نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۷، ص. ۹۸۵-۹۷۷

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 5, Nov.-Des. 2018, p. 977-985

بررسی اثر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی عملکرد گندم و کارایی مصرف آب تحت تنش خشکی

مریم پورمراد[1*]- محمدجعفر ملکوتی[2]- محمدمهدی طهرانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۷

چکیده

با توجه به بحران کم‌آبی و ضرورت صرفه‌جویی در منابع آب و از سوی دیگر نقش بسزای اسیدهای آلی در کاهش اثرات منفی تنش خشکی، این مطالعه به‌منظور بررسی اثر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) و کارایی مصرف آب در شرایط تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه خاک و آب کرج در سال زراعی ۹۵-۹۴ اجرا گردید. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های خرد شده با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اصلی رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری کامل و تنش (۳۵ درصد کمتر از نیاز آبی گیاه)، عامل فرعی شامل اسیدهای آلی محلول‌پاشی اسید فولویک در سه سطح با غلظت (صفر، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر) و مصرف خاکی اسید هیومیک در دو سطح (صفر و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد کاربرد توأم اسید فولویک (۵ گرم در لیتر) و اسید هیومیک بر روی عملکرد کل و دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع اندام هوایی، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه و کارایی مصرف آب افزایش معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد مصرف خاکی اسید هیومیک در شرایط تنش با ۹/۰۹ درصد افزایش عملکرد دانه و محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر با ۲۴/۹ درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد آبیاری کامل باعث جبران کاهش عملکرد حاصل از تنش شد. بیشترین کارایی مصرف آب (۳/۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب) در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر بود. در نتیجه در شرایط تنش خشکی کاربرد اسیدهای آلی می‌تواند سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آلی، رژیم آبیاری، رقم سیوند گندم

مقدمه

کشور ایران به‌عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک و نیمه‌خشک کره زمین، با مشکل کم‌آبی مواجه است. رشد فزاینده جمعیت و نیاز بیشتر به محصولات کشاورزی و محدودیت منابع آب‌وخاک به‌عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسئله‌ی کم‌آبی را به‌گونه‌ای بسیار جدی فراروی کشور قرار داده است. مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، از اهمیت بسزایی برخوردار است (۶). در مطالعات صورت گرفته توسط محققین مشخص شد تنش‌ها باعث برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شوند و بیان کردند با تکمیل عناصر مورد نیاز از طریق خاک یا محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد را تا حدی بهبود بخشید (۵). تحقیقات نشان داد قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد سبب کاهش ارتفاع بوته، عملکرد دانه ذرت می شود (۱۶).

ازآنجاکه استفاده‌ی بهینه از آب در بخش کشاورزی نقشی اساسی در توسعه و بقای جوامع بشری دارد، ازاین‌رو توجه به کاربرد برخی از مواد افزودنی اصلاح‌کننده مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که کاربرد کودهای آلی به‌جای کودهای شیمیایی از مهم‌ترین مسائل مؤثر بر سلامت محیط‌زیست و پایداری تولید غذا است (۱۱). اسید هیومیک به‌عنوان کود آلی دوستدار طبیعت با عناصر کم‌مصرف تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول و اسید فولویک نیز با عناصر میکرو تشکیل کمپلکس‌های محلول می‌دهد. گروه‌های عامل غالب این نوع ترکیبات، فنولیک و کربوکسیل بوده که منجر به بار سطحی و واکنش‌پذیری این مواد می‌گردد (۱۴). در آزمایشی بیشترین قطر دو نوع اسید فولویک و اسید هیومیک اندازه‌گیری شد نتایج نشان داد متوسط قطر اسید هیومیک ۷/۱۲ برابر اسید فولویک است. اسید

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.pourmorad@modares.ac.ir)
۳- استادیار، بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

DOI: 10.22067/jsw.v32i5.71191

فولویک دارای مولکول‌های بسیار کوچک‌تری نسبت به اسید هیومیک است (۹). به همین دلیل مصرف اسید فولویک به‌صورت محلول‌پاشی کارایی بیشتری نسبت به اسید هیومیک دارد. با کاربرد اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی و خاکی بر روی چغندر، بهترین نتایج از مصرف خاکی همراه با آب آبیاری بود همچنین مصرف اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد ریشه، وزن خشک و شاخص برداشت شد (۱۲). اسید هیومیک سبب بهبود خصوصیات خاک می‌شود اثر یک و دو گرم بر لیتر اسید هیومیک عملکرد دانه ذرت را به ترتیب ۱۵/۸، ۲۷/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. کاربرد اسید هیومیک در دو سطح یک و دو گرم بر لیتر عملکرد دانه ذرت را نسبت به عدم کاربرد اسید هیومیک در تنش افزایش معنی‌داری داد (۴). محلول‌پاشی اسید فولویک بر روی گوجه‌فرنگی منجر به افزایش وزن خشک و تر گیاه و عملکرد شد (۱۷).

