نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 1، بهار 1396، ص. 39-25
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 1, Spring 2017, P. 25-39
ISSN: 2008 - 4730

اثر اصلاح‌کننده‌های خاک و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*)

محمد بهزاد امیری[1]- پرویز رضوانی مقدم[2*]- محسن جهان[3]

تاریخ دریافت: 1393/03/24
تاریخ پذیرش: 1394/02/02

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های خاک و کودهای بیولوژیک مختلف بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*)، آزمایشی در سال‌های زراعی 92-1390 در دانشگاه فردوسی مشهد در به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل هفت نوع اصلاح‌کننده‌ی خاک و کود بیولوژیک مختلف از جمله: 1- اسید هیومیک، 2- اسید فولویک، 3- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp.)، 4- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، 5- بیوسولفور (*Thiobacillus* spp.)، 6- میکوریزا (*Glomus mosseae*)، و 7- میکوریزا (*Glomus intraradices*) و عدم استفاده از کود به‌عنوان تیمار شاهد بودند. نتایج آزمایش نشان داد که هر دو گونه میکوریزای مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد گل در مقایسه با شاهد شدند، به‌طوری‌که عملکرد گل در تیمارهای *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب 24 و 11 درصد بیشتر از شاهد بود. تمامی نهاده‌های اکولوژیک مورد مطالعه سبب افزایش تعداد چرخه‌ی گل در بوته در مقایسه با شاهد شدند، ولی اثر کود بیولوژیک بیوفسفر از این نظر به‌طور بارزتری نمایان شد، به‌طوری‌که تعداد چرخه‌ی گل در بوته از 342 چرخه در بوته‌های تحت‌تیمار شاهد به 1322 چرخه در گیاهان تحت‌تیمار بیوفسفر افزایش یافت. بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد ماده‌ی خشک، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته در تیمار اسید هیومیک مشاهده شد، به‌طوری‌که در نتیجه‌ی کاربرد اسید هیومیک عملکرد دانه، عملکرد ماده‌ی خشک، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته به‌ترتیب 82، 66، 63 و 66 درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، بیوفسفر، گیاه دارویی، میکوریزا، نهاده اکولوژیک

مقدمه

امروزه، اطمینان از تولید مداوم و پایدار فرآورده‌های غذایی سالم همراه با حفظ سلامت محیط‌زیست و توجه به مناسبات اجتماعی واقتصادی، موضوع قابل‌توجهی در کشاورزی بوده و مورد توجه روزافزون کشاورزان و پژوهشگران قرار گرفته است. از مهمترین مسائل مؤثر بر پایداری تولید غذا، حفظ حاصلخیزی خاک به‌عنوان یک بستر دائمی جهت تولید مداوم محصولات کشاورزی می‌باشد. در واقع، حفظ و باروری خاک و درعین حال آلوده نکردن آن، به‌منظور تولید سالم و درازمدت در سیستم‌های زراعی ارگانیک ضروری به‌نظر می‌رسد (17) و برای دستیابی به این هدف، استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار به‌ویژه اصلاح‌کننده‌های خاک و کودهای بیولوژیک امری اجتناب‌ناپذیر است (38).

مواد هیومیکی، مجموعه‌ای از مولکول‌های هتروژن هستند که با نیروهای ضعیفی به هم باند شده‌اند و در نتیجه از ثبات شیمیایی بالایی برخوردارند. این مواد 65 تا 80 درصد کل مواد آلی خاک را به خود اختصاص می‌دهند (28). اسید هیومیک با وزن مولکولی300-30 کیلودالتون و اسید فولویک با وزن مولکولی کمتر از 30 کیلودالتون به‌ترتیب، سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار نامحلول و محلول با عناصرمیکرو می‌گردند. مقادیر بسیار کم از این اصلاح‌کننده‌های خاک از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (24). از دیگر مزایای اسید هیومیک و اسید فولویک می‌توان به خاصیت کلات‌کنندگی عناصرغذایی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره)

1- استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد
2 و 3- استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.34660

و افزایش ظهور ریشه‌های جانبی اشاره کرد (24). در پژوهشی، اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، 500، 1000، 2000 و 4000 میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار[1] بررسی و گزارش شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد گل و برگ در بوته در اثر کاربرد تیمار 2000 میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدست آمد (22). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر سطوح مختلف اسید فولویک (صفر، 50 و 100 میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه[2] گزارش شد که کاربرد اسید فولویک ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه، خسارات ناشی از تنش شوری را کاهش داد (12).

در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای بیولوژیک به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک، جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی، به‌شمار رفته و به‌عنوان یکی از مهمترین راهبردهای تغذیه‌ی گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار مورد توجه دست‌اندرکاران امر تولید قرار گرفته‌اند (39). کودهای بیولوژیک در حقیقت موادی شامل انواع مختلف موجودات ریز آزادزی بوده (7) که توانایی تبدیل عناصرغذایی اصلی را از فرم غیرقابل‌دسترس به فرم قابل‌دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته (27) و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می گردند (7). در یک پژوهش، اثر کودهای بیولوژیک (*آزوسپیریلوم کروکوکوم*[3] و *آزوسپیریلوم لیپوفروم*[4]) و روش مصرف آنها بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی زنیان[5] بررسی و گزارش شد که بیشترین ماده‌ی خشک تولیدی، عملکرد دانه و درصد و عملکرد اسانس زمانی بدست آمد که کودهای بیولوژیک به هر دو حالت تلقیح با بذر و محلول‌پاشی استفاده شدند (11). در پژوهشی دیگر گزارش شد که کاربرد کودهای بیولوژیک (نیتروکسین و بیوفسفر) منجر به بهبود خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی گاوزبان اروپایی[6] شد، به‌طوری‌که در شرایط استفاده از این کودها تعداد گل در بوته، عملکرد دانه، میزان فنول و اسید لینولنیک به میزان قابل‌توجهی بیشتر از شاهد بود (3).

از دیگر ریزجانداران همزیست با گیاهان که حاصلخیزی خاک، افزایش عناصر غذایی و حفظ سلامت بوم‌نظام‌ها را به همراه داشته است، می‌توان به قارچ میکوریزا آربوسکولار اشاره کرد (9). میکوریزاها احتمالاً فراوانترین قارچ‌های موجود در خاک‌های کشاورزی هستند. آنها 5 تا 50 درصد زیست‌توده‌ی میکروبی خاک را تشکیل می‌دهند (25). زیست‌توده‌ی هیف‌های آنها 540 تا 900 کیلوگرم در هکتار است (40) و برخی تولیدات حاصل از آنها نظیر گلومالین دارای وزنی بیش از 3000 کیلوگرم در هکتار است (19). بسیاری از محققین (18، 40) به نقش مثبت میکوریزا بر خصوصیات رشدی گیاهان اشاره کرده‌اند. احتمالاً میکوریزا از طریق بهبود جذب و انتقال عناصر غذایی (14) و تولید متابولیت‌ها (26) و هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین باعث افزایش رشد گیاه (5) می‌شود. در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد میکوریزا *گلاموس موسه* خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی شوید[7] را بهبود بخشید، به‌طوری‌که تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه به‌ترتیب 32 و 32/5 درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند (13). در پژوهشی دیگر نتایج نشان داد که کاربرد میکوریزا گلاموس اِتونیکاتوم[8] منجر به افزایش میزان سطح برگ، وزن خشک و تر اندام هوایی، میزان کلروفیل a و b، میزان فنولیک و آنتوسیانین گیاه دارویی ریحان[9] در مقایسه با شاهد شد (35).

