اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و انتقال عناصر غذایی به دانه گندم در شرایط تنش خشکی

Effects of humic acid sprying on yield and nutrients transition to Wheat grain in drought stress condition

رحیم محمودی‌زویک[۱]، محمد نصری[۲]، میثم اویسی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی،دانشگاه آزاد اسلامی ورامین- پیشوا، ورامین – ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین- پیشوا، ورامین – ایران.
۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین- پیشوا، ورامین – ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: dr.nasri@ yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۷

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثربخشی اسید هیومیک بر عملکرد دانه و انتقال عناصر غذایی به دانه گندم در شرایط تنش خشکی به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در شهرستان ورامین اجرا گردید. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری معمول، تنش خفیف (انجام شش نوبت آبیاری و حذف آب آخر) و تنش شدید (انجـام پنج نوبت آبیاری و حذف دو آب آخر)، و عامل فرعی شامل چهار سطح محلول‌پاشی اسید هیومیک (آب خالص، محلول‌پاشی با اسید هیومیک با غلظت ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، بود. نتایج نشان داد که به جز صفات ارتفاع بوته و طول پدانکل سایر صفات مورد اندازه گیری تحت تاثیر تنش قرارگرفتند. برای هر دو سطح تیمار تنش، کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه گندم مشاهده شد. کاهش عملکرد دانه برای تیمار تنش خفیف معادل۱۵/۴٪ و برای تیمار تنش شدید معادل ۳۰/۹۶٪ در مقایسه با تیمار آبیاری معمول بود. محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب افزایش سرعت رشد و تولید برگ در گیاه و تسریع در دستیابی به حداکثر شاخص سطح برگ شد. با وجود افزایش عملکرد دانه در هر سه غلظت اسید هیومیک، این افزایش تنها در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر معنی‌دار بود. مصرف اسید هیومیک، خصوصیات کیفی دانه گندم را بهبود بخشید. درصد پروتئین و درصد فسفر دانه در اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک افـزایش معنـی‌داری داشت. برازش معادلـه پلی‌نومیال درجه دوم برای روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح محلول‌پاشی و نیز رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که برای غلظت‌های بالاتر محلول‌پاشی و شرایط آبیاری معمول، حداکثر شاخص سطح برگ در مدت زمان کم‌تر و در مقادیر بالاتری حاصل گردید. این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی اسید هیومیک در شرایط آبیاری معمول موجب افزایش عملکرد اقتصادی و بهبود کیفیت دانه گندم شد.

واژگان کلیدی: گندم، محلول‌پاشی اسید هیومیک، شاخص سطح برگ، تنش خشکی، پروتئین، فسفر دانه.

مقدمه

گندم به‌عنوان مهم‌ترین محصول استراتژیک بیش‌ترین خسارت عملکرد را در نتیجه کم آبی و بروز خشکی در بخش اعظمی از مناطق تحت کشت ایران متحمل می‌شود. مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه جزو بحرانی‌ترین مراحل رشد و نمو گندم نسبت به تنش خشکی می‌باشد. تعدادی از محققان گزارش کردند که گیاهان دانه ریز از جمله گندم، دو هفته قبل از گرده‌افشانی نسبت به خشکی حساس می‌باشند (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۸).

از سوی دیگر در راستای تحقق تولید غذای سالم و همگام با تلاش در جهت تولید ارقام متحمل به خشکی، بهینه‌سازی مصرف کود و به‌طور خاص توجه به مصرف ریزمغذی‌ها، کودهای آلی و از جمله اسید هیومیک برای بهبود کیفیت محصول و به‌منظور متعادل نمودن میزان مصرف کودهای شیمیایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. کمبود عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر (به‌دلیل ترکیب با آهن و آلومینیوم به‌شکل غیرقابل دسترس در می‌آید) از عوامل محدودکننده تولید گندم می‌باشند. امروزه در بسیاری از کشورها برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی از انواع اسیدهای آلی استفاده می‌شود که از انواع آن می‌توان به کودهای هوموسی اشاره کرد. از این کودها به‌صور مختلف از جمله در سیستم‌های آبیاری تحت فشار، محلول‌پاشی، کشت‌های هیدروپونیک، مصرف خاکی و تلقیح با بذر استفاده می‌گردد (Maccarthy, 2001). توجه به بهبود کیفیت گندم‌های تولیدی کشور، هم زمان با افزایش کمیت آن لازم به‌نظر می‌رسد، زیرا کیفیت نازل برخی از ارقام گندم و در نتیجه قابل مصرف نبودن بخش عمده نان‌های تولیدی، به‌دلیل خمیر بودن، زود بیات شدن و یا ماکول نبودن، سبب روانه شدن آنها به وی سطل‌های زباله منازل می‌شود. بنابراین، ایجاد و معرفی روش‌ها و ترکیبات جدیدی که هم‌زمان با بهبود عملکرد دانه، موجب افزایش کیفیت نانوایی مناسب و عملکرد مطلوب نیز شوند باید به‌عنوان امری ضروری شناخته شود تا از به‌هدر رفتن زحمات کشاورزان این عرصه جلوگیری شود و موجبات استفاده حداکثری از این محصول با ارزش فراهم گردد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹). مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد و به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارد (سماوات و ملکوتی، ۱۳۸۴).

استفاده از اسید هیومیک باعث رشد اندام هوایی می‌شود که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس است (Harper *et al.*, 2000).

اسید هیومیک و اسید فولیک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و ... استخراج می‌شود که در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت‌اند (Sebahattin and Necdet, 2005). آزمایشات در مورد بررسی اثر چندین نوع اسید هیومیک به دست آمده از منابع مختلف نشان داد که اسید هیومیک سبب افزایش طول ریشه در افرای قرمز شد (Kelting *et al.*, 1998).

در بررسی اثر سطوح مختلف مصرف اسید هیومیک بر افزایش عملکرد دو گیاه گندم و ذرت گزارش شد که هر دو تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه ذرت به‌ترتیب به‌میزان ۳۹٪ و ۴۱٪ گردید. همچنین هر دو سطح مصرف اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Sharif, 2002). پژوهشگران نشان دادند که غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش طول ساقه از ۲۰/۹ به ۵۱/۵ سانتی‌متر می‌شود (Sebahattin and Necdet, 2005). همچنین سبزواری و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام گندم گزارش کردند که موثرترین غلظت اسید هیومیک بر رشد ریشه و اندام هوایی گندم، ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بهترین پاسخ به آن مربوط به رقم سبلان بود. آن‌ها اظهار داشتند که استفاده از این کود آلی در

توسعه سیستم ریشه و استقرار گندم که به عنوان یک مشکل در ابتدای فصل رشد مطرح است، می‌تواند مفید باشد.