امروزه نزدیک به ۷۰ درصد سطح زیر کشت یک میلیارد هکتاری جهان را غلات اشغال نموده‌اند. در بین غلات گندم (*Triticum aestivum* L.) اهمیت ویژه‌ای دارد چراکه این گیاه زراعی، یکی از محصولات غذایی عمده و قوت غالب مردم دنیا به شمار می‌رود و امروزه گندم به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین منبع غذایی بشر تبدیل شده است، به‌طوری‌که ۳۰ درصد از کل غلات تولیدی جهان را تشکیل می‌دهد و تأمین کننده بیشترین نیاز غذایی انسان است (۱۰). تولید گندم در اراضی آبی با توجه به بحران کمبود آب در این اراضی انجام تحقیقات درزمینه‌ی آبیاری محدود را ضروری می‌کند. میزان تولید و عملکرد این گیاه زراعی همانند سایر گیاهان زراعی به‌شدت متأثر از عوامل تنش‌زای محیطی است (۷).

مطالعات بر روی کاهش آب مصرفی و راه‌حلی مناسب برای جبران آن بر روی گندم در کشور بسیار اندک مورد توجه قرار گرفته است. لذا تحقیق حاضر در راستای بررسی تأثیر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی عملکرد و اجزای آن در گندم در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور واقع در ۱۵ کیلومتری شهر کرج با ارتفاع ۱۲۸۰ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۵-۹۴ اجرا شد. این آزمایش به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با دو کرت اصلی (آبیاری کامل و تنش) و ۳۶ کرت فرعی با ابعاد دو در دو متر مربع با فاصله یک متر بین تکرارها با کشت رقم سیوند (*Sivand*) به اجرا درآمد. تیمارهای مورد آزمایش شامل، فاکتور اصلی رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری کامل و تنش (۳۵ درصد کمتر از نیاز آبی به‌صورت کاهش ساعت آبیاری در هر دوره) و فاکتور فرعی شامل شش تیمار شاهد (F_0H_0)، عدم محلول‌پاشی اسید فولویک و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک (F_0H_{20})، محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر و عدم کاربرد اسید هیومیک (F_5H_0)، اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر و اسید هیومیک ۲۰ کیلوگرم در هکتار (F_5H_{20})، کاربرد اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر و عدم کاربرد اسید هیومیک ($F_{10}H_0$)، اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر و اسید هیومیک ۲۰ کیلوگرم در هکتار ($F_{10}H_{20}$). محلول‌پاشی اسید فولویک (۷۰ درصد) سه مرتبه در مراحل پنجه‌دهی، ساقه‌روی و خوشه‌دهی و اسید هیومیک (۶۸/۸ درصد) دومرتبه در مراحل بیست روز پس از کاشت و ساقه‌روی اعمال شد. قبل از انجام آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه مرکبی تهیه و نمونه پس از خشک شدن در هوا و غربال توسط الک ۲ میلی‌متری برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی آماده شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲). آب مورد استفاده برای آبیاری مزرعه با اسیدیته ۷/۵۱ و هدایت الکتریکی برابر با ۳۹۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر کیفیت مطلوبی را برای استفاده داشت. زمین محل مورد آزمایش در طول سال قبل آیش بود. نیاز آبی گندم در منطقه مورد نظر توسط نرم‌افزار Netwat به‌صورت تخمینی متر مکعب برآورد شد و دوره‌های آبیاری بر اساس آمارهای پیش‌بینی هواشناسی و رطوبت خاک مشخص شد. آبیاری با سیستم آبیاری قطره‌ای با فشار و دبی مشخص نازل‌ها انجام شد. تنش از اواسط فروردین‌ماه به‌صورت اختلاف ساعت آبیاری نسبت به آبیاری کامل اعمال شد. پس از اتمام دوره رشد گیاه، میزان تبخیر و تعرق و نیاز آبی بر اساس معادله پنمن منتیث فائو (FAO Penman-Monteith equation) به‌صورت دقیق توسط نرم‌افزار Cropwat برآورد شد و با مقدار آب داده شده به مزرعه مقایسه شد و درصد اعمال تنش به‌صورت دقیق محاسبه شد (جدول ۱). بر اساس تجزیه‌ی خاک و تغذیه متعادل گندم ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره گرانول در سه تقسیط،۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مونوپتاسیم فسفات، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مو نو آمونیوم فسفات با آب آبیاری و محلول‌پاشی مونوپتاسیم فسفات با غلظت (۶ گرم بر لیتر) در مرحله ساقه روی انجام شد. برداشت نهایی از سطح هر کرت به سطح ۴ متر مربع، با حذف ۳۰ سانتی‌متر از هر طول و عرض کرت از سطحی حدود ۲ متر مربع (۵ خط کشت) برداشت شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد کل، عملکرد دانه وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، طول خوشه، ارتفاع اندام هوایی اندازه‌گیری شد. همچنین کارایی مصرف آب (WUE)[1]، تولید محصول به ازای واحد آب مصرفی از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد دانه برحسب کیلوگرم}}{\text{آب مصرفی برحسب مترمکعب}}$$

