مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

تعدیل فیزیولوژیکی تنش گرمایی انتهای فصل و تغییر در طول مراحل نموی گندم با مصرف اسید هیومیک در دو نوع خاک متفاوت

عباس ابهری*

ایران، تهران، دانشگاه پیام نور، گروه علمی علوم کشاورزی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر نوع خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و طول دوره رشد گندم آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در شهرستان سبزوار انجام شد. تیمارها شامل کشت گندم بک کراس روشن در دو نوع خاک رسی-لومی و لوم- شنی در چهار سطح محلول‌پاشی اسید هیومیک (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در هزار) در مرحله پنجه‌زنی (مرحله ۲۵-۲۲ زادوکس) بود. نتایج نشان داد که با مصرف ۱۵ گرم در هزار اسید هیومیک در دو نوع خاک بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب خاک رسی-لومی و لوم-شنی، ۷۸۰۰/۳ و ۵۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) تولید شد. مصرف اسید هیومیک باعث کاهش کسر فتوترمال (به صورت معادله درجه دو) شد که اثر مثبت بر افزایش طول مراحل نموی داشت. در شرایط خاک رسی-لومی با توجه به مدل پیشنهادی در ۰/۴۳۵ فتوترمال حداکثر عملکرد حاصل شد و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۷ رسید در این صورت عملکرد صفر شد. اسید هیومیک با افزایش کلروفیل (از ۵۳/۳ به ۵۷/۲۶ اسپاد)، پرولین (از ۲۹۵ به ۳۷۶/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و وزن خشک کل (از ۹۲۵۰/۸ به ۱۳۱۵۰/۹ کیلوگرم در هکتار) سبب تعدیل تنش گرمایی و افزایش مراحل رشد (روز تا طویل شدن ساقه‌ها (مرحله ۳۰ زادوکس) (دو روز)، مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله۴۳ زادوکس) (یک روز) و گرده‌افشانی (مرحله۶۱-۶۰ زادوکس) (سه روز)) شد.

واژه های کلیدی: *پرولین، تابش، دما، کلروفیل، گندم و عملکرد*

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۱۷۳۸۵۷۱ ، پست الکترونیکی: abbasabhari@pnu.ac.ir

مقدمه

با ادامه گرم شدن زمین سرعت تغییر اقلیم (مثل افزایش دما و در ادامه آن خشک سالی و..) نیز سرعت خواهد یافت (۲۲). افزایش دمای هوا از مهم‌ترین تغییرات اقلیمی منطقه-ای و جهانی است که تغییرات آن بر روند سایر پارامترهای اقلیمی از جمله بارش و بخش کشاورزی اثر گذار خواهد بود (۱۸، ۳۲ و ۳۱).

دما و میزان تابش دریافت شده توسط گیاه از جمله عوامل تاثیر گذار بر طول فصل رشد و مراحل نموی و نهایتا عملکرد است. مدل‌های متفاوتی برای بررسی نحوه واکنش سرعت نمو در برابر دما و طول روز ارائه شده است (۳۷).

در مطالعه‌ای مراحل فنولوژیکی گندم به چهار مرحله شامل کاشت تا برجستگی دو گانه، برجستگی دو گانه تا ظهور سنبله، ظهور سنبله تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی تقسیم شد (۲۳). در محدوده دماهای نرمال مدل‌های سهمی‌وار مناسب‌ترین مدل برای ارزیابی نحوه پاسخ سرعت نمو به دما ارائه شد (۲۳). در آزمایشی تاثیر دما و تابش روی عملکرد گندم مطالعه شد مشخص شد که دما و تابش قبل از گرده افشانی روی تعداد دانه و عملکرد بسیار موثر هستند و باید تاریخ کاشت طوری تنظیم شود که در مراحل نموی ساقه دهی تا گرده افشانی گیاه با دماهای بالا و

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

کسرهای فتوترمال بیش از ۶۰ درصد مواجه نشود. در غیر این صورت با کاهش تعداد دانه و در نهایت کاهش عملکرد مواجه خواهد شد (۴). در تحقیقی روی ارقام متفاوت گندم مشخص شد که رابطه تعداد دانه در واحد سطح با کسر فتوترمال از آبستنی تا گرده افشانی از معادله درجه دو پیروی کرد (۶).

مصرف کودهای آلی به عنوان یک راهکار مقابله با تنش می‌تواند اثر ات تنش‌های محیطی از جمله تنش گرما را کاهش دهد. اسید هیومیک به خوبی توانسته جایگزین استفاده از کودهای شیمیایی در تولید شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum L.*) شود (۲۸). رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هیومیک تحریک می‌شود (۸). در آزمایشی روی گیاه بنت‌گراس (*Agrostis Tenuis*) مشخص شد که اسید هیومیک به طور معنی‌داری سرعت فتوسنتز، توسعه ماده خشک ریشه و محتوی عناصر غذایی گیاه را افزایش داد (۲۷). اسید هیومیک تنفس ریشه‌ها و در نتیجه رشد گیاه زراعی را بهبود می‌بخشد (۳۹). اسید هیومیک عامل فعال هوموس آلی است که می‌تواند نقش مهمی در تهویه خاک و رشد گیاهان داشته باشد (۱۶). اسید هیومیک ظرفیت نگهداری آب خاک را افزایش می‌دهد (۲۱). در پژوهشی اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شد (۱۴) و اسید هیومیک باعث جذب بهتر نیتروژن و در نتیجه افزایش فعالیت پروتیین‌های مؤثر در فتوسنتز، و افزایش رشد می‌شود (۱۵).

در آزمایشی مشخص شد اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر ضروری، باروری و تولید در گیاهان را افزایش داد (۳۸). آیمن و همکاران (۱۰) در مطالعه روی باقلا (*Vicia faba*) اعلام نمودند که محلول‌پاشی اسید هیومیک از طریق افزایش سرعت و میزان جذب مواد غذایی سبب افزایش بیشتر رشد گیاه و تعداد غلاف در گیاه شد. محلول پاشی با ترکیبات اسید هیومیک صفت تعداد دانه در غلاف را تحت تاثیر قرار داد. در مطالعه‌ای نیز محلول‌پاشی با اسید هیومیک تعداد دانه در غلاف را تحت تأثیر قرار داد و باعث افزایش این صفت در گیاه نخود شد (۲۰). در آزمایشی محلول پاشی با اسید هیومیک روی نخود (*Cicer arietinum*)، افزایش تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت گزارش شد (۲۰). در تحقیقی اثر مقادیر مختلف اسید هیومیک (۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ کیلوگرم در هکتار) بر فنولوژی گندم بررسی شد و مشخص شد که بیشترین روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی مربوط به تیمار مصرف ۲/۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بود (۲۴). همچنین مصرف اسید هیومیک روی گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus L*) باعث افزایش طول دوره باروری و گرده‌افشانی شد (۱۹). در مطالعه روی سه رقم گندم مشخص شد که محلول‌پاشی اسید هیومیک باعث بیشترین روز تا سنبله‌دهی شد (۳۶).