آزمایش با هدف بررسی اثر مصرف اسید هیومیک بر عملکرد دانه گندم و ایجاد یک مدیریت تلفیقی بین کودهای آلی و شیمیایی با مدیریت مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در شهرستان ورامین اجرا گردید. بر اساس آمار دراز مدت هواشناسی منطقه، متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۰ میلی‌متر و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۰۰۰ متر بود. همچنین بافت خاک لوم رسی، با اسیدیته ۷/۸ و ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک به‌ترتیب ۲۴ و ۶ است. طرح به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح آبیاری معمول، تنش خفیف (انجام شش نوبت آبیاری و حذف آب آخر) و تنش شدید (انجام پنج نوبت آبیاری و حذف آب آخر) و کرت‌های فرعی شامل محلول‌پاشی با آب خالص به‌عنوان شاهد و محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. محل آزمایش در سال قبل، آیش بود. عملیات آماده سازی زمین در اواخر مهرماه، شامل شخم، یک نوبت دیسک و دو بار لولر عمود بر هم بود. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، کود پتاسه از منبع سولفات پتاسیم به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. کل کود فسفر و پتاس و یک سوم نیتروژن در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژن دار در زمان‌های رشد سریع گندم در دو مرحله ابتدای ساقه (نیمه اسفندماه) و ابتدای ظهور خوشه (دهم فروردین ماه) به‌صورت سرک استفاده شد. به منظور مبارزه با بذور علف‌های هرز از علف‌کش پیش کاشت تریفورالین با غلظت ۲ در هزار به‌صورت پاشش مستقیم بر روی خاک توسط سمپاش پشت تراکتوری استفاده شد و پس از سمپاشی، دیسک سبک برای مخلوط کردن سم با خاک، زده شد. کشت در نیمه دوم آبان ماه با استفاده از دستگاه بذرکار تحقیقاتی غلات (وینتر اشتایگر- ساخت آلمان) انجام شد. بذر مورد استفاده رقم اصلاح شده جدید پارسی (سال معرفی ۱۳۸۸) بود. محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو نوبت ابتدای ساقه رفتن (ظهور اولین گره در پایین‌ترین قسمت ساقه) و ابتدای ظهور خوشه (خروج نوک ریشک از غلاف برگ پرچمی) با استفاده از سمپاش پشتی موتوری به ظرفیت ۱۲ لیتر انجام شد. اسید هیومیک مورد استفاده از منبع اسید هیومیک تجاری با نام هیومیسول (Humisol)، تحت لیسانس *Humate International Jacksonvile Florida* آمریکا، دارای ۱۲/۵ درصد اسید هیومیک و ۵/۶٪ اسید فولیک استفاده گردید. مبارزه با آفت سن گندم در نیمه دوم فروردین ماه با استفاده از سم دسیس با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار انجام شد. جهت تعیین عملکرد دانه از دو خط وسط هر کرت آزمایشی پس از حذف نیم متر از بالا و پایین کرت به‌عنوان اثر حاشیه ای، مساحت باقیمانده (شش متر مربع) جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برداشت شد. اجزای عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته، وزن خوشه، شاخص برداشت و تعداد روز تا رسیدگی) نیز در انتهای دوره رشد اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه اینفرماتیک ۸۶۰۰ (NIR) و عملکرد پروتئین از حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه محاسبه شد. درصد فسفر دانه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. عملکرد فسفر از حاصلضرب درصد فسفر در عملکرد دانه به دست آمد. برای انجام محاسبات آماری از نرم افزار SAS استفاده شد و میانگین‌های هر صفت، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بسیاری از خصوصیات کمی و کیفی رشد گندم تحت تاثیر تنش خشکی قرارگرفت و بروز خشکی به

ویـژه در طـی دوره رشـد زایشـی موجـب کـاهش معنی‌دار عملکرد دانه از طریق اثرگـذاری بـر اجـزای مهم عملکرد دانه گندم از قبیل تعـداد خوشـه بـارور، تعداد دانه در خوشه و در شـرایط تـنش شـدید وزن هزار دانه گردید (جدول یک). بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری معمول به‌میزان ۶۵۹۸ کیلـوگـرم در هکتار مشـاهده شد. اختلاف این تیمار با هر دو تیمار قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه (تـنش خفیـف) و گل‌دهی (تنش شدید) معنـی‌دار بـود. تـنش خفیـف سبب کاهش میانگین عملکرد دانه به ۵۵۸۳ کیلوگرم در هکتار شد کـه کاهشـی معـادل ۱۵/۴٪ را موجـب گردید. این کاهش در مقایسه با شاهد معنـی‌دار بـود. حذف دو آب آخر گندم یا تـنش شـدید سـبب افـت میانگین عملکرد دانه بـه ۴۵۵۵ کیلـوگـرم در هکتـار گردید که بیانگر کاهش ۳۱ درصـدی در مقایسـه بـا شـاهد و ۱۸/۴درصـدی بـا تـنش خفیـف بـود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد فسفر دانه، عملکرد فسفر دانه، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین.

Table 1. Analysis of variance for no. of grain per spike, TKW, grain yield, biological yield, phosphorus percentage, phosphorus yield, protein percentage and protein yield

			مربعات	میانگین	M.S				
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد دانه در خوشه grain/spike	وزن هزاردانه TKW	عملکرد دانه G.Y	عملکرد بیولوژیکی B.Y	درصد فسفر P.P	عملکرد فسفر P.Y	درصد پروتئین P. P	عملکرد پروتئین P.Y
تکرار Replication	2	19.76	68.01	3921914.70	935603.30	0.0007	6.70	0.40	16848.20
آبیاری Irrigation	2	1414.20**	517.70**	8313278.70*	12522735.00**	0.0089**	80.77**	18.20**	35788.50^{ns}
خطای الف Error a	4	245.70	120.50	1164861.50	525389.20	0.0006	17.40	0.11	9064.10
محلولپاشی Spraying	3	75.20*	26.50*	1245052.90*	735362.50**	0.0008*	24.01**	3.05**	38734.20**
اثر متقابل A.B	6	25.10^{ns}	4.90^{ns}	828921.90^{ns}	66819.30^{ns}	0.0003^{ns}	0.85^{ns}	0.25^{ns}	1521.63^{ns}
خطای ب Error b	18	35.10	2.97	435836.40	129684.30	0.0002	2.78	0.16	2102.00
C.V		12.29	14.13	14.92	16.49	6.6000	10.60	7.45	9.70

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ویک درصد و ns فاقد اختلاف معنی‌دار

