

تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی باقلا (*Vicia faba* L.)

سمانه رودگر نژاد، مرتضی سام دلیری*، امیرعباس موسوی میرکلانی، مجتبی نشانی مقدم
گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۱۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی باقلا، آزمایشی طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۳ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شهرستان چالوس اجرا شد. فاکتورها شامل، زمان محلول پاشی در سه سطح (قبل از کاشت، اواسط رشد رویشی و ابتدای رشد زایشی) و مقدار محلول پاشی اسید هیومیک در چهار سطح (۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هکتار) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال × میزان اسید هیومیک بر اغلب صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد را نشان داد. اثر متقابل سال × زمان مصرف اسید هیومیک نیز بر صفات وزن خشک ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، نیتروژن و پتاسیم بذر تأثیر مثبت و معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد داشت. اثر متقابل سه گانه سال × میزان × زمان مصرف اسید هیومیک بر صفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم بذر در سطح ۵ درصد دارای اثر معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که محلول پاشی اسید هیومیک به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هکتار بر صفات وزن تر ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت، همچنین محلول پاشی اسید هیومیک به میزان ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هکتار در مرحله اواسط رشد رویشی در سال دوم نیز بر غلظت فسفر و پتاسیم بذر مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: باقلا، عملکرد دانه، غلظت‌های عناصر غذایی، کود آلی، نیتروژن بذر.

مقدمه

که ۶۰ درصد از میزان تولید سهم کشورهای آسیایی و حدود ۳۰ درصد نیز سهم کشورهای آفریقایی است. ایران با تولید سالانه بیش از ۴۶ هزار تن باقلا در سطح ۳۶ هزار هکتار، مقام دوازدهم تولید این محصول را در جهان دارد. البته کشورمان با برداشت ۱۲۷۸ کیلوگرم باقلا در هر هکتار، ۵۰۰ کیلوگرم از میانگین عملکرد جهانی کمتر است (FAO, 2012). باقلا که گیاهی علفی و یکساله است، کشت بهاره و پاییزه دارد که البته تولید بهاره ی آن وسیع تر است. مناطق اصلی کشت آن در ایران، استانهای خوزستان، گلستان و مازندران است که استان گلستان با برداشت بیش از

باقلا (*Vicia faba* L.) به‌عنوان یک لگوم متعلق به تیره فاباسه بوده و در میان حبوبات جایگاه مهمی دارد که در بیش از ۵۰ کشور جهان کشت می‌شود و کشورهای چین، اتیوپی و مصر بزرگترین تولیدکننده این محصول به شمار می‌روند (Majnoon Hosseini, 2008). سالانه دو و نیم میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان به کشت باقلا اختصاص می‌یابد و بیش از ۳۷ میلیون تن از این محصول برداشت می‌شود

*نویسنده مسئول: Agronomist1395@gmail.com

صورت شیمیایی و بیولوژیکی از مواد گیاهی و جانوری و از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها تشکیل می‌شود (Maccarthy, 2001). اسید هیومیک یکی از بهترین کودهای آلی است که از تجزیه میکروبی، بیولوژیکی و شیمیایی مواد آلی بدست می‌آید. اسید هیومیک سبب حاصلخیزی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند نفوذپذیری، تهویه، دانه‌بندی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، تحرک و در دسترس قرار دادن مواد غذایی می‌شود. افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از طریق قابلیت تحرک این عناصر گزارش شده است (Khan et al., 2012). هیومیک اسید از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم‌های سلولی گیاهان و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Salimon et al., 2012).

جومات و همکاران (Jumat et al., 2012) در تحقیقی تأثیر هیومیک اسید و فولویک اسید را روی گندم بررسی و گزارش کردند که تأثیر کود هیومیک اسید بر ارتفاع این گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. آنها مشخص کردند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین‌ها با اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن (۱-آمینو سیکلو پروبان -۱- کربوکسیلیک اسید) و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی در اثر واکنش نیتريت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید آسکوربیک مهم ترین سازوکارهای هیومیک اسید هستند. این ترکیب علاوه بر تأثیر مستقیم با سازوکار تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه به‌طور غیرمستقیم با کنترل میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت گیاهان در کنترل تنش کمبود آب تأثیر مفید دارد.

۳۲ هزار تن در سال اولین تولیدکننده این محصول در کشور محسوب می‌شود و از نظر سطح زیر کشت بعد از استان مازندران مقام دوم را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2012).