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر استفاده از آن در تولید محصولات زراعی و دارویی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (31). کاهش استفاده از نهاده‌های گوگردی از یک سو و افزایش روزافزون استفاده از کودهای NPK از سوی دیگر باعث بر هم خوردن تعادل گوگردی خاک‌های کشاورزی شده است، به‌طوری‌که برخی محققین (1، 15) گزارش کردند که به‌دلیل کمبود گوگرد، سنتز برخی پروتئین‌ها و ویتامین‌های ضروری گیاهان با مشکل مواجه می‌شود، از این رو استفاده از نهاده‌های گوگردی بوم‌سازگار نظیر بیوسولفور برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. در یک پژوهش اثر کودهای شیمیایی و بیولوژیک مختلف (اوره، بیوسولفور، بیوفسفر، نیتروکسین، اوره+بیوسولفور، اوره+بیوفسفر، اوره+نیتروکسین، بیوفسفر+بیوسولفور، نیتروکسین+بیوسولفور، نیتروکسین+بیوفسفر، نیتروکسین+بیوفسفر+بیوسولفور و شاهد) بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی سرخارگل[10] بررسی و گزارش شد که کاربرد بیوسولفور به‌تنهایی و در ترکیب با سایر کودهای مورد مطالعه منجر به افزایش وزن خشک برگ، عملکرد بیولوژیک، طول ریشه و تعداد ساقه‌ی فرعی در بوته نسبت به شاهد شد (1).

گاوزبان ایرانی[11] گیاهی چندساله و متعلق به خانواده‌ی گاوزبان[12] می‌باشد. این گیاه بومی مناطق شمالی ایران است و به‌ویژه در ارتفاعات استان‌های شمالی کشور به‌صورت خودرو پراکنش دارد (21). موسم گلدهی گاوزبان ایرانی اواخر فروردین تا اوایل خرداد است.

1- *Calendula officinalis* L.
2- *Plantago ovate* L.
3- *Azotobacter chroococcum*
4- *Azospirillum lipoferum*
5- *Carum copticum* Heirn
6- *Borago officinalis* L.
7- *Anethum graveolens* L.
8- *Glomus etunicatum*
9- *Ocimum basilicum* L.
10- *Echinacea purpurea*
11- *Echium amoenum*
12- Boraginaceae

عصاره‌ی گلبرگ‌های بنفش رنگ این گیاه از سالیان دور در طب سنتی ایران به‌عنوان ماده‌ای مقوی، آرام‌بخش، معرق، ضدالتهاب و ضدافسردگی شناخته شده و در درمان سرفه، گلودرد و سینه‌پهلو کاربرد دارد (30). در برخی از مطالعات اخیر، به افزایش ایمنی سلولی بدن انسان در نتیجه‌ی مصرف گاوزبان ایرانی تأکید شده است (10).

علیرغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک بر گیاهان زراعی انجام شده، اطلاعات موجود در مورد اثر این نهاده‌ها بر بسیاری از گیاهان دارویی اندک است، لذا با توجه به مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت گاوزبان ایرانی به‌عنوان یکی از مهمترین محصولات دارویی که در بسیاری از صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گاوزبان ایرانی در یک نظام زراعی کم‌نهاده انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی 92-1390 در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی 59 درجه و 23 دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه‌ی شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: هفت نوع اصلاح‌کننده‌ی خاک و کود بیولوژیک مختلف شامل 1- اسید هیومیک[1]، 2- اسید فولویک[2]، فولویک[2]، 3- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر*[3] و *آزوسپیریلوم*[4]، با 10^8 CFU=C/ml در زمان تولید کود)، 4- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *باسیلوس*[5] و *سودوموناس*[6]، با 10^7 CFU=C/ml در زمان تولید کود)، 5- بیوسولفور (*نیوباسیلوس*[7]، 10^8 CFU=C/ml در زمان تولید کود)، 6- میکوریزا *گلاموس موسه*[8]، 7- میکوریزا *گلاموس اینترادیسه*[9] و 8- تیمار شاهد.

قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام گرفت که خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن در جدول 1 نشان داده شده است.

جهت آماده‌سازی زمین با تأکید بر عملیات زراعی اکولوژیک، خاکورزی حداقل انجام شد، به‌این‌ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، کرت‌های آزمایشی با ابعاد 4/80×2/5 متر ایجاد شدند. به‌منظور تلقیح میکوریزا، خاک حاوی این قارچ‌ها به‌میزان 200 گرم به‌ازای هر بوته در هنگام کاشت زیر بذور قرار داده شد. بذرهای گاوزبان ایرانی با منشاء توده‌ی مشهد از مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و اواخر فرودین‌ماه 1391 در ردیف‌هایی به فاصله50 سانتی‌متر و با فاصله‌ی روی ردیف 40 سانتی متر از یکدیگر کشت شدند. همزمان با کاشت و به‌منظور اعمال کودهای بیولوژیک (نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور)، میزان دو لیتر در هکتار از این کودها با بذرهای هر یک از کرت‌های آزمایشی بسته به تیمار آزمایشی مربوطه آغشته شدند، ضمن اینکه در هر دو سال زراعی مورد مطالعه، این کودها در مرحله‌ی شش تا هفت برگی همراه با آب آبیاری به کرت‌های مربوطه اضافه شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر 7 روز یکبار تا آخر فصل رشد به روش نشتی انجام شد. به دلیل کودی بودن ماهیت تیمارها و جلوگیری از اختلاط تیمارها با هم، برای هر بلوک آزمایشی یک جوی و فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد. کاربرد اسیدهای آلی در دو نوبت به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها در مراحل شش تا هفت برگی و قبل از گلدهی انجام گرفت و در دومین سال زراعی (92-1391) نیز همین میزان کود در اختیار گیاه قرار گرفت. محلول‌پاشی به هنگام غروب آفتاب و توسط پمپ دستی با حجم پاشش 400 لیتر در هکتار انجام شد. اسید هیومیک و اسید فولویک مورد استفاده در آزمایش، به‌ترتیب با نام‌های تجاری پوهوموس و فولویتال، گرانول قابل حل در آب با منشاء معدنی (کشور آلمان) بودند (جدول 1). برای حصول تراکم مناسب، پس از رسیدن گیاه به مرحله‌ی 4 برگی عملیات تنک انجام گرفت. برای کنترل علف‌های هرز تنها سه نوبت وجین دستی در سال اول (به‌ترتیب 15، 30 و 45 روز پس از کاشت) و یک نوبت وجین دستی در سال دوم (30 روز پس از رشد مجدد گیاه در سال دوم) انجام شد. برای آماده‌سازی زمین و در طول دوره‌ی رشد هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

در سال زراعی دوم (92-1391)، از ابتدا تا انتهای فصل گلدهی، گل‌های تمام سطح کرت‌های آزمایشی به‌صورت روزانه برداشت و وزن خشک گل‌ها توزین گردید. مجموع وزن خشک گل‌ها در طی دوره‌ی گلدهی به عنوان عملکرد گل خشک در هر کرت در نظر گرفته شد. در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحله‌ی رسیدگی دانه‌ها و خشک شدن اندام هوایی گیاه، 0/5 متر مربع از هر کرت (تعداد 3 بوته از هر کرت) به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر تعداد چرخه‌ی گل

1- (POW HUMUS®, Bioactive 85% WSG, HUMIN TECH, Germany, www.humintech.com)
2- (Fulvital® Plus WSP, Bioactive 75% WSG, HUMIN TECH, Germany, www.humintech.com)
3- *Azotobacter* spp.
4- *Azospirillum* spp.
5- *Bacillus* sp.
6- *Pseudomonas* sp.
7- *Thiobacillus* spp.
8- *Glomus mosseae*
9- *Glomus intraradices*

در بوته، وزن و تعداد دانه در بوته، تعـداد سـاقه فرعـی و طـول سـاقه فرعی آنها اندازه‌گیری شدند.

