

Grain Yield and Some Agronomic Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Influenced by Glycinebetaine and Humic Acid Application under dryland farming condition

Aziz Majidi^{1*}, Gholamreza Khalilzadeh², Farhad Rejali³

Received: January 16, 2021 Accepted: June 29, 2021

1- Assist. Prof., Soil and Water Research Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran.

2- Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Dept., Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, West Azarbaijan, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran.

3- Assoc. Prof., Soil Biology Research Dept., Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: Az.majidi89@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Optimum fertilization management in rainfed agriculture is one of the most important factors in improving grain yield and quality of wheat. Evaluation of humic acid (HA) and glycinebetaine (GB) effects on grain yield and some agronomic traits of wheat under dryland farming condition were important objectives of this study.

Materials and Methods: A field study was carried out as split factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications during 2017-19 in Dryland Agriculture Research Station of West Azerbaijan province. The main plot included Baran and Azar2 cultivars, the first sub plot was seed treatment with and without 5% HA solution and the second sub plot was foliar application with 100 mM GB and control at the first stem node and pregnancy development stages.

Results: The results showed a significant difference between Baran and Azar2 cultivars in terms of grain phosphorus concentration and its amount in Baran cultivar was 5.35% higher than Azar2 cultivar. HA significantly increased 1000-grain weight (2.94%), grain yield (5.76%) and grain phosphorus concentration (2.64%) traits. GB foliar application increased traits of 1000-grain weight (3.83%), number of grains spike⁻¹ (5.28%), number of spikes m⁻² (13.03%), grain yield (8.49%) and grain protein content (4.54%). In Baran cultivar, the interaction of HA and GB had no effect on harvest index, but in Azar2 cultivar, GB without HA increased the harvest index by 6.91%.

Conclusion: It is generally concluded that HA seed treatment and GB foliar application increases grain yield and protein content of rainfed wheat and can be applied as an effective method to improve Wheat production in dryland farming conditions.

Keywords: Azar2, Baran, Foliar Application, Grain Yield, Seed Treatment

تأثیر اسید هیومیک و گلیسین بتائین بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم

عزیز مجیدی^{۱*}، غلامرضا خلیل زاده^۲، فرهاد رجالی^۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۸

۱-استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۲-استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۳-دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: Az.majidi89@gmail.com

چکیده

اهداف: مدیریت بهینه کوددهی در شرایط دیم، یکی از مهمترین عوامل بهبود عملکرد و کیفیت دانه گندم است. بررسی تأثیر اسید هیومیک و گلیسین بتائین بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی گندم دیم، از اهداف مهم این پژوهش بودند.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم آذربایجان غربی اجرا شد. عامل اصلی شامل ارقام باران و آذر۲، عامل فرعی اول اسید هیومیک در دو سطح (پیش‌تیمار با محلول پنج درصد اسید هیومیک و عدم پیش‌تیمار) و عامل فرعی دوم شامل گلیسین بتائین در دو سطح (محلول پاشی ۱۰۰ میلی‌مولار و شاهد در مرحله اولین گره ساقه و مرحله نمو آبستنی) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشانگر تفاوت معنی‌دار بین دو رقم باران و آذر۲ از نظر غلظت فسفر دانه بوده و مقدار آن در رقم باران ۵/۳۵ درصد بیشتر از رقم آذر۲ بود. اسید هیومیک بطور معنی‌داری صفات وزن هزار دانه (۲/۹۴ درصد)، عملکرد دانه (۵/۷۶ درصد) و غلظت فسفر دانه (۲/۶۴ درصد) را افزایش داد. محلول پاشی گلیسین بتائین باعث افزایش صفات وزن هزار دانه (۳/۸۳ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۵/۲۸ درصد)، تعداد سنبله در مترمربع (۱۳/۰۳ درصد)، عملکرد دانه (۸/۴۹ درصد) و محتوی پروتئین دانه (۴/۵۴ درصد) شد. در رقم باران، برهم‌کنش اسید هیومیک و گلیسین بتائین تأثیری بر شاخص برداشت نداشتند ولی، در رقم آذر۲ گلیسین بتائین بدون اسید هیومیک شاخص برداشت را ۶/۹۱ درصد افزایش داد.

نتیجه‌گیری: بطور کلی، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که کاربرد پیش‌تیمار اسید هیومیک و محلول پاشی گلیسین بتائین، باعث افزایش عملکرد و پروتئین دانه گندم دیم شده و به‌عنوان یک روش مؤثر برای بهبود تولید گندم دیم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آذر ۲، باران، پیش‌تیمار، عملکرد دانه، محلول پاشی

مقدمه

افزایش دمای محیط ناشی از تغییرات اقلیم، تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است. در بیشتر حالات، افزایش دما منجر به افزایش تقاضای گیاهان به آب، تبخیر بیشتر رطوبت از خاک و کاهش مقدار کربن آلی خاک شده است (باویف و همکاران ۲۰۲۰). نزولات جوی و الگوی پراکنش آن نیز طی چند دهه گذشته متغیر بوده و محصولات کشاورزی را به-ویژه در شرایط دیم با خطر کاهش تولید مواجه کرده است (مغربی و همکاران ۲۰۲۰).

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات عمده کشور است. بر اساس آخرین آمار رسمی، میزان تولید محصول گندم دیم در کشور طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷، ۵/۵ میلیون تن بوده که ۷۱/۵ درصد کل محصولات زراعی دیم را شامل می‌شود (احمدی و همکاران ۲۰۱۸). سطح زیر کشت گندم دیم ۳/۹۳ میلیون هکتار برآورد گردیده و بنابراین، استفاده از فناوری‌های نوین برای تولید پایدار گندم دیم تحت شرایط تنش خشکی موضوعی حیاتی برای حفظ و ارتقاء تولید این محصول در کشور است. فن‌آوری‌های جدید دوستدار محیط‌زیست طی سالیان اخیر شامل توسعه کشت وارپته‌ها و ارقام مقاوم و بهره‌گیری از روش‌های به زراعی مانند کشاورزی حفاظتی، استفاده از کودهای کندرها، مصرف مواد آلی و ترکیبات ضد تنش بوده‌اند (آلماو و سیمالینگا ۲۰۱۵). استفاده از ترکیبات اسید هیومیک و آمینواسیدهای گلايسين-بتائين، ظرفیت‌های بالقوه‌ای در بهبود کمیت و کیفیت محصول در شرایط بروز تنش خشکی داشته است (علی و همکاران ۲۰۲۰ و اوزفایدن-کوناکی و همکاران ۲۰۱۸).

هیومیک اسید، اسید آلی محلول در آب است که به‌طور طبیعی در خاک وجود دارد. بررسی‌ها نشان داده است که ترکیبات هیومیکی بر روی فرآیند رشد گیاه و نفوذپذیری سلول گیاهی تأثیر مثبتی داشته و جذب

عناصر را توسط گیاهان بهبود می‌بخشد (آتیه و همکاران ۲۰۰۲ و رحمت و همکاران ۲۰۰۲). در تحقیقی، مصرف اسید هیومیک نه‌تنها موجب افزایش عملکرد دانه و کلش گندم دوروم شد بلکه، جذب عناصر منیزیم، آهن و منگنز را نیز در دانه افزایش داد (دلفین و همکاران ۲۰۰۵). کتکت و همکاران (۲۰۰۹) نیز دریافتند که اسید هیومیک عملکرد ماده خشک گندم و جذب عناصر غذائی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، مس و روی را در دانه افزایش داد. همچنین، بررسی‌ها نشان داده است که اسید هیومیک تولید محصول را از طریق بهبود شرایط زیستی، شیمیائی و فیزیکی خاک ارتقاء می‌دهد (ختک و محمد ۲۰۰۸ و هارون ۲۰۰۹). نقش اسید هیومیک در بهبود رشد گیاه هنوز به‌طور کامل مشخص نیست ولی، چندین نظریه توسط بعضی از محققین پیشنهاد گردیده از قبیل: افزایش قابلیت نفوذ غشاء سلولی، افزایش تحرک و افزایش جذب عنصر غذائی، جوانه‌زنی بذور و حفظ قوه نامیه بذر، بهبود جذب اکسیژن در ریشه‌چه‌ها، افزایش و رشد طولی سلول ریشه (چن و همکاران ۲۰۰۴). بررسی‌ها نشان داده است که پیش‌تیمار بذور با اسید هیومیک موجب افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد ماش ناشی از اثر مثبت غیر مستقیم اسید هیومیک بر محتوی کلروفیل گیاه شد (وقاس و همکاران ۲۰۱۴). خاتک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پیش‌تیمار بذور با اسید هیومیک موجب افزایش قابل‌توجه عملکرد محصولات گندم (۲۰ درصد)، ذرت، پنبه، چغندر قند، بادام‌زمینی شد. نتایج مشابهی در مورد ذرت توسط شریف و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. کایا و خاور (۲۰۰۵) نیز دریافتند که پیش‌تیمار لوبیا با اسید هیومیک نسبت به سایر روش‌های مصرف آن اثرات سودمندتری روی افزایش عملکرد محصول داشته است. سبزواری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که پیش‌تیمار کردن گندم ارقام سایونز و سبلان با اسید هیومیک موجب بهبود رشد آن‌ها در شرایط تنش خشکی شده است. حق‌پرست

و همکاران (۲۰۱۱) نیز با پیش تیمار اسید هیومیک در گندم دریافتند که پیش تیمار اسید هیومیک باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی، و افزایش طول ریشه‌چه و ساقه چه در شرایط تنش خشکی شد.

