نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۱۱۸-۱۱۱

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spning 2010, p. 111-118

اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)

صادق قربانی[۱]، حمیدرضا خزاعی[۲*]، محمد کافی[۳] و محمد بنایان اول[۴]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۲

چکیده

کشاورزی اکولوژیک به استفاده از مواد آلی توجه دارد و اسیدهای آلی یکی از منابع مهم مواد آلی می‌باشند. به منظور بررسی کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ، در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف اسید هیومیک (۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال تأثیر معنی‌داری داشت، اما تأثیر آن بر شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد ردیف معنی‌دار نبود. تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک، به دلیل شاخص و دوام سطح برگ بالاتر، عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص دادند. کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک نیز به ترتیب در تیمارهای ۴۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد حاصل شد. افزایش عملکرد دانه به افزایش تعداد دانه در ردیف و طول بلال مربوط بود. بیشترین تعداد دانه در ردیف و همچنین طول بلال در تیمار ۳۵۰۰ گرم در هکتار و کمترین آنها در تیمار شاهد به دست آمد. در مجموع می‌توان گفت که استفاده از اسید هیومیک به دلیل اثرات مختلف فیزیولوژیکی، علاوه بر افزایش عملکرد ذرت، می‌تواند در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست نقش مثبتی را ایفا کند و به عنوان ماده ای با منبع طبیعی در جهت پایداری و افزایش تولید محصولات زراعی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: اسیدهای آلی، شاخص‌های رشد، کشاورزی اکولوژیک، مواد آلی

مقدمه

استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی در طی سالیان اخیر، عامل کاهش چشمگیر میزان ماده آلی خاک های ایران بوده است (Latifi & Mohammad dust, 1998). از طرفی کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی در کشاورزی باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی از جمله تخریب فیزیکی خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک شده است (Wang et al., 1999)، از اینرو امروزه مصرف انواع کودهای آلی رو به افزایش است. مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از باقیمانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند (Maccarthy, 2001). اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰ دالتن و اسید فولویک هم با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ دالتن به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردند (Liu & Cooper, 2000). از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه‌های جانبی می‌شود (Aiken et al., 1985). کاربرد اسید هیومیک در محلول غذایی موجب افزایش رشد شاخه، ریشه و محتوای نیتروژن در شاخساره (Tan & Nopamornbodi, 1979) و از بین رفتن کلروز در برگ های ذرت (*Zea mays* L.) (Fernandez, 1968) و لوپین (*Lupinus polyphyllus* L.) در خاک‌های آهکی شد (Santiago et al., 2008). در یک بررسی تأثیر اسید هیومیک روی نوعی گیاه علوفه‌ای نشان داد که اسید هیومیک به طور معنی‌داری سرعت فتوسنتز، توسعه زیست توده ریشه و محتوی عناصر غذایی گیاه را افزایش داد، که این افزایش به ویژه در

۱، ۲، ۳ و۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: khazaie 41@yahoo.com)

غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود (Liu et al., 1996). کاربرد اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر کم مصرف در گیاه گندم در رفع کلروز برگی موثر بوده است (Maccarthy, 2001). در مطالعه دیگری کاربرد اسید هیومیک به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L.) شد (Turkmen et al., 2005). مطالعات نشان داد که کاربرد اسید هیومیک بر روی توتون (*Nicotiana tabaccum* L.) و گیاهان دارویی موجب زیاد شدن میزان آلکالوئیدها در برگ ها می‌شود، همچنین اسید هیومیک موجب افزایش انتقال گلوکز از بین غشاهای سلولی در گیاهان پیاز (*Allium cepa* L.)، چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) و آفتاب گردان (*Helianthus annuus* L.) و موجب افزایش میزان کربوهیدرات در سیب زمینی، چغندرقند، هویج (*Daucus carota* L.) و گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) می‌شود (Tan, 2003). کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول پاشی در گندم موجب افزایش ۲۴ درصدی عملکرد در این گیاه شد (Delfine et al., 2005). در مطالعه دیگری، مقادیر ۱۰۰۰ میلی‌گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم خاک سبب افزایش عناصر پر مصرف و کم مصرف در اندامهای گیاهان گوجه فرنگی شد (Turkmen et al., 2004). در مطالعه‌ای معلوم شد که اسید هیومیک بیش از اسید فلوویک و هیومین بر فعالیت کلروفیل b اثر می‌گذارد (Yang et al., 2004).هدف از اجرای این آزمایش، کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در آب آبیاری و بررسی اثرات آن بر شاخص‌های رشد و ارتباط آن با عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت می‌باشد.