جدول 1- مشخصات خاک، اسید هیومیک و اسید فولویک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1- Soil characteristics, used humic acid and fulvic acid.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Physical and chemical characteristics of experimental field soil

بافت خاک Soil texture	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس Available phosphorous (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})
لومی-سیلت Silty loam	0.075	11	470	7.6	1.1

خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده

Characteristics of used humic acid

نام تجاری Trade name	اسید هیومیک Humic acid (%)	اکسید پتاسیم Potassium oxid (%)	نیتروژن آلی Organic nitrogen (%)	آهن Fe (%)	سایر مواد Other materials (%)	اسیدیته pH
پوهوموس WGS85%	85	12	1.1	0.8	1.1	9-10

خصوصیات اسید فولویک مورد استفاده

Characteristics of used fulvic acid

نام تجاری Trade name	اسید فولویک Fulvic acid (%)	آهن Fe (%)	منگنز Mn (%)	مس Cu (%)	روی Zn (%)	منیزیم Mg (%)	گوگرد S (%)	سایر مواد Other materials (%)	اسیدیته pH
فولویتال WGS75%	75	4	2.5	1	2.5	6-7	5-6	2	4-5

برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد ماده‌ی خشک، بوته‌های تمام سطح کرت‌های آزمایشی بـا رعایـت اثـر حاشـیه‌ای از سـطح زمـین برداشت و وزن دانه و عملکرد زیسـتی آنهـا تعیـین گردیـد. شـاخص برداشت گل و دانه به‌ترتیب از درصد نسبت عملکـرد گـل و دانـه بـه عملکرد ماده‌ی خشک بدست آمدند.

تجزیه واریانس و تحلیل رگرسیونی داده‌های حاصل از آزمایش و رسم شکل‌ها بـا اسـتفاده از نـرم‌افزارهـای SAS Ver. 9.1، Slide Write Ver.2 و MS EXCEL Ver. 11 انجام گرفـت. مقایسـه‌ی میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد و بر اساس آزمـون چنددامنـه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد گل و دانه

عملکرد گل به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف قرار گرفت (جدول 2)، به طـوری‌کـه هـر دو گونـه میکوریزای مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد گـل در مقایسـه بـا شاهد شدند و عملکرد گل در تیمارهای *گلاموس موسه* و *گلامـوس اینترادیسه* به‌ترتیب 24 و 11 درصد بیشتر از شاهد بود، که البته از این نظر اختلاف *گلاموس اینترادیسه* با شـاهد معنـی‌دار نبـود (شـکل 1). اسید فولویک نیز اگر چه تفاوت معنی‌داری با شـاهد نداشـت، ولـی از آنجایی که این تیمار افزایش یک درصـدی عملکـرد گـل نسـبت بـه شاهد را به همراه داشت (شکل 1). گونه‌های مختلف میکوریزا احتمالاً از طریق افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی (14) منجـر بـه بهبـود عملکرد گل شدند. در یک پژوهش، گـزارش شـد کـه اثـر میکـوریزا (*گلاموس اینترادیسه*) بـر اجـزای عملکـرد، عملکـرد دانـه، عملکـرد بیولوژیک، شاخص برداشت و محتـوی و عملکـرد اسـانس رازیانـه[1] و زنیان معنی‌دار بود، به طوری‌که تلقیح بـا میکـوریزا بـه‌ترتیـب باعـث افزایش 35 و 85 درصدی عملکرد این دو گیاه دارویـی شـد (33). در پژوهشی دیگر، اثر میکوریزا بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویـی کدو پوست‌کاغذی[2] مورد مطالعه قـرار گرفـت و گـزارش شـد کـه در شرایط کاربرد این کود بیولوژیک، خصوصیات مورفولوژیکی گیاه و به‌ویژه رشد اندام‌های زایشی گیاه به طور چشمگیری افزایش یافت (3).

اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف بـر عملکـرد دانـه معنی‌دار بود (جدول 2)، به‌طوری‌که بیشـترین (1192/76 کیلـوگرم در هکتار) و کمترین (214/58 کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به‌ترتیـب در تیمارهای اسید هیومیک و شاهد مشاهده شد (شکل 1). همـانطور که در جدول 4 مشاهده می‌شود بین عملکرد دانه و وزن دانه در بوتـه همبستگی مثبت وجود داشت و از آنجایی که اسید هیومیک افـزایش وزن دانه در بوته را به همراه داشت، بنابراین افزایش عملکرد دانـه در شرایط استفاده از اسید هیومیک منطقی به نظر می‌رسد. به‌طور کلـی،

1- *Foeniculum vulgare* Mill.

2- *Cucurbita pepo* L.

تمامی نهاده‌های اکولوژیک مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شدند، به‌این‌ترتیب که عملکرد دانـه در اسـیدهای آلی هیومیک و فولویک به‌ترتیب 82 و 55 درصد بیشتر از شاهد بـود، کودهای بیولوژیک نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به‌ترتیب افزایش 24، 76 و 69 درصدی عملکرد دانه را نسبت به شاهد به‌همراه داشتند و دو گونه میکـوریزای مـورد مطالعـه (*گلامـوس موسـه* و *گلامـوس اینترادیسه*) به‌ترتیب افـزایش 62 و 64 درصـدی عملکـرد دانـه را در مقایسه با شاهد سبب شدند (شکل 1). به‌نظر می‌رسـد کـه اسـیدهای آلی مورد مطالعه از طریـق بهبـود خصوصـیات فیزیکـی، شـیمیایی و بیولوژیکی خاک (23) شرایط مساعدی را برای رشد مطلـوب‌تـر گیـاه فراهم کردند، لذا افزایش عملکرد دانه در شرایط کـاربرد ایـن کودهـا منطقی به‌نظر می‌رسد. در یـک پـژوهش، اثـر سـطوح مختلـف اسـید هیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه سویا[1] مطالعه و گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در سـطح 1000 پـی‌پـی‌ام اسـید هیومیـک بدست آمد، ضمن اینکه کاربرد 2000 پی‌پی‌ام از ایـن اسـید آلـی نیـز بهبود ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد غلاف در بوتـه را نسـبت بـه شاهد در پی داشت (8). گونه‌های مختلف میکوریزا احتمـالاً از طریـق تولید متابولیت‌ها (26) و هورمون‌های گیاهی نظیر اکسـین (5) باعـث بهبود عملکرد دانه گیاه شدند. گـزارش شـد کـه تلقـیح بـا میکـوریزا *گلاموس موسه* خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی شوید و به‌ویـژه عملکرد دانه‌ی این گیاه را 32/5 درصد نسبت بـه شـاهد افـزایش داد (13). برخی دیگر از محققـین (15) نیـز گـزارش کردنـد کـه کـاربرد میکوریزا *گلاموس اِتونیکاتوم*[2] نقش مؤثری در بهبود عملکـرد دانـه‌ی آفتابگردان[3] داشت.

عملکرد ماده‌ی خشک

عملکرد ماده‌ی خشک به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک قرار گرفت (جدول 2)، به‌طـوری کـه اسـیدهای آلی هیومیک و فولویک به‌ترتیب منجر به افزایش 66 و 46 درصـدی عملکرد ماده‌ی خشک در مقایسه بـا شـاهد شـدند (جـدول 3). کـود بیولوژیـک بیوسـولفور و گونـه‌هـای میکـوریزای *گلامـوس موسـه* و *گلاموس اینترادیسه* نیـز بـه‌ترتیـب افـزایش 34، 61 و 19 درصـدی عملکرد ماده‌ی خشک را نسبت به شاهد به‌همراه داشتند، که البتـه از این نظر اختلاف بیوسولفور و *گلاموس اینترادیسه* بـا شـاهد معنـی‌دار نبود (جدول 3). به‌نظر می‌رسد که اسیدهای آلی هیومیـک و فولویـک از طریـق فراهمـی عناصـر غـذایی (37) و بهبـود خصوصـیات فیزیکوشیمیایی خاک (24) منجر به افزایش عملکرد مـاده‌ی خشـک گیاه شدند. اثر سـطوح مختلـف اسـید هیومیـک (صـفر، 500، 1000، 2000 و 4000 میلی‌گرم در لیتر) بر خصوصیات کمـی و کیفـی گیـاه دارویی همیشه‌بهار مطالعه و گزارش شد که بیشترین مقـدار عملکـرد زیستی، ارتفاع و تعداد گل و برگ در بوته در تیمار 2000 میلی‌گـرم در لیتر اسید هیومیک حاصل شد (22). بسیاری از محققین (18، 40) بـه نقش‌های مثبت میکوریزا بر خصوصیات رشدی گیاهان اشاره کرده‌اند. گزارش شد که کاربرد میکوریزا *گلاموس اِتونیکاتوم* عملکـرد مـاده‌ی خشک ریحان را در مقایسه با شاهد افزایش داد (35).