تجزیه‌های آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به

1- Water usage effectiveness

روش LSD در سطح پنج درصد با استفاده از نـرم‌افـزار SAS و رسـم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Excel انجام شد.

جدول ۱- میزان آب آبیاری و نیاز آبی گیاه

Table 1- Amount of irrigation water and crop water requirement

۱۳۹۴-۹۵

2015-2016

برآورد نیاز آبی توسط نرم‌افزار نت وات (m3) Crop water requirement by app Netwat	آبیاری Irrigation	میزان آب آبیاری (m3) Amount of irrigation water	نیاز آبی محل موردنظر توسط نرم‌افزار کراپ وات (m3) Crop water requirement by app Cropwat	درصد آبیاری نسبت به نیاز آبی Percent irrigation compared to water requirement
3800	معمولی Control	3315.7	2957	-
	تنش Stress	1901.9		64.3%

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤسسه خاک و آب کرج در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

Table 2- Physical and chemical properties of soil (0-30 cm)

کلاس بافت Texture Class	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC(dS m^{-1})	رطوبت اشباع (درصد) SP(%)	ظرفیت زراعی (درصد) FC(%)	نقطه پژمردگی دائم (درصد) PWP (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	نیتروژن(درصد) N(%)	فسفر قابل‌دسترس (میلی گرم بر گیلوگرم) P(ava) (mg kg^{-1})	پتاسیم (میلی گرم بر گیلوگرم) K (mg kg^{-1})	آهن (میلی گرم بر گیلوگرم) Fe (mg kg^{-1})	منگنز (میلی گرم بر گیلوگرم) Mn (mg kg^{-1})	روی (میلی گرم بر گیلوگرم) Zn (mg kg^{-1})	مس (میلی گرم بر گیلوگرم) Cu (mg kg^{-1})
Loam	7.7	1.5	30.3	16.4	7.6	0.7	0.08	14.2	272	4.38	15.6	1.92	1.58

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آبیاری و اسید هیومیک و فولویک بر روی عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3- Variance analysis of effect irrigation and humic and fulvic acid on the wheat yield and component yield

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد کل Total yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 grain weight	ارتفاع اندام هوایی Shoot height	طول سنبله Spik length	تعداد دانه در سنبله Grain number per spik	کارایی مصرف آب WUE
بلوک Block	2	2632447.3 ^{ns}	2442708.3^{ns}	3.20^{ns}	0.52 ^{ns}	0.03^{ns}	6.02*	0.44^{ns}
آبیاری (A) Irrigation	1	7593092.5*	2006944.4^{ns}	64.5^{ns}	104.3*	1.02^{ns}	2.25 ^{ns}	23.5**
بلوک × آبیاری Block × Irrigation	2	151882.3 ^{ns}	491319.4^{ns}	16.3^{ns}	2.21 ^{ns}	0.31^{ns}	0.08^{ns}	0.13 ^{ns}
اسید هیومیک و فولویک (B) Humic and fulvic acid	5	31573418.7**	7170833.3**	15.8*	320.7**	0.92**	30.6**	1.27**
A×B	5	2874567.3 ^{ns}	286111.1^{ns}	11.4*	38.8**	0.19^{ns}	2.05^{ns}	0.18 ^{ns}
خطا Error	20	5114384.7	573263.8	4.26	7.98	0.12	2.78	0.10
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation(%)	–	9.28	9.36	4.69	2.51	4.06	3.68	9.69