*ns, * and ** are non significant, significant at 5% and 1% respectively*

در ارتباط با عامـل اصـلی کـاهش عملکـرد دانـه تحت شرایط خشـکی گزارشـات مختلـف ارایـه شـده است. امام و همکاران (Emam *et al.*, 2007) کـاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانـه را علـت اصـلی افت عملکـرد دانـه در شـرایط تـنش خشـکی اعـلام کردند. اما محمدی و همکاران (۱۳۹۰) کاهش تعداد تلقیح موفق و نیز کاهش طول دوره پر شدن دانـه‌هـا را مهم‌ترین عوامـل کـاهش عملکـرد دانـه گنـدم در شرایط بروز تنش در طول دوره رشد دانستند. نتـایج تحقیق حاضر، کاهش دو جزو تعداد دانه در خوشـه و وزن هزار دانه را نشان داد که با نتایج ارائه شد توسط محققان مطابقت داشت. پژوهشگران بیان داشتند کـه تـنش وارده در مرحلـه رشـد زایشـی تـا ۵۰ درصـد عملکرد دانه را کاهش داد اما تـنش در مرحلـه رشـد رویشی تنها باعث تقلیل ۳۰ درصد محصـول گردیـد. به اعتقاد آنها تنش آب در مرحله رشد رویشی و قبل از گرده‌افشانی، اگرچه اثر کم‌تری بر عملکـرد نهـایی نسبت به کمبـود آب در مرحلـه گل‌دهی و پر شـدن دانه‌ها داشت، ولـی از این منظـر کـه بـر گسـترش برگ و توسعـه ساقه تاثیرگذاشت و میزان تجمع مواد را به شدت تغییر می‌دهد، از اهمیت برخـوردار اسـت (Tas and Tas, 2007). تعیین عامل اصـلی و بحرانـی

در کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به مرحله و زمان بروز تنش و نیز شدت تنش بستگی داشت و تفاوت در گزارشات ارایه شده، معلول این امر می‌باشد. در مطالعه اخیر کاهش عملکرد دانه گندم با کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش وزن هزار دانه و نیز کاهش تعداد دانه در خوشه اصلی همراه بود. دانشمندان معتقدند که واکنش گیاه در برابر آب با فعالیت متابولیکی، مورفولوژیکی، مرحله رشد و عملکرد بالقوه گیاه در ارتباط است (Gabriella, *et al.* 2003).

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، محتوای نسبی آب برگ، میزان پروتئین دانه و عملکرد پروتئین

Table 2. mean comparisons for no. of fertile tiller /m2, no. of grain per spike, TKW, grain yield, biological yield, leaf RWC, protein percentage and protein yield

تیمار treatment	تعداد دانه در خوشه grain spike (N.o)	وزن هزار دانه TKW (gr)	عملکرد بیولوژیکی B.Y (kg.h)	عملکرد دانه G. Y (kg..h)	میزان فسفر دانه phosphorus (%)	عملکرد فسفر دانه P.Y (kg.h)	میزان پروتئین دانه P.P (٪)	عملکرد پروتئین P.Y (kg. h)
			Irrigation			آبیاری		
آبیاری معمول Normal Irrigation	55.9 a	46.8 a	14200 a	6598 a	0.37 b	24.57 a	10.78 c	711.8 a
تنش خفیف Light stress	52.8 a	44 b	13440 ab	5583 b	0.38 b	21.51 ab	11.59 b	648.1 a
تنش شدید Severe stress	35.8 b	34.3 c	12540 b	4555 c	0.42 a	19.41 b	13.21 a	603.1 a
			Hiomic acid Spraying			محلول‌پاشی اسیدهیومیک		
آب خالص Pure water	45.3 b	41.3 bc	13070 b	5271 b	0.38 b	20.94 bc	11.27 c	609.2 c
۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر 200 mg. l hiomic acid	47.3 ab	39.7 c	13130 b	5500 b	0.39 b	20.30 c	11.56 c	600.5 c
۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر 400 mg. l hiomic acid	47.9 ab	42.2 ab	13520 ab	5587 b	0.40 ab	22.06 b	12.02 b	664.7 b
۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر 600 mg. l hiomic acid	52.2 a	43.8 a	13870 a	5958 a	0.41 a	24.02 a	12.60 a	743.0 a

میانگین‌های مندرج در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

The means with similar letters in each column has no significant difference

به‌نظر می‌رسد که قدرت رشد اولیه و توانایی رشد مطلوب در طی دوره رشد رویشی که در آزمایش اخیر از طریق مصرف اسید هیومیک و با حمایت از گیاه در رشد سریع و جذب و فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش توان تولید ساقه و برگ گردید، می‌تواند عملکرد دانه را به‌ویژه در حالت وجود خشکی انتهایی تحت تاثیر قرار دهد و خسارت را به‌حداقل برساند. برای دستیابی به عملکرد دانه بالا بایستی بین میزان رشد قبل و بعد از گرده‌افشانی توازن وجود داشته باشد. رشد کم‌تر قبل از گرده‌افشانی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک و به حداکثر رسیدن شاخص برداشت می‌شود، در حالی که رشد بیش‌تر در این زمان، بیوماس را به‌حداکثر رساند، ولی باعث کاهش شاخص برداشت گردید در این شرایط توان گیاه برای پر کردن دانه و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها، عامل تعیین کننده بود.

محلول‌پاشی اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم داشت (جدول یک). افزایش عملکرد دانه در پایین‌ترین غلظت محلول‌پاشی اسید هیومیک (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) معنی‌دار نبود. اما برای غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر این افزایش معنی‌دار شد. اگرچه، غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز سبب افزایش عملکرد دانه شد اما اختلاف بین دو غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر معنی‌دار نبود.

غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش ۹/۸ درصدی و غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیترسبب افزایش ۱۳درصدی عملکرد دانه گردید (جدول دو). نقش مهم و موثر اسید هیومیک در افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در سایر گیاهان نیز گزارش شد. قربانی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثر مصرف اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه ذرت نتیجه گرفت که عملکرد دانه در ذرت به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمار اسید هیومیک قرار گرفت. در مطالعه‌ای، گزارش شد که اسپری ترکیبات حاوی اسید هیومیک در مرحله توسعه خوشه گندم، عملکرد دانه را تا ۷۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (Nardi *et al.*, 2002).

در مطالعه‌ای بر روی اثر سطوح مختلف مصرف اسید هیومیک بر روی گیاه شلغم نتیجه گرفتند که اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه و برگ شلغم شد (Sebahattin and Necdet, 2005). همچنین پژوهشگران نیز در بررسی اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر رشد، جذب عناصر غذایی و ماندگاری پس از برداشت گیاه ژربرا، اثرات مثبت و معنی‌دار اسید هیومیک بر بهبود عملکرد و افزایش ماندگاری این گل را گزارش نمود (Nikbakht *et al*., 2008).