گرم شدن کره زمین اهمیت تنش‌های دمایی و بروز تنش گرمایی را افزایش می‌دهد، بنابراین شناخت دماهایی که گیاه در طی دوره رشد در معرض آنها قرار دارد، و تنش‌های دمایی که با آن مواجه می‌شود اهمیت یافته است و باید بررسی شود که گیاه در کدام یک از مراحل رشد با چه تنش دمایی و با چه شدتی مواجه است و کاربرد کودهای آلی به عنوان یک راهکار مقابله با تنش در شرایط محیطی متفاوت چگونه می‌تواند اثر تنش را کاهش دهد. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد اسید هیومیک روی طول دوره رشد و دریافت تابش و دما توسط گیاه موثر است، بنابراین هدف از این مطالعه پیش بینی رشد و عملکرد دانه گندم با توجه به کسر فتوترمال تحت تاثیر اسید هیومیک و نوع خاک بود.

مواد و روشها

این تحقیق طی سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزارع کیذور (مزرعه شخصی) واقع در شهرستان سبزوار انجام شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۱۹۵ متر بوده و در ۳۶

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

درجه و پنج دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و سه دقیقه طول شرقی واقع شده است.

آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل کشت گندم بک کراس روشن در دو نوع خاک بافت رسی–لومی و لوم– شنی در چهار سطح محلول‌پاشی (با سم پاش دو و نیم لیتری دستی) اسید هیومیک شرکت دایموند گرو (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در هزار) محاسبه و به ازاء هر کرت سه بار در مرحله پنجه‌زنی (مرحله ۲۵–۲۲ زادوکس) با فاصله هفت روز استفاده شد که آخرین بار در شروع ساقه‌دهی (مرحله۳۰ زادوکس) انجام شد.

جدول ۱- مشخصات اسید هیومیک مصرفی از شرکت دایموند گرو

Guaranteed Analysis			
Humicacid+fulvic acid	%65	Iron	(Net) 15000ppm
Fulvic acid (dry basis, w/w)	%10	Magnasium	(Net) 1900ppm
Potassium(K2O)	%5	Manganese	(Net) 50ppm
Nitrogen	%1	Zinc	(Net) 10ppm
Form	Flake powder	pH(%10 Solution)	9-11

قبل از اجرای تحقیق از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۲). بر اساس آزمایش خاک از کودهای نیتروژن (اوره)، فسفر (سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) به‌ترتیب به میزان ۱۵۰، ۵۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در خاک رسی–لومی و ۲۱۰، ۷۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار در خاک لوم–شنی استفاده شد.

کاشت به صورت کرتی (طول سه و عرض ۱/۵ متر برای کرت) انجام شد. فاصله ردیف ۱۵ و روی ردیف دو سانتیمتر بود. مراحل فنولوژیکی از جمله روز تا سبز شدن (مرحله۱۰ زادوکس)، پنجه زنی (مرحله ۲۵–۲۲ زادوکس)، ساقه‌دهی (مرحله۳۰ زادوکس)، تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، گرده افشانی (مرحله ۶۱–۶۰ زادوکس)، شیری (مرحله ۲۰ زادوکس)، خمیری (مرحله ۸۵ زادوکس)، رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله۹۰ زادوکس) و رسیدگی برداشت (مرحله ۹۹ زادوکس) برای میانگین هر کرت اندازه‌گیری شد. اندازه گیری شاخص کلروفیل برگ با دستگاه SPAD-502 در مرحله آبستنی (روی برگ پرچم (مرحله ۶۱–۶۰ زادوکس)) انجام شد.

صفات وزن خشک برگ و ساقه، عملکرد و اجزای عملکرد (وزن سنبله، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در متر مربع، وزن هزار دانه) شاخص کلروفیل و اسید آمینه پرولین اندازه گیری شدند. شاخص کلروفیل و اسید آمینه پرولین با نمونه گیری از برگ پرچم و در مرحله شروع تورم برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، به روش بیتس (۱۲) انجام شد. پس از جمع آوری داده‌ها تجزیه آماری با نرم افزار SAS (شماره ۹/۱) (۳۴) و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۰/۰۵ انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد. با استفاده از گذاره RSQUARE در برنامه PROCREG معادلات خطی و غیر خطی بین پارامترهای مورد بررسی با عملکرد انجام و در نهایت از معادلات رگرسیون خطی و غیر خطی (نمایی) استفاده شد و یک مدل کلی برای تعیین نسبت فتوترمال با تعداد دانه و عملکرد و همچنین ارتباط بین نسبت فتوترمال در مقابل اسید هیومیک در هر دو نوع خاک مشخص شد.

$$y = a+bx+cx^2 \quad (۱)$$

برای پیش بینی تعداد دانه و عملکرد دانه با توجه به نسبت فتوترمال در گرده افشانی از معادله فوق استفاده شد. تعداد دانه با عملکرد دانه رابطه خطی مثبت دارد (۱). این معادله برای مدل سازی تعداد دانه در واحد سطح در برابر نسبت فتوترمال از ساقه رفتن (مرحله ۴۳ زادوکس)، تا گرده

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

افشانی (مرحله ۶۱-۶۰ زادوکس)، استفاده شد که در آن x نسبت فتوترمال در دو مرحله نام برده است، y تعداد دانه در واحد سطح، a ، b و c ضرایب معادله می‌باشند. با مساوی صفر قرار دادن مشتق معادله فوق مقدار x برابر با (-b/2c) می شود. مقدار فتوترمال لازم برای حصول حداکثر عملکرد با محاسبه این کسر بدست آمد (۵ و ۳۳). مقدار تابش رسیده به بالای سطح زمین از طریق رابطه S/S_0= a+b(n/N) محاسبه شد (۲۶).

که در آن S مقدار تابش خورشیدی در سطح زمین، S_0مقدار تابش خورشیدی در حد فاصل زمین تا خورشید، n تعداد ساعات آفتابی، N طول روز به ساعت و a و b ضرایب آنگستروم هستند. خارج قسمت فتوترمال از تقسیم میانگین تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین بر میانگین دمای هوا (دمای بالای صفر درجه سانتی گراد) طی دوره مورد نظر محاسبه شد (داده‌های هواشناسی شامل دما و ساعات آفتابی از اداره هواشناسی شهرستان سبزوار دریافت شد).

$$y = a - bx + cx^2 \quad (۲)$$

برای پیش بینی نسبت فتوترمال در گرده افشانی (مرحله ۶۱-۶۰ زادوکس)، در برابر اسید هیومیک از معادله فوق استفاده شد. که در آن x مقادیر اسید هیومیک، y نسبت فتوترمال ، a، b و c ضرایب معادله می‌باشند. با مساوی صفر قرار دادن مشتق معادله فوق مقدار x برابر با (b/2c) می شود.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	N (%)	K mg kg^{-1}	P mg kg^{-1}	Organic Carbon (%)	EC ds m^{-1}	pH
Clay loam	33	42	25	0.017	191	9.68	0.95	0.634	7
Lom sand	20	10	70	0.055	88	5.3	0.48	0.32	6.8

نتایج

اجزای عملکرد: با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل هیومیک اسید در نوع خاک برش‌دهی صورت گرفت و مقادیر اسید هیومیک در هر نوع خاک مقایسه میانگین شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با مصرف ۱۵ گرم در هزار اسید هیومیک در هردو خاک رسی و شنی بیشترین وزن خشک کل و عملکرد دانه در واحد سطح تولید شد (جدول ۴).

