

The Effect of Application Methods of Some Biological Growth Stimulants on Quantitative and Qualitative Characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Ahmad Tobeh^{1*} , Salim Farzaneh² , Saeed Heydarzadeh³, Rafat Hassaninassab Farzaneh⁴

Received: April 3, 2024

Accepted: August 1, 2024

1- Prof., of Dept. of Production and Plant Genetics, Ardabil University of Mohaghegh Ardabili. Ardabili, Iran,
2- Assoc. Prof., of Dept. of Production and Plant Genetics, Ardabil University of Mohaghegh Ardabili. Ardabili, Iran,
3-Post Doctorate, of Dept. of Production and Plant Genetics, Ardabil University of Mohaghegh Ardabili. Ardabili, Iran,
4-1.PhD Student in Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*Corresponding Author Email: ahmadtobeh1340@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: In modern agriculture, the use of plant growth stimulants is one of the ways to increase the yield of strategic plants, including wheat, and can reduce the negative effects of environmental stress, including drought. The use of plant growth stimulants may improve the yield and quality of wheat by increasing the speed and power of plant establishment and absorption of plant nutrients in rainfed conditions, therefore, the purpose of this study is to compare the effect of the use of different plant growth stimulants on the quantitative and qualitative traits of wheat in rainfed conditions.

Materials and Methods : In order to investigate the effect of plant growth stimulants on some quantitative and qualitative characteristics of wheat, this research was conducted as a randomized complete block design with 15 treatments and 4 replications in 2019 growth season in the Research Farm of the Faculty of Agriculture of Mohaghegh Ardabili University, Ardabili. The treatments included different seed coating treatments at 6 levels (3, 6 and 9 g kg⁻¹ of humic acid and seaweed extract) and seed priming at 3 levels (priming with 6 mg L⁻¹ of humic acid and extract seaweed and hydropriming (control hydroprime) and spraying with a concentration of 200 and 300 mlgr l⁻¹ of humic acid and seaweed extract, pure water spraying and treatment without pretreatment and without spraying (control).

Results: The results showed that different methods of using plant growth stimulants with seaweed extract and humic acid had a significant effect on increasing the number of tiller per plant, the number of spikes per square meter, the length of the spike, the number of seeds per spike and the 1000-seed weight compared to the control. Under spraying with a concentration of 300 mg L⁻¹ of humic acid, the highest grain yield and biological yield were obtained with 7694.10 and 19074.90 kg ha⁻¹, respectively. The highest of phosphorus (0.335%), potassium (1.62%) and protein (14.95%) and grain protein yield of wheat (1149.12 kg ha⁻¹) under spraying with a concentration of 300 mlgr l⁻¹ of humic acid was obtained. Also, the highest amount of chlorophyll a and b of wheat was observed with 2.10 and 1.83 mg g⁻¹ fw, respectively, under spraying with a concentration of 300 mg L⁻¹ of humic acid

Conclusion: Based on the results of this research, it can be stated that the use of plant growth stimulants by foliar spraying with a concentration of 300 mg L⁻¹ of humic acid is more effective in improving the quantitative and qualitative characteristics of the wheat plant and is better for increasing the productivity of crops. Agriculture should use organic and biological inputs instead of chemical fertilizers with the aim of reducing pollution in order to achieve sustainable agriculture.

Keywords: Foliar Spraying, Plant Growth Stimulants, Seed Coating, Priming, Wheat Grain Yield



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Ahmad Tobeh Email: ahmadtobeh1340@gmail.com

<https://doi.org/10.22034/saps.2024.61061.3202>



تأثیر روش‌های کاربرد برخی محرک‌های رشد زیستی گیاهی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.)

احمد توبه^{۱*}، سلیم فرزانه^۲، سعید حیدرزاده^۳، رفعت حسینی نسب فرزانه^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱
--------------------------	-------------------------

- ۱- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 ۲- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 ۳- پسادکتری گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 ۴- دانشجوی دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 *مسئول مکاتبه: Email: ahmadtobeh1340@gmail.com

چکیده

مقدمه و اهداف: در کشاورزی نوین، استفاده از محرک‌های رشد گیاه، یکی از راهکارهای افزایش عملکرد گیاهان راهبردی از جمله گندم بوده و می‌تواند اثرات منفی تنش محیطی از جمله خشکی را کاهش دهد. به طوری که کاربرد محرک‌های رشد گیاهی ممکن است از طریق افزایش سرعت و توان استقرار گیاهان و جذب عناصر غذایی گیاه در شرایط دیم باعث بهبود عملکرد و کیفیت گندم شود. بنابراین، هدف از انجام این بررسی، مقایسه اثر کاربرد محرک‌های رشد گیاهی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی گندم در شرایط دیم است.

مواد و روش‌ها: به منظور ارزیابی تأثیر محرک‌های رشد گیاه بر برخی خصوصیات کمی و کیفی گندم رقم میهن، این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و ۴ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل روش‌های مختلف پوشش‌دار کردن بذور در ۶ سطح (به مقدار ۳، ۶ و ۹ گرم از هریک اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر) و پرایمینگ بذر در ۳ سطح (پرایمینگ با ۶ میلی‌گرم از هریک اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی در هر لیتر و هیدروپرایمینگ (شاهد هیدروپرایم)) و محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هریک هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی، محلول‌پاشی آب خالص و تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون محلول‌پاشی (شاهد) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که روش‌های مختلف مصرف محرک‌های رشد گیاه با عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید در مقایسه با شاهد تأثیر معنی‌داری در افزایش تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم نشان داد. بیشترین میزان کلروفیل a و b گندم به ترتیب با ۲/۱۰ و ۱/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد. تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم به ترتیب با ۷۶۹۴/۱۰ و ۱۹۰۷۴/۹۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بیش‌ترین میزان درصد فسفر (۰/۳۳۵ درصد)، پتاسیم (۱/۶۲)

درصد) و میزان پروتئین (۱۴/۹۵ درصد) و عملکرد پروتئین دانه گندم (۱۱۴۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار) تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که استفاده از محرک‌های رشد گیاه به روش محلول‌پاشی با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید از کارایی بیش‌تری در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه گندم برخوردار است و بهتر است برای افزایش راندمان محصولات کشاورزی از نهاده‌های آلی و زیستی به جای کودهای شیمیایی با هدف کاهش آلودگی در راستای نیل به کشاورزی پایدار استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پوشش دار کردن بذر، پرایمینگ، محلول‌پاشی، محرک‌های رشد گیاه، عملکرد دانه گندم