مواد وروش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در خاکی با بافت لوم سیلت (جدول۱) اجرا شد. آزمایش به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف اسید هیومیک (۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار) بودند که هر کدام از سطوح به سه قسمت تقسیم و در سه مرحله (۴ برگی یا استقرار گیاه، ۸ برگی یا همزمان با ساقه رفتن، و تاسل‌دهی) همراه با آب آبیاری به کار برده شد. اسید هیومیک مورد استفاده در این آزمایش اسید هیومیک ۸۰ درصد با نام تجاری هیومکس (جدول ۲) بود. در طی مراحل رشد از هیچ نوع کود دیگری استفاده نشد. هر واحد آزمایشی ۶ متر طول و ۳/۷۵ متر عرض و ۵ ردیف کشت داشت که یک ردیف از هر طرف و نیم متر از بالا و پایین برای اثر حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیفها ۷۵ سانتیمتر و فاصله بذرها روی هر ردیف ۲۰ سانتیمتر بود. رقم ذرت مورد استفاده در این آزمایش سینگل کراس ۷۰۴ بود و کشت بصورت خشکه کاری و در اردیبهشت ماه انجام شد. در محل اجرای آزمایش علف هرز غالب تاج خروس[1] و سلمه تره[2] بود که کنترل آنها بصورت دستی در دو مرحله (در مرحله ۴ برگی و ۸ برگی ذرت) انجام گرفت. آبیاری به فاصله هر هفت روز به طریقه نشتی و توسط سیفون به طوری که آب هر کرت از کرت دیگر جدا بود، انجام شد. جهت نمونه برداری در طی فصل رشد، ۳ گیاه از هر کرت (معادل ۰/۴۵ متر مربع) و بصورت تصادفی هر دو هفته یکبار (که شروع آن از زمان چهار برگی بود) برداشت و بر اساس آن آنالیز رشد صورت گرفت. برداشت و نمونه گیری جهت عملکرد و اجزای عملکرد از کل کرت در اوایل مهر ماه انجام گرفت. شاخص حرارتی GDD با استفاده از معادله (۱) تعیین شد:

$$GDD = \sum_{1}^{n}\left[\left(T\min + T\max\right)/2\right] - Tb \qquad \text{(معادله ۱)}$$

که در آن Tmax حداکثر دمای روزانه، Tmin حداقل دمای روزانه، Tb دمای پایه، n تعداد روزها در یک مدت معین (دوره رویش) می‌باشد. برای محاسبه شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ ابتدا سطح برگ را با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج به دست آورده و سپس از طریق معادلات ۲و۳ محاسبه گردید:

$$LAD = \sum_{n}\left[\left(LAI_{n-1} + LAI_{n}\right)/2\right]\left[t_n - t_{n-1}\right] \qquad \text{(معادله ۲)}$$

$$LAI = \frac{LA_1 + LA_2}{2} \times \frac{1}{GA} \qquad \text{(معادله ۳)}$$

در این روابط LA_1 مساحت سطح برگ نمونه برداری قبل از LA_2، GA مساحت سطح زمین نمونه برداری، LAI_{n-1} شاخص سطح برگ نمونه برداری قبل از LAI_n و t_n درجه روز دریافتی تاریخ نمونه برداری می باشد. برای تجزیه آماری داده های آزمایش از نرم افزار SAS 9.1 و برای رسم نمودارها از نرم افزار MS Excel استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین ها در سطح اطمینان ۵ درصد و با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

اجزاء عملکرد

نتایج نشان داد که اسید هیومیک بر وزن هزار دانه، قطر بلال و تعداد ردیف تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول۳).