یکی دیگر از روش‌های مؤثر برای مقابله با تنش‌های خشکی، افزایش ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی در سلول‌های گیاهی است. گلايسين بتائين یکی از مؤثرترین ترکیباتی است که از با حفظ تعادل اسمزی و تثبیت ساختارهای پروتئین‌های پیچیده در سلول، ساختارهای سلولی را در برابر تنش خشکی محافظت می‌کند (چن و موراتا ۲۰۱۱). در گیاهان عالی، گلايسين بتائين در پاسخ به تنش‌های غیرزنده از پیش ماده کولین در کلروپلاست تولید می‌شود و در بسیاری از گیاهان زراعی تحت شرایط تنش در سلول‌ها تجمع می‌یابد (رازا و حامد ۲۰۰۷). تجمع این ترکیبات در سلول‌ها، یک عکس‌العمل عمومی برای غلبه بر پیامدهای منفی کمبود آب در تولید محصولات زراعی است که به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری در برابر تنش خشکی شناخته شده است (احمد و همکاران ۲۰۱۹). تلاش‌هایی از طریق مطالعات مهندسی ژنتیک گیاهی برای بازتولید این حمایت‌کننده مهم اسمزی با استفاده از آنزیم‌های مؤثر در بیوسنتز گلايسين بتائين مانند بتائين آلدئید دهیدروژناز، کولین دهیدروژناز، کولین مونو اکسی ژناز، و کولین اکسیداز به انجام رسیده است (ونگ و همکاران ۲۰۱۰). اما، به دلیل هزینه‌های بالا، قابلیت دسترسی اندک کولین اندوژنز در گیرنده‌های گیاه و انتقال اندک کولین در مسیر مجموعه کلروپلاست، موفقیت‌های اندکی در سطوح حمایتی مورد انتظار گلايسين بتائين در انتقال ژن در تنباکو، گوجه‌فرنگی، برنج و گندم حاصل شده است (ما و همکاران ۲۰۰۷ و پارک و همکاران ۲۰۰۷ و سو و همکاران ۲۰۰۶ و وانگ و همکاران ۲۰۱۰). به همین دلیل روش‌های جایگزین همانند محلول‌پاشی گلايسين بتائين، در گیاهان تحت شرایط تنش توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

(دمیرل و ترکانو ۲۰۰۶). رازا و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثرات محلول‌پاشی گلايسين بتائين و پتاسیم تحت تنش خشکی روی گندم دریافتند که گلايسين بتائين طول خوشه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد گندم را افزایش داد. برهم‌کنش مثبتی بین گلايسين بتائين و پتاسیم در رابطه با صفات مذکور گزارش شد. گوپتا و سیند (۲۰۱۵) با بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که گلايسين بتائين پایداری کارایی فتوسنتز و عملکرد محصول را تحت شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد. در تحقیقی دیگر گوپتا و سیند (۲۰۱۷) دریافتند که محلول‌پاشی گلايسين بتائين با افزایش زمان گلدهی، سرعت رشد فنولوژیکی گندم را تحت تنش خشکی کاهش داده و صفات تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم افزایش یافتند. در این پژوهش مشخص شد که ژنوتیپ‌های حساس‌تر به تنش خشکی، عکس‌العمل مثبت بیشتری در رابطه با عملکرد محصول گندم نسبت به گونه‌های متحمل نشان دادند. شاخص برداشت با محلول‌پاشی گلايسين بتائين در اکثر ژنوتیپ‌ها افزایش یافت و بدین ترتیب اثر منفی تنش خشکی را بر تولید محصول کاهش داد که ناشی از نقش مهم گلايسين بتائين در انتقال مواد در گندم ارزیابی شد. احمد و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی گلايسين بتائين محتوای آب نسبی برگ را در شرایط تنش خشکی افزایش داده که منجر به افزایش مقدار کلروفیل برگ، مدت پر شدن دانه گندم، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد محصول گندم شد.

هرچند مطالعاتی مرتبط با اثرات اسید هیومیک و گلايسين بتائين در محصولات مختلف زراعی به انجام رسیده ولی، مطالعات اندکی در این زمینه بر روی گندم دیم مناطق خشک و نیمه‌خشک به انجام رسیده است. بنابراین، هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر پیش‌تیمار اسید هیومیک و محلول‌پاشی گلايسين بتائين روی

و همکاران (۲۰۱۱) نیز با پیش تیمار اسید هیومیک در گندم دریافتند که پیش تیمار اسید هیومیک باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی، و افزایش طول ریشه‌چه و ساقه چه در شرایط تنش خشکی شد.

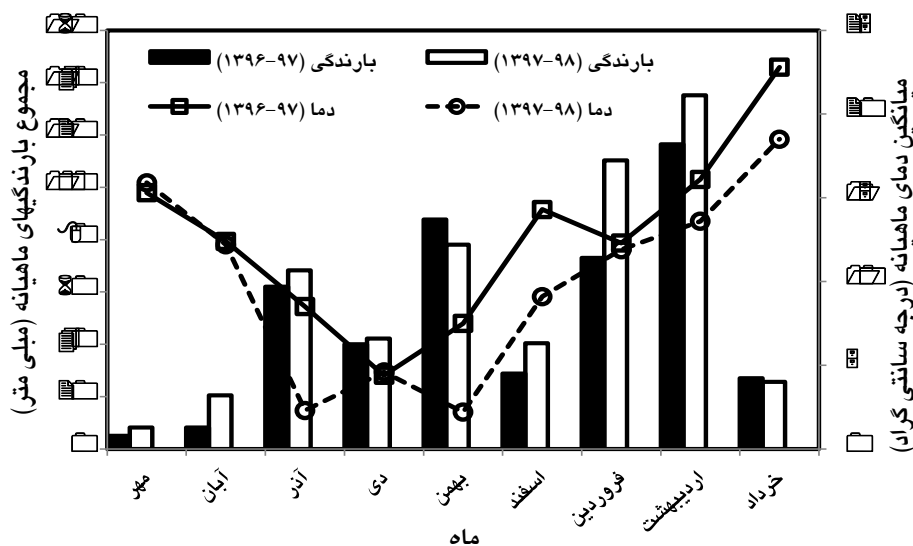
یکی دیگر از روش‌های مؤثر برای مقابله با تنش‌های خشکی، افزایش ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی در سلول‌های گیاهی است. گلايسين بتائين یکی از مؤثرترین ترکیباتی است که از با حفظ تعادل اسمزی و تثبیت ساختارهای پروتئین‌های پیچیده در سلول، ساختارهای سلولی را در برابر تنش خشکی محافظت می‌کند (چن و موراتا ۲۰۱۱). در گیاهان عالی، گلايسين بتائين در پاسخ به تنش‌های غیرزنده از پیش ماده کولین در کلروپلاست تولید می‌شود و در بسیاری از گیاهان زراعی تحت شرایط تنش در سلول‌ها تجمع می‌یابد (رازا و حامد ۲۰۰۷). تجمع این ترکیبات در سلول‌ها، یک عکس‌العمل عمومی برای غلبه بر پیامدهای منفی کمبود آب در تولید محصولات زراعی است که به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری در برابر تنش خشکی شناخته شده است (احمد و همکاران ۲۰۱۹). تلاش‌هایی از طریق مطالعات مهندسی ژنتیک گیاهی برای بازتولید این حمایت‌کننده مهم اسمزی با استفاده از آنزیم‌های مؤثر در بیوسنتز گلايسين بتائين مانند بتائين آلدئید دهیدروژناز، کولین دهیدروژناز، کولین مونو اکسی ژناز، و کولین اکسیداز به انجام رسیده است (ونگ و همکاران ۲۰۱۰). اما، به دلیل هزینه‌های بالا، قابلیت دسترسی اندک کولین اندوژنز در گیرنده‌های گیاه و انتقال اندک کولین در مسیر مجموعه کلروپلاست، موفقیت‌های اندکی در سطوح حمایتی مورد انتظار گلايسين بتائين در انتقال ژن در تنباکو، گوجه‌فرنگی، برنج و گندم حاصل شده است (ما و همکاران ۲۰۰۷ و پارک و همکاران ۲۰۰۷ و سو و همکاران ۲۰۰۶ و وانگ و همکاران ۲۰۱۰). به همین دلیل روش‌های جایگزین همانند محلول‌پاشی گلايسين بتائين، در گیاهان تحت شرایط تنش توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

محل‌های اجرای آزمایش در ایستگاه‌های خرم‌آباد جزو خاک‌های فاین میکسد مزیک تیپیک کلسی-زریپت^۱ بود. آزمایش به صورت کرت‌های اسپلیت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. عامل اصلی شامل ارقام باران و آذر ۲ و عوامل فرعی شامل گلیسین بتائین و اسید هیومیک بودند. عامل فرعی اول شامل محلول‌پاشی گلیسین بتائین در دو سطح (۱) شاهد (آب‌پاشی) و (۲) محلول‌پاشی گلیسین بتائین با غلظت ۱۰۰ میلی مولار (گوپتا و سیند ۲۰۱۵) در دو مرحله تولید اولین گره ساقه (کد ۳۱ زادوکس) و مرحله نمو آبستنی (کد ۴۹ زادوکس) (زادوکس ۱۹۷۴) و عامل فرعی دوم شامل (۱) شاهد (۲) پیش تیمار بذور گندم با محلول پنج درصد اسید هیومیک قبل از کشت بودند. محلول‌پاشی گلیسین بتائین در کرت‌های مربوطه در هنگام غروب آفتاب در مراحل رشدی فوق‌الذکر انجام شد.