مقدمه

روند روز افزون افزایش جمعیت و به طبع آن نیاز به مواد غذایی خصوصاً محصول استراتژیک گندم از دغدغه‌های اصلی کشور می‌باشد. کشور ایران از مناطق خشک و نیمه خشک کره زمین است و تغییرات اقلیمی خصوصاً پدیده خشکسالی بحران کمبود آب را تشدید کرده است، بنابراین در بخش کشاورزی می‌بایست سهم عمده‌ای از گندم مورد نیاز کشور به شیوه دیم‌کاری تامین شود (نصیرالاسلامی و همکاران ۲۰۲۱). پروژه‌های بذرکاری به صورت دیم از قدیم در کشور وجود داشته و از اهمیت خاصی برخوردار هستند (نصیرالاسلامی و همکاران ۲۰۲۱). هر ساله وقت و هزینه فراوانی در کشور صرف انجام دیم‌کاری گندم می‌شود اما به دلایلی از جمله فرسایش خاک و مناسب نبودن عمق خاک، تغییرات آب و هوایی همانند خشکسالی و وجود تنش رطوبتی و افزایش میانگین دما، باعث گردیده که در برخی پروژه‌های دیم‌کاری، بذر قادر به ظهور گیاهچه نبوده یا پس از جوانه‌زنی امکان استقرار نداشته و یا به سختی مستقر شوند (پاچوتا و همکاران ۲۰۲۱). در این راستا قبل از اقدام به بذرکاری، اعمال شیوه‌های تقویت کننده بذر به منظور حذف یا کاهش اثرات تنش‌های محیطی و افزایش سرعت و توان استقرار گیاهان مورد نظر از درجه اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (راجا و ویدیا ۲۰۲۳). بذرکاری با اعمال شیوه‌های تقویت کننده بذر به منظور کاهش اثرات منفی محیطی و افزایش درصد ظهور گیاهچه اهمیت بالایی دارد که یکی از این شیوه‌ها پوشش‌دار کردن بذر

می‌باشد (فرزانه و همکاران ۲۰۲۱). عمل پوشش‌دار کردن بذر با اهداف مختلفی از جمله افزایش درصد سرعت جوانه زنی، تغییر ظاهر و اندازه بذر، امکان استقرار بهتر بذر، جلوگیری از آلودگی محیطی، کاهش هزینه‌ها، امکان کشت تاخیری، تغییر در میزان دسترسی بذر به رطوبت، افزایش میزان ظهور گیاهچه، رشد گیاه و توسعه ریشه و جلوگیری از خورده شدن بذر توسط جانداران انجام می‌گیرد (گیل-ورتیز و همکاران ۲۰۲۰). نگاه یک جانبه به تامین مواد غذایی بدون توجه به مسائل زیست محیطی و تاثیر کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های خاک، موجب استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی شده و در نتیجه اثرات مخرب از قبیل کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش وزن مخصوص ظاهری، محدود شدن رشد ریشه و در نهایت تخریب خاک و کاهش رشد و عملکرد را در پی خواهد داشت (البکار و همکاران ۲۰۲۰). از این‌رو امروزه مصرف انواع کودهای آلی از جمله مواد هومیکی و جلبک دریایی رو به افزایش است. مواد هومیکی از باقیمانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند و شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند (الخارپوتلی و همکاران ۲۰۱۷). این مواد ماکرومولکول پیچیده آلی بوده و با فرایندهای شیمیایی و باکتریایی در خاک تشکیل می‌شود (ای‌اس و همکاران ۲۰۲۳). اسید هیومیک می‌تواند به طور مستقیم اثرات مثبت بر رشد گیاه بگذارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هیومیک تحریک می‌شود ولی اثر آن بر روی ریشه برجسته‌تر است و حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثر بخشی سیستم ریشه می‌گردد (بزوگلو و

همکاران ۲۰۱۷). اسید هیومیک باعث افزایش جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف توسط گیاه می شود. کاربرد اسید هیومیک کلروز گیاهان را بهبود می بخشد که احتمالاً نتیجه ای از توانایی اسید هیومیک برای نگهداری آهن خاک به فرم قابل جذب و سوخت و ساز باشد (دلفین و همکاران ۲۰۰۵، بولگاری و همکاران ۲۰۱۵). این پدیده می تواند در خاک های قلیایی و آهکی که معمولاً کمبود آهن قابل جذب و مواد آلی دارند موثر باشد. وجود ترکیب های شیمیایی مختلف در عصاره جلبک دریایی و اثرهای فیزیولوژیکی آنها سبب شده که به طور گسترده در صنایع غذایی، آرایشی بهداشتی، تولید رنگ و ... مورد استفاده قرار بگیرند (دی فلیپو-هررا و همکاران ۲۰۱۹). جلبک دریایی غیر آلاینده، غیرسمی و دوستدار محیط زیست بوده و به دلیل داشتن هورمون های رشدی مانند اکسین ها و سیتوکنین، عناصر ریزمغذی، ویتامین ها و آمینو اسیدها سبب افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تاخیر در پیری و افزایش تحمل به تنش های محیطی می شود (حسینی و همکاران ۲۰۲۳). با توجه به اینکه تحقیقات محدودی در زمینه ی به زراعی برای این گیاه انجام شده است و همچنین نظر به اهمیت کشت انبوه این گیاه و ارتقاء خصوصیات کیفی آن در کشور، این تحقیق با هدف بررسی اثر محرک های زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم طراحی و اجرا شد.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی و بررسی تأثیر محرک های زیستی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی گندم رقم میهن، این تحقیق در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و ۴ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تیمارهای مختلف پوشش دار کردن بذر در ۶ سطح (به مقدار ۳، ۶ و ۹ گرم از هر یک اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر) و پرایمینگ بذر در ۳ سطح (پرایمینگ با ۶ میلی گرم از هر یک اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی در هر لیتر و هیدروپرایمینگ (شاهد هیدروپرایم) و

محلول پاشی با استفاده از غلظت ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر از هر یک هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی، محلول پاشی آب خالص و تیمار بدون پیش تیمار و بدون محلول پاشی (شاهد) بودند. هیومیک اسید با نام تجاری هیومکس و عصاره جلبک دریایی با نام تجاری کلپاک از شرکت بازرگان کالا تهیه شدند. جهت انجام پرایمینگ بذر را به مدت ۲۴ ساعت در آب محتوی محرک رشد قرار داده و سپس جهت خشک شدن و رسیدن به رطوبت اولیه، در هوای آزمایشگاه قرار داده شد. جهت تهیه محیط پرایمینگ از پمپ اکواریوم استفاده شد. برای تیمار پوشش دار کردن بذر، از ماده CMC^۱ و چسباننده استفاده گردید. عمل پوشش دار کردن بصورت دستی انجام شد بطوری که بذر ها در ظروف محتوی مواد پوشش دهنده ریخته شد و پس از آغشته شدن، بذرهای پوششدار از ظروف خارج و در دمای طبیعی خشک شدند.