افزایش عملکرد محصولات زراعی یکی از اهداف مشترک متخصصین اصلاح نباتات می‌باشد و افزایش عملکرد باقلا به دلیل مصرف زیاد این ماده غذایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین استفاده از انواع کودهای طبیعی و از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست محیطی جهت بالا بردن عملکرد دانه باقلا بخصوص در شرایط می تواند مثر ثمر واقع شود، لذا از اسید هیومیک به عنوان کود آلی دوست‌دار طبیعت نام برده می‌شود (Samavat and Malakuti, 2005). کاربرد اسید هیومیک در گیاه به صورت محلول پاشی و خاکی موجب افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه می‌شود (Abdel-Mawgoud et al., 2007).

کاربرد برگی (محلول پاشی) اسید هیومیک غلظت آنتی اکسیدان‌ها را به‌طور معنی داری افزایش می‌دهد و سبب افزایش در فتوسنتز، تنفس، سنتز اسیدهای نوکلئیک و جذب یون‌ها می‌شود (Schmidt and Zhang, 1998). از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به قابلیت 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 (Ghorbani et al., 2010). مقادیر بسیار کم اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی دارند. همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌گردد (Chamani et al., 2012). اسید هیومیک یکی از اجزای اصلی مواد هیومیکی است. مواد هیومیکی که از طریق فرآیند معدنی شدن (*Humification*) به

مصرف ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک بالاترین عملکرد اقتصادی را در ذرت موجب شد (Ghorbani et al. 2010). هدف از اجرای این آزمایش، کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در زمانهای مختلف رشدی بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا می باشد.

مواد و روش ها

مشخصات آزمایش و منطقه: این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۴-۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، با عرض جغرافیایی ۴۰ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۳+ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل زمان محلول پاشی در سه سطح (قبل از کاشت، اواسط رشد رویشی و ابتدای رشد زایشی) و مقدار محلول پاشی اسید هیومیک در چهار سطح (۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر در هکتار) بود. در این آزمایش از اسید هیومیک با نام تجاری HUMIFERST (100% ORGANIC) که دارای ۱۷ درصد عصاره کودهای کل، ۱۲ درصد اسید هیومیک، ۵ درصد اسید فولویک و ۶ درصد اکسید پتاسیم (K_2O) بود استفاده شد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: قبل از کاشت یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر از ۸ نقطه مزرعه آزمایشی، جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برداشت و به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آزمون خاک محل اجرای طرح در جدول ۱- ارائه شده است.

روش اجرای آزمایش و تیمارها: زمین محل آزمایش در اوایل آبان‌ماه سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ شخم و به‌منظور از بین بردن کلوخه‌ها دیسک زده شد هر تکرار دارای ۱۲ کرت و ابعاد کرت‌های آزمایشی $۳ \times ۱/۵۰$ متر بوده

اسید هیومیک از طریق افزایش رشد گیاه به خصوص ریشه‌ها، میزان فتوسنتز، جذب عناصر غذایی، سطح برگ، بیوماس گیاهی و نفوذ پذیری بافت‌های گیاهی می‌شود (Chen and Aviad, 1990).

اثرات مفید اسید هیومیک به عوامل مختلفی مانند نوع گونه گیاهی، زمان مصرف، نحوه مصرف و مقدار مصرف اسید هیومیک وابسته است. اثرات سودمند مصرف اسید هیومیک در جوانه‌زنی، افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه چه و کاهش متوسط زمان لازم برای جوانه زنی گیاهان زراعی مانند گندم با مصرف ۵۴ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک گزارش شده است (Sabzevari et al., 2010). در مورد لوبیا گزارش شد که محلول پاشی اسید هیومیک نسبت به مصرف خاکی آن سبب افزایش بیشتر رشد گیاه، تعداد غلاف در گیاه، وزن غلاف، میزان پروتئین و کلروفیل در گیاه از طریق سرعت و میزان جذب مواد غذایی شده است (El-Bassiony et al., 2010).

در حالی که در مورد نخود، مصرف خاکی اسید هیومیک نسبت به محلول پاشی آن اثرات سودمندی بیشتری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت به نحوی که مصرف خاکی ۱۵ یا ۳۰ پی‌پی‌ام اسید هیومیک، اثرات مشابهی مانند مصرف ۴۵ پی‌پی‌ام این کود به صورت محلول پاشی داشت که در این حالت مصرف اسید هیومیک سبب تولید حداکثر عملکرد اقتصادی، تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در گیاه نخود شد. بیشترین غلظت پتاسیم، فسفر و نیتروژن نیز با مصرف ۱۵ پی‌پی‌ام خاکی اسید هیومیک بدست آمد (Khan et al., 2012).