^{ns} غیر معنی‌داری، *معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪، **معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

^{ns} Not significant,* Significant at 5% probability level, ** Significant at 5% probability level

نتایج

عملکرد

با توجه به جدول ۳ اثر متقابل دو فاکتور آبیاری و اسید فولویک و هیومیک بر روی عملکرد در سطح پنج درصد معنی‌دار نشد. اثر اسید هیومیک و اسید فولویک (فاکتور B) بر روی عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از روش LSD در سطح پنج درصد نشان داد بیشترین عملکرد مربوط به تیمار محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر ($F_{10}H_0$) با عملکرد دانه ۹۴۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار است و تفاوت معنی‌داری با تیمار F_5H_{20} ۹۲۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه ندارد. کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر ($F_{10}H_{20}$) باعث کاهش ۱۸/۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار (F_5H_{20}) شد. تنش باعث کاهش عملکرد دانه در گندم شد اما این کاهش در سطح پنج درصد معنی‌دار نشد که علت آن است که در این آزمایش تنش به‌صورت یک‌باره نبوده است و به‌صورت اختلاف ساعت آبیاری در هر دوره اعمال شده است. در شرایط آبیاری کامل تیمارهای (F_5H_{20}،$F_{10}H_0$) به ترتیب موجب افزایش ۳۱/۸ و ۲۸/۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. در شرایط کم آبیاری تیمارهای (F_5H_{20}،$F_{10}H_0$) به ترتیب سبب افزایش ۴۶/۶ و ۴۵/۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. در پژوهشی محلول‌پاشی (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) اسید فولویک سبب افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط آبیاری مناسب و تنش شد و علت آن است که اسید فولویک سبب حفظ محتوای کلروفیل و تبادلات گازی می‌شود که این تأثیر می‌تواند توسط افزایش آنتی‌اکسیدان و کاتالاز باشد (۲). در تحقیقی دیگر مشاهده شد اسید هیومیک عملکرد دانه ذرت را ۱۵/۸– ۲۷/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (۴). نتایج این آزمایش نشان داد مصرف اسید هیومیک در شرایط تنش سبب افزایش ۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد آبیاری کامل شد. همچنین کاربرد توأم اسید هیومیک و فولویک (غلظت ۵ گرم در لیتر) و نیز محلول‌پاشی اسید فولویک به‌تنهایی با غلظت ۱۰ گرم در لیتر در شرایط تنش نسبت به تیمار شاهد آبیاری کامل به ترتیب ۲۳/۸ و ۲۵ درصد افزایش عملکرد دانه داشت. در آزمایشی با کاربرد اسید هیومیک در شرایط رژیم آبیاری بر روی ذرت مشاهده نمودند کاربرد اسید هیومیک در شرایط رژیم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب عملکرد ذرت را ۴۶/۴ و ۸ درصد نسب به شاهد آبیاری ۱۰۰ درصد (بدون کاربرد اسید هیومیک) افزایش داد (۴).

وزن هزار دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳ اثر فاکتور فرعی (کاربرد اسید هیومیک و فولویک) بر روی وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک هریک به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر روی وزن هزار دانه ندارد که علت کارایی کم این دو اسید به‌صورت مصرف جداگانه بر روی وزن هزار دانه است درحالی‌که مصرف توأم اسید فولویک (غلظت ۵ گرم در لیتر) و اسید هیومیک (۲۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش معنی‌دار (۸/۵ درصد) وزن هزار دانه شده است. در شرایط تنش با کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید فولویک (۱۰ گرم در لیتر) افزایش ۱۴/۷ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد در شرایط تنش مشاهده شد. همچنین در شرایط آبیاری کامل کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید فولویک (۵ گرم در لیتر) باعث افزایش ۴/۳۲ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد آبیاری کامل شد.