بذر گواهی تهیه شده را جهت اطمینان بیشتر و نیز حساسیت در تعیین اثر مواد پوشش دهنده بذر، در بخش آزمایشگاهی برخی پیش آزمون های بذر شامل وزن هزاردانه، خواب بذر (با روش اسید جیبرلیک)، زنده مانی بذر (با روش تترازولیوم) و جوانه زنی استاندارد براساس دستورالعمل انجمن بین المللی آزمون بذر انجام گردید. مهمترین پیش آزمون ها تعیین درصد جوانه زنی بود که برای انجام آن، ۱۰ عدد بذر در ظرف پتری با ۲ لایه کاغذ صافی و در ۴ تکرار کشت گردید. ظروف پتری پس از اضافه کردن آب مقطر به اندازه کافی، در شرایط دمایی ۲۰±۱ درجه سانتی گراد قرار داده شدند، شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه زده به مدت هشت روز در زمان مشخص انجام گرفت و بذرهایی که طول ریشه چه آنها بیش از دو میلیمتر بود به عنوان معیار جوانه زنی در نظر گرفته شد و نهایتاً میزان جوانه زنی ۹۶ درصد بدست آمد. در این تحقیق از رقم گندم میهن استفاده شد که در منطقه از بیشترین سطح زیر کشت برخوردار است.

^۱ - Carboxymethyl Cellulose

به منظور اجرای طرح، ابتدا در تاریخ سوم مهر ماه زمین مورد نظر با گاوآهن برگرداندار به عمق ۳۰ سانتیمتر شخم زده شد. در جدول ۱ مشخصات خاک

مزرعه آزمایشی ذکر شده است (نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مطالعه شده.

بافت خاک	پتاسیم قابل جذب (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب (mg) (kg^{-1})	نیتروژن کل (%)	ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS m^{-1})	pH
شنی رسی	۱۵۲	۱۰/۶۰	۰/۰۹۶	۱/۱۵	۰/۸۰	۷/۹

پس از انجام شخم، مقدار ۱۶۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، ۱۲۰ کیلوگرم پتاسیم و ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژنه اوره به عنوان استارتر براساس عرف کشاورزان منطقه، به خاک اضافه و سپس دیسک زده شد. پس از انجام دیسک، با لولر زمین مورد نظر

تسطیح گردید. در ادامه، کرت‌هایی به طول چهار متر و عرض ۱۲۰ سانتیمتر ایجاد گردید. متوسط دما و بارندگی در طول سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- متوسط درجه حرارت ماهیانه و بارندگی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۹.

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین/مجموع
میانگین دما ($^{\circ}\text{C}$)	۱۱/۳	۷/۵	-۵/۹	-۰/۶	۳/۹	۷/۶	۱۲/۳	۱۵/۴	۲۰/۹	۲۴	۲۲/۸	۱۹	۱۱/۵۱
بارندگی (mm)	۹/۴	۶۵	۴۱/۸	۴۳/۹	۹/۵	۱۹/۳	۳۲/۹	۵۵/۳	۶	۰	۰/۱	۰	۲۸۹/۵

محتوای کلروفیل a و b در مرحله مرحله ظهور خوشه‌های گندم با روش‌های استاندارد از برگ گیاه اندازه‌گیری شدند (لیختنتالر و ولبرن ۱۹۸۳). ۰/۲ گرم از بافت برگ پرچم را با استن ۸۰ درصد به تدریج له کرده تا کلروفیل وارد محلول استونی شود و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفوژ شد و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. پس از اتمام دوره رشد گیاه و برداشت آن، میزان پروتئین، فسفر و پتاسیم دانه گندم، به ترتیب با روش کجلدال، رنگ‌سنجی در طول موج ۴۱۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر به روش نشر شعله‌ای اندازه‌گیری شدند (پرکین ۱۹۸۲، والینگ و همکاران ۱۹۸۹، شومان و همکاران ۱۹۷۳). عملکرد پروتئین از حاصلضرب درصد پروتئین در

هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به فاصله ۲۵ سانتیمتر و طول چهار متر بود. کاشت بذر در نیمه اول مهرماه (۱۵ مهر ماه) توسط عمیق کار غلات انجام گردید. در بهار نیز مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک به محصول داده شد. آبیاری نیز براساس عرف منطقه هر هفت روز یکبار به صورت آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ انجام گردید. کلیه مراقبت‌های زراعی در مورد تمامی تیمارها به صورت یکنواخت انجام گرفت. محلول‌پاشی برگ‌گی در مرحله ظهور خوشه‌های گندم انجام شد که در ۳ مرحله و با فاصله ۱۰ روز بود. برداشت نهایی بوته‌ها در موقع رسیدن فیزیولوژیک گیاه و از مساحت دو متر مربع وسط هر کرت با دست و با کف بر کردن بوته‌ها انجام و صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم اندازه‌گیری شد.

عملکرد دانه بدست آمد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در

مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، پروتئین دانه، عملکرد پروتئین دانه، عناصر غذایی فسفر و پتاسیم و محتوای کلروفیل a و b گندم تحت تاثیر محرک‌های زیستی رشد قرار گرفت (جدول ۳). در حالی که شاخص برداشت دانه گندم تحت تاثیر محرک‌های زیستی رشد معنی‌دار نشد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی گندم تحت تاثیر تیمارهای مختلف محرک‌های زیستی رشد.

ضریب تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله در مترمربع	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
بلوک	۳	۳۷/۵۱	۲/۸۷	۷۵۷۷۶/۷۴	۱/۰۶	۱۱۹/۰۳	۳۲/۱۹۳	۱۷۹۴۲۰۱۶/۲	۵۸۹۲۶۶/۵
تیمار	۱۴	۲۰۴/۵**	۰/۶۷**	۵۵۴**	۰/۹۲*	۳۴/۹۳**	۳۸/۵۴**	۳۱۱۰۱۲۲*	۸۸۶۷۹۹/۷**
خطای آزمایش	۴۲	۴۱/۲۱	۰/۲۲	۱۸۶۷/۵۶	۰/۴۵	۱۳/۴۷	۷/۱۵	۱۲۳۱۷۶۸/۷	۸۳۴۲۹۳/۸
ضریب تغییرات (%)	۷/۸۱	۱۴/۰۵	۱۱/۳۵	۷/۵۷	۱۲/۸۶	۷/۲۱	۶/۴۲	۷/۱۵	

ns، * و ** به ترتیب نشان‌گر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ادامه جدول ۳

شاخص برداشت	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین	فسفر	پتاسیم	کلروفیل a	کلروفیل b
۷۳/۵۲	۱۱/۰۳	۷۵۹۹۶/۹۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
۶/۷۱ ^{ns}	۱/۹۰*	۴۷۰۰۲/۵۲**	۰/۰۰۲**	۰/۱۰**	۰/۵۵**	۰/۱۶**
۱۱/۰۶	۰/۷۵	۸۸۱۸/۸۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷
۸/۷۰	۶/۴۱	۱۰/۴۹	۴/۲۳	۶/۰۶	۶/۱۸	۶/۰۱

ns، * و ** به ترتیب نشان‌گر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ارتفاع بوته