در بررسی اثر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نیز نشان داده شد که مصرف ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک عملکرد دانه ذرت را به دلیل افزایش شاخص و دوام سطح برگ، افزایش تعداد دانه در ردیف و طول بلال افزایش می‌دهد و

سنجش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم بذر: جهت تعیین غلظت عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) موجود در بذر باقلا، ابتدا از هر کرت آزمایشی یک بوته به طور تصادفی انتخاب و بذره‌های آن بوته از غلاف جدا و سپس در پاکت کاغذی گذاشته و با قرار دادن در دستگاه آون فن دار به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خشک شدن، توسط دستگاه آسیاب برقی پودر شده و در نهایت به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره آنها تهیه شد (Emami, 1996). برای اندازه‌گیری کلیه عناصر بذر از این عصاره استفاده شد. میزان درصد نیتروژن بذر، به روش تیتراسیون بعد از تقطیر به کمک دستگاه سیستم اتوماتیک کجل تک اتو آنالیز (Tecator Kjltec auto 10 analyzer) (Bremner and Mulvaney, 1982)، میزان فسفر با استفاده از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات-وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای و به کمک دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

تجزیه آماری داده‌ها، با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه و براساس از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ مقایسه میانگین‌ها انجام گرفت.

و هر کرت نیز دارای ردیف کاشت موازی بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر که برای همه کرت‌ها به طور یکسان اعمال شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۱ متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه (با میانگین درجه حرارت ۱۱/۰۲ سانتی‌گراد، میزان بارندگی ۱۵۴/۱۵ میلی‌گرم، میزان تبخیر ماهیانه ۲۳/۴ میلی‌گرم و میزان رطوبت نسبی ۸۵ درصد) در اواسط آذرماه ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام گرفت.

برداشت نمونه: به منظور اندازه‌گیری صفات، در پایان فصل رُشد، ردیف‌های طرفین هر کرت ۱ متر از ابتدا و انتها به عنوان اثر حاشیه حذف شده و سطح باقیمانده جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد برداشت شد. همزمان با برداشت از درون سطح نمونه برداری انجام گرفت، بدین صورت که از هر یک از کرت‌های مورد آزمایش تعداد ۵ بوته به طور تصادفی برداشت و اجزای عملکرد آنها از قبیل وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه در هر کرت، پس از حذف حاشیه‌ها، سطحی معادل یک مترمربع از هر کرت برداشت و پس از خشک شدن، وزن دانه‌ها تعیین شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت

Texture	OC (%)	Potassium (ppm)	Total nitrogen (%)	Phosphorus (ppm)	OM (%)	CEC (%)	T.N.V (%)	pH	EC (Ds/m)	Depth (cm)
بافت	کربن آلی	پتاسیم	نیتروژن کل	فسفر	ماده آلی	درصد عناصر کاتیونی فعال	درصد مواد خنثی شونده	اسیدیته کل اشباع	هدایت الکتریکی	عمق
لومی رسی شنی	۰/۵	۸۸	۰/۰۳	۱۶/۸	۰/۸۶	۱۲/۱۷	۸	۷/۲	۰/۴۱	۰-۳۰

نتایج

که بیشترین (۱۴۶۳۲,۰۶ گرم) و کمترین (۱۰۵۰۷,۷۳) گرم) وزن خشک ۱۰۰ دانه به ترتیب در سال دوم با محلول پاشی در زمان اواسط رشد رویشی و در سال اول با محلول پاشی قبل از کاشت بدست آمد (جدول ۳).

عملکرد دانه: مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس صفت اثر اسید هیومیک بر عملکرد دانه در باقلا در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر اثر متقابل سال × میزان اسید هیومیک و سال × زمان مصرف اسید هیومیک معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر در هکتار با میانگین‌های ۷۴۳۱,۰۴ و ۴۸۰۹,۶۸ (گرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۴). همچنین زمان محلول پاشی اسید هیومیک در ابتدای رشد زایشی در سال اول بیشترین و محلول پاشی در همین زمان در سال دوم کمترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳).

وزن تر ۱۰۰ دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن تر ۱۰۰ دانه در گیاه باقلا بر سال × میزان مصرف اسید هیومیک به صورت معنی داری در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر تیمار اسید هیومیک قرار گرفت، در حالی که اثر سال × زمان مصرف اسید هیومیک بر این صفت در سطح آماری ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میانگین وزن تر ۱۰۰ دانه به ترتیب در تیمارهای ۲۰۰ و صفر میلی گرم در لیتر در هکتار (شاهد) به دست آمد (جدول ۴)، که بیشترین تأثیر اسید هیومیک بر وزن تر ۱۰۰ دانه باقلا از محلول پاشی در مرحله اواسط رشد رویشی در سال دوم بدست آمد (جدول ۳).