عملکرد کمی و برخی ویژگی‌های کیفی محصول دو رقم گندم دیم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات دیم خرم‌آباد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی از سال ۱۳۹۶ به مدت دو سال زراعی اجرا شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی خرم‌آباد در ۴۱°۲۱' عرض شمالی و ۵۰°۶۵' طول شرقی و در محدوده اراضی زراعی دیم شهرستان ارومیه واقع شده است. آمار هواشناسی سال‌های زراعی انجام آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان کل بارندگی در سال ۱۳۹۶-۹۷، ۴۴۸/۱ و در سال ۱۳۹۷-۹۸، ۵۲۸/۸ میلی‌متر بود. میانگین درجه حرارت در سال اول ۱۲/۶ و در سال دوم ۱۰/۰۳ درجه سانتی‌گراد بود.



شکل ۱- آمار بارندگی و درجه حرارت ماهیانه ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم خرم‌آباد طی دو سال اجرای آزمایش

نور، در دمای پائین با رعایت شرایط هوادهی غوطه‌ور شده و پس از خشک شدن در شرایط سایه جهت کشت مورد استفاده قرار گرفتند.

برای پیش تیمار اسید هیومیک، بذره‌های هردو رقم به مدت ۸ ساعت در محلول پنج درصد اسید هیومیک در ظروف کاملاً دربسته، به منظور جلوگیری از نفوذ

¹ Fine mixed mesic typic Calcixerents

قبل از کشت، نمونه‌های مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری هر تکرار تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن با اسید، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت سنج الکتریکی، واکنش خاک در گل اشباع (pH_s) به وسیله الکتروود شیشه‌ای، کربن آلی به روش

اکسید کردن با اسیدسولفوریک غلیظ در مجاورت دی کرومات پتاسیم، فسفر قابل‌استفاده با روش اولسن، پتاسیم قابل‌استفاده به روش استات آمونیوم نرمال، غلظت عناصر کم‌مصرف به روش دی تی پی اندازه‌گیری شدند (علی احيائی ۱۹۹۷). میانگین نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- میانگین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش^۱

سال	عمق (cm)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	pH	مواد خنثی شونده	کربن آلی (%)	رس	سیلت	فسفر قابل‌جذب (mg. kg ⁻¹)	روی قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب
۹۶-۹۷	۰-۳۰	۰/۵۳	۷/۴۶	۲۸/۵	۰/۵۷	۴۵	۴۰	۱۰/۵	۰/۷۸	۳۲۹
۹۷-۹۸	۰-۳۰	۰/۶۳	۷/۵۲	۲۶/۱۶	۰/۶۸	۴۲/۴	۴۲	۹/۷	۰/۸۱	۳۱۳

^۱ هر عدد میانگین سه تکرار است.

خاک‌های مذکور غیر شور با pH قلیائی، آهک زیاد، مقدار کربن آلی کم و بافت نسبتاً سنگین بوده و از نظر فسفر قابل‌جذب در حد متوسط و از نظر پتاسیم در شرایط کفایت قرار داشتند. کشت در هر دو سال در زمینی که قبلاً آیش بوده و روی آن عملیات آماده‌سازی انجام شده بود، به انجام رسید. در فصل آیش و پائیز زمین ابتدا با گاوآهن برگردان دار شخم خورد و سپس در فصل بهار یکبار سوئیپ و در پائیز قبل از کشت دیسک زده شد و با ماله تسطیح شد. همزمان با کشت، اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس نتایج آزمون خاک در یک نوبت به صورت اختلاط با خاک به‌طور یکنواخت در کلیه کرت‌ها مصرف شدند. عملیات کاشت با استفاده از دستگاه بذرکار آزمایشی وینتر اشتایگر انجام شد. تراکم بذر ۴۵۰ بذر در مترمربع تعیین شد. هر کرت آزمایشی شامل دوازده خط ۱۰ متری به عرض ۲/۴ متر بوده و فاصله بین ردیف‌های کشت بیست سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها، دو متر در نظر گرفته شدند. در طول عملیات داشت مراقبت‌های لازم از نظر مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های احتمالی به

انجام رسید. در مرحله برداشت محصول، اجزای عملکرد در تمامی کرت‌ها اندازه‌گیری شدند. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (کد ۹۳ زادوکس) صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه و وزن کلش اندازه‌گیری شدند. برداشت با حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌منظور حذف اثرات حاشیه به انجام رسید. وزن هزار دانه با میانگین وزنی پنج نمونه تصادفی صدتایی از بذور برداشت‌شده از هر کرت اندازه‌گیری شد. تعداد دانه در هر سنبله نیز حاصل میانگین تعداد دانه‌های موجود در ۱۰ نمونه سنبله تصادفی از هر کرت آزمایشی بود. همچنین تعداد سنبله در هر کرت با شمارش تعداد سنبله‌ها در یک مترمربع اندازه‌گیری شد. وزن کلش از اختلاف عملکرد زیستی و عملکرد دانه محاسبه شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه بر عملکرد زیستی محاسبه شد. بعد از برداشت محصول، نمونه‌های دانه از سطوح برداشت شده کرت‌ها مربوط به هر کدام از تیمارهای کودی تهیه و جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، روی و مس در آن‌ها به آزمایشگاه ارسال شدند. غلظت عناصر

و خرداد به ترتیب به میزان ۳/۳ و ۱۸/۹ درصد در سال دوم زراعی نسبت به سال اول از دلایل اصلی این تغییرات باشند. نتایج مذکور وابستگی شدید عملکرد گندم دیم را نسبت به تغییرات اقلیمی به‌ویژه وقوع بارندگی‌های اردیبهشت و خرداد و تغییرات درجه حرارت ماه‌های مذکور در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌ها نشان داده است عملکرد گندم دیم با افزایش دما و کاهش بارندگی کاهش یافته و به تغییرات بارش نسبت به نوسانات دما حساس‌تر است (پیرتیوجا و همکاران ۲۰۱۵). همچنین، محلول‌پاشی گلايسين بتائين در دو مرحله‌ی رشدی تولید اولین گره ساقه و اواخر مرحله رشد سنبله در غلاف، باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۸/۴۹ درصد شد که به احتمال قوی به تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به بخش زایشی ناشی از اعمال تیمار مذکور مربوط می‌شود. نتایج مشابهی توسط روزرخ (۲۰۲۰) به دست آمد. نامبرده گزارش کرد که در نتیجه محلول‌پاشی گلايسين بتائين عملکرد دانه گندم دیم در منطقه کرمانشاه به میزان ۷/۵۳ درصد افزایش یافت. رازا و همکاران (۲۰۱۴) و دیاز-زوریتا و همکاران (۲۰۰۱) نیز نتایج مشابهی را در رابطه با تأثیر گلايسين بتائين بر عملکرد دانه گندم گزارش کردند. میزان افزایش عملکرد دانه با محلول‌پاشی گلايسين بتائين توسط دیاز-زوریتا، ۱۸ درصد گزارش شد. پیش تیمار بذور با اسید هیومیک، نیز موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به میزان ۵/۷۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳). بررسی‌ها نشان داده است که پیش تیمار بذور گندم با اسید هیومیک از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های ریشه نه تنها سبب افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه و تقویت سیستم ریشه گیاهان شده (سبزواری و همکاران ۲۰۱۰ و حق‌پرست و همکاران ۲۰۱۱) بلکه، فراهمی و قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک را نیز با کلاته کردن آن‌ها افزایش می‌دهد (ماکوویاک و همکاران ۲۰۰۱).

بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شدند. برای هضم نمونه‌های گیاه جهت اندازه‌گیری نیتروژن و فسفر از روش اکسیداسیون مرطوب با استفاده از اسید سالیسیلیک، اسیدسولفوریک و سلنیم و برای عناصر روی و مس از روش اکسیداسیون خشک با استفاده از اسیدکلریدریک دو نرمال استفاده شد (امامی ۱۹۹۶). غلظت نیتروژن با روش کج‌دال اندازه‌گیری و با اعمال ضریب ۵/۷، به درصد پروتئین خام دانه تبدیل شد. قبل از انجام تجزیه آماری، آزمون یکنواختی واریانس و نرمال بودن خطای آزمایشی بر روی داده‌ها انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای صفات مختلف به صورت مرکب برای دو سال با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C V:6.1.4 انجام گرفت. مقایسات میانگین تیمارها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر معنی‌دار اثر سال، هیومیک اسید و گلايسين بتائين در سطح احتمال یک درصد واقع شد. این امر می‌تواند ناشی از تأثیر عوامل غیرقابل کنترل مؤثر بر عملکرد گندم دیم طی دو سال اجرای آزمایش همانند شرایط اقلیمی به‌ویژه دما، بارندگی و توزیع آن در ماه‌های رشد از مهر تا خرداد سال بعد باشد (شکل ۱). بیشترین عملکرد دانه (۲۱۹۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سال دوم اجرای آزمایش بود که به میزان ۲۷/۱ درصد نسبت به سال اول زراعی افزایش یافت (جدول ۳). با توجه به یکسان بودن تیمارهای مورد مطالعه طی دو سال زراعی، چنین استنباط می‌گردد افزایش بارندگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به ترتیب به میزان ۵۱/۱ و ۱۶/۲ درصد و پایین‌تر بودن دما در ماه‌های اردیبهشت

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس مرکب اثر اسید هیومیک و گلیسین بتائین بر برخی صفات کمی و کیفی دو رقم گندم طی دو سال زراعی

