

نوع مقاله: پژوهشی

اثر کودآبیاری، محلول پاشی و بذرمال فسفر، روی، آمینوفسفات و کود کامل بر برخی صفات کیفی دانه و آرد گندم نان

سید شهریار جاسمی^۱ و مهدی شعبان (نویسنده مسئول)^{۲*}

۱- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،

sh.jasemi@gmail.com

۲- مربی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، بروجرد، ایران، Shaaban.mehdi@gmail.com

تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۴

Effect of fertigation, foliar spray and seed inoculation of phosphorus, zinc, aminophosphate and complete fertilizer on some qualitative traits of bread grain and flour of wheat

Seyed Sharyar Jasemi¹ and Mahdi Shaaban (Corresponding Author)^{2*}

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran, sh.jasemi@gmail.com

2- Instructor, Department of Agricultural and Horticultural Sciences, Lorestan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Borujerd, Iran, Shaaban.mehdi@gmail.com

Received: July 2025 Accepted: September 2025

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of phosphorus, zinc, aminophosphate and complete fertilizer application on some qualitative traits of bread wheat grain and flour in the 1401-1402 crop year at the research farm of the Grain Department at the Karaj Institute of Research, Improvement and Seed Preparation. The experiment was conducted as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications. The experimental factors included phosphorus and zinc seed dressing treatment (control, X1 and X2), liquid phosphorus irrigation (application and non-application) and complete fertilizer foliar application (0, 6 and 9 per thousand). The results showed that the effect of phosphorus and zinc seed dressing treatment on bread volume traits and grain hardness index was significant. The effect of liquid phosphorus irrigation on the volume of Zeleny sediment and the effect of complete fertilizer spraying on the bread volume were significant. The interaction effect of liquid phosphorus irrigation and complete fertilizer spraying on the gluten index was significant. The application of liquid phosphorus aminophosphate as an irrigation fertilizer had a positive effect on increasing the volume of Zeleny sediment of wheat flour, and in the liquid phosphorus application treatment, the highest volume of Zeleny sediment was obtained at 26 ml. The highest volume of bread was obtained in the phosphorus seed treatment and on X2 at 500 cubic centimeters. The highest volume of bread was obtained in the 6 per thousand complete fertilizer solution treatment at 498 cubic centimeters. Also, the X2 seed treatment caused the highest grain hardness (47.7). The highest grain gluten index was obtained at 70 and 69.44 percent in the treatment of 9 per thousand complete fertilizer and in the treatments of no application and application of liquid phosphorus aminophosphate, respectively. Based on the results of this study, it was determined that improving wheat nutrition with phosphorus and zinc and complete fertilizer can lead to improved wheat flour quality characteristics, which ultimately can lead to less mixing of strong and weak flours to produce quality bread.

Keywords: Fertilizer, Foliar Spraying, Quality Characteristics, Wheat Nutrition

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
Summer 2025, Vol 20, No 2, Pp 35-46

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر کاربرد فسفر، روی، آمینوفسفات و کود کامل بر برخی صفات کیفی دانه و آرد گندم نان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی بخش غلات در موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمار بذرمال فسفر و روی (عدم کاربرد، بذرمال شرکت X1 و بذرمال شرکت X2)، کودآبیاری فسفر مایع (کاربرد و عدم کاربرد) و محلول پاشی کود کامل (صفر، ۶ و ۹ در هزار) بودند. نتایج نشان داد اثر تیمار بذرمال فسفر و روی بر حجم نان و شاخص سختی دانه معنی دار شد. اثر تیمار کودآبیاری فسفر مایع بر حجم رسوب زلی و اثر تیمار محلول پاشی کود کامل بر حجم نان معنی دار گردید. اثر متقابل کودآبیاری فسفر مایع و محلول پاشی کود کامل بر شاخص گلوتن معنی دار شد. کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به صورت کودآبیاری دارای اثر مثبت بر افزایش حجم رسوب زلی آرد گندم داشت و در تیمار کاربرد فسفر مایع بیشترین میزان حجم رسوب زلی به مقدار ۲۶ میلی لیتر حاصل گردید. بالاترین میزان حجم نان در تیمار بذرمال فسفر و روی شرکت X1 به میزان ۵۰۰ سانتی متر مکعب به دست آمد. بیشترین میزان حجم نان در تیمار ۶ در هزار از محلول کود کامل بود. همچنین تیمار بذرمال شرکت X1 سبب شد که بالاترین میزان سختی دانه حاصل گردد. بالاترین شاخص گلوتن دانه در تیمار کاربرد ۹ در هزار کود کامل و به ترتیب در تیمارهای عدم کاربرد و کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به دست آمد. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص گردید که بهبود تغذیه گندم با فسفر و روی و کود کامل می تواند منجر به بهبود خصوصیات کیفی آرد گندم گردد که در نهایت می توان جهت تهیه نان با کیفیت، اختلاط آردهای قوی و ضعیف به میزان کمتری صورت گیرد.