کاهش شدید عملکرد دانه در تیمار تنش شدید، سبب افت معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در این تیمار گردید. در تیمار تنش خفیف، معنی‌دار نشدن کاهش عملکرد بیولوژیک با وجود افت معنی‌دار عملکرد دانه می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه تا زمان پر شدن دانه‌ها حجم مطلوبی از ماده خشک را تولید نمود، اما با وقوع ناگهانی تنش که از تبعات اصلی آن کوتاه شدن طول دوره پر شده دانه و در نتیجه زودرسی اجباری گیاه بود، فرصت کافی برای انتقال ماده خشک موجود در اندام‌های هوایی به‌ویژه ساقه‌ها و غلاف‌ها فراهم نشد و علی‌رغم تولید ماده خشک مطلوب، عملکرد دانه پایینی تولید گردید. در حقیقت در این تیمار سهمی از عملکرد کل که باید به دانه‌ها اختصاص می‌یافت، کاهش یافت بدون آن‌که کل ماده خشک تولیدی تحت تاثیر قرارگیرد. این امر به‌طور مشابه در شرایط طبیعی منطقه ورامین در برخی سال‌ها نیز دیده می‌شود که در طی پدیده‌ای بنام بادزدگی، گیاه تا مرحله پر شدن دانه به‌خوبی رشد نمود و ماده خشک بالا و مطلوبی تولید کرد اما تنها در طی یک دوره گرمای بیش از حد چند روزه مجبور به زودرسی سریع شد، درحالی‌که از عملکرد بیولوژیکی بالایی برخوردار است به‌دلیل عدم فرصت برای انتقال مواد به دانه‌ها، دانه‌هایی ریز و چروکیده با عملکرد دانه پایین و در عین حال ماده خشک بالا تولید می‌نماید. بدیهی است این امر سبب کاهش شاخص برداشت نیز می‌شود. با انجام محلول‌پاشی حتی در غلظت پایین (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) هم تولید ماده خشک کل افزایش یافت اما این افزایش تنها در بالاترین غلظت (۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) معنی‌دار شد. در این تیمار کل ماده خشک تولیدی با ۶/۱ درصد افزایش از ۱۳۰۷۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۳۸۷۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. قربانی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش کردند که تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر عملکرد بیولوژیک داشت. بررسی‌ها نشان داد کاربرد اسید هیومیک درمحلول‌غذایی موجب افزایش‌محتوای نیتروژن در اندام هوایی و رشد شاخساره ریشه در ذرت شد (Tan, 2003). همچنین اسید هیومیک سبب افزایش فسفر و نیتروژن در گیاه بنت گراس شد و تجمع ماده خشک را افزایش داد (Mackowiak *et al.*, 2001).

درصد و عملکرد پروتئین دانه

تغییرات درصد پروتئین دانه ملاک مهمی از افزایش یا کاهش انتقال نیتروژن به گیاه می‌باشد. قطع آبیاری در زمان پر شدن دانه موجب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین از ۱۰/۷۸ درصد (شاهد) به ۱۱/۵۹ درصد گردید که نشان دهنده افزایشی معادل ۷/۵۱ درصد بود. برای تیمار قطع آبیاری در زمان گل‌دهی نیز با افزایش معنی‌داری معادل ۲۲/۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد به ۱۳/۲۱درصد رسید. ضمن این‌که اختلاف بین دو تیمار قطع

آبیـــاری نیـــز معنـــی‌دار بـــود. گـودینـــگ و همـــکاران (Gooding *et al.*, 2003) علـت افـزایش میزان پروتئین دانه در تنش خشکی را ناشـی از تـاثیر کمتر تنش بـر کـارآیی نیتـروژن در مقایسـه بـا مـاده خشک می‌دانند. یکی دیگر از دلایـل افـزایش درصـد پروتئین در شرایط تنش، انباشت پروتئین‌های شوک حرارتی در دانه‌های در حال رشـد اسـت. زیـرا تـنش خشکی معمولا با تنش حرارتی در مزرعه نیـز همـراه است. افزایش غلظت پروتئین بر اثر تنش‌های محیطی الزاما به معنای افزایش کیفیت گندم نیست، همان‌طور کـه سـوزا و همکـاران (Souza *et al.*, 2004) بیـان کردند اگرچه ترکیب و غلظـت پـروتئین بـر کیفیـت گندم تاثیر دارد ولی غلظـت پـروتئین در مقایسـه بـا ترکیب آن، اثر بهتری بـر کیفیـت آرد دارد. بنـابراین تنش‌های محیطی همچون تنش شوری و خشکی که غلظت پروتئین را افزایش می‌دهند، با تغییر در نسبت اسید آمینه‌های اندوخته شده، موجب کاهش کیفیت گندم می‌شوند. در شرایط تنش خشکی، کاهش وزن هزار دانه گندم در اثر کاهش ذخیره نشاسته در دوره پرشدن دانه (به‌دلیل کاهش معنی‌دار آنزیم‌های سنتز نشاسته)، سبب افزایش درصد پروتئین در واحد حجم می‌شود و به این سبب افزایش درصد پروتئین دانه در اثر بروز تنش خشکی قابل پیش بینی بود. وزن هـزار دانه در شرایط تنش، به‌دلیل زودرس شـدن گیـاه بـه منظور فرار از خشکی (همان‌گونه که در مطالعه اخیـر نیز اتفاق افتاد) کاهش می‌یابد زیرا زودرسی گیـاه بـا کاهش دوره پرشدن دانه، سبب کاهش زمان مورد نیاز گیـاه برای تولیـد و یـا انتقـال مـواد غـذایی لازم از اندام‌های فتوسنتز کننده یعنی برگ‌ها و نیز اندام‌های ذخیره‌ای موقت مانند ساقه‌ها و پدانکل، به دانه‌ها شد و موجبات کاهش وزن و چروکیـدگی دانـه را فـراهم نمود (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۸۸).

محلـول‌پاشـی اسـید هیومیـک موجـب افـزایش معنی‌دار (در سطح یک درصد) پروتئین دانـه گردیـد (جـدول یـک). درصـد پـروتئین از ۱۱/۲۷ درصـد (شاهد) به ۱۲/۶درصـد برای محـلـول‌پاشی با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت. نیتروژن، فسـفر و گوگرد جزو عناصر زیاد مغـذی از نظـر مقـدار لازم برای رشد گیاه هستند و از مهم‌ترین نقش این عناصر شرکت در ساختمان پروتئین و در نتیجـه سـاختمان گیاه می‌باشد. اسـید هیومیـک و ترکیبـات آن هـم از طریق افزایش قابلیت ریشه‌ها در جذب این عناصـر و هم از طریق مداخله در فعالیت‌های آنزیمی مرتبط بـا فراهمی آنها برای گیاه، سـبب افـزایش تـوان سنتـز پروتئیـن در گیـاه و انتقـال آن به دانـه‌ها می‌گردنـد. محققان طـی آزمایشـی بـر گیـاه ارزن دریافتنـد کـه محلول‌پاشی برگی اسید سبب افزایش ۵۰/۹ درصدی عملکرد دانه، افزایش ۱۹/۴۵ درصدی وزن هزار دانـه و سرانجام افزایش ۳۱/۸ درصدی میزان پروتئین دانه گردید (Saruhan *et al*., 2011).