منابع تغییر [†]	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	وزن کلش
سال	۱	۷۹۱۹۰۰۳**	۱۱۶۳۳**	۴۶۲/۲**	۳۵۳۸۲۶**	۷۰۱۰۰۸۹ ^{ns}
رقم	۱	۱۵۴۶۴۹ ^{ns}	۲/۰۲ ^{ns}	۵/۱۱ ^{ns}	۲۶۰ ^{ns}	۶۳۹۸۵۶ ^{ns}
سال×رقم	۱	۱۶۸۳۹۱ ^{ns}	۱/۹ ^{ns}	۱۴/۰*	۳۸۶ ^{ns}	۵۳۴۱۴۴ ^{ns}
اشتباه	۴	۱۵۱۸۲۲	۳۷	۳/۸	۷۸۷۸	۱۶۲۳۸۰۳
هیومیک اسید	۱	۴۳۲۹۲۳**	۷۲/۹**	۱/۸ ^{ns}	۱۴۸۴۳ ^{ns}	۲۲۰۸ ^{ns}
هیومیک	۱	۳۵/۹۱ ^{ns}	۱۵/۶ ^{ns}	۱/۰ ^{ns}	۱۷۲۲ ^{ns}	۶۲۲۵۰۹ ^{ns}
اسید×رقم						
گلیسین بتائین	۱	۹۲۳۸۷۵**	۱۲۱/۶**	۱۰۰/۰**	۱۷۰۲۹۳**	۳۹۱۳۱۰ ^{ns}
گلیسین	۱	۸۷۰۹۴ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۱۱/۱ ^{ns}	۵۱۳ ^{ns}	۵۲۵۲۸ ^{ns}
بتائین×رقم						
هیومیک اسید×	۱	۵۱۹۵۴ ^{ns}	۱۹۴/۸**	۱/۸ ^{ns}	۳۷۷۰۰**	۳۴۳۱۹ ^{ns}
گلیسین بتائین						
هیومیک اسید×	۱	۳۶۱۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱/۰ ^{ns}	۵۴۵۱ ^{ns}	۱۳۷۹۶۹۵*
گلیسین×رقم						
اشتباه	۸۸	۲۵۲۵۹	۹/۶	۱۱/۲	۴۱۹۷	۲۸۹۷۸۵
ضریب تغییرات	-	۸/۱	۶/۳	۱۰/۳	۱۱/۵	۱۷/۹

†: ns، * و ** و به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح آماری پنج و یک درصد می باشد.

ادامه جدول ۲ ...

منابع تغییر [†]	درجه آزادی	شاخص برداشت	پروتئین دانه	فسفر دانه	روی دانه	مس دانه
سال	۱	۰/۰۰۷ ^{ns}	۳۳۶/۱۷**	۰/۰۱۱ ^{ns}	۱۵۸/۳۸ ^{ns}	۴/۷۵ ^{ns}
رقم	۱	۰/۰۰۲ ^{ns}	۵/۶۸ ^{ns}	۰/۰۱۲*	۲۴/۵۵ ^{ns}	۱۲/۳۰ ^{ns}
سال×رقم	۱	۰/۰۰۱ ^{ns}	۴/۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲۱/۰۴ ^{ns}	۱۲/۰۵ ^{ns}
اشتباه	۴	۰/۰۰۷	۲/۶۳	۰/۰۰۲	۵۹/۱۴	۲۳/۳۹
هیومیک اسید	۱	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۳*	۴/۱۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}
هیومیک اسید×رقم	۱	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳/۰۶ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}
گلیسین بتائین	۱	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۰/۶۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۶/۱۸ ^{ns}
گلیسین بتائین×رقم	۱	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۷/۲۵ ^{ns}	۰/۶۲ ^{ns}
هیومیک اسید×گلیسین بتائین	۱	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱۶/۸۶ ^{ns}	۱/۵۸ ^{ns}
هیومیک اسید×گلیسین×رقم	۱	۰/۰۱۱*	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۱/۷۹ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
اشتباه	۸۸	۰/۰۰۲	۰/۳۷	۰/۰۰۱	۴/۳۹	۱/۶۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۹	۴/۹۷	۶/۶۶	۱۲/۹۰	۱۱/۲۹

†: ns، * و ** و به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح آماری پنج و یک درصد

وزن هزار دانه: یکی از اجزای مهم عملکرد که تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت، وزن هزار دانه بود. اثر سال تأثیر کاملاً معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت و وزن هزار دانه در سال دوم زراعی بیشتر بود (جدول ۲ و ۳). تفاوتی بین ارقام و اثرات متقابل سال در ارقام بر روی صفت وزن هزار دانه مشاهده نشد. اثر متقابل محلول‌پاشی گلیسین بتائین در اسید هیومیک نیز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه به مقدار ۵۰/۳۵ گرم مربوط به تیمار محلول‌پاشی گلیسین بتائین بدون پیش تیمار بذور با هیومیک و کمترین مقدار آن ۶۶/۱۹ گرم مربوط به تیمار شاهد (آب‌پاشی بدون پیش تیمار بذور با اسید هیومیک) بود (شکل ۲). افزایش وزن هزار دانه با مصرف گلیسین بتائین یا اسید هیومیک می‌تواند

در نتیجه تجمع بیشتر ماده خشک در دانه در نتیجه اعمال این تیمارها باشد. همچنان که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد برهم‌کنش محلول‌پاشی گلیسین بتائین و پیش تیمار اسید هیومیک تأثیر یکسانی نسبت به اثرات اصلی تیمارهای گلیسین بتائین و اسید هیومیک بر وزن هزار دانه گندم داشت. این امر احتمالاً نه تنها مربوط به پتانسیل ژنتیکی ارقام مورد بررسی در رابطه با ذخیره مواد خشک در دانه گندم دیم بلکه، ناشی از تأثیر بازدارنده عوامل محدودکننده رشد مانند تنش‌های خشکی و دمای بالای محیط در زمان رسیدگی محصول است که از اثربخشی بیشتر تیمارها برافزایش وزن هزار دانه گندم کاسته است.

جدول ۳- میانگین اثرات سال، رقم، اسید هیومیک و گلیسین بتائین بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در

سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن کلش و شاخص برداشت[†]

شاخص برداشت	وزن کلش (kg.ha ⁻¹)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	تیمار	
۰/۳۹a	۲۷۸۴a	۵۱۲/۲b	۳۰/۶۸b	۵۷/۹۷a	۱۷۳۰b	سال	۱۳۹۶-۹۷
۰/۴۱a	۳۲۲۵a	۶۱۱/۳a	۳۴/۲۶a	۴۹/۹۹b	۲۱۹۹a		۱۳۹۷-۹۸
۰/۰۴	۵۸۹/۷	۴۱/۰۷	۰/۹۰	۲/۸۲	۱۸۰/۳		LSD (0.05)
۰/۳۹a	۳۰۰۰a	۵۵۱/۶a	۳۲/۳۶a	۴۸/۲۷b	۱۹۰۹b	شاهد	اسید هیومیک
۰/۴۱a	۳۰۰۸a	۵۷۱/۹a	۳۲/۵۸a	۴۹/۶۹a	۲۰۱۹a	پیش تیمار	
۰/۰۱۵	۱۷۸/۳	۲۱/۴۶	۱/۱۱	۱/۰۳	۵۲/۶		LSD (0.05)
۰/۴۰a	۲۹۵۲a	۵۲۷/۴b	۳۱/۶۴b	۴۸/۰۶b	۱۸۸۴b	شاهد (آب-پاشی)	گلیسین بتائین
۰/۴۰a	۳۰۵۷a	۵۹۶/۱a	۳۳/۳۱a	۴۹/۹۰a	۲۰۴۴a	برگ پاشی	
۰/۰۱	۱۷۸/۳	۲۱/۴۶	۱/۱۱	۱/۰۳	۵۲/۶		LSD (0.05)

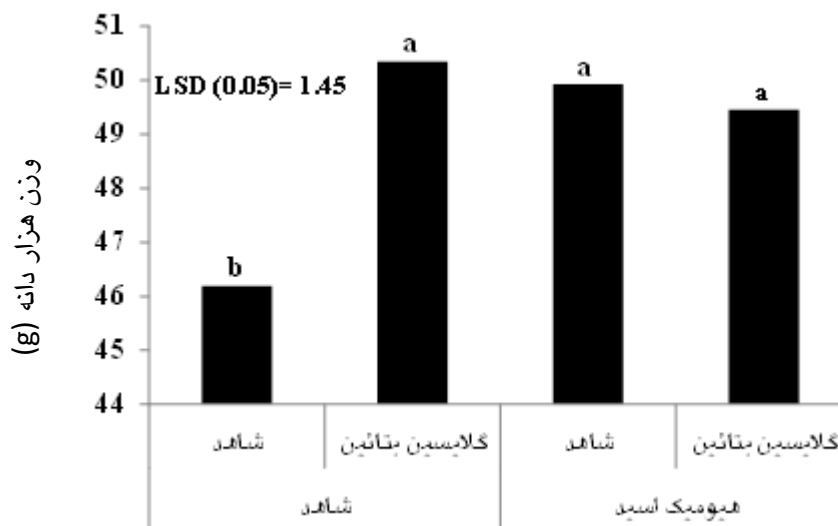
[†]حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

(۲). میانگین تعداد دانه در سنبله در سال دوم ۳۴ عدد بود که نسبت به سال اول به میزان ۱۱/۶۷ درصد افزایش

تعداد دانه در سنبله: یکی از صفات مهم گندم جهت دستیابی به عملکرد مطلوب، تعداد دانه در سنبله است. اثر سال تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت داشت (جدول

متوسط دما به میزان ۲/۵۷ درجه سانتی‌گراد در سال زراعی دوم نسبت به سال زراعی اول می‌تواند از دلایل مهم تأثیر بیشتر محلول‌پاشی گلايسين بتائين در سال دوم نسبت به سال اول تلقی گردد (جدول ۳). چنین استنباط می‌گردد که ذخیره رطوبتی خاک متأثر از میزان بارندگی و دمای محیط نقش مهمی در میزان اثربخشی محلول‌پاشی گلايسين بتائين بر صفت تعداد دانه در سنبله در گندم دیم داشته و هرچه مقدار ذخیره رطوبتی خاک بیشتر به همان میزان عکس‌العمل گندم دیم نسبت به محلول‌پاشی گلايسين بتائين بالاتر است. نتایج مطالعات متعددی مؤید این مطلب است که بارندگی و درجه حرارت دو عامل مهم تعیین‌کننده اثربخشی مدیریت تغذیه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشند (نظری و همکاران ۲۰۲۰ و شایان مهر و همکاران ۲۰۲۰).

نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که پیش- تیمار اسید هیومیک بر صفت مذکور تأثیری نداشت ولی، محلول‌پاشی گلايسين بتائين به‌طور متوسط تعداد دانه در سنبله را از ۳۱/۶۴ در تیمار شاهد به ۳۳/۳۱ دانه افزایش داد که از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین بررسی اثر متقابل سال و محلول‌پاشی گلايسين بتائين نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله به مقدار ۳۴/۴۲ دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی در مراحل تولید اولین گره ساقه و شروع پر شدن دانه در سال دوم زراعی و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد (آب‌پاشی) در سال اول بود (شکل ۳). محلول‌پاشی گندم به‌ویژه در طول دوره گل‌دهی امکان جریان مستقیم مواد غذایی از منبع به مخزن را که تقاضای متابولیکی بیشتری نسبت به مواد ساخته‌شده در فرآیند فتوسنتز را دارند (دانه) فراهم می‌نماید و بنابراین، تعداد بیشتری دانه تشکیل می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۹). بیشتر بودن میزان بارندگی به میزان ۸۰/۷ میلی‌متر و پائین تر بودن

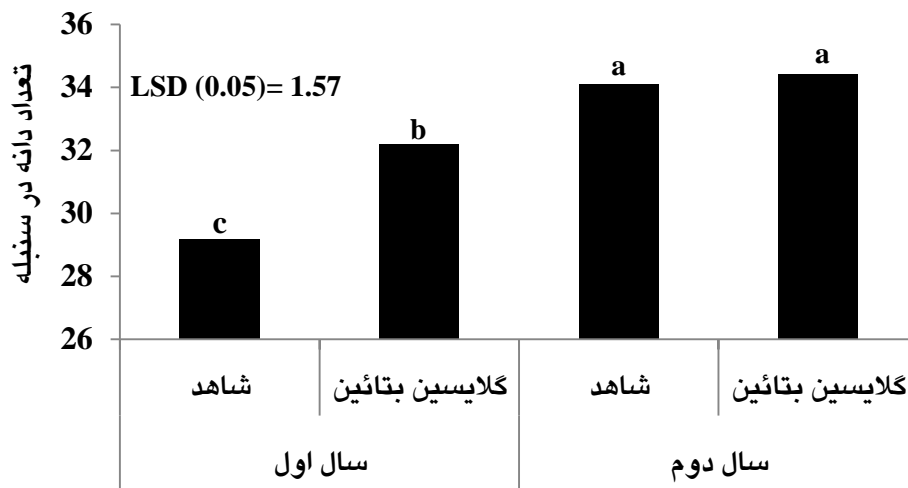


شکل ۲- برهم‌کنش پیش‌تیمار اسید هیومیک و محلول‌پاشی گلايسين بتائين بر وزن هزار دانه گندم دیم

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

هیومیک هرچند موجب افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در مترمربع شده ولی، برهم‌کنش آن با محلول‌پاشی گلیسین بتائین تأثیر بیشتری نسبت به تیمار محلول‌پاشی گلیسین بتائین به‌تنهایی نداشت. این امر اهمیت و ارجحیت محلول‌پاشی گلیسین بتائین را نسبت به پیش‌تیمار بذور با اسید هیومیک در رابطه با تأثیر آن برافزایش تعداد سنبله در مترمربع را نشان می‌دهد (شکل ۴). نتایج مطالعات قبلی نشان داده است که تجمع گلیسین بتائین تعداد سنبله گندم را افزایش داده و مکانیسم آن را در تأثیر این ترکیب برافزایش مقاومت گیاه نسبت به خشکی و کاهش اثرات آن روی رشد گندم بیان کردند (رازا و همکاران ۲۰۱۴ و روزرخ ۲۰۲۰).

تعداد سنبله در مترمربع: یکی دیگر از اجزای مهم عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع است که افزایش آن سبب افزایش عملکرد دانه خواهد شد. اثر سال تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت داشت (جدول ۲). تعداد سنبله در مترمربع در سال دوم ۱۹/۳۵ درصد نسبت به سال اول بیشتر بود. همچنین محلول‌پاشی گلیسین بتائین تعداد سنبله در مترمربع را به میزان ۱۳/۰۳ درصد افزایش داد (جدول ۳). برهم‌کنش اسید هیومیک و گلیسین بتائین نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع به‌طور یکسان در هر دو تیمار محلول‌پاشی گلیسین بتائین و عدم پیش‌تیمار و پیش‌تیمار اسید هیومیک حاصل شد. به‌عبارت‌دیگر، پیش‌تیمار اسید



شکل ۳- برهم‌کنش سال و محلول‌پاشی گلیسین بتائین بر تعداد دانه در سنبله گندم دیم

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

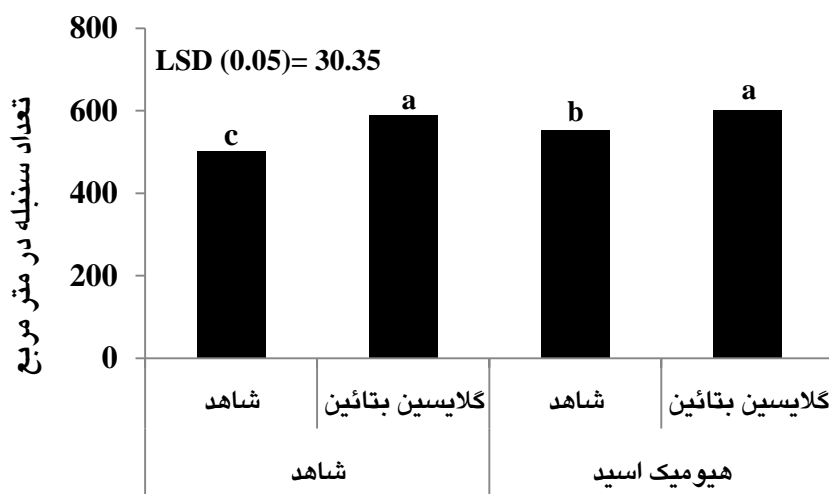
به سال دوم و کاربرد گلیسین بتائین و کمترین مقدار آن به سال اول و عدم کاربرد گلیسین بتائین تعلق داشت (شکل ۵). همچنان که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد اثربخشی محلول‌پاشی گلیسین بتائین در سال دوم بیشتر از سال اول بود. این امر می‌تواند مربوط به شرایط بارندگی طی دو سال اجرای آزمایش باشد. بدین مفهوم که در سال دوم، میزان بارندگی به‌مراتب بیشتر از سال اول بوده (جدول ۳) و احتمال اینکه شدت تنش رطوبتی

وزن کله و شاخص برداشت: نتایج اثرات اصلی تیمارها بر وزن کله نشان داد که تفاوتی بین دو سال اجرای آزمایش از نظر وزن کله وجود نداشت. وزن کله در ارقام آذر ۲ و باران نیز یکسان بود. پیش‌تیمار بذور با اسید هیومیک تأثیری بر وزن کله گندم نداشت. محلول‌پاشی گلیسین بتائین نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن کله نداشت (جدول ۳ و ۲). بر اساس نتایج مربوط به اثر متقابل سال در گلیسین بتائین، بیشترین وزن کله

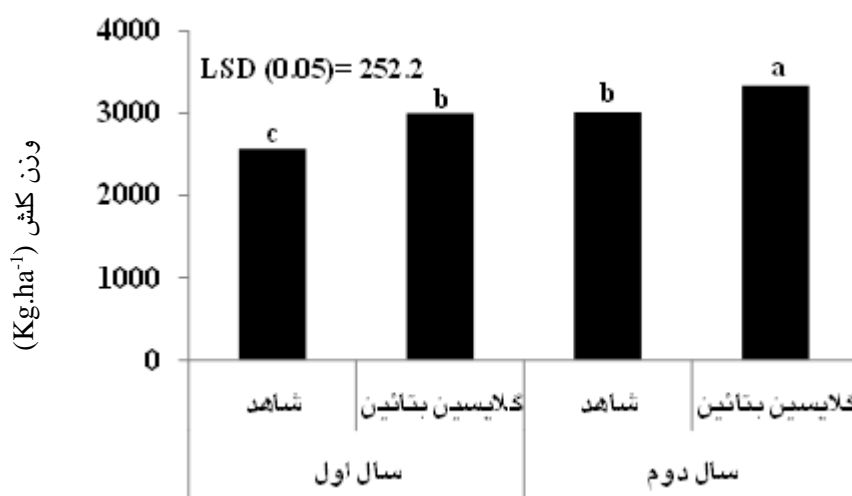
بر وزن کلش نداشتند ولی در رقم باران، محلول‌پاشی گلايسين بتائين بدون پيش‌تيمار بذور با اسيد هيوميك، وزن کلش را افزايش داده و استفاده از اسيد هيوميك افزايش بيشتري اين صفت در پي نداشت (شکل ۶).

در طول فصل رشد گندم در سال دوم زراعی کمتر از سال اول باشد، بسيار محتمل است. بنابراین، اين امر می‌تواند به‌عنوان یکی دیگر از جنبه‌های مهم اثربخشی محلول‌پاشی گلايسين بتائين بر رشد رویشی گندم در سال دوم در نظر گرفته شود.