کلمات کلیدی: تغذیه گندم، خصوصیات کیفی، کودآبیاری، محلول پاشی

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

تابستان ۱۴۰۴، دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۳۵-۴۶

مقدمه و کلیات

در بین گیاهان زراعی مختلف، گندم زراعی با نام علمی *Triticum aestivum* مهمترین غله در دنیا است که منبع اصلی تأمین پروتئین و رژیم غذایی بشر را تشکیل می‌دهد (Abdelaleema and Al-Azab, 2021). به گزارش وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت گندم آبی در کشور ۲/۱۴۲ میلیون هکتار (حدود ۳۸٪ از کل مزارع تحت آبیاری کشور) و سطح زیر کشت گندم دیم ۴/۱۲۶ میلیون هکتار (حدود ۷۵٪ از کل مزارع دیم کشور) می‌باشد. رشد روزافزون جمعیت از یک طرف و محدودیت شدید زمین‌های زراعی و منابع تأمین کننده آب ایجاب می‌کند تا به منظور تأمین غذای مورد نیاز، بازنگری در روش‌های متداول کشاورزی و استراتژی‌های مربوط به استفاده بیشتر و بهینه از زمین و افزایش تولید در واحد سطح در زمینه غلات و به ویژه گندم، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. در کنار اصلاح و معرفی ارقام با پتانسیل عملکرد بالا، بهینه‌سازی مدیریت مزرعه برای افزایش عملکرد در واحد سطح و همچنین بهبود کیفیت گندم می‌تواند نقش موثری داشته باشد. یکی از مهمترین عوامل به زراعی در افزایش کمیت و کیفیت محصول بکارگیری صحیح نهاده‌های کشاورزی از جمله کودها و تنظیم کننده‌های رشد است. به تازگی توجه به تنظیم‌کننده های رشد به عنوان یک روش کاربردی و سریع برای دست‌ورزی رشد گیاهان افزایش یافته است. استفاده سیستمی از تنظیم کننده های رشد از دهه ۱۹۳۰ میلادی آغاز شده است و روز به روز بر اهمیت و مصرف آنها افزوده می‌شود (Rademacher, 2015). در گندم‌های هگزاپلوئید کنونی تجمع ژنوم

AABBDD از ترکیب سه نوع گندم قدیمی روی کیفیت نانوائی گندم اثرگذار بوده و سبب شده گندمی تولید شود که دارای کیفیت بالا جهت اهداف نانوائی باشد (Gordon et al., 2018). به منظور بررسی خصوصیات کیفی گندم، باید شاخص‌هایی وجود داشته که بررسی آن‌ها بتواند نیم‌رخ از وضعیت کیفی و خاصیت نانوائی آرد آن ارائه نماید. برخی از اجزایی که در کیفیت خمیر و نان گندم دخیل هستند، عبارتند از مقدار خاکستر کل، پروتئین کل، گلوتن خشک، شاخص گلوتن، حجم رسوب زلنی و عدد فالینگ که اطلاعات جامعی در مورد پتانسیل کیفیت نانوائی گندم ارائه می‌دهند (Lacko-Bartošová et al., 2022). میزان پروتئین گندم تأثیر مستقیمی بر کیفیت نان دارد و افزایش پروتئین می‌تواند ضایعات نان را به حداقل برساند. گلوتهین و گلیادین در مجموع پروتئین گندم را تشکیل داده که اثر مستقیم در کیفیت خمیر، کشسانی و خاصیت پخت نان دارند. مطالعه پروتئین‌های گلوتهین پلیمری در محلول سولفات دودسیل سدیم (SDS) به عنوان روش نوینی برای پیشگویی خواص کمی و کیفی گندم، خمیر و نان مطرح است. همچنین، شاخص گلوتن پارامتری است که کشسانی گلوتن را ارزیابی نموده و خاصیت تکنولوژیکی آرد را تعیین می‌کند (Horvat et al., 2021). حجم مناسب رسوب SDS گندم‌هایی که ۱۳ درصد پروتئین دارند، هم‌بستگی بسیار بالایی با گلوتن و کیفیت مناسب نانوائی دارد (Sadeghi and Dehghani, 2016). اگر چه بسیاری از صفات کیفی گندم تحت تأثیر محیط هستند، ولی عواملی همچون تغذیه نیز می‌تواند در این امر دخیل باشند (جاسمی و همکاران، ۱۳۹۳). اثر

کودهای مختلف با روش های مختلف بر خصوصیات کیفی آرد و دانه گندم می باشد.

فرآیند پژوهش

این مطالعه به منظور بررسی اثر کودآبیاری، محلول‌پاشی و بذرمال فسفر، روی، آمینوئوسفات و کود کامل بر برخی صفات کیفی دانه و آرد گندم نان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی بخش غلات در موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمار بذر مال با ترکیبات فسفر و روی (در سه سطح شاهد، بذر مال شرکت X1 و بذرمال شرکت X2)، کودآبیاری فسفر مایع آمینوئوسفات (در دو سطح شاهد و دوبار کاربرد به میزان ۱۰ لیتر در هکتار در هر بار مخلوط با آب آبیاری) و محلول‌پاشی با کود کامل (در سه سطح صفر، ۶ در هزار و ۹ در هزار دو بار محلول‌پاشی در مرحله اواخر پنجه زنی و ساقه رفتن گندم) بودند. رقم گندم مورد بررسی در این آزمایش رقم امین (رقم جدید و پریپتانسیل و مناسب منطقه معتدل) بود. هر تیمار بر روی چهار پشته به عرض ۶۲ سانتی‌متر و به طول شش متر که هر پشته نیز از سه خط به فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر کشت شدند (که با احتساب حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه مساحت هر کرت ۱۲/۵ مترمربع بود). همچنین برای جلوگیری از اختلاط اثرات تیمارهای کودی کرت‌ها بین هر کرت یک پشته نکاشت قرار گرفت. پیش از کاشت، بذر مورد نیاز برای هر پلات براساس تراکم بذر ۴۰۰ دانه و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه

تغذیه بر خصوصیات کیفی گندم می‌تواند تعیین کننده کیفیت نان تولیدی بوده و در این زمینه هم مطالعات کمی صورت گرفته که نیاز به انجام مطالعات بیشتر در این حوزه می‌باشد. جدای از کاربرد سنتی کودها، کاربرد کودها به صورت محلول‌پاشی به عنوان یک مکمل برای کوددهی و تکنیکی مؤثر جهت ارتقای رشد گیاه و توان گیاهان زراعی بوسیله جذب سریع و سرعت بخشیدن به انتقال عناصر جذب شده از برگ‌ها به بخش‌های مختلف می باشد (سلطانی، ۱۳۹۹). در مطالعه‌ای که روی گندم صورت گرفت مشخص شد که کاربرد کودهای NPK روی خصوصیات کیفی گندم از جمله میزان و شاخص گلوتن اثر مثبت داشت و تا حدودی کیفیت گلوتن را بهبود بخشید (Alda et al., 2010). همچنین بیان شده که خصوصیات کیفی از قبیل میزان و شاخص گلوتن و سختی دانه تحت تأثیر کاربرد کودهایی از قبیل نیتروژن قرار داشته و با کاربرد مقادیر مناسبی از این کود میزان پروتئین نیز افزایش یافته است (Duric et al., 2010). در یک مطالعه دیگر روی گندم مشخص شد که کاربرد کودهای حاوی گوگرد می‌تواند خصوصیات کیفی دانه و آرد گندم را بهبود بخشد (Zorb et al., 2010). کیفیت گلوتن و گلیادین گندم با کاربرد کودهای نیتروژنی به دلیل اثر مثبت بر میزان پروتئین آنها بهبود یافته که ناشی از واکنش مثبت دانه گندم از نظر کیفی به کاربرد کود است (Johansson et al., 2004). لذا با توجه به مطالعات کمی که روی اثر کاربرد کودهای مختلف روی خصوصیات کیفی گندم و آرد صورت گرفته است، هدف از اجرای این مطالعه بررسی اثر کاربرد

کامل (برای ارزیابی میزان پروتئین، گلوتن مرطوب و سختی دانه) از آسیاب چکشی آزمایشگاهی (Laboratory Mill 3100) و برای تهیه آرد سفید فاقد سبوس (برای اندازه‌گیری عدد زلنی و ارتفاع رسوب SDS و کیفیت پروتئین گلوتن) از آسیاب غلطکی (Brabender) استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه از استاندارد تدوین شده توسط انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا (AACC) شماره ۱۰-۴۶ (AACC, 2000) و روش کج‌لدال استفاده شد. بدین منظور، مقدار یک گرم نمونه توزین و پس از قرارگیری در لوله هضم، مقدار ۰/۸ گرم کاتالیزور روی آن ریخته و سپس سه میلی‌لیتر اسید سولفوریک به نمونه‌ها اضافه گردید. پس از این مرحله، نمونه‌ها به همراه لوله روی اجاق هضم قرار گرفته و به آهستگی حرارت داده شدند. پس از اینکه محتویات لوله، بی‌رنگ و زلال گردید، به مدت ۲۰ دقیقه دیگر عملیات هضم ادامه یافت و در ادامه پس از سرد شدن لوله‌ها، به هر لوله ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و پس از ورتکس کردن، لوله به طور مستقیم در دستگاه اندازه‌گیری نیتروژن قرار گرفته و با تنظیم ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین، میزان پروتئین نمونه‌ها محاسبه گردید (Jasemi et al., 2017). برای اندازه‌گیری میزان گلوتن مرطوب از استاندارد AACC شماره ۱۱-۳۸ استفاده شد (AACC, 2000). بدین منظور مقدار ۱۰ گرم نمونه آرد به اتاقک شستشوی دستگاه گلوتن‌شوی (Pertin, Sweden) انتقال داد شد و سپس مقدار ۴/۸ میلی‌لیتر محلول آب نمک دو درصد به نمونه‌ها اضافه و عمل مخلوط کردن و شستشو به مدت دو دقیقه انجام گردید. بعد از یک مرحله، شستشو در زیر جریان

رقم امین تهیه و با قارچ کش کاربوکسین تیرام ضدعفونی شدند. در روز کاشت، بذور مربوط به تیمارهای تنظیم کننده رشد (سید تریتمنت ۱۰-۱۰) با ترکیب توصیه شده توسط شرکت سازنده (چهار لیتر برای هر تن بذر که به نسبت دو تا پنج برابر با آب رقیق شد) بطور کامل بذر مال گردید و پس از خشک شدن اقدام به کاشت با بذر کار آزمایشی شد. تهیه زمین و عملیات کشت براساس روش معمول اجرای آزمایش‌های غلات ایستگاه مربوطه بود. کودهای پتاس و فسفر و یک سوم کود نیتروژن در زمان کاشت و بقیه کود نیتروژن در مراحل پنجه‌زنی، ظهور سنبله و دانه‌بندی بصورت سرک مصرف گردید. تیمار کود فسفر مایع در دو مرحله یکی پس از کشت با آبیاری اول یا دوم و سپس در شروع رشد مجدد در بهار تا پیش از گلدهی به نسبت ۱۰ لیتر کود در آب آبیاری اعمال شد. همچنین تیمارهای کود کامل نیز در دو مرحله اواخر پنجه‌زنی و همچنین مرحله ساقه رفتن گندم بصورت محلول‌پاشی اعمال گردید. روش آبیاری با استفاده از لوله‌های تیپ بوده و در زمان مناسب با علف‌های هرز بصورت مکانیکی و یا شیمیایی مبارزه گردید. پس از برداشت با ارسال نمونه‌ها از تیمارهای آزمایش به آزمایشگاه شیمی غلات بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، صفات مربوط به کیفیت دانه ارزیابی شدند. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بوجاری آزمایشگاهی (مدل a/s Rationel Kornservice)، بوجاری گردید و گرد و خاک، کاه و کلش، بذر سایر محصولات و علف‌های هرز و سایر مواد، به غیر از بذر گندم، از محموله‌های بذری جداسازی گردید. برای تهیه آرد