وزن خشک ۱۰۰ دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک ۱۰۰ دانه در گیاه باقلا به صورت معنی داری در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر اثر متقابل سال × زمان مصرف اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد

جدول ۲: نتایج تجزیه مرکب محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر ۱۰۰ دانه	وزن خشک ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه	نیترژن بذر
سال	۱	۱۶۰۸	۵۶۱۳۲۳۱۰/۱۲	۳۴۹۶۲۲۱۸/۸۴	۰/۹۶
تکرار (سال)	۴	۱۸۰۸۹۴۱۵/۲۷ ^{ns}	۸۴۸۵۶۰۴/۰۴ ^{ns}	۹۵۳۵۷۰/۸۲ ^{ns}	۰/۰۰۶
میزان اسید هیومیک	۳	۳۵۸۲۴۷۹۰/۹۷ ^{ns}	۵۵۴۱۳۶/۳۲۵ ^{ns}	۲۰۰۱۰۱۹/۴۶ ^{ns}	۰/۸۴*
سال × میزان اسید هیومیک	۳	۳۵۱۸۹۰۱۸/۲۸**	۳۶۴۰۰۹۵/۴۸ ^{ns}	۳۸۲۶۰۰۴/۵۸**	۰/۰۸۴**
زمان مصرف اسید هیومیک	۲	۱۰۷۹۷۴۸۱/۲ ^{ns}	۲۱۰۴۶۰۷۹/۱۵ ^{ns}	۲۶۳۸۷۴/۵۹ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}
سال × زمان مصرف اسید هیومیک	۲	۱۸۱۹۱۴۶۱/۵۶*	۸۷۰۵۷۷۲/۸۷۵**	۳۸۲۱۴۹۰/۶۵**	۰/۰۸۷**
میزان اسید هیومیک × زمان مصرف اسید هیومیک	۶	۱۳۷۹۴۶۶۴/۳۹ ^{ns}	۱۸۱۷۵۴۸/۶۳۴ ^{ns}	۹۳۹۲۴۱/۷۰ ^{ns}	۰/۱۳۷ ^{ns}
سال × میزان اسید هیومیک × زمان مصرف اسید هیومیک	۶	۸۵۲۹۰۴۰/۲۳ ^{ns}	۴۰۹۰۷۸۷/۸۷ ^{ns}	۹۵۰۵۶۹/۶۱ ^{ns}	۰/۰۷۹*
خطا	۴۴	۵۲۹۵۳۷۱/۸۴	۱۶۵۵۶۸۱/۵۷	۷۰۳۸۵۹/۶۸	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات	-	۶/۸	۱۰/۶	۱۴/۰۵	۴/۵

ns، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیر معنی دار را نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول پاشی اسید هیومیک در سال

عملکرد دانه	تیمار	وزن خشک ۱۰۰ دانه	تیمار	وزن تر ۱۰۰ دانه	تیمار
۷۱۶۸/۳۹ a	Y1T1	۱۴۶۳۲/۰۶ a	Y2T2	۳۶۸۷۵/۴ a	Y2T2
۶۵۶۹/۳۴ a	Y1T2	۱۲۱۸۷/۲۶ b	Y2T1	۳۵۰۴۰ ab	Y2T1
۶۲۶۲/۳۷ ab	Y1T3	۱۲۰۱۹/۳۲ bc	Y2T3	۳۴۰۳۷/۳۲ bc	Y2T3
۵۵۱۹/۱۵ bc	Y2T2	۱۱۵۵۴/۷۲ bc	Y1T2	۳۲۹۹۱/۲۳cd	Y1T1
۵۴۳۷/۵ bc	Y2T3	۱۱۴۷۸/۴۲ bc	Y1T1	۳۲۱۱۶/۱۶cd	Y1T3
۴۸۶۲/۴۱ c	Y2T1	۱۰۵۰۷/۷۳ c	Y1T3	۳۱۸۷۶/۵۵ d	Y1T2

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال (p=۰/۰۱) اختلاف معنی‌داری ندارند. زمان‌های مختلف محلول پاشی اسید هیومیک T1: ابتدای رشد زایشی، T2: اواسط رشد رویشی، T3: قبل از کاشت، Y1: سال اول، Y2: سال دوم.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل میزان محلول پاشی اسید هیومیک در سال

عملکرد دانه	تیمار	وزن تر ۱۰۰ دانه	تیمار
۷۴۳۱/۰۴ a	Y1H1	۳۸۳۳۲/۵۹ a	Y2H1
۷۱۳۲/۷۶ ab	Y2H2	۳۵۷۲۸/۴۱ ab	Y2H0
۶۱۹۸/۰۲ bc	Y1H0	۳۴۳۶۲/۳۵ bc	Y2H3
۵۹۰۴/۹۸ cd	Y1H3	۳۳۵۵۱/۲ bcd	Y1H2
۵۶۱۱/۰۸ cd	Y2H0	۳۳۵۳۶/۲۱ bcd	Y1H1
۵۳۸۱/۵۷ cd	Y2H1	۳۲۸۴۶/۹۳ bcd	Y2H2
۵۲۸۹/۷۶ cd	Y2H3	۳۱۹۷۳/۵۳ cd	Y1H3
۴۸۰۹/۶۸ d	Y2H2	۳۰۲۵۰/۹۸ d	Y1H0

