نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره چهارم، زمستان ۹۶
۱۷۳-۱۸۶
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی تأثیر کاربرد بهبود دهنده‌های رشد و کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)

***زینب اورسجی[۱] و مهدی تنهاخواجه[۲]**

[۱]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، [۲]فارغ‌التحصیل کارشناسی، تولیدات گیاهی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/٦/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: سیب‌زمینی، پنجمین محصول کشاورزی در جهان است که نقش مهمی در تغذیه مردم دارد و منبعی سرشار از کربوهیدرات، پروتئین و اسیدآمینه‌های ضروری برای انسان به حساب می‌آید. این گیاه جزء مهم‌ترین گیاهان غده‌ای است. کودهای شیمیایی، نقش اساسی در افزایش عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی دارند. با این‌حال، مصرف غیراصولی و بی‌رویه کودهای شیمیایی با مشکلات زیادی از نظر سلامتی و مسائل زیست‌محیطی و ایجاد آلودگی در منابع آب و خاک همراه است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر بهبوددهنده‌های رشد و کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد سیب زمینی رقم میلوا انجام گردید.

مواد و روش: آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. تیمارها شامل مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس به میزان عرف منطقه (100NPK)، مصرف 100NPK + هیومیک اسید (HMC)، Equilibrate vegetative organic + 100NPK (EVEO)، مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس به میزان نصف عرف منطقه (50NPK) + هیومیک‌اسید، EVEO +50NPK، EVEO به تنهایی و کاربرد هیومیک اسید به تنهایی بودند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد غده در بوته، وزن تر و خشک غده‌های تک بوته و وزن تر بوته در هکتار، عملکرد بیولوژیک، عملکرد غده سیب زمینی و شاخص برداشت بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربرد اسیدهیومیک و EVEO همراه با کود شیمیایی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد غده در هر بوته، وزن خشک غده هر بوته، عملکرد غده، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد، اما تأثیر معنی‌داری بر وزن بوته در هکتار و وزن خشک تک بوته نداشتند. بالاترین تعداد غده در بوته، وزن خشک غده هر بوته، عملکرد غده، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمار 100NPK + EVEO به‌دست آمد، اگرچه اختلاف معنی‌داری با تیمارهای 100NPK + HMC و 50NPK + EVEO نداشت. کمترین میزان این صفات در تیمار 100NPK حاصل شد، ولی تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کاربرد اسیدهیومیک و EVEO به‌تنهایی مشاهده

*مسئول مکاتبه: avarseji@gonbad.ac.ir

نشد. عملکرد غده در تیمارهای 100NPK+EVEO، 100NPK+HMC و 50NPK+EVEO به‌ترتیب ۲۷/٦٤، ۱۸/۲۱ و ۱۵/۷۵ درصد نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی 100NPK افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: براساس این نتایج، با کاربرد بهبوددهنده رشد EVEO می‌توان مصرف کود شیمیایی را به میزان ۵۰ درصد کاهش داد؛ به‌عبارت دیگر در تیمار 50NPK+EVEO علاوه‌بر این‌که عملکرد قابل قبول سیب‌زمینی، مقدار کود شیمیایی مصرفی نیز نسبت به بقیه تیمارها ۵۰ درصد کمتر بود. همچنین نتایج نشان داد که بین عملکرد غده در تیمار کود شیمیایی و کاربرد تنهای اسید هیومیک و EVEO تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین، کاربرد این مواد آلی می‌تواند با افزایش جذب و کارایی مواد غذایی و به دنبال آن کاهش مصرف کودهای شیمیایی کمک شایانی به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی کند.