شاخص برداشت گل و دانه

همانطور که در شکل 2 مشاهده می‌شـود، اثـر اسـیدهای آلـی و کودهای بیولوژیک مختلف بر شاخص برداشت گل و دانه متفاوت بود، به‌این ترتیب که بیشترین شاخص برداشت گل در نتیجه‌ی تیمار شاهد بدست آمـد و تیمارهـای نیتروکسـین و *گلاموسـه اینترادیسـه* نیـز از شاخص برداشت گل مطلوبی در مقایسـه بـا سـایر تیمارهـا برخـوردار بودند و از این نظر تفاوت معنی‌داری با شـاهد نداشـتند، در حـالی‌کـه بیشترین شاخص برداشت دانـه در اثـر تیمـار بیوفسـفر بدسـت آمـد. شـاخص برداشـت دانـه در تیمارهـای اسـید هیومیـک، نیتروکسـین، بیوسولفور و *گلاموس اینترادیسه* نیز به‌ترتیب 47، 48، 50 و 53 درصد نسبت به شاهد افزایش نشـان داد (شـکل 2). بـه‌نظـر مـی‌رسـد کـه کودهای بیولوژیک احتمالاً از طریق توسعه‌ی سیستم ریشـه‌ای گیـاه (7)، خصوصیات مورفولوژیکی گیاه را بهبود بخشیدند. در یک پژوهش گزارش شد که در نتیجـه‌ی کـاربرد کـود بیولوژیـک و اوره، شـاخص برداشت دانه و عملکرد دانه‌ی گیاه ماش[4] در مقایسه با شاهد افـزایش یافت (23). در پژوهشـی دیگـر گـزارش شـد کـه کـاربرد جداگانـه و همزمان کود بیولوژیک باکتری حل‌کننده‌ی فسفات و میکوریزا منجـر به بهبود ارتفاع، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیـک، عملکرد دانه و در نهایت شاخص برداشت گیاه عدس[5] شد (6).

وزن گل و تعداد چرخه‌ی گل در بوته

اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف به‌طور معنـی‌داری بـر وزن گل در بوته تأثیر داشتند (جدول 2) و همـانطور کـه در شـکل 3 مشاهده می‌شود، کود بیولوژیک *گلاموس موسه* دارای بیشترین تـأثیر بر وزن گل در بوته بود و افـزایش 22 درصـدی وزن گـل در بوتـه را نسبت به شاهد سبب شد.

1- *Glycin max* L.
2- *Glomus etunicatum*
3- *Helianthus annuus*
4- *Vigna radiata*
5- *Lens culinaris* Medik

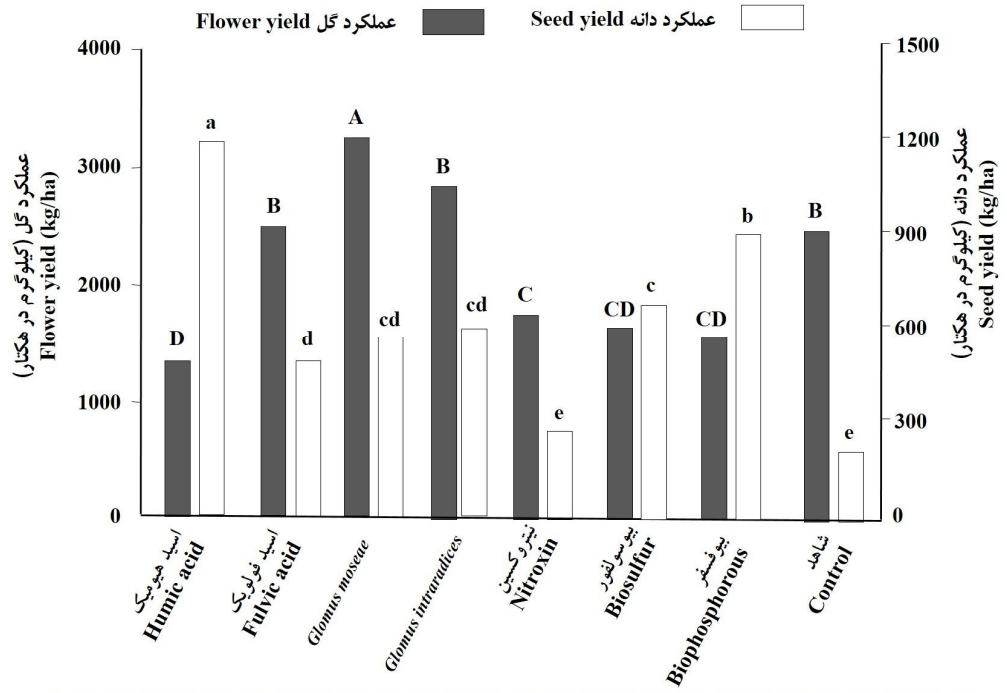
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف.

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of some morphological characteristics and yield of Iranian Ox- affected by different organic acids and biofertilizers.

منبع تغییرات S.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares										
		عملکرد گل Flower yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد ماده‌ی خشک Dry matter yield	شاخص برداشت گل Flower harvest index	شاخص برداشت دانه Seed harvest index	وزن گل در بوته Flower weight per plant	تعداد چرخه گل در بوته Flower cycle number per plant	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد ساقه فرعی در بوته Lateral branch number per plant	طول ساقه فرعی Lateral branch length
بلوک Block	2	4735ns	14044ns	1605781ns	67.04ns	0.010ns	0.96ns	18057ns	3.22ns	7749.33ns	3.16ns	15.56ns
تیمارهای تغذیه‌ای Nutritional treatments	7	1377783**	307667**	35385422**	1036.17**	97.40**	450.16**	310915**	72.05**	784231**	187.50**	39.61**
خطای آزمایشی Experimental error	14	53336	7338.87	2420430	133.86	2.76	24.77	24997	7.17	25943	5.35	8.65
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.80	13.91	23.13	29.27	16.19	11.37	16.88	18.52	10.77	7.21	3.38

** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم‌معنی‌داری.

** and ns are significant at the 0.01 of probability level and non-significant, respectively.

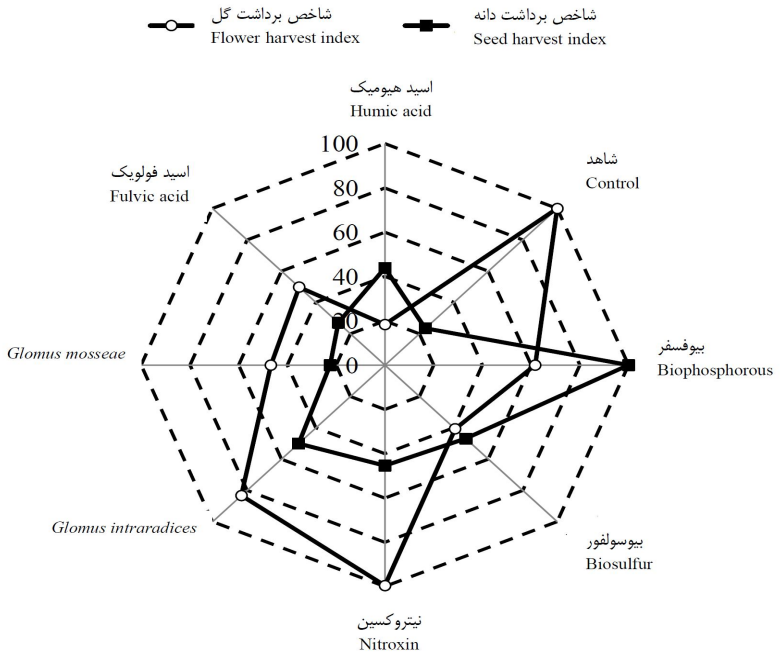


شکل 1- اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف بر عملکرد گل و عملکرد دانه گاوزبان ایرانی.