عملکرد پروتئین دانه در یک تیمار، حاصل‌ضـرب درصد پروتئین در عملکرد دانه آن تیمار می‌باشـد. در آزمایش اخیر اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد پروتئیـن دانه معنـــی‌دار نبـــود. از آن‌جـــا کـه تـاثیر تیمارهای تنش بر عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه گندم خلاف یکدیگر بود و همزمان با افـزایش درصـد پروتئین دانه در شرایط تنش، میانگین عملکـرد دانـه کاهش یافت، این امر موجود ثابت ماندن حاصل‌ضرب فوق گردید.

اثـر محلـول‌پاشـی اسـید هیومیـک بـر عملکـرد پروتئین دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول یـک). محلـول‌پاشـی اسـید هیومیـک سـبب افزایش عملکرد پـروتئین گردیـد. میـانگین عملکـرد پروتئین دانه از ۶۰۹/۲ کیلوگرم در هکتار برای تیمار شاهد به ۶۰۰/۵ کیلوگـرم در هکتـار در پـایین‌تـرین غلظت محلول‌پاشی اسید هیومیک (۲۰۰ میلـی‌گـرم در لیتر) افزایش یافت اما این افزایش معنی‌دار نبـود. با این حال هر دو تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش معنی‌داری را به‌ترتیب به‌میزان ۹/۱۱ درصد و ۲۱/۹۷ درصد گردید. در زمان برداشت محصول گندم، افـزایش میـزان محصـول بـه عنوان بهبود کمی و افـزایش میـزان پـروتئین و نـوع پروتئین به‌عنوان بهبود کیفی گندم مطرح مـی‌باشـد. به‌طورکلی تمایل بر این است که با افـزایش عملکـرد دانه (بهبود کمی)، کیفیت محصول نیز افـزایش یابـد (بهبودکیفی). ترکیب و مقدار پروتئین، خواص کیفی گندم را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اثر مقدار پـروتئین نسبت به ترکیب آن بر خواص کیفی بیش‌تر است.

درصد و عملکرد فسفر دانه

اثر تیمار آبیاری بر درصد فسفر دانه گندم در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول یک). دامنه تغییرات درصد فسفر دانه از بیش‌ترین حد آن برای تیمار تنش شدید، به‌میزان ۰/۴۲ درصد تا کم‌ترین میزان آن در تیمار آبیاری معمول به‌میزان ۰/۳۷ درصد متغیر بود. تیمار تنش خفیف نیز سبب افزایش درصد فسفر دانه با ۰/۳۸درصد گردید اما این تغییرات معنی‌دار نشد. میزان فسفر در گیاهان بین ۰/۱ تا ۰/۴ درصد است که بسیار کم‌تر از غلظت نیتروژن و پتاسیم در گیاه می‌باشد. در درجه اول، گیاهان فسفر را به‌صورت یون دی هیدروژن فسفات و در درجه دوم به‌صورت منو هیدروژن فسفات جذب می‌نمایند. در شرایط که اسیدیته خاک زیاد نباشد و یا به‌عبارتی شرایط اسیدی، فسفر به‌صورت یون دی هیدروژن فسفات جذب گیاه می‌گردد. همچنین فسفر در ساختمان DNA و RNA و فیتین یا اسید فیتیک نقش مهمی دارد. مهم‌ترین نقش فسفر در گیاه، ذخیره و انتقال انرژی می‌باشد که به‌صورت مولکولهای ATP قادر است انرژی مورد نیاز گیاه را تامین نماید

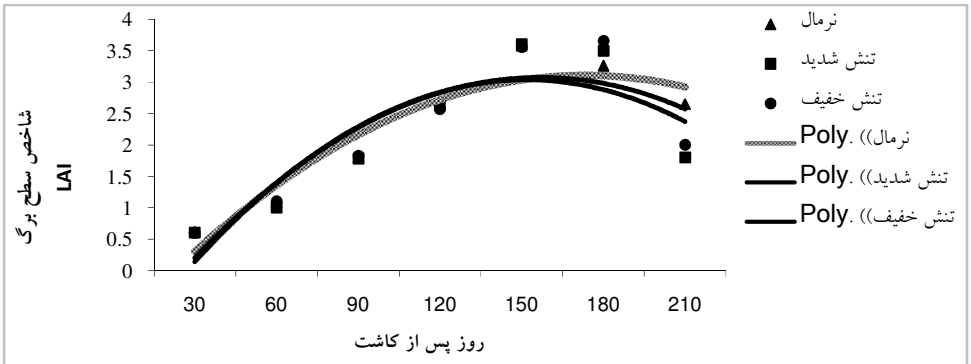
پل شکن پهلوان و همکاران (۱۳۸۶) اثر دور آبیاری را در سطح پنج درصد بر مقدار نیتروژن کل خاک و کلسیم محلول و در سطح یک درصد بر مقدار فسفرخاک معنی‌دار گزارش کردند. در مطالعه این محققان، مقایسات میانگین نشان داد که غلظت نیتروژن و فسفر در سطح آبیاری ۸۰ میلی‌متر کم‌تر می‌باشد. این امر می‌تواند مربوط به جذب بیش‌تر این عناصر توسط گیاه در این سطح آبیاری باشد. در آزمایش این محققان اثرات دور آبیاری بر مقدار جذب فسفر نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسات میانگین نشان داد که بیش‌ترین جذب این عناصر در رژیم آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر صورت گرفت. اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید هیومیک بر درصد فسفر در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول یک). محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب افزایش درصد فسفر دانه شد. غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌دار درصد فسفر از ۰/۳۸ در تیمار شاهد به ۰/۴۱ درصد در تیمار فوق گردید. در یک بررسی اثر برگ‌پاشی نیتروژن و اسید هیومیک بر رشد و عملکرد ارقام گندم دوروم گزارش شد که اسید هیومیک موجود در کاه و کلش گندم می‌تواند از تشکیل فسفات‌های کلسیمی غیر قابل حل در خاک جلوگیری کرد و سبب افزایش فراهمی فسفر در گیاه گردد (Delfinea *et al*., 2005).