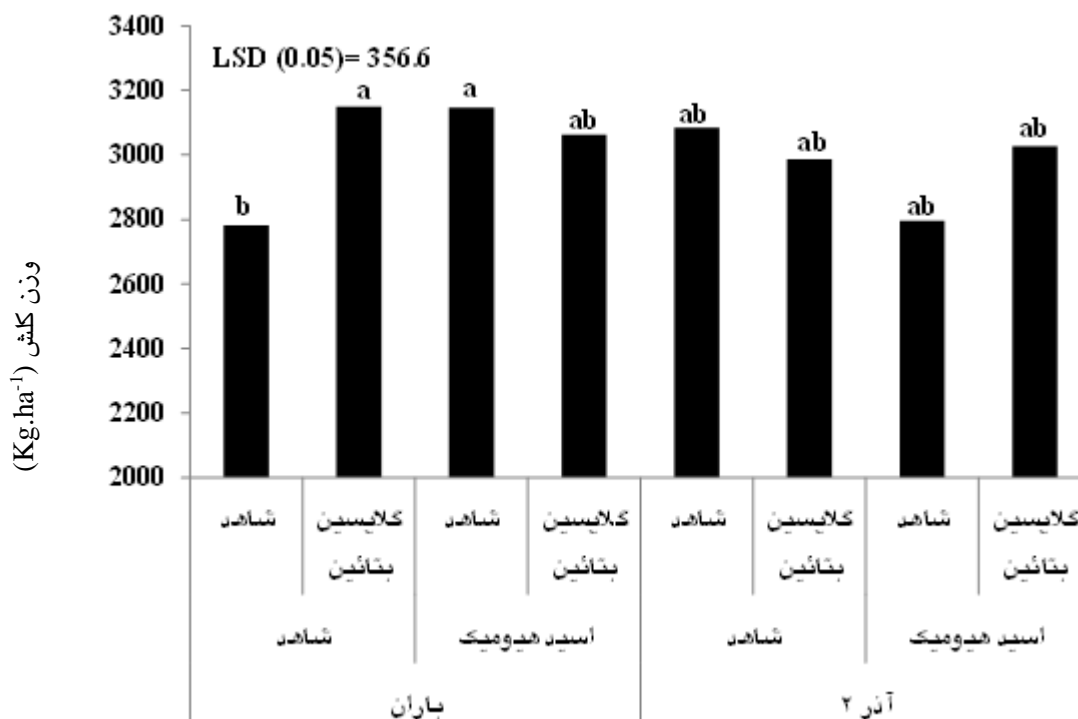
نتایج اثرات متقابل رقم، اسيد هيوميك و گلايسين بتائين نشان داد که در رقم آذر۲ اعمال تیمارها تأثیری



شکل ۴- برهم‌کنش پيش‌تيمار اسيد هيوميك و محلول‌پاشی گلايسين بتائين بر تعداد سنبله در مترمربع گندم ديم
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بين تیمارها براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.



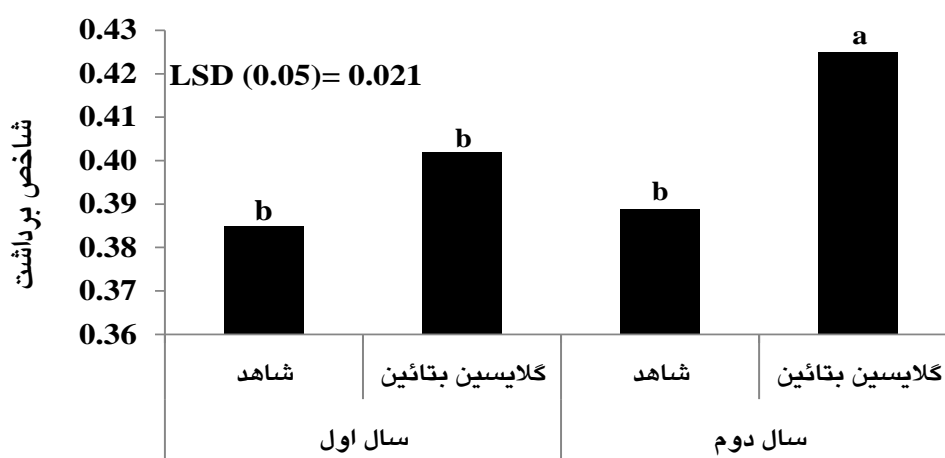
شکل ۵- برهم‌کنش سال و محلول‌پاشی گلايسين بتائين بر وزن کلش گندم ديم
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بين تیمارها براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.



شکل ۶- برهم‌کنش رقم، پیش تیمار اسید هیومیک و محلول پاشی گلیسین بتائین بر وزن کلش گندم دیم. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

هر دو سال، به احتمال قوی به متفاوت بودن مقدار و توزیع فصلی بارندگی طی دو سال اجرای این بررسی مربوط می‌شود (شکل ۷). بدین مفهوم که تأثیرگذاری محلول‌پاشی گلیسین بتائین بر افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی گندم دیم، احتمالاً به وضعیت رطوبتی خاک در محیط ریشه گیاه وابسته بوده و در شرایط کمبود رطوبت و بروز تنش خشکی، تأثیر محلول‌پاشی گلیسین بتائین بر صفت شاخص برداشت یا افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد. نتایج سایر بررسی‌ها در این زمینه نشان داده است که محلول‌پاشی گلیسین بتائین با کاهش اثرات تنش خشکی، مدت‌زمان پر شدن دانه و انتقال مواد را از منبع به مخزن بهبود می‌بخشد. بنابراین، ضمن افزایش عملکرد دانه، می‌تواند تأثیر مثبتی بر شاخص برداشت داشته باشد (احمد و همکاران ۲۰۱۴ و گوپتا و سیند ۲۰۱۵).

شاخص برداشت بر توزیع نسبی مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه دلالت دارد. نتایج نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر سال، رقم، اسید هیومیک و گلیسین بتائین قرار نگرفت (جدول ۲ و ۳). برهم‌کنش سال در محلول‌پاشی گلیسین بتائین نشان داد که بیشترین شاخص برداشت به میزان ۰/۴۲۵ به سال دوم و محلول‌پاشی گلیسین بتائین و کمترین آن به میزان ۰/۳۸۵ به سال اول و تیمار شاهد (آب‌پاشی) متعلق بود (شکل ۷). به عبارت دیگر، محلول‌پاشی گلیسین بتائین در سال اول بر شاخص برداشت بی‌تأثیر بود ولی در سال دوم افزایش آن را به دنبال داشت. معنی‌دار بودن تأثیر تیمارها بر شاخص برداشت به مفهوم تأثیر بیشتر آن در ذخیره مواد تولیدشده در فرآیند فتوسنتز در دانه نسبت به اندام‌های رویشی گندم است. نتایج مذکور با توجه به یکسان بودن اعمال تیمار محلول‌پاشی گلیسین بتائین در

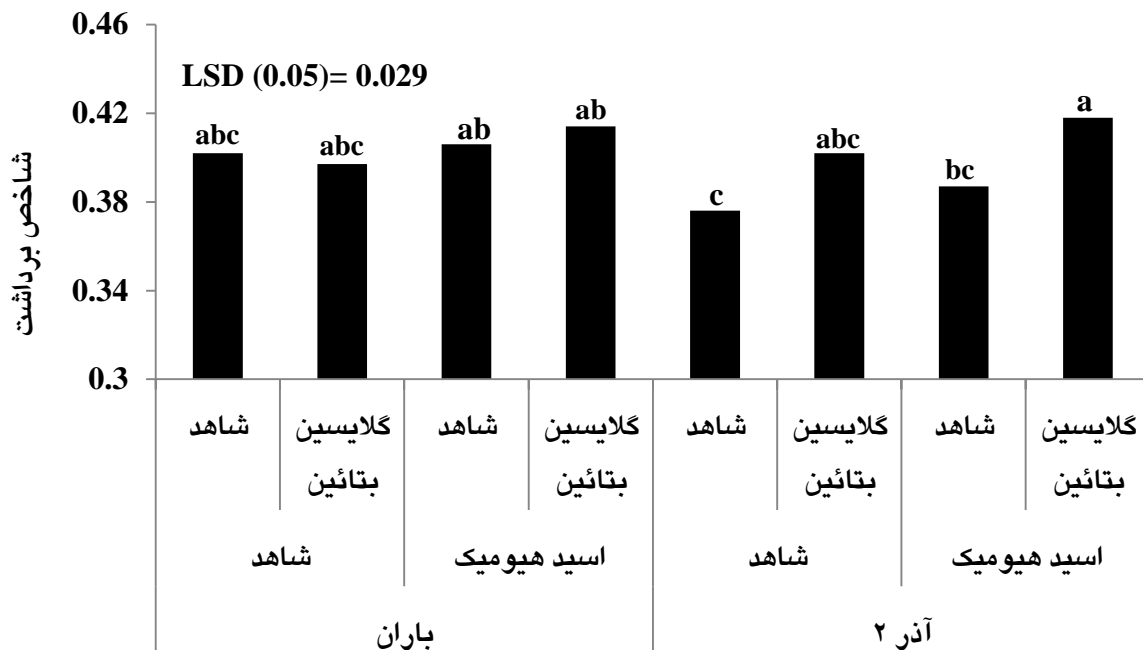


شکل ۷- برهم‌کنش سال و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر شاخص برداشت گندم دیم

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

میزان پروتئین و غلظت عناصر فسفر، روی و مس در دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش و مقایسه میانگین‌ها مربوط به اثرات اصلی تیمارها بر صفات میزان پروتئین و غلظت عناصر فسفر، روی و مس در دانه به ترتیب در جداول ۲ و ۴ آورده شده است. محتوی پروتئین دانه یک صفت کیفی مهم برای گندم دیم است که متأثر از عوامل محیطی و ژنتیکی است. بیشترین درصد پروتئین دانه در سال اول معادل ۱۳/۷۰ درصد به دست آمد که نسبت به سال دوم ۳/۰۶ درصد بیشتر بود که احتمالاً ناشی از کاهش میزان بارندگی در سال اول نسبت به سال دوم باشد (جدول ۱). سایر محققین نتایج مشابهی را گزارش کردند. بالا و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که تنش خشکی موجب کاهش میزان تجمع نشاسته در دانه و به دنبال آن افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود. علت چنین فرآیندی، احتمالاً افزایش درصد پروتئین دانه ناشی از کاهش سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه میزان نشاسته باشد. با کاهش این سلول‌ها، معمولاً نسبت پوسته دانه به آندوسپرم کاهش یافته و از آنجائی که میزان پروتئین در پوسته نسبت به سایر اجزای دانه بیشتر است بنابراین، میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد (ترن بال و رحمان، ۲۰۰۲).