Figure 1- Effect of different organic acids and biofertilizers on flower and seed yield of Iranian Ox-Tongue.

برای هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

In each trait, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level.



شکل 2- تغییرات شاخص برداشت گل و دانه در گاوزبان ایرانی در نتیجه‌ی کاربرد اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف.

Figure 2- Changes of flower and seed harvest index of Iranian OX- Tongue in conditions of organic acids and different biofertilizers application.

جدول ۳- مقایسه‌میانگین برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد زیستی گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف.

Table 3- Mean comparison of some morphological characteristics and biological yield of Iranian Ox-Tongue affected by organic acids and different biofertilizers.

تیمارهای تغذیه‌ای Nutritional treatments	عملکرد ماده‌ی خشک Dry matter yield	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد ساقه فرعی ددر بوته Lateral branch number per plant	طول ساقه فرعی Lateral branch length
اسید هیومیک Humic acid	12424^{a}	21.08^{a}	2317^{a}	33.0^{c}	86.2b^{c}
اسید فولویک Fulvic acid	7814^{a}	13.13^{bc}	1273^{d}	34.0^{bc}	82.6^{c}
نیتروکسین Nitroxin	2779^{d}	9.19^{cd}	910^{e}	30.3^{cd}	91.0^{ab}
بیوفسفر Biophosphorous	3986^{cd}	20.95^{a}	1951^{b}	45.3^{a}	85.7^{bc}
بیوسولفور biosulfur	6402^{bc}	16.42^{ab}	1688^{bc}	38.0^{b}	88.5^{ab}
گلاموس موسه *Glomus moseae*	10895^{a}	12.64^{bc}	1483^{cd}	28.0^{d}	82.2^{c}
گلاموس اینترادیسه *Glomus intraradices*	5252^{b-d}	14.55^{b}	1559^{cd}	30.0^{cd}	92.4^{a}
شاهد Control	4245^{cd}	7.72^{d}	778^{e}	18.0^{e}	86.0b^{c}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف.

Table 4- Correlation coefficients between studied traits in Iranian Ox-Tongue affected by organic acids and different biofertilizers.

کد Code	صفت Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	عملکرد گل Flower yield	1										
2	عملکرد دانه Seed yield	-0.52**	1									
3	عملکرد ماده‌ی خشک Dry matter yield	0.05ns	0.56**	1								
4	شاخص برداشت گل Flower harvest index	0.33ns	-0.70**	-0.77**	1							
5	شاخص برداشت دانه Seed harvest index	-0.51*	0.47*	-0.39*	0.03ns	1						
6	وزن گل در بوته Flower weight per plant	0.98**	-0.55**	-0.01ns	0.37ns	-0.51*	1					
7	تعداد چرخه گل در بوته Flower cycle number per plant	-0.62**	0.81**	-0.57**	-0.57**	0.57**	-0.61**	1				
8	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	-0.46*	0.83**	0.39*	-0.59**	0.55**	-0.45*	0.79**	1			
9	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	-0.41*	0.93**	0.56**	-0.69**	0.45*	-0.42*	0.81**	0.92**	1		
10	تعداد ساقه فرعی در بوته Lateral branch number per plant	-0.48*	0.57**	-0.01ns	-0.41*	0.72**	-0.44*	0.77**	0.71**	0.60**	1	
11	طول ساقه فرعی Lateral branch length	-0.20ns	-0.05ns	-0.32ns	0.27ns	0.17ns	-0.13ns	0.14ns	0.02ns	-0.006ns	0.71ns	1

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌معنی‌داری.

**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively.

تیمارهای *گلاموس اینترادیسه* و اسید فولویک نیز به‌ترتیب منجر به افزایش 11 و 1 درصدی وزن گل در بوته در مقایسه با شاهد شدند، ولی اختلاف آنها با شاهد از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف (جدول 4)، بین وزن گل در بوته و تعداد چرخه‌ی گل در بوتههمبستگی منفی و معنی‌دار ($r=-0/61^{**}$) وجود داشت، لذا به‌نظر می‌رسد کودهایی که بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد چرخه‌ی گل در بوته نشان دادند (تیمارهای اسید هیومیک، بیوفسفر و بیوسولفور)، نتوانستند نقش مؤثری در بهبود وزن گل در بوته ایفا کنند. از آنجاییکه در گاوزبان ایرانی تنها چرخه‌های گل نزدیک به رأس ساقه‌های فرعی تولید گل می‌کنند، رابطه‌ی منفی بین وزن گل در بوته و تعداد چرخه‌ی گل در بوته منطقی به‌نظر می‌رسد. در یک پژوهش گزارش شد که استفاده از گونه‌های مختلف میکوریزا (*گلاموس اینترادیسه*، *گلاموس اِتونیکاتوم* و *گلاموس کلاروایدیوم*[1]) منجر به بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و به‌ویژه افزایش تعداد و وزن گل در بوته گیاه گل‌جعفری[2] شد (32).