استراحت، ارتفاع محتویات در حالت عمودی به عنوان ارتفاع رسوب SDS اندازه‌گیری گردید (Jasemi et al., 2017). تجزیه داده‌ها و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS v 9.1 انجام گردید و رسم نمودار با نرم‌افزار excell انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار بذرمال فسفر و روی بر روی صفات حجم نان و شاخص سختی دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. همچنین نتایج نشان داد اثر تیمار کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات بر صفت حجم رسوب زلنی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. نتایج همچنین نشان داد اثر تیمار دوبار محلول‌پاشی کود کامل بر صفت حجم نان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. در بین اثرات متقابل نیز فقط اثر متقابل کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات و دوبار محلول‌پاشی کود کامل در سطح احتمال پنج درصد بر صفت شاخص گلوتن معنی‌دار شد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

ملایم با آب سرد (به منظور حذف ذرات نشاسته و سبوس)، مجدداً اتاقک به دستگاه وصل و عمل شستشو تا تکمیل شستشوی گلوتن باقیمانده به طور متوالی ادامه یافت. در پایان گلوتن مرطوب به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم و روی صفحات مشبک سانتریفیوژ قرار داده شد تا رطوبت اضافی آن خارج و میزان گلوتن مرطوب بر حسب وزن نمونه اولیه ثبت گردید (Jasemi et al., 2017). برای ارزیابی میزان سختی دانه از دستگاه NIR (Pertin, Sweden) استفاده شد. شاخص یا عدد زلنی نیز با استفاده از استاندارد AACC به شماره ۵۴-۱۱ محاسبه شد (AACC, 2000). اندازه‌گیری ارتفاع رسوب SDS با استفاده از روش (Carter et al., 1999) انجام گردید. در این روش مقدار ۰/۶ گرم آرد نمونه با درجه استخراج ۷۵ درصد با چهار میلی‌لیتر آب مقطر درون لوله آزمایش قرار داده و به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شدند. پس از پنج دقیقه استراحت مقدار ۱۲ میلی‌لیتر محلول سدیمانتاسیون (Sedimentation) شامل نسبت حجمی ۱ به ۴۸ از SDS ۱/۵ درصد و اسید لاکتیک ۸۵ درصد در آب (۱:۸) به لوله اضافه شده و عمل ورتکس به مدت ۴۰ ثانیه روی شیکر زلنی صورت گرفت. بعد از پنج دقیقه استراحت، عمل مخلوط کردن ۴۰ ثانیه ادامه و در خاتمه بعد از سپری شدن ۱۰ دقیقه

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات کیفی دانه و آرد گندم تحت تأثیر کاربرد بذرمال و محلول‌پاشی فسفر، روی و کود کامل

Table 1- Analysis of variance of wheat grain and flour quality traits under the influence of seed dressing application and foliar application of phosphorus, zinc and complete fertilizers

منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین دانه	حجم رسوب زلنی	حجم نان	شاخص سختی دانه	گلوتن مرطوب	شاخص گلوتن	ارتفاع رسوب SDS
تکرار	۲	۱/۸۵	۳۰/۸۸	۸۶۰	۳۹/۷۹	۹/۰۱	۴۷۳	۹۴
بذرمال فسفر و روی (a)	۲	۰/۲۴	۳/۱۶	۱۸۵۰*	۱۸/۰۷*	۱/۶۸	۴۴	۱۸

۲۱	۳	۳/۶۲	۲/۲۴	۴۵۶	۲۴*	۰/۱۳	۱	کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات (b)
۳	۴۶	۰/۷۹	۵/۱۲	۱۲۱۴*	۱/۷۲	۰/۰۰۷	۲	دوبار محلول پاشی کود کامل (c)
۲۷	۳۵۵	۰/۴۶	۵/۶۲	۴۶۳	۴/۳۸	۰/۰۲	۲	a*b
۷	۶۶۱*	۲/۰۱	۰/۵۷	۱۶۰	۰/۳۸	۰/۰۲	۲	b*c
۱۶	۳۲۹	۲/۶۸	۱/۵۱	۷۵۳	۴/۳	۰/۰۹	۴	a*c
۹	۵۷	۰/۸۵	۱/۷۹	۳۷۶	۰/۸۶	/۰۴	۴	a*b*c
۱۰	۱۹۲	۲/۴۶	۴/۱۱	۴۴۶	۵/۰۶	۰/۲۵	۳۴	خطا
۴/۰۸	۲۱/۴۵	۶/۲۶	۴/۳۴	۴/۲۹	۸/۸۸	۴/۳۶	-	ضریب تغییرات (درصد)

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

* and ** indicate significance at the 5 and 1% levels, respectively

می شود و هرچه این عدد بالاتر باشد، کیفیت نان بهتری خواهد داشت (Gulfam et al., 2024). آرد گندمی که دارای حجم رسوب زلنی کمتر از ۲۵ میلی لیتر باشد، برای اهداف نانوایی مناسب نیست. بررسی صفت حجم رسوب زلنی تیمارهای این مطالعه نشان داد کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به صورت کودآبیاری دارای اثر مثبت بر صفت حجم رسوب زلنی بود و میزان آنرا از ۲۴/۷ تا ۲۶ میلی لیتر افزایش داد که بیانگر افزایش کیفیت می باشد. یکی از دلایل این امر می تواند افزایش میزان جذب فسفر، توسعه ریشه و افزایش میزان جذب موادی از قبیل نیتروژن باشد که پیش ماده سنتز آمینواسیدها هستند و منجر به افزایش کیفیت و در نتیجه افزایش حجم رسوب زلنی نسبت به تیمار شاهد بود. در برخی دیگر از مطالعات به اثر مثبت کاربرد کودهای ریزمغذی و NPK بر بهبود خصوصیات کیفی و افزایش رسوب زلنی گندم اشاره شد (جاسمی و همکاران، ۱۳۹۳). از نظر استاندارد، دانه گندم با حجم رسوب زلنی کمتر از ۲۰ میلی لیتر در دسته ضعیف و دانه گندم با حجم رسوب زلنی