براساس نتایج حاصل، بیشترین ارتفاع بوته گندم (۹۸/۹۵ سانتیمتر) تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بدست آمد. در حالی که، کمترین ارتفاع آن (۷۵/۰۵ سانتیمتر) در پرایمینگ بذر با ۶ میلی‌گرم عصاره جلبک دریایی مشاهده شد (جدول ۴). افزایش ارتفاع و رشد بوته گیاه گندم را به خاطر اثرات هورمونی اسید هیومیک و تاثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی عنوان کردند (دینچسوی و سونمز ۲۰۱۹). اسید هیومیک از طریق افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس افزایش رشد اندام‌های هوایی را سبب می‌شود (احسان و همکاران ۲۰۱۴). اسید هیومیک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین ایفای نقش بر روی نفوذپذیری غشا به

ATP به عنوان ناقل پروتئین، فعال کردن تنفس، چرخه کربس، فتوسنتز و تولید آمینواسید باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود (الباسیونی و همکاران ۲۰۱۴). دلیل بالا بودن ارتفاع بوته گیاه گندم تحت تیمارهای محرک‌های زیستی را می‌توان به سبب گسترش و توسعه ریشه گیاه و بهبود قابلیت دسترسی گیاه به عناصر مغذی نسبت داد. بالا بودن ارتفاع بوته گیاه در نتیجه استفاده از محرک‌های زیستی از جمله اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی ناشی از سنتز تنظیم کننده رشد گیاه مانند اکسین، سنتز اسیدهای آمینه متفاوت، آنتی‌بیوتیک‌ها مختلف، سیانید هیدروژن و سیدروفور می‌باشد که منجر به تحریک رشد گیاه و طول میانگره گیاه شده که سرانجام منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد (هگاب و همکاران ۲۰۲۰). گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید هیومیک در گیاه گندم منجر به بهبود محتوای

کلروفیل گردید و از طریق افزایش جذب آب، عناصر غذایی و انتقال اسیمیلات‌های فتوسنتزی منجر به افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه و عملکرد گیاه شد (کندی و غریب ۲۰۱۹).

تعداد پنجه در بوته

بیشترین تعداد پنجه در بوته گندم ($4/40$ عدد) تحت پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم اسید هیومیک مشاهده شد. در حالی که، کمترین تعداد آن $2/90$ عدد در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۴). گزارش شده است که کاربرد اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی با افزایش تقسیم سلولی در مریستم‌های رویشی گیاه، افزایش توان فتوسنتزی گیاه از طریق تاثیر مثبت بر فعالیت آنزیم رویسکو، کاهش تاثیرات منفی آبسبزیک اسید در فرآیند بسته شدن روزنه‌ها و همچنین سنتز پروتئین‌های خاص به نام پروتئین کیناز که نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز سلولی بر عهده دارند که موجب بهبود صفات رشدی و تعداد پنجه در بوته گیاه در شرایط تنش می‌شود (محمد و همکاران ۲۰۱۳). مصرف اسید هیومیک با جلوگیری از اکسیداسیون اکسین بر مریستم‌های رویشی اثر گذاشته و منجر به افزایش تعداد میان گره‌ها در ساقه اصلی، تعداد برگ در بوته، تعداد پنجه در بوته و بهبود خصوصیات رشد گیاه می‌گردد (ناردی و همکاران ۲۰۱۶). گزارش شده است که پوشش‌دار کردن بذور گیاه گندم با اسید هیومیک از طریق بهبود کارایی فرآیند فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز و همچنین بهبود تولید اسیمیلات‌ها منجر به افزایش رشد رویش گیاه و تعداد پنجه در بوته آن در مقایسه با گیاهان شاهد شد (نصیرالاسلامی و همکاران ۲۰۲۱).

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج حاصل نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع گندم ($421/43$ عدد) تحت پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ گرم عصاره جلبک دریایی مشاهده شد. در حالی که، کمترین تعداد آن $292/79$ عدد در تیمار شاهد بود (جدول ۴). در پژوهشی به بررسی پوشش‌دار

کردن بذور به عصاره جلبک دریایی در گیاه گندم پرداخته و گزارش کردند صفات مربوط به عملکرد (تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه، وزن هزار دانه) به طور معنی‌داری در تیمار ترکیبی افزایش یافت (سلیم ۲۰۱۶). اظهار داشتند که اسید هیومیک یک فیتوهورمون است و با توجه به نقش تنظیم‌کنندگی که در برخی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی و موفولوژیکی گیاه اعم از کنترل تنفس، بسته نگه‌داشتن روزنه‌ها در شرایط تنش، جوانه زنی بذر، فرآیند گلیکولیز، گلدھی و رسیدگی دانه باعث بهبود رشد و افزایش تعداد سنبله در مترمربع گندم شده است (شعبان و همکاران ۲۰۰۹). پوشش‌دار کردن بذور با عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید از طریق افزایش جذب عناصر ماکرو و میکرو، فراهمی آب گیاه موجب جلوگیری از ریزش گل‌ها و عدم تلقیح تخمک‌ها در مقابل تنش‌های محیطی توسط گیاه شده که سبب بهبود رشد و افزایش تعداد سنبله در مترمربع سورگوم می‌شود (تقدوسی و همکاران ۲۰۱۳).

طول سنبله

بیشترین طول سنبله گندم ($9/57$ سانتیمتر) تحت پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم اسید هیومیک بود. در حالی که، کمترین طول آن $7/81$ سانتیمتر در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). اسید هیومیک در انسجام و انعطاف غشای پلاسمایی، رشد و تکثیر سلول نقش دارد. به واسطه دخالت اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی در تقسیم و توسعه سلولی و دارا بودن اثرات بهبود دهنده با هورمون‌های رشد، قادر به افزایش طول سنبله در گندم می‌باشد (طاهون و همکاران ۲۰۲۲). بهبود ویژگی‌های رشدی در گیاه گندم تحت پوشش‌دار کردن بذور با اسید هیومیک در شرایط تنش کم آبی موجب بهبود طول سنبله در گندم شده است (پاچوتا و همکاران ۲۰۲۱). در این رابطه نصیرالاسلامی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند مصرف عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید سبب افزایش طول سنبله در گندم شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی گندم تحت تاثیر محرک‌های زیستی رشد.