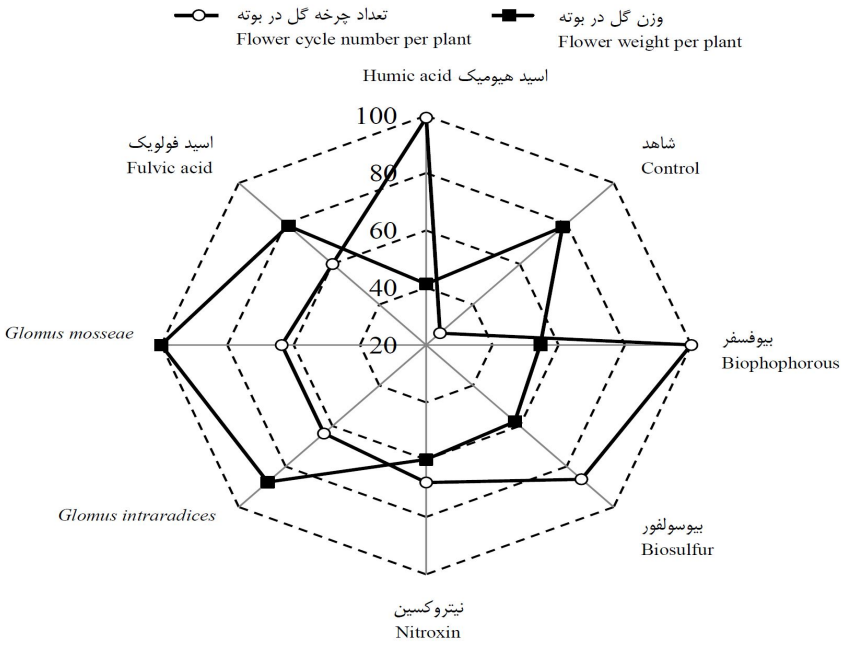
در بررسی اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف بر تعداد چرخه‌ی گل در بوته مشاهده شد که تمامی نهاده‌های اکولوژیک مورد مطالعه منجر به افزایش تعداد چرخه‌ی گل در بوته در مقایسه با شاهد شدند، ولی اثر اسید هیومیک و کود بیولوژیک بیوفسفر از این نظر به‌طور بارزتری نمایان شد، به‌طوری‌که تعداد چرخه‌ی گل در بوته از 342 چرخه در تیمار شاهد به‌ترتیب به 1313 و 1322 چرخه (به‌ترتیب افزایش 74 و 74 درصدی نسبت به شاهد) در تیمارهای اسید هیومیک و بیوفسفر افزایش یافت (شکل 3). اسید فولویک افزایش 57 درصدی تعداد چرخه‌ی گل در بوته را نسبت به شاهد به همراه داشت، کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیوسولفور به‌ترتیب منجر به افزایش 62 و 70 درصدی تعداد چرخه‌ی گل در بوته در مقایسه با شاهد شدند و هر دو گونه میکوریزای مورد استفاده (*گلاموس موسه* و *گلاموس اینترادیسه*) تعداد چرخه‌ی گل در بوته را 59 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل 3). چنانچه در شکل 4 مشهود است، بین تعداد چرخه‌ی گل در بوته و تعداد ساقه فرعی در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار ($R^2= 0/83^{**}$) وجود داشت، لذا با توجه به اینکه استفاده از اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف باعث افزایش تعداد ساقه فرعی در بوته شد (جدول 3)، بهبود تعداد چرخه‌ی گل در بوته در شرایط استفاده از این کودها منطقی به‌نظر می‌رسد. اگر چه افزایش تعداد چرخه‌ی گل در بوته منجر به کاهش عملکرد گل و وزن گل در بوته شد، ولی بهبود عملکرد دانه و وزن دانه در بوته را به‌همراه داشت (جدول 3). در یک پژوهش اثر سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار بررسی و گزارش شد که کاربرد 2000 میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک منجر به تولید بیشترین ارتفاع، ماده‌ی خشک تولیدی و تعداد گل در بوته شد (22). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر کودهای بیولوژیک مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سرخارگل گزارش شد که تمامی کودهای بیولوژیک مورد مطالعه (کاربرد جداگانه و ترکیبی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور)، بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه را به همراه داشتند، ولی بیشترین وزن خشک برگ، عملکرد زیستی، طول ریشه و تعداد گل در بوته در تیمار ترکیبی نیتروکسین و بیوفسفر مشاهده شد (1).

وزن و تعداد دانه در بوته

اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف بر وزن و تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود (جدول 2) و بیشترین و کمترین وزن و تعداد دانه در بوته به‌ترتیب در اثر تیمارهای اسید هیومیک و شاهد مشاهده شد (جدول 3). نتایج جدول 4 نشان داد که بین وزن و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت وجود داشت، بنابراین تأثیرگذاری اسید هیومیک بر هر دو صفت منطقی به نظر می‌رسد. به‌طور کلی تمامی تیمارهای تغذیه‌ای و بوم‌سازگار مورد مطالعه منجر به افزایش وزن و تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شدند، به‌این‌ترتیب که وزن دانه در بوته در تیمارهای اسید فولویک، نیتروکسین، بیوفسفر، بیوسولفور، *گلاموس موسه* و *گلاموس اینترادیسه* به‌ترتیب 41، 16، 63، 53، 39 و 47 درصد بیشتر از شاهد بود و تعداد دانه در بوته نیز در این تیمارها به‌ترتیب 39، 15، 60، 54، 48 و 50 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 3). به‌نظر می‌رسد که اسیدهای آلی از طریق کلات‌کنندگی عناصرغذایی (37) و کودهای بیولوژیک از طریق توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای (7)، بهبود وزن و تعداد دانه در بوته را سبب شدند. با توجه به نتایج جدول 4، بین تعداد ساقه فرعی در بوته و تعداد و وزن دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، لذا تیمارهای مؤثر بر تعداد ساقه فرعی در بوته منجر به افزایش وزن و تعداد دانه در بوته شدند. در یک پژوهش گزارش شد که استفاده از نهاده‌های اکولوژیک مختلف (اسید هیومیک، نیتروکسین، میکوریزا و استفاده‌ی ترکیبی این کودها) منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی و به‌ویژه وزن و تعداد دانه در بوته‌ی گندم[3] شد (20). در پژوهشی دیگر، گزارش شد که کاربرد 200 تا 300 گرم در هکتار اسید هیومیک، عملکرد دانه و عملکرد ماده‌ی خشک تولیدی ذرت[4] را به‌ترتیب 25 و 23 درصد نسبت به شاهد افزایش داد، ضمن این‌که در شرایط استفاده از این

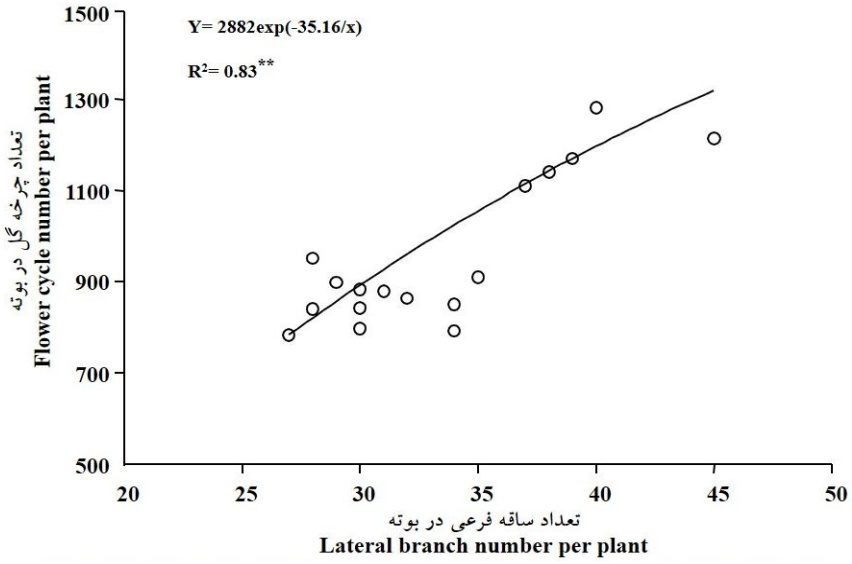
1- *Glomus claroideum*
2- *Tagetes patula* L.
3- *Triticum aestivum*
4- *Zea mays*

اسید آلی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته نیز در مقایسه با شاهد افزایش یافت (29).



شکل 3- تغییرات وزن گل و تعداد چرخه‌ی گل در بوته در گاوزبان ایرانی در نتیجه‌ی کاربرد اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف.

Figure 3- Changes of flower weight and flower cycle number per plant of Iranian OX- Tongue in conditions of organic acids and different biofertilizers application.



شکل 4- رابطه‌ی بین تعداد چرخه گل در بوته و تعداد ساقه فرعی در بوته‌ی گاوزبان ایرانی در شرایط کاربرد اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف.

Figure 4- Relationship between flower cycle number per plant and lateral branch number per plant of Iranian Ox-Tongue in conditions of organic acids and different biofertilizers application.