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال (p=۰/۰۱) اختلاف معنی‌داری ندارند. میزان‌های مختلف محلول پاشی اسید هیومیک برحسب میلی‌گرم در لیتر H0: ۰، H1: ۲۰۰، H2: ۳۰۰، H3: ۴۰۰، Y1: سال اول، Y2: سال دوم.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه سال در میزان و زمان مصرف اسید هیومیک

میزان پتاسیم بذر (%)	تیمار	میزان فسفر بذر (%)	تیمار
۲/۴۷	Y2T2H2	۵/۲	Y2T2H2
۱/۹۵	Y2T2H3	۴/۱	Y2T3H0
۱/۸۷	Y2T1H0	۳/۹	Y2T1H0
۱/۸۷	Y2T1H3	۳/۹	Y2T1H2
۱/۸۶	Y2T1H2	۳/۷	Y2T2H3
۱/۷۹	Y2T3H0	۳/۷	Y2T3H1
۱/۷۶	Y2T1H1	۳/۷	Y1T2H2
۱/۷۵	Y2T3H1	۳/۶	Y1T1H2
۱/۶۵	Y1T3H2	۳/۶	Y2T3H2
۱/۵۹	Y1T3H0	۳/۷	Y1T3H0
۱/۵۹	Y1T2H2	۳/۵	Y2T2H0
۱/۵۷	Y1T1H2	۳/۵	Y1T1H0
۱/۵۷	Y2T3H2	۳/۵	Y1T3H2
۱/۵۵	Y1T2H3	۳/۴	Y2T1H1
۱/۵۴	Y2T2H0	۳/۳	Y2T1H3

۱/۵۱	Y1T1H0	۳/۳	Y1T2H3
۱/۴۸	Y2T3H3	۳/۱	Y2T3H3
۱/۴۶	Y2T2H1	۳/۱	Y2T2H1
۱/۴۱	Y1T1H1	۳/۱	Y1T2H0
۱/۳۲	Y1T2H0	۲/۹	Y1T1H1
۱/۳۰	Y1T1H3	۲/۷	Y1T1H3
۱/۲۷	Y1T2H1	۲/۶	Y1T3H1
۱/۲۴	Y1T3H1	۲/۵	Y1T3H3
۱/۲۱	Y1T3H3	۲/۵	Y1T2H1

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می باشند، براساس آزمون دانکن، در سطح احتمال (p=۰/۰۱) اختلاف معنی داری ندارند. میزان‌های مختلف محلول پاشی اسید هیومیک برحسب میلی گرم در لیتر H0: ۰، H1: ۲۰۰، H2: ۳۰۰، H3: ۴۰۰، زمان‌های مختلف محلول پاشی اسید هیومیک T1: ابتدای رشد زایشی، T2: اواسط رشد رویشی، T3: قبل از کاشت، Y1: سال اول، Y2: سال دوم.

کننده مواد هیومیک بر رشد گیاهان به میزان زیادی به دلیل افزایش جذب عناصر است (et al., 2000). (Cacco).

همچنین مشاهده شده است که، افزایش معنی داری در وزن هزار دانه با کاربرد کودهای آلی هوموسی صورت نگرفت (Eghbal et al., 2004). وزن هزار دانه بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ (کنترل عوامل ژنتیکی) بوده و شرایط محیطی کمتر آن را تحت تأثیر قرار می دهد (Mendham et al., 1981). پژوهش نشان می دهد که گیاه در شرایط استفاده از اسید هیومیک به علت تأمین مطلوب رطوبت با تولید فرآورده‌های بیشتر مواجه شده و توانسته مواد بیشتری به دانه‌ها بفرستد و در نتیجه وزن خشک ۱۰۰ دانه افزایش یافته است. در تحقیقی بیان شد که اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش وزن صد دانه می شود و در نهایت سبب افزایش عملکرد در گیاه زراعی شد، که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (Nardi et al., 2002). محققین در یک آزمایش گلخانه ای اثر اسید هیومیک را بر وزن تر و خشک و عملکرد یولاف بررسی کردند و دریافتند که با کاربرد ۱۰۰ میلی گرم اسید هیومیک به ازای هر گلدان وزن تر و خشک گیاه

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بذر: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهده می گردد که کاربرد توام و به تنهایی اسید هیومیک بر غلظت نیتروژن، غلظت پتاسیم و غلظت فسفر در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر نسبت به شاهد شد. برهمکنش اثر سال × میزان اسید هیومیک × زمان مصرف اسید هیومیک بر فسفر و پتاسیم در سال دوم در اواسط رشد رویشی با مصرف ۳۰۰ میلی گرم در لیتر در هکتار به ترتیب ۵،۲ و ۲،۴۷ درصد بالاترین سطح را نشان داد (جدول ۵).