تحقیقات نشان داد که مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشت و به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Samavat and Malakuti, 2005). باروری خاک به‌شدت به محتوی مواد آلی وابسته است. اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری از جمله فسفر و نیتروژن سبب افزایش جذب این عناصر شد و باروری خاک و تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد. عملکرد فسفر حاصلضرب درصد فسفر دانه در عملکرد دانه می‌باشد. این شاخص برآورد دقیق‌تر و بهتری از میزان فسفر انتقال یافته به دانه‌ها می‌باشد. در واقع در شرایط معمول، آبیاری عملکرد دانه بالا توام با درصد فسفر قابل قبول، میزان نیاز مطلوب غذایی این عنصر را در نان گندم فراهم می‌سازد. در حالی که تحت تاثیر تنش میران واقعی عملکرد برداشت شده، فسفر در دانه کاهش یافت و دانه از نظر این عنصر فقیر بود. تاثیر تیمارهای تنش بر عملکرد دانه و درصد فسفر دانه گندم بر خلاف یکدیگر بود هم‌زمان با افزایش درصد فسفر دانه در شرایط تنش، میانگین عملکرد دانه کاهش یافت، اما به‌دلیل تاثیر منفی و شدیدتر تنش بر عملکرد دانه، عدد نهایی عملکرد فسفر برای تیمارهای تنش خفیف و شدید به ترتیب به ۲۱/۵۱ و ۱۹/۴۱ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد (۲۴/۵۷ کیلوگرم در هکتار) کاهش داشت. اختلاف بین آبیاری معمول با تنش خفیف و نیز اختلاف بین دو تیمار تنش خفیف و تنش شدید معنی‌دار نبود (جدول دو). محلول‌پاشی اسید هیومیک، اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر عملکرد فسفر دانه داشت (جدول یک). محلول‌پاشی با دو غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش عملکرد فسفر دانه شد (جدول دو). اثر مثبت اسید هیومیک بر عملکرد فسفر دانه

ناشی از اثر افـزایش همزمـان آن بـر عملکـرد دانـه و درصد فسفر دانه بود. بدیهی است که یکـی از مهـم-ترین فواید مصرف اسید هیومیـک افـزایش فراهمـی فسفر برای گیاه می‌باشد. در آزمایشی بـر گیـاه بنـت گـراس نشـان داده شد که در غلظـت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک، وزن خشک ریشـه بـه‌طـور معنـی‌داری افـزایش یـافت و همچـنیـن فعالیـت آنزیم‌ها هم از ۲۳درصد به ۱۰۰ درصد افزایش یافـت که خـود عامل افزایش تنفس ریشه و رشد بیش‌تر آن شد (Liu and Cooper, 2000). همچنـین بـا کـاربرد ترکیبات هیومیکی، رشد ریشه بیش‌تر از ساقه تحـت تاثیر قرار گرفت. هر گونه افزایش در حجم ریشـه در دسترسی بهتر بـه عناصـر خـاک و از جملـه فسـفر و بنابراین بالا بردن بـاروری خـاک منجـر شـد و اسـید هیومیک از این قابلیت مهم برخوردار است.

شاخص سطح برگ

نمودار شماره یک روند تغییـرات شـاخص سـطح برگ را در سطوح آبیاری نشان می‌دهـد. از آنجـا کـه زمان اعمال هر دو تیمار تنش آبیاری پس از زمان بـه حد اکثر رسیدن شاخص سطح برگ یعنی در آغـاز و ادامه فاز زایشی بـود رونـد تغییـرات ایـن شـاخص از ابتدای دوره رشد تا این مرحله بـرای هـر سـه تیمـار یکسان و مشابه بود به‌طوری‌که پـس از مرحلـه سـبز شدن گیاه و شروع رشد بـرگ‌هـا، در همـه تیمـارهـا مقـدار آن افزایش یافت تا این‌کـه در مرحلـه آغـاز گل‌دهی به حداکثر مقدار سطح برگ رسید و بنابراین تا این زمان تفـاوتی در منحنـی رگرسـیونی هـر سـه تیمار مشاهده نشد. پس از این زمـان رونـد تغییـرات LAI متفاوت بود.



نمودار ۱) روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری

Figur 1:The process changes LAI at diffrent lveles of irrigation

در تیمار آبیاری معمول مـدت زمـان در حـداکثر باقی ماندن LAI طولانی‌تر بود و آغاز افت آن دیـرتـر اتفاق افتـاد در حالـی‌که در تیمار قطـع آبیـاری در ابتدای گل‌دهی، عکس‌العمل گیاه به وقوع تنش سبب شروع زودتر ریزش بـرگ‌هـا و کـاهش سـطح بـرگ، گردید. این امر همچنین ناشی از کوتـاه شـدن طـول فاز زایشی گیاه بود که نهایتا به کاهش عملکـرد دانـه و اجزای عملکـرد منجـر گردیـد. بـرای تیمـار تـنش شدید، افت LAI دیرتر آغاز شد اما در این تیمار نیـز، دوام سطح برگ‌ها کمتر و ریـزش سـریع‌تـر بـود کـه نهایتا به کاهش عملکرد دانه منجر شد. برای هـر سـه تیمار آبیاری، شیب خط رگرسیون، از معادلـه درجـه دوم تبعیت کـرد که ضـریب تبیـین منـاسب آن‌هـا (جدول سه) بیانگـر توانـایی ایـن خطـوط در بـرآورد مناسب روند تغییرات بود. از جمله سازگاری‌های گیاه در شرایط کم‌آبیاری، کاهش سـطح بـرگ بـه‌منظـور کاهش تعـرق اسـت (Pandey and Agarwal, 2000). لوله‌ای کردن و کاهش سطح برگ از یک سـو سـطح فعـال فتوسـنتزی را کـاهش داد (Fernandz and Castello, 1999)، از سوی دیگر با افت محتوی نسبی آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح بـرگ را فراهم نمود (Tas and Tas, 2007).

دانشمندان معتقد هستند که در شرایط کم آبیاری و یا قطع آبیاری، شاخص سطح برگ تغییرات چندانی نمی‌کند و تحت تاثیر عامل تنش زا قرار نمی‌گیرد (Traore *et al.*, 2000). در آزمایش اخیر بیش‌ترین تفاوتی که در شاخص سطح برگ بین تیمارها مشاهده شد، مربوط به انتهای دوره رشد بود که در آن بوته‌های تحت تنش، سطح برگ خود را زودتر از دست دادند

.