ارتفاع اندام هوایی

اثر متقابل دو فاکتور آبیاری و اسیدهای آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک) در سطح پنج درصد ارتفاع اندام‌هوایی معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع اندام هوایی ۱۲۶/۸ سانتی‌متر مربوط به کاربرد توأم محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر همراه با مصرف خاکی اسید هیومیک در شرایط آبیاری کامل که سبب افزایش ۲۲/۸ درصدی ارتفاع اندام هوایی نسبت به شاهد خود شد. خانگ[1] (۸) در آزمایشی مشاهده نمود محلول‌پاشی اسید فولویک سبب افزایش ارتفاع (۵ درصدی) برنج شد. همچنین مصرف خاکی ۲۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک باعث افزایش ۱۱/۹ درصدی ارتفاع گیاه ذرت شد (۳). کمترین متوسط ارتفاع اندام هوایی با ۹۹/۶ سانتی‌متر مربوط به عدم کاربرد اسید فولویک و اسید هیومیک در شرایط تنش است. مصرف توأم محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر با اسید هیومیک سبب افزایش ۱۸/۱ درصدی ارتفاع اندام هوایی در شرایط تنش نسبت به شاهد خود شد.

طول خوشه

طول خوشه از اجزای مهم مؤثر در عملکرد دانه است زیرا هر چه طول سنبله‌ها بیشتر تعداد دانه‌ها بیشتر می‌شوند. با توجه به جدول ۳ اثر متقابل دو فاکتور آبیاری و اسید فولویک و اسید هیومیک در سطح پنج درصد معنی‌دار نشد. اثر اصلی اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی طول خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر اصلی آبیاری تأثیر معنی‌داری بر متوسط طول خوشه در گیاه نداشت. کاربرد اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر اثر

1- Khang

معنی‌داری بر روی طول خوشه ندارد ولی استفاده از اسید هیومیک (۲۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با اسید فولویک (غلظت ۵ گرم در لیتر) سبب افزایش معنی‌دار متوسط طول خوشه شد. بیشترین طول خوشه ۹/۱۸، ۹/۱۰ سانتی‌متر مربوط به تیمارهای (F_5H_{20}، $F_{10}H_0$) و کمترین طول خوشه ۸/۲۵، ۸/۲۹ سانتی‌متر مربوط به تیمارهای (F_0H_0، F_5H_0) است. در پژوهشی مشاهده شد کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش طول خوشه برنج شد (۱۳). کاربرد توأم اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر و اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار طول خوشه شد اما مصرف توأم اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر همراه با اسید هیومیک ($F_{10}H_{20}$) نسبت به اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر همراه با اسید هیومیک (F_5H_{20}) طول خوشه را ۶/۲۴ درصد کاهش داد. درواقع نشان‌دهنده این موضوع است که بیشترین کارایی طول خوشه در تیمار F_5H_{20} است.

تعداد دانه در خوشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (۳) اثر اسیدهای آلی بر روی تعداد دانه در خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ اما اثر متقابل آبیاری و اسیدهای آلی در سطح پنج درصد معنی‌دار نشد. کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید فولویک (F_5H_{20}) و کاربرد اسید فولویک ($F_{10}H_0$) به ترتیب سبب افزایش ۹/۳۷ و ۹/۹۳ درصدی تعداد دانه در خوشه نسبت به شاهد شد. مصرف اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر و اثر اسید هیومیک هر یک به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر روی تعداد دانه در خوشه نداشت. در گزارشی مشاهده شد کاربرد اسید هیومیک (۶ تن در هکتار) باعث افزایش تعداد دانه در خوشه برنج شد (۱۳)؛ که علت تفاوت آن با نتایج این آزمایش تفاوت در مقدار مصرفی است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر آبیاری و اسید هیومیک و فولویک بر روی عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 4- Means comparison of effect irrigation and humic and fulvic acid on the wheat yield and component yield