نتایج اثرات متقابل ارقام گندم، پیش‌تیمار بذور با اسید هیومیک و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر صفت شاخص برداشت در شکل ۸ آورده شده است. تفاوت قابل‌توجهی بین دو رقم باران و آذر ۲ از نظر پاسخ به تیمارهای اسید هیومیک و گلایسین بتائین وجود داشت. در رقم باران اعمال این دو تیمار تأثیری بر شاخص برداشت نداشتند ولی، در رقم آذر ۲ عکس‌العمل کاملاً متفاوتی نسبت به آن‌ها وجود داشت و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بدون استفاده از پیش‌تیمار اسید هیومیک، ۶/۹۱ درصد شاخص برداشت را نسبت به شاهد (عدم استفاده از گلایسین بتائین و اسید هیومیک) افزایش داد. نتایج مذکور تفاوت‌های ژنتیکی دو رقم آذر ۲ و باران را نشان داده و چنین استنباط می‌شود که رقم آذر ۲ نسبت به رقم باران از نظر پاسخ به گلایسین بتائین کاراتر باشد. نتایج مشابهی نیز توسط روزرخ (۲۰۲۰) گزارش شد. نامبرده دریافت که محلول‌پاشی گلایسین بتائین نه تنها صفت شاخص برداشت ارقام گندم دیم را افزایش داد بلکه تأثیر مثبتی نیز در ارقام آذر ۲ و سرداری نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه، در رابطه با سازگاری بیشتر با شرایط تنش خشکی به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه داشت.



شکل ۸- برهم‌کنش ارقام گندم و پیش‌تیمار اسید هیومیک و محلول‌پاشی گلیسین بتائین بر شاخص برداشت گندم دیم. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

فسفر دانه در رقم باران بیشتر از رقم آذر ۲ بود (جدول ۴). این تفاوت احتمالاً به دلیل کارایی بالاتر رقم باران نسبت به رقم آذر ۲ در جذب بیشتر فسفر باشد.

پیش‌تیمار بذور گندم با اسید هیومیک غلظت فسفر دانه را به میزان ۲/۶۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). افزایش غلظت فسفر دانه در نتیجه پیش‌تیمار هیومیک اسید احتمالاً ناشی از زیست‌فراهمی بیشتر فسفر ناشی از تأثیر اسید هیومیک در محیط ریشه گیاه باشد. بزولگوا و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند پیش‌تیمار بذور گندم با اسید هیومیک، قابلیت استفاده فسفر در خاک و در نتیجه میزان جذب آن را در گیاه افزایش داد. علت چنین پدیده‌ای را فرآیندهای کنترل فعال تحریک‌پذیری فسفر به وسیله ریشه گیاهان تیمار شده با مواد هیومیکی از طریق مکانیسم ترشحات ریشه و افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفر در نتیجه حضور اسید هیومیک در محیط ریشه بیان نمودند.

پیش‌تیمار بذرهای گندم با اسید هیومیک بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار نبود. با محلول‌پاشی گلیسین بتائین مقدار این صفت به ۱۲/۴۴ درصد رسید که نسبت به شاهد (عدم کاربرد گلیسین بتائین)، ۴/۵۴ درصد بیشتر بود (جدول ۴). ال‌سوقی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابهی را در افزایش میزان پروتئین دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی را با محلول‌پاشی گلیسین بتائین گزارش کردند ولی، دلیل مشخصی را برای آن ارائه ندادند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که گلیسین بتائین نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های خشکی و افزایش دمای محیط دارد (یانگ و همکاران ۲۰۰۷ و خان و همکاران ۲۰۰۹) و بنابراین، احتمال اینکه در شرایط دیم با کاهش اثرات این تنش‌ها توانسته باشد شرایط رشد و بهبود تولید محصول را فراهم نماید بسیار محتمل است.

نتایج آزمایش نشان داد تفاوتی بین غلظت فسفر دانه طی دو سال انجام آزمایش وجود نداشت. ولی غلظت

عناصر روی و مس در دانه مشاهده نشد و اثرات اصلی و متقابل تیمارهای اسید هیومیک و گلیسین بتائین نیز بر غلظت این عناصر از نظر آماری معنی دار نبودند (جدول ۲ و ۴).

محتوای روی و مس دانه از صفات مهم کیفی گندم به ویژه از نظر غنی سازی محصول محسوب می شوند که متأثر از عوامل محیطی و ژنتیکی است. در این آزمایش تفاوتی بین سال های اجرای آزمایش و ارقام از نظر غلظت

جدول ۴- میانگین اثرات سال، رقم، اسید هیومیک و گلیسین بتائین بر درصد پروتئین و غلظت فسفر، روی و مس در دانه

تیمار	پروتئین دانه (%)	فسفر دانه (mg.kg ⁻¹)	روی دانه (mg.kg ⁻¹)	مس دانه (mg.kg ⁻¹)
سال				
۱۳۹۶-۹۷	۱۳/۷۰ a †	۰/۴۱۳ a	۱۵/۲۰ a	۱۱/۴۷ a
۱۳۹۷-۹۸	۱۰/۶۴ b	۰/۴۳۱ b	۱۷/۳۰ b	۱۱/۱۱ b
LSD (0.05)	۰/۷۵	۰/۰۲۱	۳/۵۶	۲/۲۴
رقم				
آذر ۲	۱۱/۹۷ a	۰/۴۱۱ b	۱۶/۱۹ a	۱۱/۰۰ a
باران	۱۲/۳۷ a	۰/۴۳۳ a	۱۶/۳۱ a	۱۱/۵۸ a
LSD (0.05)	۰/۷۵	۰/۰۲۱	۳/۵۶	۲/۲۴
اسید هیومیک				
شاهد	۱۲/۲۱ a	۰/۴۱۶ b	۱۶/۰۸ a	۱۱/۲۶ a
پیش تیمار	۱۲/۱۴ a	۰/۴۲۷ a	۱۶/۴۲ a	۱۱/۳۲ a
LSD (0.05)	۰/۲۰	۰/۰۱۰	۰/۸۵	۰/۵۲
گلیسین				
شاهد (آب پاشی)	۱۱/۹۰ b	۰/۴۲۱ a	۱۶/۳۲ a	۱۱/۰۹ a
برگ پاشی	۱۲/۴۴ a	۰/۴۲۴ a	۱۶/۱۸ a	۱۱/۵۰ a
LSD (0.05)	۰/۲۰	۰/۰۱۰	۰/۸۵	۰/۵۲

†حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه گیری کلی

گره ساقه (کد ۳۱ زادوکس) و مرحله نمو آبستنی (کد ۴۹ زادوکس) بیشترین تأثیر را بر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در مربع داشته و در شرایط مشابه انجام این تحقیق، کاربرد گلیسین بتائین در مراحل فوق می-تواند به میزان ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد محصول را افزایش دهد. بررسی پتانسیل کیفی دانه از نظر محتوای پروتئین دانه نیز نشان داد که محلول پاشی گلیسین بتائین کاملاً برافزایش محتوی پروتئین دانه مؤثر است. تفاوت غلظت فسفر دانه در دو رقم باران و آذر ۲، بیانگر تفاوت های ژنتیکی ارقام در کارایی جذب عنصر فسفر است که در مدیریت حاصلخیزی خاک در تولید محصول گندم دیم باید مدنظر قرار گیرد. تحقیقات بیشتری در این

صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، پروتئین دانه و غلظت عناصر فسفر و مس دانه در سال زراعی دوم با میزان ۱۸/۰۱ درصد بارندگی بیشتر و ۲۵/۶۲ درصد دمای پائین تر نسبت به سال زراعی اول برتر بودند. نتایج مذکور بیانگر این واقعیت است که تولید گندم دیم وابستگی انکارناپذیری به تغییرات اقلیم به ویژه از نظر توزیع و مقدار عوامل بارندگی و دما دارد. با پیش تیمار بذور ارقام آذر ۲ و باران با اسید هیومیک در زمان کاشت، افزایش معنی دار عملکرد دانه به میزان ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار و وزن هزار دانه گندم به میزان ۱/۴۲ گرم مورد انتظار است. محلول پاشی گلیسین بتائین در زمان های تولید اولین

گلیسین بتائین با غلظت ۱۰۰ میلی مولار در مراحل تولید اولین گره ساقه (کد ۳۱ زادوکس) و مرحله نمو آبستنی (کد ۴۹ زادوکس) در مناطق مشابه انجام این تحقیق استفاده شود، تا بتوان در راستای پایداری تولید و تأمین امنیت غذایی جامعه محصولی بیشتر و باکیفیت مطلوب-تری تولید نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین محترم موسسه تحقیقات دیم کشور و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به خاطر تأمین اعتبار و امکانات لازم برای اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