نتایج حاصل را مقایسه میانگین داده ها نشان داد کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به صورت کودآبیاری دارای اثر مثبت بر افزایش حجم رسوب زلنی آرد گندم بود به طوری که با کاربرد کودآبیاری فسفر مایع آمینو فسفات بیشترین میزان حجم رسوب زلنی به مقدار ۲۶ میلی لیتر حاصل گردید. این در حالی بود که در تیمار عدم کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات میزان حجم رسوب زلنی کمتر (۲۴/۷ میلی لیتر) بود و اختلاف بین این دو تیمار از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۲). حجم رسوب زلنی (Zeleny index) یکی از مهمترین آزمونها برای دسته بندی نمونه های گندم بر پایه کمیت و کیفیت گلوتن است (Wiwart et al., 2017). نسبت حجم رسوب زلنی به گلوتن خشک منعکس کننده کیفیت گلوتن می باشد و اختلاف کیفی گلوتن ارقام را به طور واقعی نشان خواهد داد (Mokhtari et al., 2025). در آزمون زلنی، پروتئین گلوتن متورم شده و به شکل رسوب در مدت زمان معینی ته نشین می شود، هر چه محتوای گلوتن و کیفیت بیشتر و بهتر باشد، گلوتن باعث رسوب آهسته تر و افزایش عدد زلنی

گندم می‌تواند روی صفت حجم نان اثر مستقیم داشته باشد (Rekowski et al., 2021)، ولی شرایط تغذیه‌ای گندم نیز با توجه به میزان و حجم گلوتن و گلوتهین تولیدی در پروتئین گندم روی این صفت اثر دارد. در این مطالعه نیز مشخص شد که تیمار بذرمال روی و فسفر روی حجم نان اثر مثبت داشتند و شرکت X1 از این نظر دارای برتری بود. بهبود صفت حجم نان به دلیل کاربرد بذرمال روی و فسفر به دلیل این است که روی در بسیاری از آنزیم‌ها نقش کلیدی داشته و نقش کاتالیزور بازی کرده و با افزایش میزان فعالیت آنزیمی، فعل و انفعالات بیوشیمیایی را بهبود بخشیده و منجر به افزایش حجم نان شد. همچنین فسفر با توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب سایر مواد تغذیه‌ای نقش موثری در بهبود صفت حجم نان داشت. همچنین نتایج بیانگر این مطلب بود که در بین سطوح تیمار محلول‌پاشی کود کامل، در دو مرحله آواخر پهنه‌زنی و همچنین مرحله ساقه رفتن دوبار محلول‌پاشی کود کامل در غلظت ۶ در هزار اثر مثبت بیشتری نسبت به غلظت ۹ در هزار داشت و میزان حجم نان در تیمار ۶ و ۹ در هزار از محلول کود کامل به ترتیب ۴۹۸ و ۴۸۲ سانتی‌مترمکعب بود و اختلاف بین این دو تیمار از نظر آماری معنی‌دار بود. افزایش غلظت کاربرد کود کامل از ۶ در هزار به ۹ در هزار سبب شد که حجم نان به کمترین میزان خود کاهش یافته و حتی از تیمار شاهد (۴۹۵ سانتی‌مترمکعب) نیز کمتر بود (جدول ۲). اثر مثبت کاربرد کود بر خصوصیات کیفی آرد گندم و حجم نان در برخی دیگر از مطالعات گزارش شده (Duric et al., 2010; Zorb et al., 2010)، که با

بیشتر از ۴۹ میلی‌لیتر در دسته فوق‌العاده قوی قرار می‌گیرند (Najafian et al., 2021). پس در این مطالعه هر چند که کیفیت همه تیمارهای مورد مطالعه از نظر صفت حجم رسوب زلنی مطلوب بود ولی با کاربرد فسفر مایع به صورت کودآبیاری این کیفیت افزایش بیشتر نشان داد. نه تمامی پروتئین‌های موجود در دانه گندم برای نانوائی مناسب هستند و نه همه آن‌ها بر کیفیت نان تأثیر گذارند، در نتیجه در آزمون زلنی تمرکز به ارزیابی کیفیت پروتئین‌های گلوتهین با وزن مولکولی بالا بوده که قابلیت تورم و رسوب دارند و میزان تورم این زیرواحدها، به عنوان معیاری برای ارزیابی کیفیت پروتئین آرد تحت عنوان شاخص زلنی می‌باشد (Peighambardoust, 2017). لذا در این مطالعه میزان این پروتئین‌های مطلوب با کاربرد کودآبیاری آمینو فسفات افزایش یافت. کاربرد فسفر و روی بر حجم نان حاصل از گندم‌هایی که تحت تأثیر بذرمال این تیمار قرار داشتند اثر مثبت داشت. بر این اساس هر دو تیمار بذرمال فسفر و روی شرکت X1 و X2 منجر به افزایش حجم نان گردید ولی بالاترین میزان حجم نان در تیمار بذرمال فسفر و روی شرکت X1 به میزان ۵۰۰ سانتی‌مترمکعب به دست آمد، در حالی که حجم نان در تیمار بذرمال شرکت X2 حدود ۴۹۶ سانتی‌مترمکعب بود و بین این دو تیمار اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید. این در حالی بود که کمترین میزان حجم نان به مقدار ۴۸۱ سانتی‌مترمکعب مربوط به تیمار شاهد بود و این تیمار با دو تیمار بذرمال از نظر آماری دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). هر چند شرایط آب و هوایی رشد

یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. در مطالعه جاسمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز به اثر مثبت کاربرد کودهای ماکرو و میکرو بر حجم نان اشاره شد. نتایج نشان داد شاخص سختی دانه تحت تأثیر تیمار بذر مال فسفر و روی قرار گرفت و هر چند که بین دو تیمار بذر مال شرکت X1 و X2 اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بذر مال شرکت X1 (۷/۷) نسبت به بذر مال X2 (۶/۶) بهتر بود و بذر مال شرکت X1 نسبت به تیمار شاهد (۵/۷) اختلاف آماری معنی‌دار داشت در حالی که بذر مال X2 اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (جدول ۲). سختی دانه یکی از شاخص‌های کلیدی در سنجش کیفیت دانه بوده و بسیاری از کشورها از آن برای طبقه‌بندی تجاری رقم‌های گندم نان استفاده می‌کنند. این ویژگی به‌عنوان یک شاخص ژنتیکی، نمایانگر تراکم و فشردگی گرانول‌های نشاسته در آندوسپرم دانه است (Najafian et al., 2021). در دانه‌های گندم با شاخص سختی دانه بالا، گرانول‌های نشاسته با سایر ترکیبات غیر پروتئینی و اجزای غیر نشاسته‌ای محکم به هم دیگر چسبیده‌اند. به‌طور کلی گندم‌های با شاخص سختی دانه بیشتر، دارای آندوسپرم سخت و شیشه‌ای بوده و همچنین مقدار و کیفیت پروتئین بیشتری دارند. با افزایش سهم پروتئین دانه، فضاهای خالی بین سلول‌های آندوسپرم کم شده و در نتیجه، سختی دانه افزایش یافته و بنابراین، شاخص سختی در کیفیت آسیاب نیز تأثیر می‌گذارد و دانه‌های سخت به نیروی بیشتری جهت آرد شدن نیاز

دارند و خسارت نشاسته‌ای بیشتری خواهند داشت و برای خمیر شدن نیز به آب بیشتری نیاز دارند (Gulfam et al., 2024). بطور کلی، گندم‌های سخت معمولاً دارای مقدار و کیفیت پروتئین بالاتری هستند، آندوسپرم آن‌ها سخت و شیشه‌ای بوده و در فرآیند آسیاب، میزان استخراج آرد بیشتری را فراهم می‌کنند، که به طبیعت زبر آرد منجر می‌شود. همچنین، میزان نشاسته آسیب دیده مکانیکی در آرد گندم‌های سخت، بیش از گندم‌های نرم است. در نتیجه، خواص نانوائی گندم‌های سخت به مراتب بهتر از گندم‌های نرم است (Peighambardoust, 2017). درجه سختی بالاتر در دانه گندم بیانگر کیفیت بالاتر در دانه گندم از نظر نانوائی و پخت می‌باشد (Lindgren and Simsek, 2016). بطور کلی دانه‌های گندم با شاخص سختی دانه ۶۴-۴۵ به لحاظ درجه‌بندی در دسته متوسط سخت قرار می‌گیرند (Peighambardoust, 2017). کاربرد بذر مال روی و فسفر در هر دو تیمار شرکت X1 و شرکت X2 صرف نظر از نوع منبع تهیه کننده آنها بیانگر اثر مثبت این دو عنصر به صورت بذر مال بر افزایش کیفیت و در نتیجه افزایش سختی دانه است. هر چند که در این مطالعه تیمار بذر مال تهیه شده از شرکت X1 نسبت به X دارای ارجحیت بود. در مطالعه جاسمی و همکاران (۱۳۹۳) عنوان گردید که کاربرد کودهای ریزمغذی و همچنین NPK میزان شاخص سختی دانه را افزایش داد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه در یک راستا قرار داشتند.

اثر کودآبیاری، محلول‌پاشی و بذرمال فسفر، روی، آمینوفسفات و کود کامل بر برخی صفات کیفی دانه و آرد گندم نان ۴۳

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات کیفی دانه و آرد گندم تحت تأثیر کاربرد بذرمال و محلول‌پاشی فسفر، روی و کود کامل

Table 2- Comparison of average quality traits of wheat grain and flour under the influence of seed dressing application and foliar spraying of phosphorus, zinc and complete fertilizers

تیمار	پروتئین دانه (درصد)	حجم رسوب زنی (میلی لیتر)	حجم نان (سانتی متر مکعب)	شاخص سختی دانه	گلوتن مرطوب (درصد)	شاخص گلوتن (درصد)	ارتفاع رسوب SDS (میلی متر)
بذر مال	۱۱/۵a	۲۴/۹a	۴۸۱b	۴۵/۷b	۲۴/۸a	۶۳/۳a	۷۸/۲a
فسفر و روی	۱۱/۷a	۲۵/۸a	۴۹۶a	۴۷/۷a	۲۵/۱a	۶۶/۳a	۷۸/۱a
بذر مال شرکت X2	۱۱/۶a	۲۵/۳a	۵۰۰a	۴۶/۶ab	۲۵/۴a	۶۴/۱a	۷۶/۴a
کودآبیاری فسفر مایع	۱۱/۶a	۲۴/۷b	۴۹۵a	۴۶/۵a	۲۴/۸a	۶۴/۸a	۷۸/۲a
آمینوفسفات	۱۱/۷a	۲۶a	۴۸۹a	۴۶/۹a	۲۵/۳a	۶۴/۳a	۷۷a
دوبار محلول‌پاشی	۱۱/۶a	۲۵/۴a	۴۹۵ab	۴۶/۸a	۲۴/۸a	۶۲/۷a	۷۷/۱a
کود کامل	۱۱/۵a	۲۵a	۴۹۸a	۴۶/۱a	۲۵/۲a	۶۵/۳a	۷۸a
غلظت ۹ در هزار	۱۱/۶a	۲۵/۶a	۴۸۲b	۴۷/۲a	۲۵/۲a	۶۵/۷a	۷۷/۶a