وزن خشک بوته با مصرف اسید هیومیک افزایش یافت و این افزایش با محلول پاشی ۱۵ گرم در هزار باعث افزایش ۴۲/۱۶ و ۲۴/۹۵ در شرایط خاک رسی–لومی و لوم–شنی نسبت به تیمار شاهد شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات وزن خشک برگ و ساقه، عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص کلروفیل و اسید آمینه پرولین اندازه گیری شد.

منابع تغییر	df	عملکرد دانه	وزن خشک کل	وزن برگ	تعداد سنبله	وزن سنبله	تعداد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	وزن ساقه	کلروفیل	اسید امینه پرولین
تکرار	۱	۱/۴۵ns	۶۸/۵۸ ns	۱۲/۶ ns	۳۶/۱۵ ns	۶۲/۰۱ ns	۸۳۷۰۸۸ ns	۲/۵۳ ns	۴/۲۵ ns	۱۹/۳۹ ns	۰/۰۹ns	۲/۳۹ ns
نوع خاک	۲	۲۰۲۰۶۴**	۱۲۶۵۸۰۳**	۲۲۳۵۵۱/۹**	۲۷۰۸۵۰/۳**	۴۰۸۹۴۵/۲**	۲۰۸۵۳۸۵۷۳**	۱۴/۰۱**	۳۸/۱**	۳**۱۱۲۹۴	۶۹/۰۲**	۶۵۹۴۰/۲**
اسید هیومیک	۳	۱۱۸۸/۹۷**	۸۶۱۳۵**	۲۲۷۴۸۷**	۲۵۴۷۵**	۱۵۱۲۳**	۵۶۸۱۱۷۵۱**	۴۱/۳**	۳۶/۱**	۲۴۴۶۳/۵**	۱۲/۱**	۴۸۹۰**
نوع خاک ×اسید هیومیک	۳	۷۸۰۶/۲**	۱۵۴۰۶	۴۳۰۷۱ns	۲۰۹۲/۲**	۷۵۸۰**	۶۹۸۸۶۱۹**	۰/۶۳۶	۲۶/۲**	۲۲۶۶۷/۱**	۵/۰۱**	۱۱۰۱۴**
خطا	۱۴	۴۳	۳۷/۹۴	۱۰/۴۷	۵۰/۰۴	۱۱/۸۳	۲۴۱۸۱۴	۰/۹۳	۱/۰۴	۹۳/۷۸	۰/۰۷	۳۱۱۹
ضریب تغییرات		۱/۱۸	۴/۲۲	۳/۵	۵/۵	۳/۶۷	۳/۳۹	۳/۱	۲/۸	۴/۲۰	۲/۸	۴/۴
												۰/۰۹ ns

*, **: Significant at the 0.05 and 0.01level of probability and ns: non-significant.

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

تعداد دانه در بوته به عنوان مهمترین جزء تاثیر گذار در عملکرد محسوب می‌شود در این مطالعه هم در شرایط خاک رسی–لومی و لوم–شنی با محلول‌پاشی ۱۵ گرم در هزار اسید هیومیک تعداد دانه در بوته به ترتیب ۶۶/۳۳ و ۵۷/۳۷ افزایش داشت که نهایتا باعث افزایش در عملکرد دانه شد (جدول ۴).

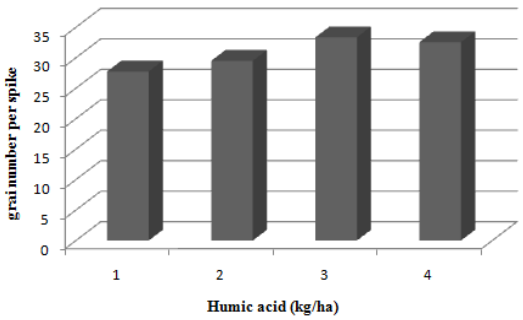
جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر صفات اندازه گیری شده تیمار اسید هیومیک در نوع خاک

نوع خاک	اسید هیومیک(گرم در۱۰۰۰)	عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک کل(کیلوگرم در هکتار)	وزن برگ(کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله(متر مربع)	وزن سنبله(کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه(متر مربع)	وزن هزار دانه(گرم)	وزن ساقه(کیلوگرم در هکتار)
رسی–لومی	۰	۴۹۵۰/۴	۹۲۵۰/۸	۱۸۰۰/۷	۴۸۴	۵۴۷۰/۷	۱۴۹۷۰/۴	۳۳/۱	۱۹۸۳/۳
	۵	۶۳۳۰/۳	۱۱۵۶۰/۹	۱۵۳۰/۱	۵۲۵/۴	۶۷۷۰/۲	۱۴۹۴۶/۱	۳۸/۸	۳۲۶۱/۵
	۱۰	۷۴۶۰/۶	۱۲۴۸۰	۲۰۴۳/۲	۵۹۵/۶	۷۸۰۱	۱۹۳۸۴/۷	۳۹/۸	۳۰۴۰/۹
	۱۵	۷۸۰۰/۳	۱۳۱۵۰/۹	۲۱۱۲/۴	۶۹۲/۴	۸۶۵۱	۲۰۱۴۲	۳۸/۵	۴۰۶۰/۵
	LSD	۱۸۰/۱	۴۱۰/۴	۸۱۰/۵	۹/۸	۸۰/۷۷	۱۲۷۶	۱/۹۶	۲۴۰/۸
لوم–شنی	۰	۳۵۰۰/۱	۶۰۵۰/۳	۱۱۱۱/۴	۳۰۰/۳	۳۹۲۴/۳	۹۴۹۲/۱	۳۴/۸	۱۰۱۳/۶
	۵	۴۳۳۰/۵	۶۹۷۱/۶	۱۱۷۲/۱	۳۶۵	۴۴۹۵/۵	۱۱۱۹۲/۲	۳۷/۵	۱۹۹۲/۰۱
	۱۰	۵۲۸۰/۲	۷۵۰۲/۳	۱۳۸۳/۵	۳۸۳/۸	۵۷۵۲/۲	۱۳۱۵۸/۹	۳۷/۵	۱۷۰۳/۵
	۱۵	۵۲۷۰/۰	۷۵۶۰/۲	۱۳۸۲/۲	۳۹۸/۴	۶۰۳۱/۴	۱۳۲۸۶/۳	۳۰/۳	۲۱۶۱/۴
	LSD	۸۰/۳	۲۳۰/۳	۴۰/۸	۱۳	۵۰/۲	۷۶۸	۱/۸۹	۱۲۰/۷۶

با توجه به مقادیر روز تا مراحل فنولوژیکی مشخص شد هم نوع خاک و هم مقادیر اسید هیومیک توانسته روی روز تا هر یک از مراحل فنولوژیکی اثر گذار باشد و مصرف اسید هیومیک ۱۰ و ۱۵ گرم در هزار روز تا ساقه-دهی(مرحله ۳۰ زادوکس)، تورم غلاف برگ پرچم(مرحله ۴۳ زادوکس)، و گرده افشانی (مرحله ۶۱-۶۰ زادوکس)، را افزایش داده است. با توجه به این که طول دوره طویل شدن ساقه تا تورم غلاف برگ پرچم و گرده افشانی تاثیر در آغازی‌های گلچه، سنبلچه و نهایتا تعداد دانه دارد بنابراین هرچه طول این مراحل نموی افزایش یابد بر تعداد دانه در واحد سطح موثر است که تعداد دانه هم رابطه مستقیم با عملکرد دانه دارد.