1- *Amaranthus retroflexus*
2- *Chenopodium album*

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental station

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن کل TN (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته خاک pH
Silty loam	120	11	0.07	1.1	7.76

جدول ۲- مشخصات اسید هیومیک مورد استفاده در این آزمایش

Table 2- Characteristics of humic acid used in the experiment

نام تجاری Trade name	اسید فلوویک Fluvic acid	اکسید پتاسیم K_2O	اسید هیومیک Humic acid
هیومکس- ۹۵ WGS Humax 95-WGS	15%	5%	80%

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در سطوح مختلف اسید هیومیک

Table 3- Analysis of variance of yield and yield components of maize in different levels of humic acid

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000 grains weight	قطر بلال Ear diameter	تعداد ردیف Row number	تعداد دانه در ردیف Grain in row number	طول بلال Ear length	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Rep.	2	36^{ns}	10.7^{ns}	1.62^{ns}	2.76^{ns}	1.19^{ns}	17531^{ns}	100866^{ns}
تیمار Treatment	5	154^{ns}	7.6^{ns}	0.96^{ns}	$15/61^{**}$	16.62^{**}	13509158^{**}	2135824^{**}
خطا Error	10	107	1.9	0.64	1/04	0.61	818275	226826
کل Total	17							

ns و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns and ** are nonsignificant and significant at 1% level of probability, respectively.

جدول ٤- مقایسات میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در سطوح مختلف اسید هیومیک

Table 4- Comparison of means of yield and yield components of corn in different levels of humic acid

سطوح اسید هیومیک Humic acid levels ($g.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	قطر بلال Ear Diameter (mm)	تعداد ردیف Row number	تعداد ردیف Row number	تعداد دانه در ردیف Grain in row number	طول بلال Ear length (cm)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
0	282a*	41c	14.83b	14.83b	38d	15.8c	17465d	8005d
500	282a	42bc	15.16ab	15.16ab	41c	20.2b	20459	8999c
1500	288a	43abc	15.33ab	15.33ab	42bc	20.1b	20197c	9420bc
2500	292a	44ab	15.5ab	15.5ab	43bc	21.5ab	21286bc	9589bc
3500	293a	46a	16.5a	16.5a	46a	22a	22163b	10468a
4500	300a	42bc	15.66ab	15.66ab	44ab	22.1a	23778a	9925ab

*میانگین های دارای مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

-Means with the same letter in each column are not significantly different (LSD)

تأثیر اسید هیومیک بر تعداد دانه در ردیف و طول بلال معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود (جدول۳). بیشترین و کمترین میانگین تعداد دانه در ردیف به ترتیب در تیمار های ۳۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد با میانگین های ۴۶ و ۳۸ دانه به دست آمد و تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰

گرم در هکتار اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول۴). همچنین بیشترین و کمترین میانگین طول بلال نیز به ترتیب در تیمار های ۴۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد با میانگین‌های ۲۲/۱ و ۱۵/۸ سانتی‌متر به دست آمد و بین تیمارهای ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری در میانگین طول بلال دیده نشد (جدول۴). به نظر می رسد افزایش عناصر غذایی بر تعداد دانه در ردیف تأثیر بیشتری می‌گذارد. هنوی (Honway, 1992) معتقد است که تعداد دانه در ردیف بلال یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است و تأثیر مثبت افزایش عناصر غذایی در بهبود عملکرد دانه بیشتر از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف است. رضوان طلب و همکاران (Rezvantalab et al., 1998) با کاربرد کود آلی هوموسی (کمپوست و ورمی‌کمپوست) افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در ردیف بلال مشاهده کردند. تعداد ردیف نسبت به سایر اجزاء عملکرد حساسیت کمتری نسبت به تغییرات شرایط محیطی نشان می‌دهد (Marashi et al., 1996). در مطالعه‌ای افزایش معنی‌داری در وزن هزاردانه با کاربرد کودهای آلی هوموسی صورت نگرفت (Eghbal & Power, 1999).

عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول۳). با افزایش سطوح اسید هیومیک عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت. بیشترین و کمترین میانگین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمارهای ۴۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد با میانگین‌های ۲۳۷۷۸ و ۱۷۴۶۵ (کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول۴). آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد بیولوژیک می‌شود. در یک بررسی کاربرد اسید هیومیک در محلول غذایی موجب افزایش محتوای نیتروژن در اندام هوایی و رشد شاخساره و ریشه در ذرت شد (Tan, 2003). در مطالعه دیگری اسید هیومیک سبب افزایش فسفر و نیتروژن در گیاه بنت گراس شده و تجمع ماده خشک را افزایش داد (Mackowiak et al., 2001). محققان دیگر نیز نتایج به دست آمده را تأیید می‌کنند (Valdrighi et al., 1996; Tattini et al., 1991; Vaughan & Malcom, 1985).

عملکرد دانه

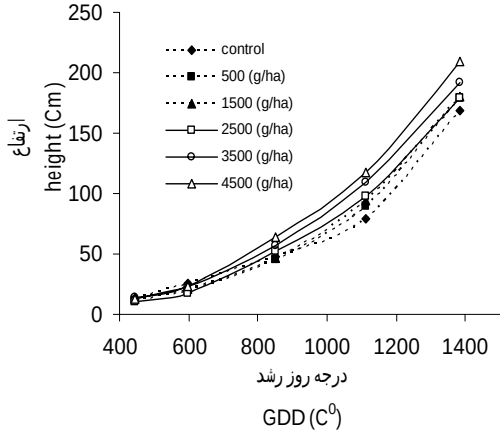
نتایج نشان داد که عملکرد دانه در ذرت به صورت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) تحت تأثیر تیمار اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای ۳۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد با میانگین‌های ۱۰۴۶۸ و ۸۰۰۵ (کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول۴). با افزایش مقدار اسید هیومیک و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت و عملکرد دانه نیز به عنوان تابعی از عملکرد ماده خشک کل، افزایش یافت. بین تیمارهای ۴۵۰۰ و ۳۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود نداشت، اما تفاوت بین این دو تیمار از نظر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بدین معنی که با افزایش سطح اسید هیومیک از ۳۵۰۰ به ۴۵۰۰ گرم در هکتار تنها عملکرد بیولوژیک افزایش معنی‌داری نشان داد و عملکرد دانه افزایش پیدا نکرد و ماده خشک به ساقه انتقال یافته و سبب افزایش ارتفاع (جدول۵) شده است. اسید هیومیک سبب تداوم بافتهای فتوسنتز کننده شده و عملکرد دانه را افزایش می دهد. ولف و همکاران (Wolf et al., 1988) یک همبستگی قوی مثبت بین وزن خشک دانه و مقدار دوام سطح برگ یافته و تأیید کردند که سبزبمان برگ به اندازه تولید برگ در تعیین عملکرد دانه اهمیت دارد. اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلولهای گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود Nardi (et al., 2002). در مطالعه‌ای اسپری مواد هیومیکی در مرحله توسعه خوشه گندم، عملکرد دانه را ۷ تا ۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Xudan, 1986). در مطالعه دیگری اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد دانه در جو شد (Ayuso et al., 1996). کاربرد اسید هیومیک در گیاهان گندم، برنج و تربچه به ترتیب باعث ۲۰، ۱۴ و ۴۴ درصد افزایش عملکرد شد (Hai & Mir, 1998).

عملکرد دانه به عنوان تابعی از اجزاء عملکرد، ناشی از افزایش تعداد دانه در ردیف و طول بلال بود. هر چه تعداد دانه در ردیف افزایش یابد طول بلال نیز افزایش خواهد یافت. به نظر می رسد طول بلال و تعداد دانه بیشتر از سایر اجزاء تحت تأثیر عوامل بیرونی قرار می‌گیرند. تعداد دانه در ردیف بلال یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است و تأثیر مثبت افزایش عناصر غذایی در بهبود عملکرد دانه بیشتر از طریق افزایش تعداد دانه در بلال است (Honway, 1992).