واژه‌های کلیدی: بهبوددهنده رشد، هیومیک اسید، کود شیمیایی، عملکرد سیب‌زمینی

مقدمه

سیب‌زمینی، پنجمین محصول کشاورزی در جهان است که نقش مهمی به‌عنوان غذای اصلی در کشورهای حوزه مدیترانه دارد (١٤). این محصول غذایی، منبعی سرشار از کربوهیدرات، پروتئین و اسیدآمینه‌های ضروری انسان به حساب می‌آید و مهم‌ترین گیاه غده‌ای است که بعد از غلاتی مانند گندم (*Triticum aestivum*)، برنج (*Oryza sativa*)، جو (*Hordeum vulgare*) و ذرت (*Zea mays*) اهمیت زیادی در تأمین غذای انسان دارد (۲۷). در ایران نیز با توجه به رشد جمعیت، تأمین غذا برای بیش از ٦٥ میلیون نفر در حال حاضر و ۱۲۰ میلیون نفر در دو دهه آینده، تولید سیب‌زمینی نیز باید مورد توجه قرار گیرد (۱۲). مصرف سیب‌زمینی و فرآورده‌های آن در دنیا رو به افزایش است؛ به‌همین سبب، توجه بیشتر به نوآوری در تولید سیب‌زمینی و بهبود ویژگی‌های کیفی به‌همراه افزایش عملکرد اجتناب‌ناپذیر است (٦).

عملکرد پایین محصولات کشاورزی در بسیاری از کشورها معمولا مربوط به کمبود مواد غذایی در خاک می‌باشد (٤٨). کشاورزان تلاش می‌کنند تا با رفع کمبود مواد غذایی و استفاده از عملیات مدیریتی صحیح، تولید محصول را به توان ژنتیکی نزدیک کنند (۳۳). کودهای شیمیایی، نقش اساسی در افزایش عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی دارد (٣٤). با این‌حال، مصرف غیر اصولی و بی‌رویه کودهای شیمیایی، مشکلات زیادی از نظر سلامتی و مسائل زیست محیطی و ایجاد آلودگی در منابع آب و خاک به‌همراه دارد. مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه باعث افزایش غلظت نیترات در اندام‌های قابل مصرف محصولات زراعی به‌خصوص سبزی‌ها می‌شود. طباطبایی و ملکوتی (۱۹۹۷) اظهار داشتند که اگر مصرف کود نیتروژنی در مزارع سیب‌زمینی از ۹۰ به ۱۲۰ کیلوگرم افزایش یابد، میزان نیترات ۵ برابر بیش از میزان مطلوب آن می‌باشد (٤٢). ملکوتی و همکاران (۲۰۰۵) طی بررسی علل تجمع نیترات در گوجه‌فرنگی دریافتند که بین میزان نیترات در میوه گوجه‌فرنگی و مقدار مصرف کود نیتروژنه رابطه مستقیمی وجود دارد و مهم‌ترین عامل محیطی که تجمع نیترات را تحت تأثیر قرار داد، میزان نیترات در درسترس گیاه بود (۲۵). جلینی و دوستی (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که تجمع نیترات در سیب‌زمینی و

گوجه‌فرنگی با افزایش مصرف کود نیتروژنه به‌صورت خطی افزایش پیدا کرد (۲۲). استفاده بیش از حد کودهای نیتروژنه با کاهش تولید پروتئین و تجمع نیتروژن به شکل غیر پروتئینی در گیاه باعث کاهش کیفیت محصول نیز می‌گردد (۸). همچنین، مصرف بی‌رویه کود تحت روش‌های سنتی از عوامل اصلی آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی به نیترات می‌باشد (۷). لشکری‌پور و غفوری (۲۰۰۲) گزارش کردند آب چاه‌هایی که در حاشیه آن‌ها، فعالیت کشاورزی انجام می‌شود؛ به‌علت مصرف کودهای شیمیایی، واجد غلظت بالای نیترات می‌باشند (۲۳). بنابراین، باید با مدیریت بهینه کوددهی، میزان نیترات کاهش یابد. یکی از روش‌های کاهش مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای بیولوژیک و بهبود دهنده‌های رشد در تلفیق با کودهای شیمیایی است.