زمینه به‌ویژه از نظر کارایی ارقام و ژنوتیپ‌های گندم دیم مورد نیاز است. پیش‌تیمار گندم با اسید هیومیک موجب افزایش غلظت فسفر دانه شده که احتمالاً ناشی از تأثیر آن بر قابلیت جذب فسفر و افزایش کارایی ریشه بر جذب فسفر در گیاه باشد. از آنجائی که عرضه فسفر به محیط ریشه گیاهان بسیار کند و از طریق پدیده انتشار صورت می‌گیرد، افزایش جذب فسفر در نتیجه پیش‌تیمار بذور با اسید هیومیک بسیار مهم بوده و لذا، تحقیقات آتی باید در زمینه تأثیر هیومیک اسید بر تسریع در رشد ریشه و جذب عناصر ضروری در شرایط دیم خاک‌های آهکی تمرکز یابد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد می‌گردد در برنامه مدیریت تغذیه گندم دیم از پیش‌تیمار بذور گندم با محلول پنج درصد اسید هیومیک و یا محلول پاشی

منابع مورد استفاده

- Ahmadi K, Gholizdeh H, Ebadzadeh H, Hosseinpour R, Abdeshah A, Kazemian A and Rafiee M. 2018. Agricultural Statistics of the Crop Year 2016-17, Volume 1: Crops. Deputy of Planning and Economy, Information Technology Center of the Ministry of Jihad Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian)
- Ahmed N, Zhang Y, Li K, Zhou Y, Zhang M and Li Z. 2019. Exogenous application of glycine betaine improved water use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) via modulating photosynthetic efficiency and antioxidative capacity under conventional and limited irrigation conditions. *The Crop Journal*, 7 (5): 635-650.
- Aldesuquy H, Abbas M, Abo-Hamed S, Elhakem A and Alsokari S. 2012. Glycine betaine and salicylic acid induced modification in productivity of two different cultivars of wheat grown under water stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 8 (2): 69-86.
- Alemaw B and Simalenga T. 2015. Climate change impacts and adaptation in rainfed farming systems: a modeling framework for scaling-out climate smart agriculture in sub-saharan Africa. *American Journal of Climate Change*, 4 (4): 313-329.
- Ali S, Abbas Z, Seleiman MF, Rizwan M, Yavaş İ, Alhammad BA, Shami A, Hasanuzzaman M and Kalderis D. 2020. Glycine betaine accumulation, significance and interests for heavy metal tolerance in plants. *Plants*, 9 (7): 896-919.
- Aliehyaei M. 1997. Description of Soil Chemical Analysis Methods. Volume 2, Number 1024, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. (In Persian)
- Amami A. 1996. Methods of Plant Analysis. Volume 1, Number 982, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. (In Persian)
- Atiyeh RM, Edwards CA, Metzger JD, Lee S and Arancon NO. 2002. The influence of humic acids derived from earth worm processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84 (1): 7-14.
- Baveye PC, Schnee LS, Boivin P, Laba M and Radulovich R. 2020. Soil organic matter research and climate change: merely re-storing carbon versus restoring soil functions. *Frontiers in Environmental Science*, 8: 161-169.

- Bezuglova OS, Polienko EA, Gorovtsov AV, Lyhman VA and Pavlov PD. 2017. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. *Annals of Agrarian Science* 15: 239-242.
- Chen THH and Murata N. 2011. Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications. *Plant Cell Environment*, 34 (1):1-20.
- Chen Y, Clapp CE and Magen H. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organic-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50 (7): 1089-1095.
- Delfine S, Tognetti R, Desiderio E and Alvino A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25 (2): 183-191.
- Demiral T and Türkan I. 2006. Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. *Environmental and Experimental Botany*, 56(1): 72-79.
- Diaz-Zorita M, Fernandez-Canigia MV and Grosso GA. 2001. Applications of foliar fertilizers containing glycinebetaine improve wheat yields. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 (3): 209-215.
- Gupta N and Thind S. 2017. Grain yield response of drought stressed wheat to foliar application of glycine betaine. *Indian Journal of Agricultural Research*, 51 (3): 287-291.
- Gupta N and Thind SK. 2015. Improving photosynthetic performance of bread wheat under field drought stress by foliar applied glycine betaine. *Journal of Agriculture Science Technology*, 17 (1): 75-86.
- Haghparsat R, Zangana Sh and Rajabi R. 2011. The effect of seed treatment with humic and fulvic acid on wheat germination under drought stress. *Proceedings of The 6th National Conference on New Ideas in Agriculture*. Isfahan, Iran. (In Persian)
- Haroon M. 2009. Increasing crop production through humic acid in salt-affected soils. PhD. Thesis. Department of Soil and Environmental Sciences. The University of Agriculture. Peshawar, Pakistan.
- Katkat AV, Çelik H, Turan MA and Asik BB. 2009. Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (2): 1266-1273.
- Kaya M and Khawar KM. 2005. Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7 (6): 875-878.
- Khan MS, Yu X, Kikuchi A, and Asahina M. 2009. Genetic engineering of glycine betaine biosynthesis to enhance abiotic stress tolerance in plants. *Plant Biotechnology*, 26:125-134.
- Khattak RA and Muhammad D. (2006). Effect of pre-Sowing seed treatments with humic acid on seedling growth and nutrient uptake. Internship Report, Department of Soil and Environmental Science, NWFP Agriculture University, Peshawar. Pakistan.
- Ma XL, Wang YJ, Xie SL, Wang C and Wang W. 2007 Glycinebetaine application ameliorates negative effects of drought stress in Tobacco. *Russian Journal of Plant Physiology*, 54 (4): 472-479.
- Mackowiak CL, Grossl PR and Bugbee BG. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 65 (6): 1744-1750.
- Maghrebi M, Noori R, Bhattarai R, Mundher YZ, Tang Q, Al-Ansari N, Danandeh Mehr A, Karbassi A, Omidvar J, Farnoush H, Torabi Haghighi A, Kløve B and Madani K. 2020. Iran's Agriculture in the Anthropocene. *Earth's Future*, 8 (9): 1-15.
- Nazari R, Ramezani Etedali H, Nazari B and Collins B. 2020. The impact of climate variability on water footprint components of rainfed wheat and barley in the Qazvin province of Iran. *Irrigation and Drainage*, 69(4): 826-843.

- Ozfidan-Konakci C, Yildiztugay E, Bahtiyar M and Kucukoduk M. 2018. The humic acid-induced changes in the water status, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense systems of wheat leaves with cadmium stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 155: 66-75.
- Park EJ, Jeknic Z, Pino MT, Murata N and Chen THH. 2007. Glycinebetaine accumulation is more effective in chloroplasts than in the cytosol for protecting transgenic Tomato plants against abiotic stress. *Plant Cell Environment*, 30 (8): 994-1005.
- Pirttioja N, Carter TR, Fronzek S, Bindi M, Hoffmann H, Palosuo T, Ruiz-Ramos M, Tao F, Trnka M, Acutis M, Asseng S, Baranowski P, Basso B, Bodin P, Buis S, Cammarano D, Deligios P, Destain MF, Dumont B, Ewert F, Ferrise R, Francois L, Gaiser T, Hlavinka P, Jacquemin I, Kersebaum KC, Kollas C, Krzyszczak J, Lorite IJ, Minet J, Minguez MI, Montesino M, Moriondo M, Mueller C, Nendel C, Öztürk I, Perego A, Rodríguez A, Ruane AC, Ruget F, Sanna M, Semenov MA, Slawinski C, Stratonovitch P, Supit I, Waha K, Wang E, Wu L, Zhao Z and Rötter RP. 2015. Temperature and precipitation effects on wheat yield across a European transect: A crop model ensemble analysis using impact response surfaces. *Climate Research*, 65: 87-105.
- Raza MAS, Saleem MF, Shah GM, Khan IH and Raza A. 2014. Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield of wheat under drought. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(2): 348-364.
- Raza SH, Athar SH, Ashraf M and Hameed A. 2007. Glycinebetaine induced modulation of antioxidant enzymes activities and ion accumulation in two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 60 (3): 368-376.
- Roostrok M. 2020. Effect of glycine betaine application on yield and physiological characteristics of dryland wheat cultivars in Kermanshah. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12(2): 78-85. (In Persian)
- Sabzevari S, Khazaie H and Kafi M. 2010. Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(3): 473-480. (In Persian)
- Shayanmehr S, Rastegari HS, Sabouhi SM and Shahnoushi FN. 2020. Drought, climate change, and dryland wheat yield response: An econometric approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14): 52-64.
- Su J, Hirji L, He C, Selvaraj G and Wu R. 2006. Evaluation of the stress inducible production of choline oxidase in transgenic rice as a strategy for producing the stress protectant glycine betaine. *Journal of Experimental Botany*, 57 (5): 1129-1135.
- Turnbull K and Rahman S. 2002. Endosperm texture in wheat. *Journal of Cereal Science*, 36 (3): 327-337.
- Wang GP, Zhang XY, Li F, Luo Y and Wang W. 2010. Over Accumulation of glycine betaine enhances tolerance to drought and heat stress in wheat leaves in the protection of photosynthesis. *Photosynthetica*, 48 (1): 117-126.
- Waqas M, Ahmad B, Arif M, Munsif F, Khan AL, Amin M, Kang SM, Kim YH and Lee IJ. 2014. Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mungbean. *American Journal of Plant Sciences*, 5 (15): 2269-2276.
- Yang XH, Wen XG, Gong HM, Lu QT, Yang ZP, Tang YL, Liang Z, and Lu CM. 2007. Genetic engineering of the biosynthesis of glycinebetaine enhances thermotolerance of photosystem II in tobacco plants. *Planta*, 225:719-733.