تیمار	ارتفاع بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله در مترمربع	طول سنبله (cm)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بپولوزیک	عملکرد دانه
	(cm)			(cm)		(g)	(kg ha ⁻¹)	
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۳ گرم اسید هیومیک در هر کیلوگرم بذر	۷۸/۱۰bc	۲/۹۵b	۳۸۷/۶۲ab	۸/۸۷ab	۲۶/۵۰ab	۳۵/۸۶bcd	۱۶۳۵۵/۷۰ab	۶۰۳۵/۲۰b
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ گرم اسید هیومیک در هر کیلوگرم بذر	۷۹/۲۰bc	۳/۰۵b	۴۲۱/۴۳a	۹/۰۶ab	۲۶ab	۳۵/۳۷bcd	۱۶۹۴۲/۵۰ab	۶۲۱۳/۹۰b
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم اسید هیومیک در هر کیلوگرم بذر	۷۷/۳۵bc	۳/۵۵ab	۴۱۶/۷۴a	۹/۰۴ab	۲۸/۷۵ab	۳۶/۳۴bcd	۱۶۵۵۵/۵۰ab	۶۵۵۰/۹۰ab
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۳ گرم عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر	۸۰/۰۵bc	۳/۸۰ab	۴۰۰/۲۰ab	۸/۹۹ab	۲۹/۳۰ab	۳۵/۲۱bcd	۱۷۰۷۷/۳۰ab	۶۵۳۹/۸۰ab
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ گرم عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر	۸۱/۹۵bc	۳/۹۰ab	۴۰۰/۶۵ab	۸/۸۰ab	۳۳/۱۰a	۳۷/۳۳abcd	۱۷۲۷۵/۵۰ab	۶۵۷۰/۸۰ab
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر	۸۰/۹۰bc	۴/۴۰a	۴۱۳/۲۴a	۹/۵۷a	۳۰/۳۵ab	۳۷/۸۱abcd	۱۶۷۲۰/۱۰ab	۶۶۴۹/۲۰ab
پرایمینگ بذر با ۶ میلی‌گرم اسید هیومیک در هر لیتر	۷۹/۰۵bc	۳/۵۰ab	۳۹۹/۶۴ab	۹/۰۲ab	۳۰/۳۵ab	۳۴/۵۶bcd	۱۷۱۱۵/۷۰ab	۶۴۵۰/۹۰b
پرایمینگ بذر با ۶ میلی‌گرم عصاره جلبک دریایی در هر لیتر	۷۵/۰۵c	۳/۵۵ab	۴۰۷/۵۵a	۹/۲۹ab	۲۷/۹۵ab	۳۵/۲۹bcd	۱۷۱۱۱/۸۰ab	۶۴۱۹b
هیدروپرایمینگ	۷۵/۲۵c	۳/۱۰b	۳۹۰/۲۵ab	۸/۶۰ab	۲۵/۴۰ab	۳۵/۲۲bcd	۱۶۴۹۰ab	۶۳۴۹/۵۰b
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید	۹۲/۵۱ab	۲/۳۰ab	۳۴۸/۵۲ab	۸/۶۲ab	۳۰/۴۰ab	۴۰/۶۷abc	۱۸۶۰۷/۲ab	۷۱۷۸/۳۰ab
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید	۹۸/۹۵a	۲/۲۵ab	۳۷۹/۴۸ab	۹/۵۰ab	۳۲/۹۰a	۴۴/۰۴a	۱۹۰۷۴/۹۰a	۷۶۹۴/۱۰a
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی	۸۹/۲۳abc	۲/۲۰ab	۳۵۷/۱۵ab	۸/۵۰ab	۲۹/۱۵ab	۴۰/۰۲abc	۱۸۰۶۲ab	۶۷۹۱/۷۰ab
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی	۹۰/۳۰abc	۲/۶۰ab	۳۷۴/۵۲ab	۹/۰۸ab	۳۰/۲۰ab	۴۱/۱۹ab	۱۸۵۳۰/۲۰ab	۷۱۵۵/۶۰ab
محلول‌پاشی آب خالص	۷۸/۹۰bc	۳/۰۷b	۳۱۷/۲۱ab	۸/۰۷ab	۲۴/۶۰ab	۳۴/۲۶cd	۱۷۱۳۰ab	۶۰۱۱/۶۰b
تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون محلول‌پاشی	۷۶/۰۵c	۲/۹۰b	۲۹۲/۹۶b	۷/۸۱b	۲۲/۸۵b	۳۲/۷۵d	۱۶۱۹۴/۶۰b	۶۰۵۷/۹۰b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

ادامه جدول ۴

تیمار	پروتئین دانه (%)	عملکرد پروتئین (kg ha ⁻¹)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلروفیل a (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل b (mg g ⁻¹ FW)
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۳ گرم اسید هیومیک در هر کیلوگرم بذر	۱۲/۸۲ab	۷۷۶/۶۶d	۰/۲۴۷h	۱/۰۷g	۱/۱۵g	۰/۹۶g
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ گرم اسید هیومیک در هر کیلوگرم بذر	۱۳/۲۸ab	۸۳۰/۵۳bcd	۰/۲۷۰e-h	۱/۲۳efg	۱/۳۸ef	۱/۱۷efg
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم اسید هیومیک در هر کیلوگرم بذر	۱۲/۹۸ab	۸۵۵/۵۵bcd	۰/۲۷۷d-h	۱/۲۶defg	۱/۳۶fg	۱/۱۶efg
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۳ گرم عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر	۱۳/۲۸ab	۸۷۲/۷۶bcd	۰/۲۸۲c-f	۱/۳۰cde	۱/۵۸de	۱/۳۶cde
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ گرم عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر	۱۳/۵۴ab	۸۸۸/۱۴bcd	۰/۲۸۷b-e	۱/۳۳bcde	۱/۶۷cd	۱/۴۲cd
پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم عصاره جلبک دریایی در هر کیلوگرم بذر	۱۳/۱۰ab	۸۹۹/۷۴bcd	۰/۲۸۵b-f	۱/۳۱bcde	۱/۴۱ef	۱/۲۰def
پرایمینگ بذر با ۶ میلی‌گرم اسید هیومیک در هر لیتر	۱۳/۴۱ab	۸۶۸/۲۴bcd	۰/۲۸۰d-g	۱/۲۸cdef	۱/۳۹ef	۱/۱۸efg
پرایمینگ بذر با ۶ میلی‌گرم عصاره جلبک دریایی در هر لیتر	۱۳/۴۱ab	۸۶۲/۱۰bcd	۰/۲۵۵fgh	۱/۱۴efg	۱/۳۱fg	۱/۱۱fg
هیدروپرایمینگ	۱۲/۹۲ab	۸۲۲/۱۵bcd	۰/۲۵۷e-h	۱/۱۴efg	۱/۲۲fg	۱/۰۲fg
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید	۱۴/۵۸ab	۱۰۴۷/۷۲ab	۰/۳۱۵ab	۱/۵۰ab	۲/۰۱ab	۱/۷۴ab
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید	۱۴/۹۵a	۱۱۴۹/۱۲a	۰/۳۲۵a	۱/۶۲a	۲/۱۰a	۱/۸۳a
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی	۱۴/۱۵ab	۹۶۴/۱۳a-d	۰/۳۰۵a-d	۱/۴۴abcd	۱/۷۰cd	۱/۴۵c
محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی	۱۴/۵۲ab	۱۰۳۹/۴۳abc	۰/۳۱۲abc	۱/۴۷abc	۱/۸۵bc	۱/۵۵bc
محلول‌پاشی آب خالص	۱۳/۴۳ab	۸۰۷/۷۹cd	۰/۲۷۰e-h	۱/۲۱efg	۱/۳۴fg	۱/۱۳fg
تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون محلول‌پاشی	۱۲/۶۹b	۷۷۰/۸۶d	۰/۲۵۰gh	۱/۰۸fg	۱/۲۲fg	۱/۰۲fg