فسفر از جمله عناصر غذایی اصلی موردنیاز گیاه است که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا، ساخت و انتقال انرژی، نقش مهمی دارد. کمبود این عنصر، فعل و انفعالات سوخت و ساز نظیر تبدیل قند به نشاسته را در گیاه متوقف می‌کند. از آنجایی که سیب‌زمینی، محصولی با نیاز فسفره بالا می‌باشد؛ مدیریت کود فسفره به‌عنوان بخشی مهم در سیستم‌های تولید این محصول به حساب می‌آید. فسفر باعث افزایش سرعت گسترش کانوپی گیاه، تقسیم ریشه، تشکیل غده و تولید نشاسته در سیب‌زمینی می‌شود به‌عبارت دیگر فسفر کافی، برای عملکرد مناسب، محتوای ماده خشک، کیفیت غذایی و مقاومت به بعضی بیماری‌ها در سیب‌زمینی لازم است (۳۵).

کودهای پتاسیمی به‌عنوان یکی از عوامل مهم که رشد و عملکرد سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ مورد توجه هستند. بر اساس نتایج پژوهشگران، بین افزایش عملکرد غده و افزایش سطوح کودهای پتاسیمی ارتباط مستقیم وجود دارد (۱۰ و ۲۱). این محققین دلیل افزایش عملکرد سیب‌زمینی را به تأثیر پتاسیم بر افزایش تعداد غده در بوته و همین‌طور تشکیل غده‌های بزرگ‌تر نسبت داده‌اند (۹). پتاسیم نقش کلیدی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت سیب‌زمینی ایفا می‌کند (٤٤).

هوموس حدود ۷۵-۷۰ درصد ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهد که حاوی اسید هیومیک و اسید فولویک است (٤٥). اسیدهیومیک یک منبع طبیعی مطلوب و امیدبخش است که می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی و یا کاهش عوارض جانبی مواد شیمیایی جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد (۹، ۱۷ و ۱۸). اسیدهیومیک حاوی بسیاری از عناصر است که به‌عنوان اصلاح‌کننده برای بهبود حاصلخیزی خاک عمل می‌کند (۳۲). مواد هیومیک قادر به جذب رطوبت بیشتر بوده که کارایی مصرف آب را در خاک‌های شور افزایش می‌دهد. این موضوع ممکن است به تورم و انباشت آب توسط خاک اصلاح شده نسبت داده شود (٤۳). این ماده آلی، دسترسی مواد مغذی را افزایش داده و در نتیجه، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (٤۳). اسید هیومیک در کنار تأثیر برخصوصیات شیمیایی و زیستی خاک، فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۱). این ماده آلی با اثرات بیوشیمیایی در گیاه مانند فعال‌سازی و یا مهار آنزیم، تغییر در نفوذپذیری غشاء و سنتز پروتئین، تولید زیست‌توده را فعال می‌کند (٤). اسید هیومیک دارای خاصیت شبه هورمونی نیز می‌باشد و کاربرد آن به‌صورت محلول‌پاشی و خاک مصرف موجب افزایش

هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه می‌شود (۱).

یک محصول آلی جدید که برای بهبود رشد گیاهان در کشور ایتالیا تولید شده است، محصول متعادل‌کننده آلی سبزیجات EVEO[1] می‌باشد که برای تعادل رشد رویشی گیاهان، به‌ویژه در شرایط نامطلوب آب و هوایی تولید شده و به نوعی ماده‌ای ضد تنش است که بر اساس اسمولیت‌ها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی عمل می‌کند. بر خلاف بسیاری از فرمولاسیون‌های دیگر که تنها به‌عنوان ماده غذایی برای گیاه عمل می‌کند و یا صرفا دارای فعالیت هورمونی هستند، این ماده فرایند متابولیکی طبیعی گیاه را نیز تحریک می‌کند. همه این موارد منجر به داشتن گیاهان زراعی متعادل می‌گردد که قادر به جذب آب و مواد مغذی بیشتری هستند. بخش آلی آن متشکل از الکل خاص تثبیت شده با خلوص بالا می‌باشد که در سلول‌های گیاهی به کمک آنزیم‌های داخل سلول به مشتقات اتیلن تجزیه می‌شوند؛ این ترکیبات حاصله در واکنش با آمونیوم موجود در گیاه موجب تولید اتانولامین می‌گردد. اتانولامین کارکردهای تغذیه‌ای در سلول گیاهی انجام می‌دهد که به نوبه خود یک منبع از اسیدهای آمینه برای گیاه است همچنین به گلیسروفسفولیپیدها که از ترکیبات اصلی همه غشاهای زیستی بوده، تبدیل می‌شود. محصولات حاصل از تجزیه EVEO مواد مغذی برای سلول‌های گیاهی می‌باشند (۳۰).