در خاک لوم – شنی با اضافه شدن مقادیر اسید هیومیک میزان اسید آمینه پرولین افزایش یافت ولی در خاک رسی-لومی هرچند مصرف ۱۵ گرم در هزار اسید هیومیک بیشترین اسید آمینه پرولین را تولید کرد ولی با شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد و همچنین شاخص کلروفیل هم در خاک رسی–لومی با مصرف اسید هیومیک اضافه شد (جدول ۵). در این آزمایش مصرف اسید هیومیک موجب افزایش اسید آمینه پرولین شده است (مخصوصا در خاک لوم شنی) و گیاه با این افزایش اسید آمینه پرولین توانسته بهتر شرایط دمای بالا را تحمل کند و عملکرد در شرایط استفاده از مقادیر بالاتر هیومیک اسید زیاد شد.

باتوجه به شکل (۱) مقایسه میانگین مقادیر اسید هیومیک نشان داد که در هر دو شرایط خاک رسی–لومی و لوم–شنی بیشترین تعداد دانه در سنبله با محلول پاشی سه و ۱۵ گرم در هزار هیومیک اسید در هکتار بدست آمد.



شکل ۱- تاثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک بر تعداد دانه در سنبله گندم (LSD= 1.9).

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8
مقاله پژوهشی

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات

نوع خاک	اسید هیومیک(گرم در۱۰۰۰)	کلروفیل (SPAD)	پرولین(میلی گرم بر کیلوگرم)	روز تا گرده افشانی	روز تا تورم برگ پرچم	روز تا ساقه‌دهی
رسی-لومی	۰	۵۳/۵	۳۵۰/۵	۱۷۷	۱۵۶	۱۳۶
	۵	۵۷/۱	۳۰۳/۲	۱۷۷	۱۵۶	۱۳۷
	۱۰	۵۶/۲	۳۴۰/۹	۱۷۸	۱۵۷	۱۳۷
	۱۵	۵۷/۲۶	۳۵۴	۱۸۰	۱۵۷	۱۳۸
	LSD	۰/۵۶	۱۶/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۳
لوم-شنی	۰	۵۲/۲	۲۹۵	۱۷۷	۱۵۶	۱۳۶
	۵	۵۲/۹	۲۸۸/۹	۱۷۷	۱۵۶	۱۳۷
	۱۰	۵۰/۷	۳۰۸/۶	۱۸۰	۱۵۸	۱۳۷
	۱۵	۵۴/۷	۳۷۶/۱	۱۸۱	۱۵۸	۱۳۸
	LSD	۰/۶۳	۸/۳۱	۰/۳	۰/۴	۰/۳

ارتباط ضریب فتوترمال در مقابل مقادیر اسید هیومیک:

تغییرات نسبت فتوترمال از آبستنی تا گرده افشانی در برابر مقادیر اسید هیومیک از معادله درجه دو تبعیت کرد (جدول ۶). بنابراین برای مقادیر اسید هیومیک در هر خاک در این تحقیق یک معادله برازش داده شد که عبارت بود از:

(۱) خاک رسی-لومی

$$y = 0.001x^2 - 0.01x + 0.461$$

(۲) خاک لوم-شنی

$$y = 0.001x^2 - 0.009x + 0.464$$

جدول ۶ - ضرایب و مقادیر a، b و c در معادله درجه دو بین ضریب فتوترمال در مقابل مقادیر اسید هیومیک. X_0 (مشتق معادله درجه دو) مقدار اسید هیومیک که در آن ضریب فتوترمال حداکثر بود. RMSE جذر میانگین مربعات خطا، CV ضریب تغییرات و R^2 ضریب تبیین می‌باشد.

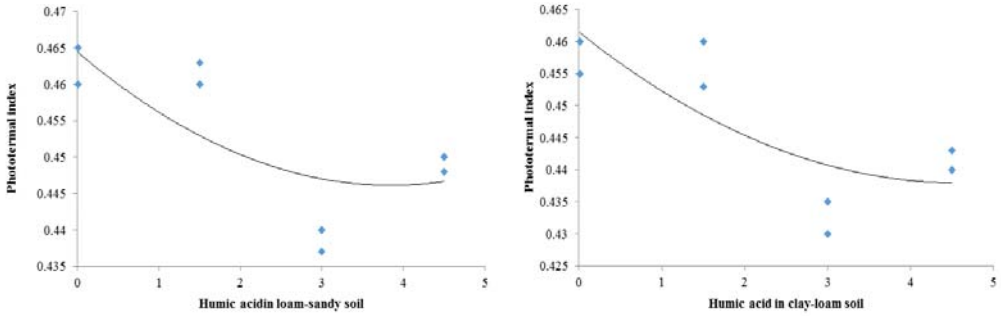
نوع خاک	a±SE	b±SE	c±SE	X0	R^2	RMSE	CV
رسی-لومی	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۱	-۰/۰۱ ± ۰/۰۰۳۴	۰/۴۶ ± ۰/۰۱	۵	۰/۶۱	۰/۳۲	۱۵/۴
لومی-شنی	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۰۹	-۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۲	۰/۴۶ ± ۰/۰۹	۴/۵	۰/۵۷	۰/۰۰۹	۱۳/۸

با توجه به معادلات فوق مشخص شد که مصرف اسید هیومیک باعث کاهش نسبت فتوترمال شد (جدول ۵ و شکل ۲) و این کاهش نسبت فتوترمال در نتیجه مصرف اسید هیومیک تاثیر مثبت بر افزایش طول مراحل نموی داشت. اسید هیومیک با تاثیر بر طول دوره مراحل نموی موثر در اجزای اصلی عملکرد (از جمله روز تا طویل شدن ساقه‌ها (مرحله ۳۰ زادوکس)، روز تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، و گرده‌افشانی (مرحله ۶۱-۶۰ زادوکس)، که این مراحل بر تعداد دانه تاثیر دارند) بر عملکرد موثر بود (جدول ۷).

جدول ۷- ضرایب و مقادیر a، b و c در معادله درجه دو بین تعداد دانه در متر مربع در مقابل ضریب فتوترمال. X_0 (مشتق معادله درجه دو) مقدار ضریب فتوترمال که در آن تعداد دانه به حداکثر مقدار خود می رسد. RMSE جذر میانگین مربعات خطا، CV ضریب تغییرات و R^2 ضریب تبیین می‌باشد.