جدول ۳- معادلات رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Regression equations and coefficients of LAI curve for different levels of irrigation

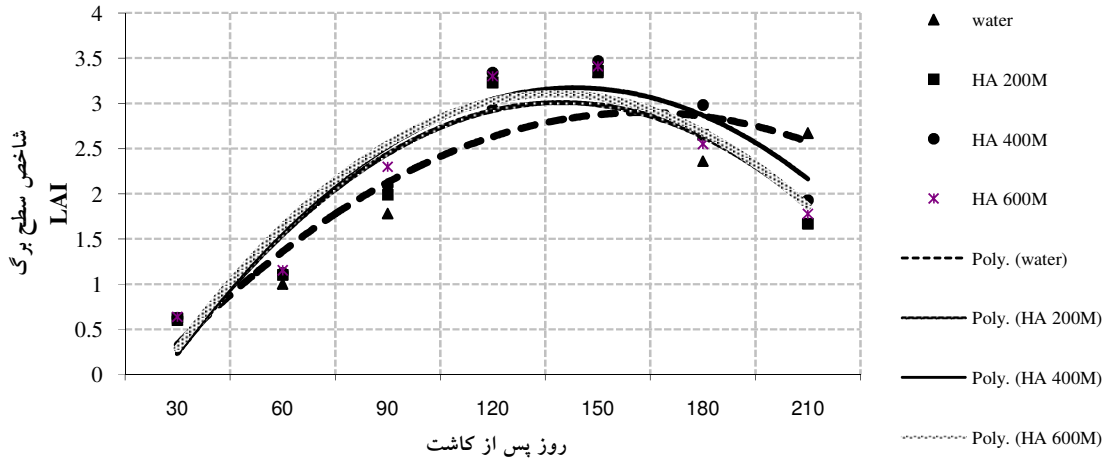
Treatment	تیمار	R^2	معادله رگرسیون Regression equation
Normal irrigation	آبیاری معمول	0.9032	$y = -0.1227x^2 + 1.418x - 0.9843$
Light stress	تنش خفیف	0.8078	$y = -0.1601x^2 + 1.6756x - 1.3114$
Severe stress	تنش شدید	0.7926	$y = -0.1758x^2 + 1.778x - 1.4619$

در تحقیق حاضر به‌منظور بررسی ارتباط بین روند رشد برگ‌ها (به‌عنوان اندام‌های اصلی فتوسنتزی گیاه) با تولید و تعیین اثر اسید هیومیک بر این روند، تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت تا رسیدگی گندم مورد بررسی قرارگرفت. به این منظور در کلیه تیمارها از ابتدای دوره، نمونه برداری از برگ‌های کل بوته در فواصل زمانی مشخص از زمان کاشت (فواصل۳۰ روزه) تا زمان رسیدگی محصول به‌تعداد شش و هفت نمونه (با توجه به‌زودرسی محصول در برخی تیمارها) انجام گرفت و در هر زمان مساحت برگ‌های هر نمونه با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج پورتابل اندازه‌گیری و ثبت شد. نقاط روی نمودار شماره دو، مقادیر سطح برگ در هر زمان نمونه‌برداری برای هر تیمار را نشان می‌دهد. بر این اساس خطوط رگرسیونی مربوط به هر تیمار رسم و معادله مربوطه نیز بسط یافت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با توجه به ضریب تبیین بالای هر یک از خطوط، معادله پلی نومیال درجه دوم بهترین توجیه کننده تغییرات شاخص سطح برگ بر حسب روزهای پس از کاشت تا رسیدگی دانه به نظر رسید.

$$LAI = ax^2 + bx + c$$

در این معادله LAI یا شاخص سطح برگ (به عنوان متغیر وابسته) و x تعداد روز از زمان کاشت (به‌عنوان متغیر مستقل) و a، b و c به‌عنوان ضرایب معادله می باشند. تغییرات کلی شاخص سطح برگ گندم در هر چهار سطح محلول‌پاشی نیز از روند یکسانی تبعیت کرد، با این حال در هر سه غلظت محلول‌پاشی، اسید هیومیک حدودا از دو ماه پس از کاشت (اواسط پنجه‌زنی) موجب افزایش قابل توجه سرعت رشد برگ‌ها هم‌زمان با افزایش رشد عمومی گیاه گردید. خط نقطه چین که مربوط به تیمار محلول‌پاشی با آب خالص است به‌طور مشخص در محدوده‌ای پایین‌تر از سه منحنی دیگر قرارداد و بیانگر سرعت تولید و رشد کندتر برگ‌ها در این تیمار می‌باشد. روند سریع‌تر تولید و رشد برگ‌ها، در اثر محلول‌پاشی، در طی فصل رشد ادامه یافت و موجب شد تا در هر سه سطح محلول‌پاشی حداکثر شاخص سطح برگ در مدت زمان کوتاه‌تری در مقایسه با شاهد تولیدگردد و از سویی میزان شاخص سطح برگ در این زمان نیز برای هر سه تیمار محلول‌پاشی بیش از شاهد بود. در این میان تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، روند تولید و رشد سریع‌تری داشت و از حداکثر شاخص سطح برگ بالاتری نیز برخوردار بود ولی تفاوت معنی‌داری با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت. این ویژگی باعث شد تا با فراهمی شرایط مناسب برای گیاه از قبیل حداکثر جذب نور و نیز فتوسنتز بیش‌تر، در مقایسه با تیمار شاهد، موجبات افزایش سنتز بیشتر آسیمیلات‌ها و افزایش انتقال مواد به اندام‌های زایشی گیاه فراهم گردی که نتیجه آن تعداد خوشه بیش‌تر در واحد سطح و وزن هزار دانه بالاتر و در نهایت عملکرد دانه برتر بود. دومین نکته قابل تامل در نمودار مذکور توجه به زمان آغاز رشد

زایشی است که در هر سه تیمار محلول‌پاشی سریع‌تر اتفاق افتاد و سهم این فاز را از کل دوره رشد افزایش داد و این امر با فراهم آوردن فرصت مناسب برای پر شدن دانه‌ها عملکرد را افزایش داد.



نمودار ۲- اثر محلولپاشی اسید هیومیک بر روند تغییرات شاخص سطح برگ

Figur2: The effect humic Acid foalir on process changes LAI

جدول ۴- معادله رگرسیونی و ضرایب تبیین منحنی شاخص سطح برگ برای سطوح محلول‌پاشی اسید هیومیک

Table 4. regration equations and coefficients of LAI curve for different levels of humic acid spraying

Treatment	تیمار	*R2*	*regration equation* معادله رگرسیون
pure water spraying	محلول‌پاشی با آب خالص	*0.9256*	*y = -0.098 x2 + 1.2102 x - 0.7336*
200 mg.l spraying	محلول‌پاشی غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	*0.9132*	*y = -0.1061 x2 + 1.3598 x - 0.9876*
400 mg.l spraying	محلول‌پاشی غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر	*0.8591*	*y = -0.1772 x2 + 1.7629 x - 1.3216*
600 mg.l spraying	محلول‌پاشی غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر	*0.8591*	*y = -0.1869 x2 + 1.8222 x - 1.3687*

به‌نظر می‌رسد که دومین مرحله محلول‌پاشی اسید هیومیک در زمان شروع گل‌دهی، از طریق افزایش طول عمر برگ‌ها و بالابردن ماندگاری سطح سبز گیاه سبب تامین بیش‌تر نیاز دانه و در نتیجه افزایش عملکرد نهایی گردید ضمن آن‌که آغاز ریزش برگ‌ها در تیمار آبیاری معمول نیز به‌طور مشخصی سریع‌تر رخ داد. برای هر چهار تیمار محلول‌پاشی، شیب خط رگرسیون، از معادله درجه دوم تبعیت کرد که ضریب تبیین بالا (جدول چهار) بیانگر توانایی این خط در برآورد مناسب روند تغییرات بود.