ارتفاع گیاه

نتایج نشان داد که کاربرد اسید هیومیک ارتفاع گیاه را به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) افزایش داد (جدول۵). بیشترین میانگین ارتفاع گیاه در انتهای فصل رشد مربوط به تیمار ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک با میانگین ۲۰۹ (سانتی متر) و کمترین آن به تیمار شاهد با میانگین ۱۷۹ (سانتی متر) مربوط بود (جدول۶). در شکل ۱ روند تغییرات ارتفاع در طی فصل رشد در تیمارهای مختلف اسید هیومیک ترسیم شده است. در ابتدای فصل رشد به دلیل کندی سرعت رشد ذرت اختلاف ارتفاع بین تیمارها وجود نداشت، اما پس از دریافت ۷۰۰ درجه روز و با آغاز ساقه رفتن و رشد سریع، تیمار ۴۵۰۰ گرم در هکتار

افزایش بیشتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی (Samavat & Malakoti, 2005) و با تأثیر بر متابولیسم سلولهای گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Nardi et al., 2002). آیاس و گالسر (Ayas and Gulser, 2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع می‌شود. در مطالعه‌ای کاربرد اسید هیومیک به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه فلفل شد (Turkmen et al., 2005). در مطالعه دیگری اسید هیومیک سبب افزایش قطر و ارتفاع گیاه منداب شد (Albayrak & Camas, 2005). محققان دیگر نیز افزایش ارتفاع را با کاربرد اسید هیومیک تأیید می‌کنند (Valdrighi et al., 1996; Tattini et al., 1991; Vaughan & Malcom, 1985).



شکل۱- روند تغییرات ارتفاع ذرت در سطوح مختلف اسید هیومیک
Fig. 1- Corn height trends in different levels of humic acid

جدول ۵- تجزیه واریانس ارتفاع، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و شاخص برداشت ذرت در سطوح مختلف اسید هیومیک
Table 5- Analysis of variance of height, LAI, LAD and HI in different levels of humic acid

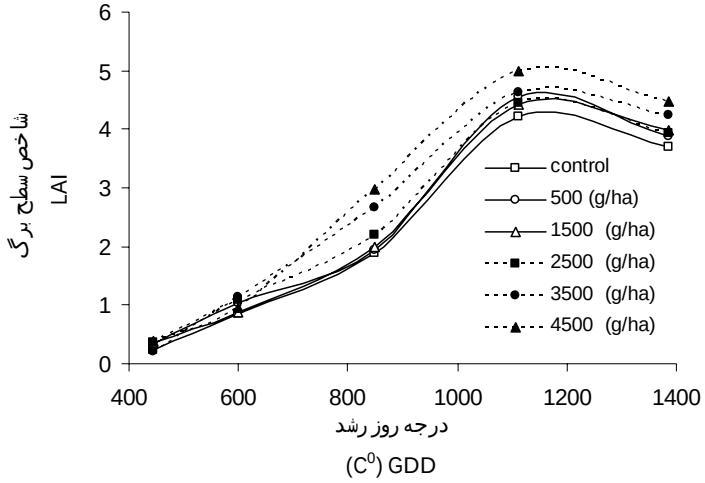
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	دوام سطح برگ LAD (m^2m^2/GDD)	شاخص برداشت HI (%)
تکرار Rep.	2	1260^{ns}	0.03^{ns}	33100^{ns}	2.72^{ns}
تیمار Treatment	5	1974^{*}	0.42^{**}	201549^{**}	11.15^{ns}
خطا Error	10	270	0.04	22778	13.05
کل Total	17				

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns, * and ** are nonsignificant and significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

جدول ٦- مقایسات میانگین ارتفاع، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و شاخص برداشت ذرت در سطوح مختلف اسید هیومیک
Table 6- Comparison of means of height, LAI, LAD and HI of corn in different levels of humic acid

سطوح اسید هیومیک Humic acid levels ($g.ha^{-1}$)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	دوام سطح برگ LAD (m^2m^2/GDD)	شاخص برداشت HI (%)
0	179d*	3.5d	2290d	45.6a
500	186cd	3.77cd	2536cd	44a
1500	189bcd	3.8cd	2500cd	46.3a
2500	195bc	4.01bc	2612bc	45a
3500	202ab	4.39ab	2873ab	47.6a
4500	209a	4.47a	2998a	42a

* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.
* Means with the same letter in each column are not significantly different (LSD)