بحث

نتایج بدست آمده نشان داد، اثر سال در میزان اسید هیومیک و زمان مصرف اسید هیومیک تأثیر معنی داری بر وزن تر ۱۰۰ دانه، وزن خشک ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و نیتروژن، فسفر و پتاسیم بذر داشتند و کلیه صفات در مقایسه با شاهد روند صعودی را نشان دادند. براساس تحقیقات انجام شده، اسید هیومیک رشد گیاه را بهبود داده و وزن تر و خشک گیاهان را افزایش می دهد (Chen et al., 2004). اثرهای تسریع

افزایش عناصر غذایی در بهبود عملکرد دانه بیشتر از طریق افزایش تعداد دانه در بلال است (Honway, 1992). عملکرد دانه نیازمند موازنه صحیح بین اندازه دستگاه فتوسنتزی و تداوم آن، سرعت فتوسنتز، سرعت انتقال و توزیع مواد فتوسنتزی به اندام‌ها، تعداد و اندازه دانه و ظرفیت آنها از نظر تجمع مواد فتوسنتزی می‌باشد. اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند. (Nardi et al., 2002) در پژوهش مشابه اسید هیومیک عملکرد دانه بادام زمینی را افزایش داد (Moraditochae, 2012). 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 میلی گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم خاک سبب افزایش عناصر پر مصرف و کم مصرف در اندام‌های گیاهان گوجه فرنگی شد (Turkmen et al., 2004).

کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول پاشی و کاربرد درخاک موجب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک و کارایی عناصر غذایی در گیاه می‌شود (Adani et al., 1998). در مطالعه ای گلخانه‌ای، اثر اسید هیومیک بر روی قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد پیاز بررسی شد و نتایج نشان داد که کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به همراه NPK، بیشترین عملکرد پیاز را به همراه ۱۲ درصد افزایش در جذب NPK به همراه داشت (Sangeetha et al., 2006). همچنین تأثیر اسید هیومیک بر روی گونه *Triticum durum Salihli* نشان داد که اسید هیومیک موجب افزایش جذب فسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم، مس و روی گشت (Bulent Asik et al., 2009).

به طور معنی داری افزایش یافت (Mishra and Srivastava, 1988) با انجام یک آزمایش در شرایط کنترل شده مشخص شد که با کاربرد مواد هیومیکی وزن خشک عملکرد ذرت و گیاهچه های یولاف (Shariff 2002) افزایش معنی داری یافت. همچنین نتایج نشان داد که عملکرد دانه، باروری سنبله و محتوی پروتئین دانه در هر دو تیمار افزایش یافت که این افزایش در محلول پاشی نیتروژن با اسید هیومیک به صورت همزمان بسیار بیشتر بود. همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شد (Delfine et al., 2005). تأثیر اسید هیومیک بر روی عملکرد جذب عناصر پرمصرف در نخود، نشان داد که جذب عناصر پرمصرف فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم افزایش یافته و باعث افزایش وزن صد دانه و در نهایت افزایش عملکرد گردید (Saki Nejad et al., 2011). همچنین اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. نتایج تحقیقات نشان داد که یک همبستگی قوی مثبت بین وزن خشک دانه و مقدار دوام سطح برگ وجود دارد که سبز ماندن برگ به اندازه تولید برگ در تعیین عملکرد دانه مؤثر بود (Wolf et al., 1988). 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). همچنین مشاهده شده است که، اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد دانه در جو شد (Ayuso et al., 1996). کاربرد اسید هیومیک در گیاهان گندم، برنج و تریچه به ترتیب باعث ۲۰، ۱۴ و ۴۴ درصد افزایش عملکرد شد (Hai and Mir, 1998).

هرچه تعداد دانه در ردیف افزایش یابد طول بلال نیز افزایش خواهد یافت. تعداد دانه در ردیف بلال یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است و تأثیر مثبت

هیومیک اسید، نفوذ پذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد. به دنبال آن یک عامل مهم در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می‌گردد و تولید نترات کاهش که در نهایت این اثرات منجر به افزایش تولید می‌شود (Giasuddin et al., 2007).

محققین گزارش کردند که کاربرد فسفر در خاک‌های معمول و شور، سبب افزایش مقدار جذب عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم و فسفر در برنج شد (Naheed et al., 2008) و سبب ازدیاد رشد، توسعه و گسترش ریشه‌ها در گیاهان می‌شود. بدین ترتیب گیاه می‌تواند از حجم بیشتری از خاک به منظور جذب عناصر غذایی و رطوبت استفاده کند که در چنین وضعیتی جذب و کارایی استفاده از اکثر عناصر غذایی افزایش می‌یابد (Marschner, 1995). در بررسی در مورد تأثیر اسید هیومیک بر گیاه بنت گراس، مشخص شد که اسید هیومیک به طور معنی‌داری سرعت فتوسنتز، توسعه زیست توده ریشه و محتوای عناصر غذایی در بافت‌های گیاه را افزایش داد. این افزایش به ویژه در غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک بود (Liu et al., 1998).