نوع خاک	a ± SE	b ± SE	c ± SE	X0	RMSE	CV	R^2
رسی-لومی	-۱۵۹۳۰۹۸۸ ± ۱۱۵۳۲۹۶۷	۱۳۹۲۰۱۵۹ ± ۱۰۲۶۸۹۸۶	-۳۰۲۰۲۸۵ ± ۲۲۴۸۸۴۳	۰/۴۴۵	۱۲۰۰	۱۰/۴۲	۰/۷۵
لومی-شنی	-۸۷۳۳۲۹۳ ± ۴۳۷۴۹۸۹	۷۷۲۶۷۵۴ ± ۳۹۴۹۰۵۷	-۱۶۹۵۶۵۵ ± ۸۹۰۷۴۰	۰/۴۴۵	۲۰۴۴	۱۱/۳۹	۰/۷۰

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8



شکل ۲- تغییرات نسبت فتوترمال (مگاژول در متر مربع در روز بر درجه سانتی گراد) از مرحله تورم غلاف برگ پرچم تا گرده افشانی در مقابل مقادیر متفاوت هیومیک اسید(کیلوگرم در هکتار) در خاک رسی-لومی و لومی-شنی

ارتباط تعداد دانه با ضریب فتوترمال: برای مقادیر اسید هیومیک در هر خاک در این تحقیق یک معادله برازش داد شد که عبارت بود از:

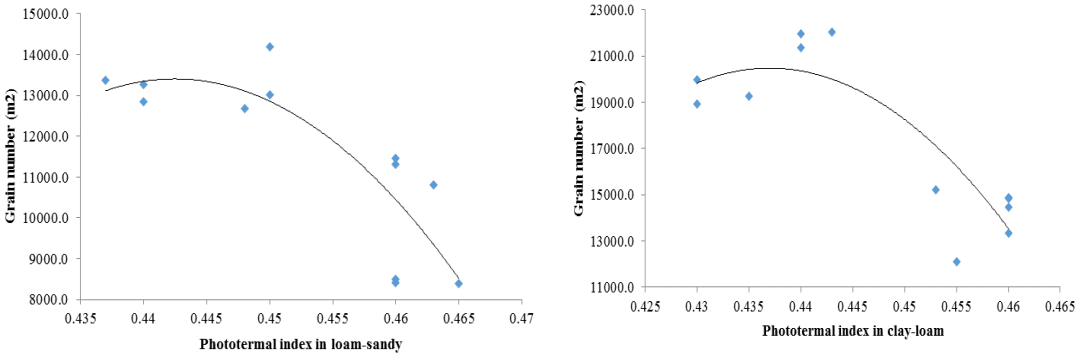
(۳) خاک رسی-لومی

$$y = -15930988x^2 + 13920159x - 3020283$$

(۴) خاک لوم-شنی

$$y = -8733293x^2 + 7726784x - 1695655$$

با مساوی صفر قرار دادن مشتق معادله فوق مقدار x برابر با (-b/2c) می شود. مقدار فتوترمال لازم برای حصول حداکثر عملکرد با محاسبه این کسر بدست می‌آید. در شرایط خاک رسی با توجه به معادله در ۰/۴۳۷ فتوترمال حداکثر تعداد دانه حاصل شد و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۶ رسید در این صورت دانه تشکیل نشد. در شرایط خاک شنی با توجه به معادله در ۰/۴۴۲ فتوترمال حداکثر تعداد دانه حاصل شد (شکل ۳) و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۶ رسید در این صورت دانه تشکیل نشد. دلیل کاهش تعداد دانه با افزایش فتوترمال بعد از ۰/۴۴۲ می‌تواند کاهش طول دوره نمو و در نتیجه کاهش تعداد دانه باشد.



شکل ۳- تغییرات تعداد دانه (در متر مربع) در مقابل نسبت فتوترمال (مگاژول در متر مربع در روز بر درجه سانتی گراد) از مرحله تورم غلاف برگ پرچم تا گرده افشانی در خاک رسی-لومی و لومی-شنی.

با توجه به اینکه روز تا طویل شدن ساقه‌ها (مرحله ۳۰ زادوکس)، روز تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، و گرده‌افشانی (مرحله ۶۱-۶۰ زادوکس)، تحت تاثیر مصرف اسید هیومیک قرار گرفت و مصرف اسید هیومیک در مقایسه با عدم مصرف، طول هر یک از این دوره‌ها را افزایش داد (جدول ۵)، بنابراین دوره تولید آغازی‌های تعداد دانه افزایش یافت و در نهایت باعث افزایش تعداد دانه در واحد سطح شد.

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

ارتباط عملکرد دانه با ضریب فتوترمال: برای کل مقادیر اسید هیومیک در هر خاک در این تحقیق یک معادله برازش داده شد که عبارت بود از:

(۵) خاک رسی–لومی

$$y = -46087x^2 + 40122x - 86848$$

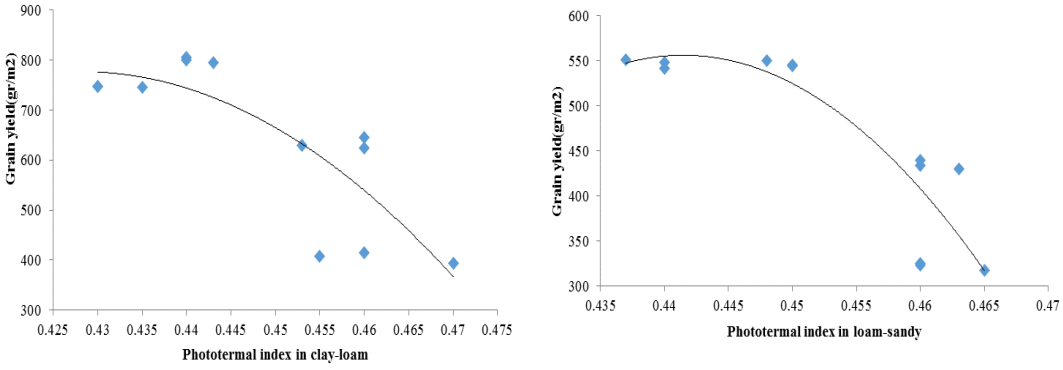
(۶) خاک لوم–شنی

$$y = -43173x^2 + 38120x - 83390$$

در شرایط خاک رسی با توجه به معادله در ۰/۴۳۵ فتوترمال حداکثر عملکرد دانه حاصل شد (شکل ۴) و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۷ رسید در این صورت عملکرد دانه صفر شد. کاهش طول دوره نمو و در نتیجه کاهش تعداد دانه دلیل کاهش عملکرد دانه با افزایش فتوترمال بعد از ۰/۴۳۵ می‌تواند باشد. با توجه به معادلات فوق مشخص شد که مصرف اسید هیومیک باعث کاهش نسبت فتوترمال شد (جدول ۸ و شکل ۴). در شرایط خاک شنی با توجه به معادله در ۰/۴۴۱ فتوترمال حداکثر تعداد دانه حاصل شد و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۶ رسید در این صورت دانه تشکیل نشد و عملکرد صفر شد. کاهش طول دوره نمو و در نتیجه کاهش تعداد دانه دلیل کاهش عملکرد دانه با افزایش فتوترمال بعد از ۰/۴۴۱ می‌تواند باشد.

جدول۸ – ضرایب و مقادیر a، b و c در معادله درجه دو بین عملکرد دانه در متر مربع در مقابل ضریب فتوترمال. X_0 (مشتق معادله درجه دو) مقدار ضریب فتوترمال که در آن عملکرد دانه به حداکثر مقدار خود می رسد. RMSE جذر میانگین مربعات خطا، CV ضریب تغییرات و R^2 ضریب تبیین می‌باشد.

