successively cultivated with maize-brachiaria. *Molecules*, 26(15): 4588-4605.
- Nobatiany M., Rahemikarizaki A., biabani A., mansouri rad A. 2021. Evaluation and determining the share of macro chemical fertilizers and soil properties in wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap using Boundary Line Analysis. *Journal of Crop Production*, 13(4): 1-14.
- Nelson D. W., and Sommers L. E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3 ,Chemical Methods*, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 961-1010.
- Rhoades J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3 ,Chemical Methods*, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 417-435.
- Safar-Noori M., Assaha D., and Saneoka H. 2018. Effect of salicylic acid and potassium application on yield and grain nutritional quality of wheat under drought stress condition. *Cereal Research Communications*, 46(3): 558-568.
- Salim N., and Raza A .2020 .Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(2): 297-315.
- Satyanarayana V., Vara Prasad P., Murthy V., and Boote K. 2002. Influence of integrated use of farmyard manure and inorganic fertilizers on yield and yield components of irrigated lowland rice. *Journal of Plant Nutrition*, 25(10): 2081-2090.
- Sedri M., Golchin A., Feziasl V., and Sioseh-Mardeh A. 2016. Effect of optimal nitrogen application on water use efficiency of rainfed wheat yield under different moisture conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 5(1): 63-85.
- Sellamuthu K., Santhi R., Maragatham S., and Dey P. 2015. Validation of soil test and yield target based fertilizer prescription model for wheat on Inceptisol. *Research on Crops*, 16(1): 53-58.

- Shirazi S., Yusop Z., Zardari N., and Ismail Z. 2014. Effect of irrigation regimes and nitrogen levels on the growth and yield of wheat. *Advances in Agriculture*, 11: 1-6.
- Staff S.S. 2014. Keys to Soil Taxonomy (12<sup>th</sup> Ed.). Washington. DC, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Tabak M., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B., and Lisowska A. 2020. Efficiency of nitrogen fertilization of winter wheat depending on sulfur fertilization. *Agronomy*, 10(9): 1304-1321.
- Tehrani M. M., Balali M. R., Moshiri F., and Daryashenas M. 2012. Fertilizer recommendation and forecast in Iran: challenges and strategies. *Iranian Journal of Soil Research*, 26(2): 123-144.
- Thomas G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, Part 3, Chemical Methods: American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 475-490.
- Wang F., He Z., Sayre K., Li S., Si J., Feng B., and Kong L. 2009. Wheat cropping systems and technologies in China. *Field Crops Research*, 111(3): 181-188.
- Wang Z., Liu Q., Pan F., Yuan L., and Yin X. 2015. Effects of increasing rates of zinc fertilization on phytic acid and phytic acid/zinc molar ratio in zinc bio-fortified wheat. *Field Crops Research*, 184: 58-64.
- WHO. 1996. Trace element in human nutrition and health: World Health Organization. Geneva, Switzerland. 343p.
- Xu H. C., Dai X. L., Chu J. P., Wang Y C., Yin L. J., Xin M.A, Shuxin D.O.N.G. and He M.R. 2018. Integrated management strategy for improving the grain yield and nitrogen-use efficiency of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(2): 315-327.
- Xue C., auf'm Erley G. S., Rossmann A., Schuster R., Koehler P., and Mühling K. H. 2016. Split nitrogen application improves wheat baking quality by influencing protein composition rather than concentration. *Frontiers in plant science*, 7: 738-749.
- Zadoks J. C., Chang T. T., and Konzak C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6): 415-421.
- Zarea Feizabadi A., Koochehi A., and Nasiri mahalati M. 2006. Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(1): 49-70.
- Zhao A. q., Tian X. h., Cao Y. x., Lu X. c., and Liu T. 2014. Comparison of soil and foliar zinc application for enhancing grain zinc content of wheat when grown on potentially zinc-deficient calcareous soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(10): 2016-2022.
- Zhen L., Zoebisch M. A., Chen G., and Feng Z. 2006. Sustainability of farmers' soil fertility management practices: A case study in the North China Plain. *Journal of Environmental Management*, 79(4): 409-419.
- Zheng X., Cui J., Ma C., Zhou J., Fang C., and Zhan Q. 2012. Effects of different fertilization schemes on growth, accumulation and transportation of nutrient elements and yield of wheat in lime-concreted black soil region. *Zhongguo Shengtai Nongye Xuebao/Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 20(5): 550-555.

## Assessment of some Quantitative and Qualitative Characteristics of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Affected by Different Methods of Soil Fertility Management

Aziz Majidi<sup>1\*</sup>, Roghaye Abdolazimzada<sup>2</sup>

(Received: August 2022      Accepted: January 2023)

### Abstract

Imbalanced fertilization is one of the most important problems of wheat production in Iran. This project aimed to assess the effects of soil fertility management based on plant nutrition principles and compare it with farmer's conventional methods in wheat fertilization. The experiment was carried out in three wheat fields (Faghi-Bigloo, Talebabad, and Hassan-Ahabad) located in West Azerbaijan province, during the 2014-2015 growing season. Experimental treatments included farmer's conventional (FCA) and optimum fertilization (OFA) approaches. Management of wheat nutrition for FCA treatment was based on the experiences of wheat growers and for OFA treatment based on the assessment of the field's soil fertility status, using soil test and the latest scientific achievements. The results indicated that there was a significant difference in grain yield characteristics between FCA and OFA treatments ( $p < 0.05$ ). The average grain yield for FCA and OFA was 5601 and 6667 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. With OFA, grain yield improved by 18.96%. The current approach also increased straw weight by 17.58, 12.30, and 7.67% in Faghi-Bigloo, Talebabad, and Hassan-Ahabad, respectively. These values were significant ( $p < 0.05$ ). Moreover, OFA improved the harvest index in experimented fields, except for Faghi-Bigloo. These values were equal to 9.21% and 4.06% for Talebabad and Hassan-Ahabad, respectively. The grain protein content for FCA obtained 11.79%. OFA enhanced it by 15.58% ( $p < 0.05$ ). Additionally, for FCA, the molar ratio of phytic acid to zinc in the grains was in the range of 45-75. With OFA, this ratio was significantly reduced to less than 25 (optimum limit). Generally, it is concluded that soil fertility management based on the principles of plant nutrition is the most accessible solution to achieve optimum crop yields and improve the quality of wheat grains.

**Key words:** Balanced nutrition, Harvest index, Grain yield, Wheat grain enrichment

Majidi A. and Abdolazimzada R. 2023. Assessment of some quantitative and qualitative characteristics of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) affected by different methods of soil fertility management. *Applied Soil Research*, 10(4): 76-91.

1- Associate Prof , Department of Soil and Water Research, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran.

2- MSc., Extension Coordination Management, West Azerbaijan Agricultural Organization, Urmia, Iran.

\* Corresponding Author Email: [A.majidi@areeo.ac.ir](mailto:A.majidi@areeo.ac.ir)