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس تجزیه واریانس داده‌های آزمایش کلیه صفات مورد بررسی تحت تأثیر میزان و زمان مصرف اسید هیومیک قرار گرفت. نتایج بدست آمده از این آزمایش حاکی از آن بود که هیومیک اسید در صفات فیزیولوژیک بالاترین میزان را کسب نمود. نتایج این آزمایش و آزمایش‌های مشابه نشان دهنده آن است که

رهاسازی مطلوب نیتروژن توسط کودهای بیولوژیک و سطح جذبی مناسبی که برای گیاه میزبان ایجاد می‌کنند، می‌تواند به یک اثر مشارکتی در جذب عناصر معدنی نظیر نیتروژن تبدیل و از طریق افزایش وزن خشک گیاه و وزن هزار دانه، موجب بهبود غلظت نیتروژن در دانه شود. براساس نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که مصرف کودهای آلی مطلوب از طریق ایجاد اثرات تشدیدکننده و مثبت با یکدیگر ضمن رهاسازی کند و مداوم فسفر از منابع آلی و معدنی موجود در خود و خاک (Kumar and Singh, 2001)، قادر است تا موجب تأمین فسفر مورد نیاز باقلا در طول دوره رشد شود و متعاقب آن غلظت در دانه بهبود یابد. در اینجا هم مشاهده می‌شود که مصرف کودهای آلی مطلوب از طریق اثر افزایشی و تقویت‌کننده‌ای که برای جذب عناصر غذایی به وجود می‌آورد (Martins et al., 2003) می‌تواند موجب افزایش جذب عناصر معدنی نظیر فسفر و پتاسیم و بهبود غلظت آن در دانه باقلا شود. محققین با بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید افزایش ۷۴ درصد جذب نیتروژن و ۷۲ درصد جذب فسفر در جو را در نتیجه محلول پاشی با ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک دانستند (Ayuso et al., 1996). علاوه بر موثر بودن در جذب عناصر، اسید هیومیک در خاک دارای اثرات متعددی است که می‌تواند سبب ارتقای خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شود. به طور مثال، موجب افزایش نفوذ پذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک، کمپلکس کردن یونهای فلزی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش مقاومت گیاه به خشکی می‌گردد. بنابراین، به طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند بر رشد گیاه موثر باشد (Hayes and Clap, 2001).

کمتری را در پی دارد. در مجموع می‌توان گفت که استفاده از اسید هیومیک به دلیل اثرات مختلف فیزیولوژیکی، علاوه بر افزایش عملکرد باقلا، می‌تواند در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست نقش مثبتی را ایفا کند و به‌عنوان ماده‌ای با منابع طبیعی در جهت پایداری و افزایش تولید محصولات زراعی مورد استفاده قرار گیرد.

References

- Abdel-Mawgoud A.M.R., El-Greadly N.H.M., Helmy, Y.I. and Singer, S.M. (2007).** Responses of tomato plants to different rates of humic based Fertilizer and NPK Fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*. 3(2): 169-174.
- Adani, F., P. Genevini., P. Zaccheo. and G. Zocchi. (1998).** The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. plant nutr.* 21(3): 561-575.
- Anonymous, (2012).** Iranian Agriculture News Agency, 1391. <http://www.iana.ir/keshavarzi/itemlist/tag/%D8%A7%D9%8A%D8%B1%D8%A7%D9%86.html?start=10>.
- 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.
- Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. (1982).** Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties, 595-624.
- Bulent Asik, B., A. Turan, H. Celik, and A. Vahap Katkat. (2009).** Effects of Humic Substances on Plant Growth and Mineral Nutrients Uptake of Wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) Under Conditions of Salinity. *Asian Journal of Crop Science*. 1: 87-95.
- Cacco, G., Attina, E., Gelsomino, A. and Sidari, M. (2000).** Effect of nitrate and humic substances of different molecular size on kinetic parameters of nitrate uptake in wheat seedlings. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163: 313-320.
- Chamani, F., Khodabandeh, N., Habibi, D., Asgharzadeh, and Davoudi Fard (2012).** Effect of salinity stress on yield and yield components in wheat, inoculated with growth promoting bacteria (*Azotobacter chroocum*, *Azospirillio lipophorum*, *Pseudomonas putida*) and humic acid. *Agronomy and Plant Breeding*. 8 (1): 37-25.
- Chen, Y., and Aviad, T. (1990).** Effect of Humic Substances on Plant Growth. In: *Humic substances in soil and crop sciences*. Soil sci society America. 161-187.
- Chen, Y., Clapp, C.E., and Magen, H. (2004).** 'Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organic-iron complexes'. *Soil Sci. Plant Nut.* 50: 1089–1095.
- 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.
- Eghbal, B., Ginting, D., and gilly, J.E. (2004).** Residual effecus of manure and compost application on corn production and soil properties. *Agronomy journal*, 96: 442-447.
- El-Bassiony A.M., Fawzy, Z.F., Abd El-Baky, M.M.H., and Mahmoud Asmaa, R. (2010).** Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid

- application. Research Journal of Agricultural and Biological Science, INS. Inet. Publication. 6(2): 169-175.
- Emami, A. (1996).** In the description of methods of analysis, Volume I, No. 982 technical publications. Soil Research Institute and Water p,91-128..
- FAO, (2012).** World Agriculture Datam, <http://www.fao.org/>.
- Ghorbani, S., Khazaei, H., Kafi, M., and Banayan Awal, M. (2010).** Effect of humic acid and irrigation water on yield and yield components of maize. Agricultural Ecology Journal 2(1): 123-131. (In Persian with English Abstract).
- Giasuddin, A.B.M., Kanel, S., and Choi, H. (2007).** Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Environment Science Technology. 41(6): 2022-2027
- Hai, S.M., and Mir, R.S. (1998).** The lignitic coal derived HA and the prospective utilization in pakistan agriculture and industry. Sci. Technol. Dev. 17: 32-40.
- Hayes, M., and C.E. Clap. (2001).** Humic substances: consideration of composition, aspect of structure and environment influences. Soil Science. 166: 723-737.
- Honway, J.J. (1992).** How a corn plant develops. Iowa Coop. Ext. Ser. Spec. Rep. 48.
- Jumat, S., Nadia, S., and Yousif, E. (2012).** Synthesis and characterization of esters derived from ricinoleic acid and evaluation of their low temperature property. Sains Malaysiana. 41: 1239-1244.
- Khan, A., Guramni, A.R., Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar M.E., and Khan S. (2012).** Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.) Journal of Chemical Society of Pakistan 6: 56-63.
- Kumar, V., and Singh, K.P. (2001).** Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Biores Technol. 76: 173-175.
- 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.
- Maccarthy, P. (2001).** The principles of humic substances. Soil Science 166: 738-751.
- Majnoon Hoseyni, N. (2008).** Pulse Crops. 4th Edition. Jehad of Tehran University Publication. 283 p.
- Marschner, H. (1995).** Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.
- Martins, A.L.C., Batagha, O.C., Camargo, O.A., and Contarella, H. (2003).** Corn yield and uptake of Cu, Mn and Zn from sorage slodge- amend soil with and without liming. Revista Basilica Deciencia. 27: 563- 574.
- Mendham, N.J., Shipway, P.A. and Scott, R.K. (1981).** The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science, Cambridge. 96:389-416.
- Mishra, B., and Srivastava, L. L. (1988).** Physiological properties of has isolated form major soil associations of bihar. Soil. Sci. 36, 1-89.
- Moraditochae, M. (2012).** Effects of humic acid foliar spraying and nitrogen fertiliz management on yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science. 7(4): 289-293.
- Naheed, G., Shahbz, M. & Akram, N. A. (2008).** Interactive effect of rooting medium application phosphorus and NaCl on plant biomass and mineral nutrients of rice. Pakistan Journal of Biology, 40, 1601-1608.
- 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.
- Sabzevari S., Khazaei H.R., and Kafi M. (2010).** Effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal

- of Field Crops Research 8(3): 473-480. [In Persian with English Abstract].
- Saki Nejad, T., Hossaini, S.M. and Hyvari, M. (2011).** Calculate changes of bean germination process in the presence of various compounds of biological fertilizer Humic acid mixed with micro and macro elements. Journal of American Science. 7(6): 1014-1021.
- Salimon, J., Salih, N., and Yousif, E. (2012).** Biolubricant basestocks from chemically modified ricinoleic acid. Journal of King Saudi University. 24: 11-17.
- Samavat, S., and Malakuti, M. (2005).** Samavat, S., and Malakooti, M. 2006. important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and soil researchers technical issue 463: 1-13.
- Sangeetha, M., Singaram, P., Uma Devi, R., (2006).** Effect of lignite humic acid and fertilizer on yield of onion and nutrient availability. International Union of Soil Sci. 21, 163.
- Schmidt R.E., and Zhang, X. (1998).** How humic substances help turfgrass grow. Golf Course Management. Pp. 65-68.
- Shariff M (2002).** Effect of lignitic coal derived HA on growth and yield of wheat and maize in alkaline soil. Ph.D Thesis, NWFP Agric University, Peshawar, Pakistan 120 pp.
- 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.
- 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.
- 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.