نوع خاک	a ± SE	b ± SE	c ± SE	X0	RMSE	R^2	CV
رسی–لومی	-۴۶۰۸۷ ± ۶۴۸	۴۰۱۲۲ ± ۲۶۷۷	-۸۶۵۴۸ ± ۶۲۰۲	۰/۴۵۶	۸۴/۱	۰/۶۴	۱۴/۱۱
لومی–شنی	-۴۳۱۷۴ ± ۷۵/۲	۳۸۱۲۰ ± ۱۶۲۳	-۸۳۵۹۰ ± ۸۷۴۲	۰/۴۵۵	۴۹/۸۴	۰/۷۸	۷/۳۵



شکل ۴– تغییرات عملکرد دانه (گرم در متر مربع) در مقابل نسبت فتوترمال (مگاژول در متر مربع در روز بر درجه سانتی گراد) از مرحله آبستنی تا گرده افشانی در خاک رسی–لومی و لوم–شنی.

در جدول ۵ ملاحظه می‌شود که مصرف اسید هیومیک روی روز تا طویل شدن ساقه‌ها (مرحله ۳۰ زادوکس)، روز تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، و گرده‌افشانی (مرحله ۶۱–۶۰ زادوکس)، تاثیر گذار بود و مصرف اسید هیومیک در مقایسه با عدم مصرف، طول هر یک از این دوره‌ها را افزایش داد، بنابراین با تاثیر بر طول دوره تولید آغازی‌های تعداد دانه، و افزایش آن، در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شد (جدول ۴).

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

بحث

در هر دو نوع خاک رسی–لومی و لوم–شنی با افزایش میزان مصرف اسید هیومیک وزن خشک برگ، وزن خشک کل، تعداد سنبله در متر مربع، وزن سنبله و تعداد دانه در متر مربع افزایش یافت که از این طریق باعث افزایش عملکرد دانه شد (به ترتیب ۷۸۰۰/۳ و ۵۲۷۰ کیلوگرم در هکتار در خاک رسی–لومی و لوم–شنی با محلول پاشی ۱۵ گرم در هزار اسید هیومیک). در خاک لوم–شنی بین مصرف ۱۰ با ۱۵ گرم در هزار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد دانه شد ولی نسبت افزایش عملکرد خاک رسی–لومی با لوم–شنی متفاوت بود (جدول ۴).

مصرف شش لیتر اسید هیومیک در هکتار در زمان غلاف دهی نخود باعث افزایش عملکرد نزدیک به دو برابری آن از طریق افزایش تعداد دانه در بوته شد (۷). مصرف اسید هیومیک باعث دوام سطح برگ می‌شود و از این طریق با تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و انتقال به مخازن و افزایش وزن هزار دانه، باعث افزایش عملکرد می‌شود (۲۵). در آزمایشی روی گندم در شرایط خشکی مشاهده شد که با مصرف ۱۲ میلی گرم هیومیک اسید در گلدان (برای هر گلدان با سطح ۱۵۰ سانتیمتر مربع و ارتفاع ۲۸ سانتی متر محاسبه و در مرحله پنجه‌زنی اعمال شد) عملکرد دانه افزایش یافت (۳).

هم نوع خاک و هم مقادیر اسید هیومیک توانسته روی روز تا هر یک از مراحل فنولوژیکی اثر گذار باشد. با توجه به این که طول دوره طویل شدن ساقه تا تورم غلاف برگ پرچم و گرده افشانی تاثیر در آغازی‌های گلچه، سنبلچه و نهایتا تعداد دانه دارد بنابراین هرچه طول این مراحل نموی افزایش یابد بر تعداد دانه در واحد سطح موثر است که تعداد دانه هم رابطه مستقیم با عملکرد دانه دارد. در تحقیق مشابهی مشخص شد که مصرف اسید هیومیک باعث افزایش روز تا رسیدن به مرحله ظهور سنبله شد (۵).

مصرف اسید هیومیک موجب افزایش اسید آمینه پرولین شد (مخصوصا در خاک لوم شنی) و گیاه با این افزایش اسید آمینه پرولین توانسته بهتر شرایط دمای بالا را تحمل کند و عملکرد دانه زیاد شد. شاخص کلروفیل هم در خاک رسی–لومی با مصرف اسید هیومیک افزایش یافت.

در شرایط تنش با افزایش اسید آمینه پرولین و افزایش غلظت شیره سلولی تحمل گیاه به تنش افزایش پیدا می‌کند (۱۳). در آزمایشی جذب بهتر نیتروژن و در نتیجه افزایش فعالیت پروتئین‌های مؤثر در فتوسنتز، و افزایش رشد در نتیجه مصرف اسید هیومیک حاصل شد (۱۵).

دلیل کاهش تعداد دانه با افزایش فتوترمال بعد از ۰/۴۴۲ کاهش طول دوره نمو (طول دوره طویل شدن ساقه تا تورم غلاف برگ پرچم و گرده افشانی تاثیر مستقیم در آغازی-های گلچه، سنبلچه و نهایتا تعداد دانه دارد) و در نتیجه کاهش تعداد دانه بود. در کشت‌های تأخیری کلزا تاثیر افزایش دما در طول دوره گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک بر تعداد دانه در خورجین از وزن هزار دانه بیشتر بود و دماهای بالا باعث کاهش تعداد دانه شد (۱۱).

روز تا طویل شدن ساقه‌ها(مرحله ۳۰ زادوکس)، روز تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، و گرده‌افشانی (مرحله ۶۱–۶۰ زادوکس)، تحت تاثیر مصرف اسید هیومیک قرار گرفت و مصرف اسید هیومیک در مقایسه با عدم مصرف، طول هر یک از این دوره‌ها را افزایش داد، بنابراین دوره تولید آغازی‌های تعداد دانه افزایش یافت و در نهایت باعث افزایش تعداد دانه در واحد سطح شد.

در شرایط تنش با کاربرد اسید هیومیک به‌ویژه سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن باعث جبران خسارت وارده به گیاه و تقویت سیستم ریشه‌ای آن شد و در نهایت عملکرد گیاه را افزایش داد (۳۰).

محلول‌پاشی اسید هیومیک تعداد دانه در غلاف نخود را

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

تحت تأثیر قرار داد و باعث افزایش این صفت شد (۲۰). در مطالعه‌ای مشابه مشخص شد که با افزایش نسبت فتوترمال و دما قبل از گرده‌افشانی تعداد دانه و عملکرد کاهش یافت (۴).

در مطالعه‌ای روی کلزا مشخص شد که با افزایش میانگین دما در طول دوره گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه در خورجین کاهش یافت (۱۱). Morrison and Stewart (2002) بیان کردند که دمای بالای انتهای فصل رشد عملکرد را کاهش می‌دهد، زیرا در دمای بالاتر از ۲۷ درجه سانتیگراد، گلدهی محدود می‌شود (۲۹).