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

(۴). گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید هیومیک، رشد و گسترش گیاهان زراعی را از طریق افزایش کارایی فتوسنتزی و محتوی رنگیزه‌های موجب افزایش تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گیاه گندم شد (نریمانی و همکاران ۲۰۱۰). محلول‌پاشی اسید هیومیک باعث

تعداد دانه در سنبله

بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد. در حالی که، کمترین تعداد آن با ۲۲/۸۵ سانتیمتر در تیمار شاهد بدست آمد (جدول

گیاه گندم از تیمار ۳ گرم در لیتر هیومیک اسید به دست آمد (شعبان و همکاران ۲۰۰۹).

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک گندم ($19.74/90$ کیلوگرم در هکتار) تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد. در حالی که، کمترین مقدار آن $16.194/60$ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد بود (جدول ۴). اسید هیومیک از طریق تأثیرات هورمونی و نیز با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه با بهبود صفات رشدی موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه گندم می‌شود (مرواد ۲۰۱۹). گزارش شده است که محلول‌پاشی با اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی با افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه، افزایش تولید سیتوکینین و تحریک رشد گیاه، افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، افزایش متابولیسم نیتروژن و کاهش تنفس نوری در افزایش رشد و در نتیجه بهبود عملکرد بیولوژیک گیاه گندم تأثیر داشته است (پاچوتا و همکاران ۲۰۲۱). به طور کلی مصرف محرک‌های زیستی به مقدار مورد نیاز می‌توانند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر ماکرو و ضروری نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز تأثیر بر بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و تأثیر عمده آن در تولید هورمون‌های گیاهی و نقش موثر این هورمون‌ها در رشد گیاه باعث بهبود رشد رویشی گیاه و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه می‌شود (مفاخری و اصغری ۲۰۱۸).

عملکرد دانه

تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، بیشترین عملکرد دانه گندم ($76.94/100$ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. در حالی که، کمترین مقدار آن $60.11/60$ کیلوگرم در هکتار تحت تیمار محلول‌پاشی با آب خالص بود (جدول ۴). گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی روی برگ‌های گندم موجب افزایش معنی‌دار محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ و عملکرد دانه آن می‌شود (نصیرالاسلامی و همکاران ۲۰۲۱).

افزایش میزان فتوسنتز و تسهیم مواد فتوسنتزی در طول دوره رشد گیاه شده و با افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در دانه، از کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها جلوگیری می‌کند (مرواد ۲۰۱۹). ثابت شده است که مصرف اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی می‌تواند تأثیر عوامل تنش‌زا را تعدیل کرده و این اثر حفاظتی می‌تواند ظرفیت فتوسنتزی را در گیاه بهبود بخشد (قاسم و همکاران ۲۰۱۵، خان و همکاران ۲۰۱۸). تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر دو عامل تلقیح گل و وجود آسیمیلات کافی برای تشکیل دانه قرار دارد. در صورت تلقیح موفق، محدودیت در تولید مواد فتوسنتزی و عرضه آن به سمت سنبله عامل اصلی در سقط دانه در سنبله تحت شرایط تنش می‌باشد (هگاب و همکاران ۲۰۲۰). اثر مثبت اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی از طریق تأثیر آنها در القای تحمل به تنش و تخصیص مواد پرورده فتوسنتزی در اوایل گلدهی گیاه و ظرفیت گیاه جهت نگهداری دانه‌ها پس از گرده افشانی منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد دانه گیاه می‌شود (قاسمی مبتکر و همکاران ۲۰۲۰).

وزن هزار دانه

بیشترین وزن هزار دانه گندم ($44/04$ گرم) تحت پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۹ گرم اسید هیومیک مشاهده شد. در حالی که، کمترین مقدار آن $32/75$ گرم در تیمار شاهد بود (جدول ۴). اثر مثبت پوشش‌دار کردن بذور با اسید هیومیک در افزایش وزن هزار دانه گندم به بهبود وضعیت آبی گیاه و افزایش فتوسنتز و در نهایت تعداد پنجه در بوته، همچنین به افزایش تلقیح گل‌ها و ایجاد دانه بیشتر نسبت داد شده است (نصیرالاسلامی و همکاران ۲۰۲۱). همچنین گزارش شده است که اسید هیومیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش کلروفیل، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد (طاهون و همکاران ۲۰۲۲). افزایش فتوسنتز باعث بهبود وضعیت رویشی گیاه، تجمع بیشتر ماده خشک و افزایش اجرای عملکرد می‌شود که در نهایت بر وزن هزار دانه تأثیرگذار است. نتایج نشان داد که در میان گیاهان گندم محلول‌پاشی شده با تیمار هیومیک اسید (۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) بیشترین وزن دانه

مصرف اسید هیومیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم رایبیسکو منجر به بهبود فتوسنتزی در گیاه گندم و افزایش عملکرد دانه شد (خان و همکاران ۲۰۱۸). اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی نقش مثبتی در بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های مربوط به فتوسنتز گیاه داشته و باعث انتقال بهتر مواد پرورده از منبع به مخزن می‌شود، در نتیجه باعث رشد بهتر و عملکرد بیشتر گیاه می‌شود (البکار و همکاران ۲۰۲۰).

پروتئین دانه

بیشترین میزان پروتئین دانه گندم (۱۴/۹۵ درصد) تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد. در حالی که، کمترین میزان آن ۱۲/۶۹ درصد در تیمار شاهد بود (جدول ۴). محلول‌پاشی هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی با بهبود قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، سنتر پروتئین را در گیاه افزایش داده و باعث بهبود پروتئین دانه می‌شود (البکار و همکاران ۲۰۲۰). میزان پروتئین گیاه صفتی است که تحت تأثیر ژنوتیپ رقم، غذاسازی گیاه، فراهمی عناصر غذایی و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. مصرف اسید هیومیک ضمن حفظ رطوبت خاک و کاهش اثرات عوامل مخرب در آن رشد گیاه و بهره‌وری را افزایش می‌دهد (دینچسوی و سونمز ۲۰۱۹). بالا بودن میزان پروتئین تحت محلول‌پاشی با هیومیک اسید را می‌توان این گونه بیان کردند که هیومیک اسید با تحریک جذب نیترات توسط افزایش بیان پروتئین حامل نیتروژن در سطح غشای سلولی و همچنین تغییر در میزان کاتیون‌ها جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد. همچنین اثر هورمونی شبیه جیبرلین این ماده را در جذب نیتروژن دخیل دانست و این نشان دهنده رابطه مستقیم و تأثیری است که نیتروژن بر میزان پروتئین دانه می‌گذارد (پاچوتا و همکاران ۲۰۲۱).