تعداد ساقه فرعی در بوته و طول ساقه فرعی

تعداد ساقه فرعی در بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف قرار گرفت (جدول 2) و بیشترین (44 ساقه فرعی در بوته) و کمترین (18 ساقه فرعی در بوته) تعداد ساقه فرعی در بوته به‌ترتیب در تیمارهای بیوفسفر و شاهد مشاهده شد (جدول 3). سایر نهاده‌های اکولوژیک مورد مطالعه نیز افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی در بوته را در مقایسه با شاهد سبب شدند، به‌این‌ترتیب که اسیدهای آلی هیومیک و فولویک به‌ترتیب افزایش 45 و 47 درصدی تعداد ساقه فرعی در بوته را نسبت به شاهد سبب شدند، کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیوسولفور، تعداد ساقه فرعی در بوته را به‌ترتیب 41 و 53 درصد در مقایسه با شاهد افزایش دادند و گونه‌های میکوریزای *گلاموس موسه* و *گلاموس اینترادیسه* به‌ترتیب منجر به افزایش 36 و 40 درصدی تعداد ساقه فرعی در بوته نسبت به شاهد شدند (جدول 3). در یک پژوهش اثر کودهای بیولوژیک مختلف بر خصوصیات کمی وکیفی گیاه دارویی گاوزبان اروپایی بررسی و گزارش شد که در شرایط کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن (آزوسپیریلوم) و باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات (*باسیلوس مِگاتِریوم*[1])، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و تعداد ساقه فرعی در بوته به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (33).

اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر طول ساقه فرعی معنی‌دار بود (جدول 2)، و بیشترین طول ساقه فرعی (94/4 سانتی‌متر) در تیمار *گلاموس اینترادیسه* مشاهده شد (جدول 3). تیمارهای اسید هیومیک، نیتروکسین و بیوسولفور نیز به‌ترتیب افزایش 0/5، 5 و 3 درصدی طول ساقه فرعی را سبب شدند، که البته از این نظر اختلاف آنها با شاهد معنی‌دار نبود (جدول 3). در یک پژوهش گزارش شد که ویژگی‌های مورفولوژیکی و به‌ویژه ارتفاع و طول ساقه فرعی گیاه سویا در شرایط تلقیح با میکوریزا بهبود یافت (35).

گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی

نتایج تجزیه‌ی خوشه‌ای نشان داد که از نظر کلیه‌ی صفات مورد مطالعه در این پژوهش، اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مورد استفاده در آزمایش، در سطح تشابه 75 درصد، در 3 خوشه قرار گرفتند (شکل 5). خوشه اول شامل تیمارهای بیوفسفر و بیوسولفور بود (شکل 5). بسیاری از محققین به اثرات مثبت باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات و باکتری‌های حل‌کننده گوگرد بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گیاهان مختلف اشاره کرده‌اند (3، 28) و با توجه به نقش‌های مؤثر عناصر فسفر و گوگرد در رشد گیاه، قرارگیری این دو کود بیولوژیک در یک خوشه منطقی به‌نظر می‌رسد. در خوشه دوم تیمارهای اسید فولویک و *گلاموس موسه* قرار گرفتند (شکل 5)، احتمالاً اسید فولویک به‌دلیل دارا بودن بسیاری از عناصرغذایی مورد نیاز گیاه (جدول 1) و *گلاموس موسه* به‌دلیل کلات کردن بسیاری از عناصرغذایی به‌ویژه فسفر (40) منجر به بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گاوزبان ایرانی شدند و در نتیجه خوشه‌ی مشترکی را به خود اختصاص دادند. خوشه سوم متعلق به تیمارهای نیتروکسین، *گلاموس اینترادیسه* و شاهد بود (شکل 5)، به‌نظر می‌رسد که اثرات باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین و قارچ *گلاموس اینترادیسه* مجال بروز نیافت و در نتیجه با تیمار شاهد در یک خوشه قرار گرفتند. تیمار اسید هیومیک تشابه قابل قبولی با سایر تیمارها نشان نداد و در خوشه‌ی مستقلی قرار گرفت (سطح تشابه 75 درصد) (شکل 5).

نتیجه‌گیری کلی

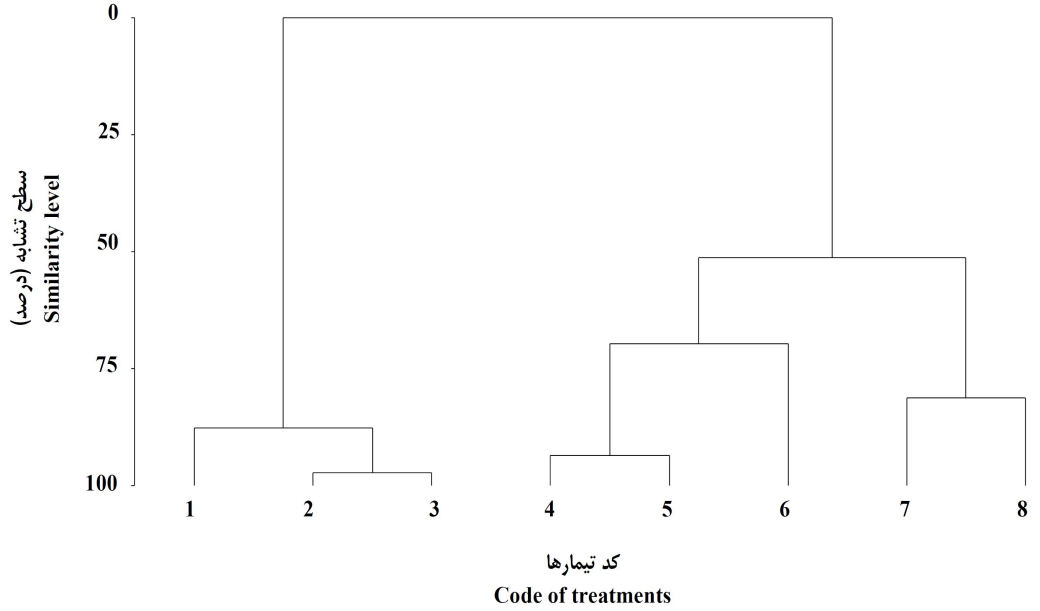
به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که اثر اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف بر اکثر صفات مورد مطالعه گاوزبان ایرانی مثبت بود. بیشترین مقدار عملکرد گل و دانه به‌ترتیب در اثر تیمارهای *گلاموس موسه* و اسید هیومیک بدست آمد، ضمن اینکه سایر نهاده‌های اکولوژیک مورد مطالعه نیز منجر به افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند. اثرات مثبت اسید هیومیک در صفات عملکرد ماده‌ی خشک، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته نیز نمود یافت، به‌طوری‌که در شرایط کاربرد اسید هیومیک هر یک از صفات نامبرده به‌ترتیب 66، 63 و 66 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافتند. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که اگر چه کلیه‌ی نهاده‌های بوم‌سازگار مورد مطالعه افزایش شاخص برداشت دانه، تعداد چرخه‌ی گل در بوته و تعداد ساقه فرعی در بوته را نسبت به شاهد به همراه داشتند، ولی بیشترین مقدار صفات فوق در تیمار بیوفسفر مشاهده شد. در ارتباط با طول ساقه فرعی، تیمار *گلاموس اینترادیسه* از برتری محسوسی در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بود. به طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، به‌نظر می‌رسد که با استفاده از اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک می‌توان ضمن بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گاوزبان ایرانی، سلامت محصول و محیط‌زیست را تضمین کرد و خسارات ناشی از نهاده‌های شیمیایی را به حداقل رساند.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این رساله توسط معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد 20491؛ پ مورخ 90/10/27 تامین شده است که بدین

1- *Bacillus megaterium*

وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاسگزاری می‌گردد.



شکل 5- تجزیه‌ی خوشه‌ای اسیدهای آلی و کودهای بیولوژیک مختلف (1: اسید هیومیک، 2: بیوسولفور، 3: بیوفسفر، 4: اسید فولویک، 5: *گلاموس موسه*، 6: *گلاموس اینترادیسه*، 7: نیتروکسین و 8: شاهد می‌باشند).