بررسی و شناخت دماهایی که گیاه در طی دوره رشد در معرض آنها قرار دارد، و تاثیرهایی که این تغییرات دمایی روی مراحل نمو و فنولوژی گیاهان دارد، اهمیت مطالعه تنش‌های دمایی را افزایش می‌دهد. اسید هیومیک این قابلیت را دارد از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و همچنین افزودن مقدار کلروفیل در برگ‌ها سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها شود و در مراحل حساس رشد گیاه به عنوان عامل تعدیل کننده تنش گرمایی عمل کند و طول فصل رشد را افزایش دهد. به عقیده برخی از محققان تجمع پرولین در گیاه در شرایطی که با تنش مواجه می‌شود به عنوان یک منبع ذخیره نیتروژن و کربن عمل می‌کند (۱۶). در مطالعه‌ای در شرایط تنش شوری روی کلزا مشخص شد که اسید هیومیک اثرات تعدیلی در تیمار شوری ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر پایداری غشاء داشت (۹).

استفاده از اسید هیومیک موجب افزایش عملکرد شد اما نسبت افزایش عملکرد خاک رسی–لومی با لوم–شنی متفاوت بود، به این صورت که در خاک رسی–لومی، افزایش عملکرد تقریبا دو برابری در تیمار محلول پاشی۱۵ گرم در هزار در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی اسید هیومیک مشاهده شد ولی این نسبت افزایش عملکرد در خاک لوم–شنی ۴۱ درصد بود. در مطالعه‌ای تاثیر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی بررسی شد و نتایج نشان داد که در دو سال آزمایش اسید هیومیک با تاثیر مثبت بر اجزای عملکرد مخصوصا وزن هزار دانه و عملکرد را در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی افزایش داد (۲).

مصرف اسید هیومیک باعث کاهش نسبت فتوترمال شد بنابراین در شرایط خاک رسی–لومی با توجه به مدل پیش بینی شده در ۰/۴۳۵ فتوترمال حداکثر عملکرد دانه حاصل شد و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۷ رسید در این صورت عملکرد دانه صفر شد. کاهش طول دوره نمو و در نتیجه کاهش تعداد دانه دلیل کاهش عملکرد دانه با افزایش فتوترمال بعد از ۰/۴۳۵ می‌تواند باشد. هم نوع خاک و هم مقادیر اسید هیومیک توانسته روی روز تا هر یک از مراحل فنولوژیکی تاثیر گذار باشد و مصرف اسید هیومیک ۱۰ و ۱۵ گرم در هزار روز تا طویل شدن ساقه‌ها (مرحله ۳۰ زادوکس)، روز تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس)، و گرده‌افشانی (مرحله ۶۱–۶۰ زادوکس)، را افزایش داد. نوع خاک با تاثیر روی اسید آمینه پرولین و شاخص کلروفیل برگ و در نهایت تاثیر بر روز تا مراحل فنولوژیکی و همچنین هیومیک اسید احتمالا از طریق تاثیر بر جذب بهتر عناصر غذایی و تاثیر بر فراهمی بهتر آن درون برگ باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ شد و روز از طویل شدن ساقه‌ها (مرحله ۳۰ زادوکس) تا گرده‌افشانی (مرحله ۶۱–۶۰ زادوکس)، را افزایش داد که افزایش طول این مراحل نموی تاثیر در افزایش تعداد دانه در واحد سطح دارد و با افزایش تعداد دانه در واحد سطح عملکرد دانه را افزایش داد. مجموع این عوامل باعث شد که خاک رسی–لومی نسبت به لوم–شنی عملکرد دانه بیشتری در دو شرایط مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک تولید کرد. همچنین تاثیر اسید هیومیک بر افزایش شاخص کلروفیل و اسید آمینه پرولین، دوره پرشدن دانه را افزایش داد و با تاثیر بر وزن هزار دانه تاثیر بسزایی در افزایش عملکرد داشت. اسید هیومیک از طریق تاثیر بر طول مراحل نموی

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

موثر در اجزای عملکرد (از جمله روز تا طویل شدن ساقه-ها (مرحله ۳۰ زادوکس)، روز تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله ۴۳ زادوکس) و گرده‌افشانی (مرحله ۶۱-۶۰ زادوکس)، که این مراحل غیر مستقیم بر تعداد دانه در واحد سطح تاثیر دارند) تاثیر واقعی بر عملکرد داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

با مصرف اسید هیومیک (تیمار محلول پاشی ۱۵ گرم در هزار) در دو نوع خاک بیشترین عملکرد دانه تولید شد. طول مراحل نموی با مصرف اسید هیومیک (اسید هیومیک باعث کاهش کسر فتوترمال (به صورت معادله درجه دو) شد که اثر مثبت بر افزایش طول مراحل نموی داشت)) افزایش یافت. در شرایط خاک رسی-لومی با توجه به مدل پیشنهادی در ۰/۴۳۵ فتوترمال حداکثر عملکرد حاصل شد و زمانی که فتوترمال به ۰/۴۷ رسید در این صورت عملکرد صفر شد. اسید هیومیک با افزایش کلروفیل (از ۵۳/۳ به ۵۷/۲۶ اسپاد)، پرولین (از ۲۹۵ به ۳۷۶/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و وزن خشک کل (از ۹۲۵۰/۸ به ۱۳۱۵۰/۹ کیلوگرم در هکتار) سبب تعدیل تنش گرمایی و افزایش مراحل رشد (روز تا طویل شدن ساقه‌ها (مرحله۳۰ زادوکس) (دو روز)، مرحله تورم غلاف برگ پرچم (مرحله۴۳ زادوکس) (یک روز) و گرده‌افشانی (مرحله۶۱-۶۰ زادوکس) (سه روز)) شد.

تقدیر و تشکر

در مراحل کار آزمایشگاهی این پژوهش از مجموعه آزمایشگاهی دانشگاه پیام نور مرکز سبزوار استفاده شد.

منابع

1- Abhari A. 2020. Predicting factors affecting on grain number of wheat. Plant Eco- Physiology 37: 63-74. (In Persian with English Summary)

2- Abhari A., and Gholinezhad E. 2019. Effect of humic acid on grain yield and yield components in chickpea under different irrigation levels. Journal of Plant Physiology and Breeding 9(2): 19-29.

3- Abhari A. and Hoseyni Sheshtamad F. 2017. The evaluate yield and seed membrane stability of wheat under drought stress. The Second International Congress of Earth, Space and Clean Energy, that held on 8 March 2017 in Shahid beheshti University, Tehran/Iran. (In Persian with English Summary)

4- Abhari A., Soltani A. and Azizi E. 2014. Predicting wheat grain number by phototermal ratio in anthesis stage. Iranian Journal of Field Crops Research 12, No. 3, Fall. 2014, p. 438-444. (In Persian with English Summary)

5- Adamsen, F. J., and Coffelt, T. A. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. Industerial Crops and Products 21: 293-307.

6- Arabameri R., Soltani A., Kamkar B., Zainali E. and Khavari F. 2010. Predicting kernel number in wheat. Journal of Crop Production 2(3): 1-16.

7- Armin m. and Moslehi J. 2013. Reaction performance and chickpea yield components to time and amount of humic acid consumption. Agricultural Science and Sustainable Production 8(4): 1-9.

8- Albayrak, S. and Camas, N. 2014. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of mung bean. Agronomy Journal 42: 130-133.