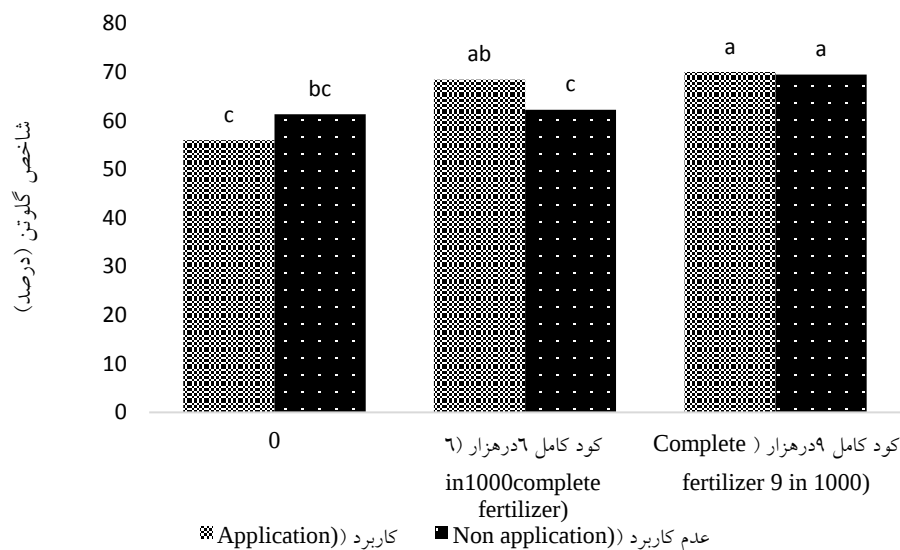
میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند

Means that have at least one letter in common do not have a statistically significant difference

شاخص گلوتن دانه گندم تحت تأثیر متقابل محلول‌پاشی کود کامل و کاربرد کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات قرار گرفت. نتایج نشان داد در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد فسفر مایع، محلول‌پاشی کود کامل در دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه رفتن و در دو غلظت ۶ و ۹ در هزار دارای اثر مثبت بر افزایش شاخص گلوتن دانه بود. بالاترین شاخص گلوتن دانه به مقادیر ۷۰ و ۶۹/۴۴ درصد در تیمار کاربرد ۹ در هزار کود کامل و به ترتیب در تیمارهای عدم کاربرد و کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به دست آمد. در هر دو سطح از دو تیمار کاربرد و عدم کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به صورت کودآبیاری، عدم کاربرد کود کامل سبب شد که مقدار شاخص گلوتن دانه کمترین میزان بوده و در بین سطوح تیماری کمترین شاخص گلوتن دانه به مقدار ۵۶ درصد در تیمار عدم کاربرد کود کامل و عدم کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات حاصل گردید (شکل ۱). مهم‌ترین ماده پروتئینی در گندم گلوتن است که ۸۰ درصد آن را گلیادین و گلوتنین تشکیل داده و هر دو در آب نامحلول هستند (Najafian et al., 2021). شاخص گلوتن علاوه بر شرایط آب و هوایی به تغذیه گیاه نیز بستگی داشته و در این مطالعه مشخص شد که در هر دو سطح از کاربرد و عدم کاربرد فسفر مایع آمینوفسفات به صورت کودآبیاری، محلول‌پاشی کود کامل بدر غلظت ۶ در هزار دارای اثر بهتری نسبت به محلول‌پاشی در غلظت ۹ در هزار بود. کاهش شاخص گلوتن با افزایش غلظت کاربرد کود کامل ممکن است به دلیل خاصیت سمیت و یا نمکی این ماده بوده که با بستن روزنه‌ها

از ۶۵ درصد، کیفیت نان برای اهداف پخت مطلوب نمی‌باشد (Migliorini *et al.*, 2016). در این مطالعه نیز با توجه به محدوده استاندارد مشخص شد که کاربرد کود کامل به صورت محلول‌پاشی و برهمکنش آن به کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات منجر به افزایش این شاخص از محدوده ۵۶ (نامطلوب) تا ۷۰ (مطلوب جهت پخت نان) گردید که می‌تواند یک راهکار جهت افزایش کیفیت آرد گندم و راه‌کاری جهت کاهش میزان اختلاط آردهای با کیفیت بالا به همراه آردهای با کیفیت پایین باشد.

در گیاه و عدم ورود دی اکسید کربن همراه بوده و از طرفی بسته شدن روزنه‌ها با کاهش تعرق در گیاه و به دنبال آن کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه همراه بوده که در نهایت منجر به کاهش کیفیت و شاخص گلوتن شده است. شاخص گلوتن در ارتباط با کشسانی و الاستیسیته گلوتن است. شاخص گلوتن رفتار کیفی آرد را مشخص نموده و هیچ ارتباطی با مقدار پروتئین در دانه گندم ندارد و یکی از معیارهای سنجش پروتئین گندم است که به طور هم‌زمان امکان ارزیابی کمی و کیفی گلوتن را فراهم می‌کند (Bonfil and Posner, 2012). مقدار متوسط شاخص گلوتن آرد گندم بین ۶۵ تا ۸۰ درصد بوده و در مقادیر کمتر



شکل ۱- اثر متقابل محلول‌پاشی کود کامل و کودآبیاری فسفر مایع آمینوفسفات بر شاخص گلوتن دانه گندم (میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 1- Interaction effect of foliar spraying of complete fertilizer and liquid aminophosphate phosphorus irrigation fertilizer on wheat grain gluten index (Means that have at least one letter in common do not have a statistically significant difference)

نتیجه‌گیری کلی

علاوه بر شرایط آب و هوایی، شرایط تغذیه نیز بر کیفیت گندم اثر دارد. در این مطالعه مشخص شد که بهبود تغذیه گندم با فسفر مایع آمینوفسفات، بذرمال فسفر و روی و محلول‌پاشی کود کامل می‌تواند منجر به بهبود خصوصیات کیفی آرد گندم گردد که در نهایت می‌توان جهت تهیه نان با کیفیت به جای اختلاط آردهای قوی و ضعیف با هم، مزرعه را از نظر این مواد تغذیه نمود تا نیاز به اختلاط آردها با هم به حداقل برسد.