شکل ۲- روند تغییرات سطح برگ در سطوح مختلف اسید هیومیک
Fig. 2- Corn leaf area index trends in different levels of humic acid

شاخص سطح برگ

نتایج نشان داد تیمارهای اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر شاخص سطح برگ داشت (جدول۵). بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب در تیمارهای ۴۵۰۰ گرم اسید هیومیک و شاهد با میانگین‌های ۴/۴۷ و ۳/۵ به دست آمد (جدول۶). در شکل ۲ روند تغییرات شاخص سطح برگ ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک نشان داده شده است. در مرحله ساقه رفتن که مرحله رشد سریع گیاه است و شرایط محیطی نیز در آن زمان مناسب می باشد، گیاه نیاز بیشتری به عناصر غذایی داشته و اسید هیومیک به دلیل افزایش میزان نیتروژن گیاه (Sharif et al, 2002) سبب افزایش شاخص سطح و همچنین سرعت بالاتر گسترش سطح برگ شده است. آلبایراک و کاماز (Albayrak & Camas, 2005) گزارش کردند که تیمار ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب گسترش بیشتر سطح برگ شد.

دوام سطح برگ

تأثیر تیمار های اسید هیومیک بر دوام سطح برگ معنی‌دار بود (P<۰/۰۱) (جدول۵). بیشترین و کمترین دوام سطح برگ به ترتیب در تیمارهای ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک و شاهد با میانگین ۲۹۹۸ و ۲۲۹۰ متر مربع بر متر مربع در درجه روز رشد به دست آمد (جدول۶). کاهش محتوای نیتروژن گیاه در طی فصل رشد سبب کاهش دوام سطح برگ می‌شود. اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش دوام سطح برگ می‌شود. تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک شاخص سطح برگ بالاتری نیز داشته و به علت داشتن سطح برگ بیشتر، مدت زمان بیشتری فتوسنتز کردند، به عبارت دیگر دریافت انرژی خورشیدی در طول زمان زیادتر بود و در نتیجه ماده خشک بیشتری تولید کردند. دوام سطح برگ نشان دهنده دوام بافت های فتوسنتزی جامعه گیاهی است که معمولاً با عملکرد همبستگی خوبی دارد. ولف و همکاران (Wolf et al., 2005) همبستگی قوی مثبت بین وزن خشک دانه و مقدار دوام سطح برگ یافته و تأیید کردند که سبزبمان برگ به اندازه تولید برگ در تعیین عملکرد دانه اهمیت دارد. تیمار اسید هیومیک بر شاخص برداشت تأثیر معنی داری نداشت (جدول۵). در مطالعه ای کاربرد اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری در میانگین شاخص برداشت نداشت. (Kaya et al., 2005).

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان دادکه استفاده از اسید هیومیک می‌تواند اثرات مثبتی را بر عملکرد دانه ذرت و برخی از صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه داشته باشد، که این اثرات می‌تواند در نتیجه اثرات فیزیولوژیکی آن باشد. کاربرد ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و دوام سطح برگ بالاتر، عملکرد اقتصادی بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. این افزایش عملکرد به افزایش طول بلال و تعداد دانه در ردیف مربوط بود. به طور کلی کاربرد اسید هیومیک می‌تواند سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و باعث کاهش آلودگی محیط زیست شود و همچنین به

دلیل مصرف کمتر این نوع کودها هزینـه کمتـری را در پـی دارد. در نهایت می توان چنین گفت که استفاده از اسـید هیومیـک عـلاوه بـر افزایش در عملکرد ذرت، می تواند نقش به سزایی را در جهت نیل بـه اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند.