9- Alilo A., Shiri Azar Z., Dashti S., Shahabi Vand P. and Pour Mohammad A. 1399. Modulatory effects of humic acid on germination and vegetative growth of rapeseed under salinity stress. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 33 (4): 997-985. (In Persian with English Summary)

10- Ayman, M., El-Ghamry, Kamar, M., Khalid, M. 2009. Amino and Humic Acids Promote Growth, Yield and Disease Resistance of Faba Bean Cultivated in Clayey Soil, Austrian Journal of Basic and Applied Science 3(2):731-739.

11- Bagheri M., Yavarof O. M. and Salehi M. 2016. Effect of delayed cultivation on yield, yield components and oil content of two rapeseed cultivars. Journal of Crop Production, Vol 9, No 2, Summer 93-110. (In Persian with English Summary)

12- Bates, L. S.1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil. 39: 205-207.

13- Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A.K. 2002. Salt stress induced cytosolute accumulation antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination.Seed Science and Technology, 30: 279-287.

14- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy Sustain 25:183-191.

15- Dordas, C., and Sioulas, S. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis and water efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Crop Production 27:78-85.

16- Fahramand M., Moradi H., Noori M, Sobhkhizi A., Adibian M, abdollahi S.and Khashayar Rigi Kh. 2014. Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. International Journal of Farming and Allied Sciences 3-3:339-341.

17- Gupta, S. K. D., and DAS. K. 2003. Effect of level and time of application of N.P.K on yield and oil content of rape. Indian Agriculture 17.163-8.

18- Gornall, J., R. Betts, E. Burke, R. Clark, J. Camp, K. Willett, A. Wiltshire. 2010. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. Philosophical Transactions Royal Society B. 365, 2973–2989.

19- Haider,N., Alam, M., Abid Khan2 , Haider, W., Hussain S. and Zeb, Sh. 2017. Influence of humic acid application on phenology, leaf area and production duration of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivars. Pure Applied Biology, 6(3): 1010-1020.

20- Hagh-Parast, M., Maleki Farahani, S., Zarei, Q. 2012. Reduction of negative effects of drought stress in pea via the application of humic acid and seaweed extract. Journal of Crop Produce in Terms of Environ Stress 4(1):42-53.

21- Hartz, T. K. and Bottoms, T. G. 2010. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. Horticultural Science 45(6):906–910.

22- Hatfield, J. L., K. J. Kimball, L. H. Zisaka, R. C. Izaurralde, D. Ort, A. M. Thomson, D.W. Wolfe. 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. Agronomy Journal 103: 351–370.

23- Hisao, E., Atsush, O., Akiko, S., Masakazu, T., and Taiji, Y. 2000. Thermal responses during the phonological development of wheat. Japan Journal Crop Science 69: 229-234.

24- Kashif, A., Khan A., Tariq Jan, M., Zahir Afridi, M., Shahzad A. and Zaheer, S. 2015. Effect of humic acid and crop residue application on emergence and wheat phenology. Pure Applied Biology, 4(1): 97-103.

25- Khan A, Guramni AR., Khan MZ., Hussain F., Akhtar ME, Khan S. (2012). Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L). Journal of Chemical Society of Pakistan 6: 56-63.

26- Koocheki, A. R., and Khajeh Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Mashhad Jehad Daneshgahi Press. 704 pp. (In Persian with English Summary)

27- Liu, C., Cooper, R.J. and Bowman, D.C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of creeping bent grass. American Society for Horticultural Science 33(6): 1023-1025.

28- Mafakheri S. 2017. Effect of Some Organic and Chemical Fertilizers on Morphological and Biochemical Factors of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Plant prodaction. 40: 27-40. (In Persian with English Summary)

29- Morrison, M.J., and Stewart, D.W. 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. Crop Sci., 42: 797-803.

30- Narimani R., Moghadam M., Nemati H. and Ghasemi Pir Balouti A. 1397. Evaluation of Modification of Salinity Stress Using Humic Acid and Ascorbic Acid in Dracocephalum moldavica L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 31(4): 955-971. (In Persian with English Summary)

31- Neenu, S., A. K. Biswas, A. SubbaRao. 2013. Impact of climate factors on crop production-A review.Agri. Reviews 34 (2): 97-106.

32- Ottman M. J, B. A. Kimball, J. W. White, G. W., Wall. 2012. Wheat growth response to increased temperature from varied planting dates and supplemental infrared heating. Agronomy Journal 104:7–16.

33- Poggio, S. L., Satorre, E. H., Dethiou, S., and Gonzalo, G. M. 2005. Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the

DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.4.8.8

seed set period of field pea (*Pisum sativum*) crops. European Journal of Agronomy 22: 55-69.

34- SAS Institute. 1996. SAS/STAT user's guide, Version 6, (4th edition), SAS Inst., Inc.,Cary, NC.

35- Savin, R., and Slafer, G.A., 1991. Shading effects on the yield of an Argentinian wheat cultivar. Journal Agricultural Science. (Camb) 166: 1-7.

36- Shahbazi S., E. Fatehi and A. Ayeneband. 2015. Evaluation of the effect of humic acid and vermin-compost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. Journal of Plant production. 38: 99-110. (In Persian with English Summary)

37- Sinclair, T. R., S. Kitani, K. Hinson, J. Brunuard, and T. Horie. 1991. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. Crop Science. 31: 786-790.

38- Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York. 408 p.1.

39- Zaghloul, S. M., Fatma, E.M., El-Quesni, G. and Mazhar, A. A. M. 2009. Influence of potassium humate on growth and chemical constituents of *Thuja Orientalis L*. seedlings. Ozean Journal of Applied Sciences 2 (1): 73-78.

Terminal physiologic heat stress adjustment and changes during developmental stages of wheat with the use of humic acid in two soil types

Abhari A.

Dept. of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

In order to predict the effect of changes in temperature, radiation and humic acid on wheat yield, a factorial experiment was used in a completely randomized block design with three replications in 2016-2017. Treatments included wheat cultivation in Back cross of Roshan cultivar in two types of clay-loam and loam-sandy soil (two locations) in four levels of humic acid spraying (0, 5, 10 and 15 gr/1000) in stem elongation. The results showed that by consuming 15 gr/1000 of humic acid per hectare in two types of soil, the highest yield (clay-loam and loam-sand, respectively, 7800.3 and 5270 kg / h) was produced. In the loam-sandy soil, the amount of proline and chlorophyll content of amino acids increased with increasing consumption of humic acid. Changes in photothermal ratio of booting stage to pollination in contrast to the amount of humic acid follow the second order equation. Humic acid consumption reduced the photothermal ratio, and this decrease as a result of consumption of humic acid had a positive effect on increasing the length of developmental stages. The grain yield per unit area corresponded to the photothermal ratio of booting stage to pollination from the second order equation. Humic acid increased the chlorophyll content (53.3 to 57.26 SPAD) and proline content of leaves (295 to 376.1 mg/kg leaf); thereby it caused the adjustment of thermal stress and increasing the length of the growing season. Clay-loamy soil produced higher grain yield than loam-sandy under both consumption and non-consumption of humic acid.

Key words: *Chlorophyll, proline, radiation, stress, temperature, yield.*