نتیجه‌گیری

نیتروژن، فسفر و گوگرد، جزو عناصر بسیار مهم رشد گیاه هستند و از مهم‌ترین نقش‌های این عناصر، شرکت در ساختمان پروتئین می‌باشد. اسید هیومیک و ترکیبات مرتبط از طریق افزایش قابلیت ریشه‌ها در جذب این عناصر و مداخله در فعالیت‌های آنزیمی با فراهمی آنها برای گیاه، سبب افزایش توان ساخت پروتئین در گیاه و انتقال آن به دانه‌ها و بهبود کیفیت دانه گردید. به‌نظر می‌رسد که مصرف اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی در طی دو مرحله

مهم از رشد گندم یعنی ورود گیاه به مرحله ساقه‌دهی و ورود به مرحله گل‌دهی از طریق فراهمی شرایط سریع‌تر برگ‌ها و افزایش رشد کلی بوته و نیز افزایش دوام و ماندگاری برگ‌ها و افزایش توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی می‌تواند به تولید بیش‌تر در شرایط آبیاری معمول و کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی کمک نماید. بنابراین کاربرد آن به صورت محلول‌پاشی با توجه به هزینه ناچیز آن در سطح وسیع به کشاورزان توصیه می‌گردد.

منابع References

آقائی سربرزه، م.، رجبی، ر.،حق پرست، ر. و محمدی، ر. ۱۳۸۸. بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی. نهال و بذر، جلد ۲۴، شماره ۳.

آمار نامه کشاورزی. ۱۳۸۹. غلات در آیینه آمار، معاونت برنامه ریزی و بودجه وزارت کشاورزی، اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی.

پل شکن پهلوان، م.ر.، موحدی نائینی، س. ع.، اعتصام، غ.ر. و کیخا، غ.ع. ۱۳۸۶. تاثیر روش‌های مختلف کاشت و مقادیر مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد گیاه گندم، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهاردهم، شماره پنجم.

سبزواری، س.، خزاعی، ح.ر. و کافی، م. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۳، شماره ۲، صفحه ۸۷-۹۴.

سماوات، س.، ملکوتی، م. و سلسپور، م. ۱۳۸۴. تولید و استفاده از اسیدهای آلی برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی. نشریه فنی، شماره ۴۶۳ . انتشارت سنا، تهران، ایران.

سیدشریفی، ر.، فرزانه، س.، ساعدنیا، ا. ۱۳۸۸. بررسی اثر مقادیر مختلف سولفات روی ($ZnSo_4$) در بهبود خصوصیات کمی و کیفی ارقام گندم

قربانی، ص.، خزاعی، ح.ر.، کافی، م. و بنایان اول، م. ۱۳۸۹. اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، نشریه بوم شناسی کشاورزی‌جلد،۲، شماره۱، بهار ۱۳۸۹، صفحه ۱۲۳

محمدی ح.، مرادی، ف.، احمدی، ع.، عباسی، ع.ر. و پوستینی، ک. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی بر تغییرات هورمونی و کربوهیدرات‌های دانه در حال نمو دو رقم گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد چهارم، شماره چهارم، ۱۵۵-۱۳۹

هاشمی دزفولی، ا.، کوچکی، ع . و بنایان اول، م. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد.

Emam, Y., Ranjbar, A.M., Bahrani, M.J. 2007. Evaluation of Yield and Yield Components in Wheat Genotypes under post- Anthesis Drought Street. JWSS – Isfahan University of Technology, 11 (1): 317-328

Delfinea, S., Tognettia, R., Esideriob, E., and Alvinoa, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agron. Sustain. Dev. 25 (2005) 183-191

Fernandz, G.C.J., and Castello, K.J. 1999. Water statue and leaf area production in water and nitrogen stressed cotton. Crop Sci. 36:1224-1233.

Gabriella, A., Daniel, L., Calderini, F., and Slaffer, C.A. 2003 Genetic improvement of barley yield potential and physiological determinants in Argentina (1944-1998). Springer Netherland. 130: 325-334

Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry P. R., and Schofield, J.D. 2003. Effects of restricted water availabity and increasd temperature on grain filling, drying and quality of winter wheat. J. of Cereal Sci. 37:295-309.

Grossl, P., and Mackowiak, C. 1999. Use of soluble organic matter to promote plant nutrient availability in biore-generative life support systems. 29th International Conference on Environmental Systems. Denver, Canada

Harper, S.M., Kerven, L., Edwardsand D.G., Ostatek boczyski, Z. 2000. Characterizyion on fulvic and humic acids from leavesof eucalyptus comaldulensis and from decomposed hey. Soil Biochem. 32:1331-1336

Kelting, M., Harris J.R., Fanelli, J., and Appleton, B. 1998. Bio stimulants and soil amendments affect two-year posttransplant growth of red maple and Washington hawthorn, Hort Science, 33:819-822.

Liu, C., and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bent grass growth. Golf Course Management, 49-53.

Mackowiak, C.L., Grossl, P., and Bugbee, B. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Sci. J. 65:1744–1750

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology & Biochemistry 34: 1527–1536

Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A., and Etemadi, N.A. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of Gerbera. Journal of Plant Nutrition, 31:2155-2167.

Pandey, R., and Agarwal, R.M. 2000. Water stress – induced changes in proline contents and Nitrate Reductase Activity in Rice under Light and ourk conditions. Phisiol. Mol. Biol. Plants . 4 : 53 -57.

Samavat, S., and Malakooti, M. 2006. Important use of organic acid (humic and folic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and soil researchers technical issue 463: 1-13.

Saruhan, V., Kuşvuran, A., and Babat, S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). Scientific Research and Essays Vol. 6(3), pp. 663-669.

Sebahattin, **A., and Necdet, C. 2005**. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield of forage Turnip (*Brassica rapa* L.). Agronomy. Journal, 4:130-133.

Sharif, M., 2002. Effect of lignitic coal derived humic acid on growth yield wheat and maize in alkaline soil. Political Science: 171.

Souza, E., Kruk, M., and Sunderman, D.W. 2004. Association of Gsugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alles in soft white spring wheats. Cereal Chem. 71:601-605.

Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York.

Tas, S., and Tas, B. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. Wourld Journal of Agricultural Sciences 3 (2): 178-183