Figure 5- Cluster analysis of organic acids and different biofertilizers (1: Humic acid, 2: Biosulfur, 3: Biophosphorous, 4: Fulvic acid, 5: *Glomus moseae*, 6: *Glomus intraradices*, 7: Nitroxin and 8: Control)

منابع

1- Agha Alikhani M., Iranpour A. and Naghdi Badi H. 2013. Changes in agronomical and phytochemical yield of purple coneflower (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench) under urea and three biofertilizers application. Journal of Medicinal Plants, 12: 121-136. (in Persian with English abstract)

2- Anandham R., Sridar R., Nalayini P., Poonguzhali S., Madhaiyan M. and Tongmin S. 2007. Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and Rhizobium. Microbiological Research, 162: 139-153.

3- Badi H.N., Zeinali Z., Omidi H. and Rezazadeh S. 2012. Morphological, agronomical and phytochemical changes in borage (*Borago officinalis* L.) under biological and chemical fertilizers application. Journal of Medicinal Plants, 11: 145-156. (in Persian with English abstract)

4- Baghdadi H., Daneshian J., Yousefi M., Alimohammadi M. and Kheybari M. 2012. Influence of cattle manure and mycorrhiza fungi on vegetative growth of pumpkin under water deficit conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 1362-1365.

5- Benabdellah K., Abbas Y., Abourouh M., Aroca R. and Azcon R. 2011. Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: Mechanisms related to bacterial effectiveness. European Journal of Soil Biology, 47: 303-309.

6- Bera A.K., Pramanik K. and Panda D. 2013. Response of biofertilizers and homo-brassinolide on growth, relative water content and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Crop and Weed, 9: 84-90.

7- Chen J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the soil- Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. 16- 20 October, Thailand, pp 11.

8- El-Baz S.M., Abbas E.E. and Mostafa R.A.I.A. 2012. Effect of sowing dates and humic acid on productivity and infection with rot diseases of some soybean cultivars cultivated in new reclaimed soil. International Journal of Agricultural Research, 7: 345-357.

9- Founoune H., Dponnois R., Meyer J.M., Thioulose J., Mass D., Chotte J.L. and Neyra M. 2002. Interactions between ectomycorrhizal symbiosis and fluorescent pseudomonads on *Acacia holosericea*: isolation of mycorrhiza

helper bacteria (MHB) from a Soudano-Sahelian soil. FEMS. Microbial Ecology, 41: 37-46.
10- Ghassemi N., Sajjadi S.E., Ghannadi A., Shams Ardakani M. and Mehrabani M. 2003. Volatile constituents of Medicinal plant of Iran, *Echium amoenum* Fisch. and C.A. Mey. Daru, 11: 32-33.
11- Ghilavizadeh A., Darzi M.T. and Hadi M.H.S. 2013. Effects of biofertilizer and plant density on essential oil content and yield traits of Ajowan (*Carum copticum*). Middle-East Journal of Scientific Research, 14: 11 pp.
12- Gholami H., Samavat S. and Ardebili Z.O. 2013. The alleviating effects of humic substances on photosynthesis and yield of *Plantago ovate* in salinity conditions. International Journal of Applied and Basic Medical Research, 4: 1683-1686.
13- Hashemzadeh F., Mirshekari B., Khoe, F.R., Yarnia M. and Tarinejad A. 2013. Effect of bio and chemical fertilizers on seed yield and its components of dill (*Anethum graveolens*). Journal of Medicinal Plants Research, 7: 111-117.
14- Hawkes C.V., Hartley I.P., Ineson P. and Fitter A.H. 2008. Soil temperature affects carbon allocation within arbuscular mycorrhizal networks and carbon transport from plant to fungus. Global Change Biology, 14: 1181–1190.
15- Heiari M. and Karami V. 2014. Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13: 9-13.
16- Kertesz M.A. and Mirleau K. 2004. The role of soil microbes in plant sulfur nutrition. Journal of Experimental Botany, 55: 1-7.
17- Kizilkaya R. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering, 33: 150-156.
18- Latef A.A.H.A. and Chaoxin, H. 2011. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress. Acta Physiologiae Plantarum, 33: 1217-1225.
19- Lovelock C.E., Wright S.F., Clark D.A., and Ruess R.W. 2004. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. Journal of Ecology, 92: 278–287.
20- Massoud O.N., Afifi M.M.I., El-Akshar Y.S., El-Sayed G.A.M. 2013. Impact of biofertilizers and humic acid on the growth and yield of wheat grown in reclaimed sandy soil. Journal of Agriculture and Biological Sciences, 9: 104-113.
21- Mehrabani M., Shams Ardakani M., Ghannadi A., Ghassemi Dehkordi N. and Sajjadi Jazi S.E. 2005. Production of rosmarinic acid in *Echium amoenum* Fisch. And C.A. Mey. Cell cultures. Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2, 111-115.
22- Mohammadipour E., Golchin A., Mohammadi J., Negahdar N. and Zarchini M. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). Annals of Biological Research, 3: 5095-5098.
23- Mondal M.M.A., Malek M.A., Sattar M.A., Puteh A.B., Rafii M.Y. and Ismail M.R. 2013. Response of biofertilizer and urea on growth and yield in mungbean. Legume Research, 36: 448-452.
24- Natesan R., Kandasamy S., Thiyageshwari S. and Boopathy P.M. 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. Science World Journal, 7: 1198-1206.
25- Olsson P.A., Thingstrup I., Jakobsen I. and Baath E. 1999. Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. Soil Biology and Biochemistry, 31: 1879–1887.
26- Paradis R., Dalpe Y. and Charest C. 1995. The combined effect of arbuscular mycorrhizas and short-term cold exposure on wheat. New Phytologist, 129: 637-642.
27- Rajendran K. and Devaraj P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy, 26: 235-249.
28- Rentato Y., Ferreira M.E., Cruz M.C. and Barbosa J.C. 2003. Organic matter fraction and soil fertility the influence of liming vermicompost and cattle manure. Bioresource Technology, 60: 59-63.
29- Sarir M.S., Sharif M., Ahmed Zeb. and Akhlaq M. 2005. Influence of different levels of humic acid application by various methods on the yield and yield components of maize. Sarhad. Jouranl of Agriculture, 21: 75-81.
30- Sayyah M., Boostani H., Pakseresht S. and Malaieri A. 2009. Efficacy of aqueous extract of *Echium amoenum* in treatment of obsessive-compulsive disorder. Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry, 33: 1513-1516.
31- Scherer H.W. 2001. Sulphur in crop production-invited paper. European Journal of Agronomy, 14: 81-111.
32- Schmidt B., Domonkos M., Sumalan R. and Biro B. 2010. Suppression of arbuscular mycorrhiza's development by high concentrations of phosphorous at *Tagetes patula* L. Journal of Agricultural Research, 42: 156-162.
33- Shaalan M.N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis* L.). Egyptian Journal of Agricutural Research, 83: 271-284.
34- Shabahang J., Khorramdel S. and Gheshm R. 2013. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Agroecology, 5(3): 289-298. (in Persian with English Summary).
35- Sharifi M., Mohtashamian M., Riyahi H., Aghaee A. and Alavi S.M. 2011. The effects of vesicular-arbuscular

mycorrhizal (VAM) fungus Glomus etunicatum on growth and some physiological parameters of basil. Journal of Medicinal Plant, 10: 85-94. (in Persian with English Summary).
36- Tufenkci S., Sonmez F. and Sensoy R.I.G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhiza fungus inoculation and phosphorous and nitrogen fertilizations on some plant growth parameters and nutrient content of soybean. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9: 1121-1127.
37- Verlinden G., Pycke B., Mertens J., Debersaques F., Verheyen K., Baert G., Bries J. and Haesaert G. 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. Journal of Plant Nutrition, 32: 1407-1426.
38- Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255: 571- 586.
39- Wu S.C., Caob Z.H., Lib Z.G., Cheunga K.C. and Wong M.H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125: 155-166.
40- Zhu C.X., Song B.F. and Xu W.H. 2010. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. Plant and Soil, 331: 129–137.