منابع

1- Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., and Mac Carthy, P. 1985. Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. New York. USA: Wiley InterScience.
2- Albayrak, S. and Camas, N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turpin. Journal of Agronomy 42: 130-133.
3- Ayas, H. and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of biological sciences 5 (6): 801- 804.
4- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., and Pascual, J.A.1996. A comparative study of the effect on barley growth of humic substances extracted from municipal wastes and from traditional organic materials 24: 493 – 500.
5- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agron. Sustain 25: 183-191.
6- Eghbal, B. and Power, J.F. 1999. Composted and non-composted manure application to conventional and no-tillage systems: corn yield nitrogen uptake. Agronomy Journal 91: 819-825.
7- Fernandez, V.H. 1968. The action of humic acids of different sources on the development of plants and their effect on increasing concentration of the nutrient solution.Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia 32: 805-850.
8- Hai, S.M., and Mi, R.S. 1998. The lignitic coal derived HA and the prospective utilization in pakistan agriculture and industry. Sci. Technol. Dev. 17: 32–40.
9- Honway, J. J. 1992. How a corn plant develops. Iowa Coop. Ext. Ser. Spec. Rep. 48.
10- Kaya, M., Atak, M., Khawar, K. M., Ciftci, C., and Ozcan, S. 2005. Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean. International Journal of Agricuture and Biology 6:875-878.
11- Latifi, N. and Mohammad dust, H. 1998. Effect of time and amount of nitrogen fertilizer on grain yield of three cultivars of wheat in dry conditions. Journal Agriculture Sciences and Natural Resources (1 & 2): 82-88. (In Persian with English Summary)
12- Liu, C. and Cooper, R.J. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. Golf Course Management 49-53.
13- Liu, C., Cooper, R.J. and Bowman, D.C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. American Society for Horticultural Science 33(6): 1023-1025.
14- Maccarthy, P. 2001. The principles of humic substances. Soil Science 166:738–751.
15- Mackowiak, C.L., Grossl, P.R. and Bugbee, B.G. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Soc Am J 65:1744–1750.
16- Marashi, S.K., Zakernejhad, S., Lak, S.H. and Siadat, S.A. 1996. Influence of different planting patterns and density in yield and yield components of corn in weather conditions of Ahvaz. Journal of Agricultural. 3: 30. (In Persian with English Summary).
17- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527–1536.
18- Rezvantalab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Abasian, A. 1998. Evaluating effects of municipal waste compost and chemical fertilizer application on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Agricultural Sciences and Natural Resources 5: 15. (In Persian with English Summary)
19- Samavat, S. and Malakoti, M. 2005. Necessity of produce and utilization of organic acids for increase of quality and quantity of agricultural products. Sana Publication. Tehran. (In Persian with English Summary)
20- Santiago, A., Jose, M., Carmona, E, and Delgado, A. 2008. Humic substances increase the effectiveness of iron sulfate and Vivianite preventing iron chlorosis in white lupin. Biology and Fertility of Soils 44(6): 875-883.
21- Sharif, M., Khattak, R. A., and Sarir, M. S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Plant Analysis 33: 3567–3580.
22- Tan, K. H., and. Nopamornbodi, V. 1979. Effect if Different levels of humic acid on nutrient content and growth of Corn *(Zea mays).* Plant and Soil 51: 283-287.
23- Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York.
24- Tattini, M., Bertoni, P., Landi, A. and Traversim, M.L. 1991. Effect of humic acids on growth and biomass portioning of container grown olive plants. Acta Horticulturaea 294: 75-80.
25- Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S and Dursun, A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid

on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. Journal of Biological Sciences 5 (5): 565-574.

26- Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M. and Erdinc, C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato. Soil and Plant Science 54: 168-174.

27- Valdrighi, M.M., Pear, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D. and Vallini, G. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: a comparative study. Agriculture, Ecosystems and Environment 58: 133–144.

28- Vaughan, D. and Malcom R.E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D., Malcom, R.E. (Eds.), Soil Organic Matter and Biological Activity, Martinus Nijhoff/ Junk W, Dordrecht, The Netherlands, pp.31: 37–76.

29- Wang, S.Q., Si, Y.B. and. Chen, H.M. 1999. Review and prospects of soil environmental protection in China. Soils 31(5): 255-260.

30- Wolf, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T. C. and Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf area duration nitrogen distribution and yield. Agronomy Journal 80: 859-864.

31- Xudan, X. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. Aust. J. Agric. Res. 37: 343-350.

32- Yang, C.M., Ming, C.W., Lu, Y.F., Chang, I.F. and Chou, C.H. 2004. Humic substances affect the activity of chlorophylls. Journal of Chemical Ecology 30: 5.