عملکرد پروتئین

تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، بیشترین مقدار عملکرد پروتئین دانه گندم (۱۱۴۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. اما، کمترین مقدار آن ۷۷۰/۸۶ کیلوگرم در هکتار در

تیمار شاهد بود (جدول ۴). عملکرد پروتئین تحت تأثیر عملکرد دانه و درصد پروتئین قرار دارد و هر عاملی که باعث افزایش یا کاهش صفات ذیل گردد بر میزان عملکرد پروتئین نیز تأثیر می‌گذارد (ای اس و همکاران ۲۰۲۳). طبق نتایج افزایش عملکرد دانه در محلول‌پاشی هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی سبب افزایش عملکرد پروتئین دانه شده است. به نظر می‌رسد افزایش عملکرد پروتئین دانه گندم در تیمار محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید را به افزایش فعالیت ریزجانداران مفید، بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک، افزایش جذب عناصر غذایی به وسیله گیاهان و بهبود تغذیه گیاه مربوط باشد (البکار و همکاران ۲۰۲۰). که همین امر سبب افزایش عملکرد پروتئین دانه گندم در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید شده است.

عناصر غذایی فسفر و پتاسیم

بیشترین میزان فسفر و پتاسیم دانه گندم به ترتیب با ۰/۳۳۵ و ۱/۶۲ درصد تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بدست آمد. اما، کمترین میزان آنها به ترتیب با ۰/۲۵۰ و ۱/۰۸ درصد در تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۴). اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی به طور مثبت بر تنظیم روزنه و غلظت کلروفیل تأثیر می‌گذارد و تقسیم و طولانی شدن سلول‌های ریشه را تحریک می‌کند و باعث گسترش دستگاه رادیکال و در نتیجه بهبود جذب آب و مواد مغذی و رشد رویشی گیاه می‌شود (دینچسوی و سونمز ۲۰۱۹). در نهایت، محرک‌های زیستی به‌ویژه اسید هیومیک و جلبک دریایی، نقش سیگنال‌دهنده مهمی در فعال‌سازی پاسخ‌های مختلف دفاعی گیاه و فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دارند و از گیاهان حتی در شرایط کمبود آب محافظت می‌کنند (ای اس و همکاران ۲۰۲۳). تولید و سنتر آنزیم و تنظیم کننده رشد تحت کاربرد محرک‌های زیستی رشد از طریق بهبود رشد و نمو گیاه، جذب عناصر غذایی توسط گیاه بهبود می‌بخشد (پاچوتا و همکاران ۲۰۲۱). بطوری که کاربرد محرک‌های زیستی

و انتقال آنها به جوانه‌های در حال رشد نقش اساسی دارند و از این طریق موجب افزایش طول عمر آنها می‌شوند (البکار و همکاران ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید از طریق بهبود محتوای کلروفیل a و b، جذب عناصر غذایی در کاهش اثرات منفی تنش کمبود رطوبت در جهت افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم موثر بود. پاسخ‌های مثبت مشابهی نیز با استفاده از پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ و ۹ گرم به ترتیب با عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک مشاهده شد، که نشان می‌دهد محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید و پوشش‌دار کردن بذور به مقدار ۶ و ۹ گرم با عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک به طور قابل‌توجهی به گیاه گندم کمک کردند تا از طریق سطوح محتوای کلروفیل بالاتر و فراهمی عناصر غذایی مقاومت در برابر تنش کم‌آبی داشته باشد. به طور کلی، در بین تمام محرک‌های زیستی آزمایش شده، محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به عنوان منبعی از مواد ارزشمند مفید برای رشد و نمو، صفات فیزیولوژیکی و بهبود پروتئین دانه گیاهان گندم، کاهش پیامدهای مضر استرس کمبود رطوبت و ارائه راه حلی پایدار برای تولید گندم حتی در شرایط دیم زار توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از کارشناسان محترم آزمایشگاه‌های گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی آقایان مهندس جمشید آردن و اختیار آقازاده همچنین از زحمات آقای دکتر شهرام خدادادی که در اجرای این تحقیق یاری نمودند قدردانی می‌گردد.

رشد منجر به بهبود فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌تی شده که منجر به تقلیل گونه‌ها فعال اکسیژن تحت تنش کم آبی و حفاظت از سلول گیاهی در مقابله با تنش اکسیداتیو می‌شود (سلیم ۲۰۱۶).

محتوای کلروفیل

بیشترین میزان کلروفیل گندم به ترتیب با ۲/۱۰ و ۱/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر تحت محلول‌پاشی با استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد. اما، کمترین میزان آنها به ترتیب با ۱/۱۵ و ۰/۹۶ درصد در تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون محلول‌پاشی بدست آمد (جدول ۴). گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید هیومیک و جلبک دریایی محتوای کلروفیل a و b را در گیاهان پونه کوهی را در شرایط تنش کم آبی افزایش داد. این محرک‌های زیستی رشد، نقش مهمی در تقسیم و رشد سلولی، چرخه تغذیه گیاه، سیستم انتقال الکترون، هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق بازی می‌کنند (پاچوتا و همکاران ۲۰۲۱). همچنین آنها سرشار از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین، اکسین و سیتوکینین هستند که فعال شدن آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و تولید رنگدانه را تحریک می‌کنند (دینچسوی و سونمز ۲۰۱۹). همچنین گزارش شده است که محرک‌های زیستی رشد بر اندازه کلروپلاست و تعداد کلروپلاست‌های درون سلول‌ها تأثیر می‌گذارند که به نوبه خود باعث سنتز کلروفیل‌های بیشتری می‌شود (ای اس و همکاران ۲۰۲۳). علاوه بر این، با توجه به همبستگی قوی بین محتوای کلروفیل و غلظت نیتروژن، این امکان وجود دارد که در دسترس بودن نیتروژن کافی ناشی از استفاده از محرک‌های زیستی رشد، تامین نیتروژن کافی برای تولید کلروفیل a و b را برای گیاهان تضمین کند (راجا و ویدیا ۲۰۲۳). اسید هیومیک به علت خواص سایتوکینینی موجب به تاخیر انداختن تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها در برگ و پیری در گل‌ها می‌شود و این ترکیبات نیز در متابولیسم کربوهیدرات‌ها

منابع مورد استفاده

Al-Bakar AHAQ, Noori AM, Hasan HM and Ahmed AMA. 2020. Effect of humic acid and seaweed and number of doses additive on growth and chlorophyll content of seedlings weeping bottlebrush plant. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology, 21(69-70): 99-104.