تیمار Treatmet		عملکرد کل (کیلوگرم بر هکتار) Total yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg/ha)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 grain weight (gr)	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر) Shoot height (Cm)	طول خوشه (سانتی متر) Spik length (Cm)	تعداد دانه در خوشه Grain number per spik	کارایی آب (کیلوگرم بر متر مکعب) WUE (kg/m^3)
آبیاری (A) Irrigation								
تنش (w_2) Stress		23887.0 a	7847.2a	42.5a	110.8b	8.54a	45.5a	4.12a
معمولی (w_1) Control		24805.6b	8319.4a	45.4a	114.2a	8.87a	45.0b	2.50b
اسید هیومیک و فولویک (B) Humic and fulvic acid								
	F_0H_0	21417c	6791.7d	42.4b	101.5 d	8.29c	43.5b	2.47d
	F_0H_{20}	24028 bc	8250.0b	42.8b	116.8b	8.77ab	44. 6b	3.38b
	F_5H_0	22028 c	7083.3cd	42.6b	109.3 c	8.25c	43.5b	2.89cd
	F_5H_{20}	25667 ab	9250.0a	46.0a	120.2 a	9.18a	48.3a	3.80a
	$F_{10}H_0$	27333 a	9416.7a	44.1ab	108.4 c	9.10a	48. 0a	3.86a
	$F_{10}H_{20}$	25606 ab	7708.3bc	45.7a	118.9ab	8.64bc	43.8b	3.20bc
A×B								
تنش w_2	F_0H_0	19889 d	6250f	40.2c	99.6 g	7.96ed	44.0c	3.28cd
	F_0H_{20}	23222 bcd	8000bcde	40.3c	116.5 bc	8.50cd	45.6bc	4.20b
	F_5H_0	21278 cd	6750ef	40.1c	110.1 de	7.88e	43.0c	3.54c
	F_5H_{20}	25944 ab	9083abc	45.5ab	113.7 cd	9.25a	48.0ab	4.77a
	$F_{10}H_0$	27222 a	9166ab	42.6c	107.4 ef	9.09abc	48. 6a	4.81a
	$F_{10}H_{20}$	25767 ab	7833cde	46.1ab	117.7 bc	8.54bcd	44.0c	4.11b
معمولی w_1	F_0H_0	22944 bcd	7333def	44.6ab	103.4 fg	8.62bc	43. 0c	2.21f
	F_0H_{20}	24833 abc	8500abcd	45.3ab	117.2 bc	9.03abc	43.6c	2.56ef
	F_5H_0	22778 bcd	7416def	45.1ab	108.6 e	8.63bc	44.0c	2.23f
	F_5H_{20}	25389 ab	9416a	45.5a	126.8 a	9.12ab	48.6a	2.84de
	$F_{10}H_0$	27444 a	9666a	45.6ab	109.3 de	9.11ab	47.3ab	2.91de
	$F_{10}H_{20}$	25444 ab	7583de	45.43ab	120.10 b	8.75abc	43.66c	2.28f

+: میانگین‌های که در یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون ال اس دی در سطح ۵ درصد، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند

+: means followed by similar letter in each columns are not significantly different at 5% level according to LSD Multiple Ranges Test.

کارایی مصرف آب

اثر اصلی آبیاری و کاربرد اسید هیومیک و فولویک بر روی کارایی آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل دو فاکتور آبیاری و کاربرد اسیدهای آلی (هیومیک و فولویک) بر روی کارایی مصرف آب معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین در سطح پنج درصد نشان داد تنش باعث افزایش ۶۸ درصدی کارایی مصرف آب شد. کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب شد. بیشترین کارایی مصرف آب (۳/۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب) در محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر بود. در شرایط آبیاری کامل و تنش مصرف اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش ۳۴/ ۴۳، ۶۲/۲۵ درصدی کارایی مصرف آب شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد کاربرد توأم اسید فولویک با غلظت ۵ گرم در لیتر و اسید هیومیک (F_5H_{20}) بر روی همه‌ی صفات مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشته است و کارایی بالاتری را نسبت به کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر ($F_{10}H_{20}$) بر روی صفات (عملکرد دانه، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، کارایی آب) داشت. در کل نتایج نشان داد مصرف اسید فولویک و اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی می‌تواند سبب بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه گندم و کارایی مصرف آب شود.

منابع

1-Agbemafle R., Owusu-Sekyere J. D., and Bart-Plange A. 2015. Effect of deficit irrigation and storage on the nutritional composition of tomato (Lycopersicon esculentum Mill. cv. Pectomech). Hrvatski casopis za prehrambenu tehnologiju, Biotehnologiju i Nutricionizam, 10(1-2), 59-65.

2-Anjum S. A., Wang L., Farooq M., Xue L., and Ali S. 2011. Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(6), 409-417.

3-Daur I., and Bakhashwain A. A. 2013. Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder prodution, Pak. Journal Bot., 45(S1): 21-25.

4-Eldardiry E.I., Pipars Sabreen Kh., and Abd El Hady M. 2012. Improving soil properties, Maize yield componets grown in sandy soil under irrigation treatments and Humic acid application. Australian Journal of Basice and Applied Science, 6(7): 587-593.