منابع

- cultivar, fertilization, herbicide application and climate conditions, in winter wheat. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 14(2): 23-26.
- 6) Bonfil, D.J., and E.S, Posner. 2012. Can bread wheat quality be determined by gluten index?. *Journal of Cereal Science*, 56: 115-118.
- 7) Carter, B. P., Morris, C. F., and J.A. Anderson. 1999. Optimizing the SDS Sedimentation Test for End-Use Quality Selection in a Soft White and Club Wheat Breeding Program. *Cereal Chemistry*, 76(6): 907-911.
- 8) Duric, V., Kondic -Spika, A., Hristov, N. and J, Popov-Rajic. 2010. The effects of nitrogen nutrition and glutenin composition on the gluten quality in wheat genotypes. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 16(1): 73-78.
- 9) Gordon, E., Kaviani, M., Kagale, S., Payne, T., and A, Navabi. 2018. Genetic diversity and population structure of synthetic hexaploid-derived wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions. *Genetic Resource and Crop Evolution*, 66: 335-348.
- 10) Gulfam, R., Kiarostami, K., Lohrasbi, T., Hasrak, S., and Razavi. 2024. Effect of drought stress on traits related to baking quality of two bread wheat cultivars. *Agricultural Sciences Research in Arid Regions*, 6(4): 223-240
- 11) Horvat, D., Šimić, G., Dvojković, K., Ivić, M., Plavšin, I., and D, Novoselović. 2021. Gluten Protein Compositional Changes in Response to Nitrogen Application Rate. *Agronomy*, 11: 325. DOI:10.3390/agronomy11020325.
- 12) Jasemi, Sh., Naghipour, F., Sanjani, A., Esfandyaripour, A., Khorsandi, H. and G, Najafian. 2017. Evaluation of quality properties of four wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in wheat producing provinces, Iran. *Iranian Journal of crop sciences*, 19(2): 179-195.
- 13) Johansson, E., Prieto-Linde, M. L. and G, Svensson. 2004. Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in
- ۱) جاسمی، س.ش.، اکبری، غ. ع.، مرادی، ف.، اکبری، غ.ع. و گ، نجفیان. ۱۳۹۳. اثر کودهای پرمصرف و کم مصرف بر عملکرد و صفات مرتبط با کیفیت دو رقم گندم. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲(۲): ۱۱۹-۱۳۳.
- ۲) سلطانی، ش. ۱۳۹۹. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مقایسه تأثیر کاربرد سولفات روی با روی و آهن کالت شده با اسید آمینه گالیسین بر عملکرد، اجزای عملکرد و تجمع روی و آهن دانه برنج رقم هاشمی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- 3) AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- 4) Abdelaleema, M.A. and K.F, Al-Azab. 2021. Evaluation of flour protein for different bread wheat genotypes. *Brazilian Journal of Biology*, 81(3): 719-727.
- 5) Alda, L. M., Lazureanu, A., Alda, S., Baluta, D., Sirbulescu, C. and I, Gogoasa. 2010. Wet gluten analysis depending on

- 21) Rekowski, A., Wimmer, M.A., Tahmasebi, S., Dier, M., Kalmbach, S., Hitzmann, B., and C, Zörb. 2021. Drought Stress during Anthesis Alters Grain Protein Composition and Improves Bread Quality in Field-Grown Iranian and German Wheat Genotypes. *Applied Sciences*, 11(21): 9782. doi:10.3390/app11219782.
- 22) Sadeghi, F., and H, Dehghani. 2016. Factor analysis and causality of traits related to baking quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Breeding*, 8(19): 8-1.
- 23) Wiwart, M., Szafránska, A., Wachowska, U. and E, Suchowilska. 2017. Quality Parameters and Rheological Dough Properties of 15 Spelt (*Triticum spelta* L.) Varieties Cultivated Today. *Cereal Chemistry*, 94: 1037–1044. DOI:10.1094/CCEM-05-17-0097-R.
- 24) Zorb, C., Grover, C., Steinfurth, D. and K.H, Muhling. 2010. Quantitative proteome analysis of wheat gluten as influenced by N and S nutrition. *Plant and Soil*, 327(2): 225-234.
- Swedish wheat cultivars. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167: 345-350.
- 14) Lacko-Bartošová, M., Lacko-Bartošová, L., Kaur, A., and J, Moudrý. 2022. Comparative Assessment of Agro-Morphological and Quality Traits of Ancient Wheat Cultivars Grown under Organic Farming. *Agriculture*, 12: 1476. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091476>.
- 15) Lindgren, A., and S, Simsek. 2016. Evaluation of hard red spring wheat mill stream fractions using solvent retention capacity test. *Journal of Food Process Preservation*, 40(2): 131–139..
- 16) Migliorini, P., Spagnolo, S., Torri, L., Arnoulet, M., Lazzerini, G., and S, Ceccarelli. 2016. Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy. *European Journal of Agronomy*, 79: 131–141.
- 17) Mokhtari, N., Majidi, M.M., and A, Mirlohi. 2025. Synthetic wheat as a new source of flour quality under drought conditions: Associations with solvent retention capacity. *PLoS ONE*, 20(2): e0316945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316945>.
- 18) Najafian, G., Jasemi, Sh., Naghipour, F., Sanjani, S., Esfandiaripour, E., Kaboli, M.M., Karimzadeh, Kh., Khorsandi, H., Pour Payghambar H. A., MortezaGholi, M., Bababie Goli, B., Shafiepour, M. T., and E.S, Moslehi. 2021. Quality properties mapping and evaluation of farmers' field produced wheat of different regions of Iran at provincial and district levels. Agricultural Education Publication. Tehran. 191 pp.
- 19) Peighambardoust, S. H. 2017. Rheology Test Methods: Wheat, Flour and Dough: Amidi Publications. Tabriz. 67 pp.
- 20) Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulature*, 34(4): 845-872.