- Alkharpotly A, Mohamed R, Shehata M and Awad A. 2017. Impact of soil humic acid soil application and seaweed extract foliar spray on growth, yield, and fruits quality of strawberry plants grown under Aswan conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 8(6): 307-315. <https://doi.org/10.21608/jssae.2017.37496>.
- AS AA, NA S and AA M. 2023. Effect of humic acid and seaweed extract rates on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Alexandria Science Exchange Journal*, 44(3): 459-463. <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2023.316895>.
- 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(2): 239-242. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.05.006>.
- Bulgari R, Cocetta G, Trivellini A, Vernieri PAOLO and Ferrante A. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture and Horticulture*, 31(1): 1-17. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>.
- 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. <https://doi.org/10.1051/agro:2005017>.
- Di Filippo-Herrera DA, Muñoz-Ochoa M, Hernández-Herrera RM and Hernández-Carmona G. 2019. Biostimulant activity of individual and blended seaweed extracts on the germination and growth of the mung bean. *Journal of Applied Phycology*, 31: 2025-2037. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-018-1680-2>.
- Dinçsoy M and Sönmez F. 2019. The effect of potassium and humic acid applications on yield and nutrient contents of wheat (*Triticum aestivum* L. var. Delfii) with same soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, 42(20): 2757-2772. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1658777>.
- Ehsan S, Javed S, Saleem I, Habib F and Majeed T. 2014. Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4(4): 28-33.
- El-Bassiouny HSM, Bakry BA, Attia AAEM and Abd Allah MM. 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. *Agricultural Sciences*, 10:1-16. <https://doi.org/10.5555/20143277018>.
- Farzaneh S, Kadihodad S, Khomari S and Barmaki M. 2021. Effect of seed coating with Compounds of micronutrient elements, growth stimulants and regulators on the emergence and early stages of sugar beet growth. *Seed Science and Technology*, 10(1): 103-122. <https://doi.org/10.22034/ijst.2020.128289.1305>. (In Persian with English Abstract).
- Ghasemi-Mobtaker H, Kaab A and Rafiee S. 2020. Application of life cycle analysis to assess environmental sustainability of wheat cultivation in the west of Iran. *Energy*, 193: P116768. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116768>.
- Gil-Ortiz R, Naranjo MÁ, Ruiz-Navarro A, Caballero-Molada M, Atares S, García C and Vicente O. 2020. New eco-friendly polymeric-coated urea fertilizers enhanced crop yield in wheat. *Agronomy*, 10(3): p.438. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030438>.
- Hegab RH, Fawy HA and Habib AA. 2020. Evaluates effect of amino acids, humic acid and antioxidants as foliar application on the biochemical content and productivity of wheat under North Sinai soils conditions. *American Journal of Agricultural Economics*, 8(1): 167-174. <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20200804.19>.
- Hosseini S, Shabani L, Sabzalian MR and Gharibi S. 2023. Foliar spray of commercial seaweed and amino acid-derived biostimulants promoted phytoremediation potential and salinity stress tolerance in halophytic grass, *Puccinellia distans*. *International Journal of Phytoremediation*, 25(4): 415-429. <https://doi.org/10.1080/15226514.2022.2088688>.

- Kandi EE and Gharib AF. 2019. Response of wheat plants to seaweed extracts and fluvic acid under irrigation with drainage water. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, Botany*, 10(1): 35-44. <https://doi.org/10.21608/eajbsh.2019.44518>.
- Kasim WA, Hamada EA, El-Din NS and Eskander S. 2015. Influence of seaweed extracts on the growth, some metabolic activities and yield of wheat grown under drought stress. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7(2): 173-189.
- Khan RU, Khan MZ, Khan A, Saba S, Hussain F and Jan IU. 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. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1385807>.
- Lichtenthaler HK and Wellburn AR. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. 11(2): 591-592.
- Mafakheri S and Asghari B. 2018. Effect of seaweed extract, humic acid and chemical fertilizers on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(7): 1505-1516. <https://doi.org/20.1001.1.16807073.2018.20.7.2.6>.
- Merwad ARM. 2019. Using humic substances and foliar spray with moringa leaf extract to alleviate salinity stress on wheat. *Sustainability of Agricultural Environment in Egypt: Part II: Soil-Water-Plant Nexus*, p 265-286. <https://doi.org/10.1007/698-2018-298>.
- Muhammad S, Anjum AS, Kasana MI and Randhawa MA. 2013. Impact of organic fertilizer, humic acid and sea weed extract on wheat production in Pothowar region of Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50(4): 677-681. <https://doi.org/10.5555/20143171400>.
- Nardi S, Pizzeghello D, Schiavon M and Ertani A. 2016. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73: 18-23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>.
- Narimani H, Rahimi MM, Ahmadikhah A and Vaezi B. 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. *Archives of Applied Science Research*, 2(6): 168-176.
- Nasiroleslami E, Mozafari H, Sadeghi-Shoae M, Habibi D and Sani B. 2021. Changes in yield, protein, minerals, and fatty acid profile of wheat (*Triticum aestivum* L.) under fertilizer management involving application of nitrogen, humic acid, and seaweed extract. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(4): 2642-2651. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00552-7>.
- Pačuta V, Rašovský M, Michalska-Klimeczak B and Wyszynski Z. 2021. Grain yield and quality traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) treated with seaweed-and humic acid-based biostimulants. *Agronomy*, 11(7): p1270. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071270>.
- Perkin E. 1982. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer Inc., Waltham.
- Raja B and Vidya R. 2023. Application of seaweed extracts to mitigate biotic and abiotic stresses in plants. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 29(5): 641-661. <https://doi.org/10.1007/s12298-023-01313-9>.
- Salim BBM. 2016. Influence of biochar and seaweed extract applications on growth, yield and mineral composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) under sandy soil conditions. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2): 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2016.06.001>.
- Schuman GE, Stanley MA and Knudsen D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. *Soil Science Society of America Journal*, 37(3): 480-481. <https://doi.org/10.2136/sssaj1973.03615995003700030045x>.
- Shaaban SHA, Manal FM and Afifi MHM. 2009. Humic acid foliar application to minimize soil applied fertilization of surface-irrigated wheat. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 207-210. <https://doi.org/10.5555/20093185745>.

- Taghaddosi M, Hasani N and Sinaki J. 2013. Irrigation disruption stresss, spraying with humic acid and seaweed extract in antioxidant enzymes and proline in the forage sorghum. *Crop Production in Environmental Stress*, 4(4): 1-12. (In Persian with English Abstract).
- Tahoun AMA, El-Enin MMA, Mancy AG, Sheta MH and Shaaban A. 2022. Integrative soil application of humic acid and foliar plant growth stimulants improves soil properties and wheat yield and quality in nutrient-poor sandy soil of a semiarid region. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(3): 2857-2871. <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00851-7>.
- Waling I, Van Vark W, Houba VJG and Van der Lee JJ. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi: *Plant Analysis Procedures*, Netherland: Wageningen Agriculture University Press.