5-Heidari M., Miri H., and Minaei A. 2014. Activity of antioxidant enzymes and biochemical compounds of europen goatberry (*Borago officinalis* L.) in response to drought stress and humic acid treatments. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 6(2): 159-170. (In persian)

6-Jahan M., Nasiri Mahalati M., Ranjbar F., Ariyai M., and Komayestani N. 2015. Effect of super absorbent polymer in the soil and foliar application of humic acid on the some agrophysiological characteristice and suger beet (*Beta vulgaris* L.) yield in Mashhad. Journal of Agroecology, 6(4): 753-766. (In persian)

7-Kafi M., Jafarnejad A., and Jamolahmad M. 2005. Wheat, Ecology, Physiology and Yield estimation. Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

8-Khang.V.T. 2011. Fulvic follar fertilizer impact on growth of rice and radish at first stage. Omonrice, 18: 144-148.

9-Kawahigashi M., ujitake N.F., Yajima H., and Sumida H. 2011. Particle sizes of standard humic substances calculated as radii of gyration, maximum diameter and hydrodynamic radii. Humic Substances Research, Vol.8

10-Parvazi Shandi S., Pazoki A., Asgharzadeh A., and Azadi A. 2013. Effects of irrigation intervals, plant growth promoting Rhizobacteria and humid acid on yield and yield components of wheat (Kavir cultivar). Journal of Modern Science in Sustainable Agriculture, 9(3).(in Persian with English abstract)

11-Rozbahani A., Ghorbani S., Mirzaei M.M., and Ouroji niya S. 2013. Effect of humic acid and fulvic acid on yield and yield components of barley. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 9(2): 25-33.(In persian)

12-Sadeghi-Shoae M., Paknejad F., Hasanpor Darvishi H., Mozafari H., Moharramzadeh M., and Tookallo M. R. 2013. Effect of intermittent furrow irrigation, humic acid and deficit irrigation on water use efficiency of suger beet. Annals of Biological Research, 4(3): 187-193.

13-Saha R., Saieed M.A.U., and Chowdhury M.A.K. 2013. Growth and yield of rice (*Oryza sativa*) as influenced by humic acid and poultry manure. Universal Journal of Plant Science, 1(3): 78-84.

14-Samavat S., and Malakouti M.J. 2005. Necessity of use organic acids (humic and fulvic acids) in quantitative and qualitative increase of africultural products. Journal of Technical, 463, Sana publications.(In persian)

15-Selim E.M., Shedeed Sh.I., Asaad F.F., and EL-Nellawy A.S. 2012. Interactive effect of Humic acid and Water Stress on chlorophyll and mineral nutrient contents of Potato plants. Journal of Applied Science Research, 8(1): 531.

16-Tohidi Moghadam H.R., Khalafi Khamene M., and Zahedi H. 2014. Effect of humic acid foliar application on

growth and quantity of corn in irrigation withholding at different growth stage. Maydica Electronic Publication, 59-124-128

17-Young suh H., Sun Yoo K., and Gon Suh S. 2014. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Horticuture, Enviroment, and Biotechnology, 55(6): 455-461.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 5, Nov.-Des. 2018, p. 977-985

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۷، ص. ۹۸۵-۹۷۷

Study on the Effect of Humic Acid and Fulvic Acid on the Wheat Yield and Water Use Efficiency under Drought Stress

M. Pourmorad[1]*- M. Malakouti[2]- M.M. Tehrani[3]

Received: 26-02-2018
Accepted: 29-07-2018

Introduction: Optimum water consumption in agricultural production is of vital importance as one of the most important environmental factors affecting the growth and development of the plants, especially in arid and semi-arid regions such as Iran. On the other hand, drought stress, among other environmental stresses, is one of the most important factors that adversely affect the plant growth and yield. Due to the presence of hormonal compounds, organic acids (at low concentrations) can positively affect the production rate and the quality of agricultural products. Considering the water deficit and the necessity of saving water resources as well as the role of organic acids in reducing the negative effects of stress, in the present study attempts are made to investigate the effect of humic and fulvic acid on wheat yield (*Triticum aestivum* L.) under drought stress conditions.

Materials and Methods: The present study was carried out at the research farm of the national soil and water research institute located 15 km away from Karaj (with elevation of 1280 m) during the 1394-95 crop year. The experiment was a split-plot experiment based on randomized complete block design with three replications which included two main plots (full irrigation and stress) and 36 sub plots of Sivand cultivar. The treatments consisted of the main factor of irrigation regimes at full irrigation and stress levels (35% lower than water requirement) and a sub-factor including six control treatments (F_0H_0), no foliar application of fulvic acid, in-soil application of 20kg- ha of humic acid (F_0H_{20}), Foliar application of fulvic acid (F_5H_0), and no application of humic acid (F_5H_0), (F_5H_{20}), ($F_{10}H_0$) and treatment ($F_{10}H_{20}$). The wheat water requirement in the area was estimated by means of Netwat software and irrigation periods were determined based on weather forecast and soil moisture data. Irrigation was carried out using a system of drip irrigation with a specific pressure and discharge level. The stresses were applied from mid-April through consideration of different irrigation hours as compared to full irrigation time. After completion of the growth period, the plant water requirement was accurately estimated by Cropwat software and the percentage of applied stress was accurately calculated (approx. 35%). The Plant yield and some of its components were measured. Statistical analysis was performed through LSD method at 5% significance level using SAS software

Results: The mutual impact between irrigation and fulvic and humic acid applications on total and grain yield was not significant ($P < 0.05$). The highest yield was related to the foliar application of fulvic acid ($F_{10}H_0$) with a total yield of 27331 kg/ha, which had no significant difference with treatment F_5H_{20} (total yield of 25667 kg/ha). Under full irrigation conditions, treatments ($F_{10}H_0$, F_5H_{20}) led to 31.81% and 28.44% increase in grain yield (as compared to the treatment yield) respectively. Under low irrigation conditions, treatments ($F_{10}H_0$, F_5H_{20}) led to 46.66% and 34.33% increase in grain yield, respectively.

The Weight of 1000 Grains The application of humic acid and fulvic acid alone did not significantly increase the weight of 1000 grains. But the combined application of fulvic acid (F_5H_0) and humic acid (20 kg /ha) significantly increased the weight of 1000 grains (8.5%). Under low irrigation conditions, the combined application of humic acid and fulvic acid ($F_{10}H_0$) increased the weight of 1000 grains (as compared to the control group) by 14.75%.

Shoot Height The highest shoot height (126.86 cm) was obtained in foliar application of fulvic acid (F_5H_0) with the in-soil application of humic acid in full irrigation conditions, which increased the shoot height by 22.68% (as compared to the control group). The lowest average shoot height (99.66 cm) was obtained through no application of fulvic acid and humic acid in stress conditions.

Spike Length The application of fulvic acid (F_5H_0) had no significant effect on spike length. However, the

1 and 2- M.Sc. Student and Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.pourmorad@modares.ac.ir)
3- Assistant Professor Soil and Water Research Institute, Scientific Committee Member, Chemical Research Division, Soil Fertility and Plant Nutrition, Karaj, Iran

combined application of humic acid (20 kg/ ha-) and fulvic acid (F_5H_0) increased the mean spike length. Regardless of irrigation conditions, the highest mean spike length was 9.188, 9.105 cm for treatments (F_5H_{20}, $F_{10}H_0$) and the lowest mean spike length was 8.258, 8.293 cm, for treatments (F_5H_0, F_0H_0).

A number of Grains per Spike The combined application of humic acid and fulvic acid (F_5H_0) and the application of fulvic acid ($F_{10}H_0$) led to 10% increase in the number of grains per spike as compared to the control group.

Water Use Efficiency The main effect of irrigation and the use of humic acid and fulvic acid on water efficiency was significant at 1% level. The mean comparison at 5% level showed that tension caused 68% increase in water use efficiency. The use of humic acid and fulvic acid increased water use efficiency significantly. The maximum water use efficiency (3.86 kg / m 3) was in spraying the fulvic acid at a concentration of 10 per thousand. Under full irrigation and low water use, the use of fulvic acid at a concentration of 10 per thousand increased water use efficiency as 43.34% and 62.25%

Conclusion: The results of this study showed that the combined application of fulvic acid (F_5H_0) and humic acid (F_5H_{20}) significantly increased all the traits under study. The application of humic acid in drought stress conditions led to 9.09 percent increase in grain yield as compared to the control groups in the full irrigation condition, and the application of humic acid and fulvic acid (F_5H_0), as well as foliar application of fulvic acid alone ($F_{10}H_0$) under stress conditions led to 23.86% and 24.9% improvement in grain yield respectively (as compared to control treatments under full irrigation conditions) while foliar application of fulvic acid ($F_{10}H_0$) in drought stress conditions resulted in a 2.65% reduction in grain yield as compared to the same treatment under full irrigation conditions. The results showed that the application of fulvic and humic acid in low irrigation conditions can increase wheat yield and water use efficiency.

Keywords: Irrigation regime, Organic acids, Sivand wheat cultivar