این تحقیق با هدف بررسی اثرات مواد متعادل‌کننده رشد (EVEO) و بهبوددهنده رشد (اسید هیومیک) به‌صورت تنها و در تلفیق با کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی در شرایط آب و هوایی گنبد کاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات مکان پژوهش: این پژوهش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا اجرا شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول یک آمده است.

طرح آماری و تیمارهای پژوهش: این آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس به میزان عرف منطقه (100NPK)، مصرف 100NPK + اسیدهیومیک (پوهوموس آلمان)، Equilibrate + 100NPK vegetative organic (EVEO)، مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس به میزان نصف عرف منطقه (50NPK) + اسیدهیومیک، EVEO +50NPK، EVEO به‌تنهایی و کاربرد اسید هیومیک به‌تنهایی بودند. مقدار کود مورد استفاده در منطقه برای سیب‌زمینی، ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۵۰ کیلوگرم فسفر و ۲۰۰ کیلوگرم پتاس بود که با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱) در این آزمایش مقدار تیمارهای 100NPK معادل ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۵۰ کیلوگرم فسفر و ۸۰ کیلوگرم پتاس و تیمارهای 50NPK معادل نصف این مقادیر در نظر گرفته شدند.

1- Equilibrate vegetative organic

جدول ١- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش.

Table 1. Soil characteristics of experiment site.

ماسه Sand	لای Silt	رس Clay	نیتروژن N	کربن آلی OC	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	بافت خاک Soil texture
			درصد (%)		پی پی ام ppm				
21	64	15	0.07	0.68	13.40	356	7.90	1.19	سیلتی- لومی Si-L

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و ایجاد جوی و پشته، سیب‌زمینی رقم میلوا در تاریخ ١٦ دی ماه ١٣٩٤ کشت شد. اولین مرحله محلول‌پاشی EVEO به‌صورت برگ مصرف و کاربرد خاک مصرف اسیدهیومیک به‌ترتیب دوم و هجدهم فروردین ١٣٩٥ اعمال شد. EVEO به میزان ٠/٥ کیلوگرم در هکتار و در مرحله ١٥ سانتی‌متری، قبل و بعد از گلدهی سیب‌زمینی مورد استفاده قرار گرفت. پس از هر بار اعمال خاک مصرف هیومیک اسید (چهار کیلوگرم در هکتار)، زمین آبیاری شد تا این ماده به منطقه ریشه گیاه برسد. مصرف کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم قبل از کاشت انجام شد و کاربرد کود نیتروژنه به‌صورت یک سوم هنگام کاشت و بقیه آن به‌ترتیب در دو تاریخ پنج و ١٢ اردیبهشت به‌صورت سرک به خاک اضافه شد.

اندازه کرت‌ها سه در پنج متر، فاصله بین کرت‌ها یک متر، فاصله بین بلوک‌ها دو متر، فاصل بین ردیف‌های کاشت ٧٥ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌های کاشت ٢٠ سانتی‌متر بود.

مدیریت داشت مزرعه: در طول فصل زراعی، با علف‌های هرز مبارزه مکانیکی شد. جهت مبارزه با علف هرز انگل سس هر دو روز یکبار تک تک بوته‌ها مورد بررسی قرار گرفتند و بوته‌های سس به‌صورت دستی از ساقه‌های سیب‌زمینی جدا شد و به خارج از مزرعه منتقل شدند. مبارزه با شته‌ها و برگخوارها توسط آفت‌کش کونفیدور انجام شد.

صفات اندازه‌گیری شده: در انتهای فصل رشد به‌طور تصادفی ١٥ بوته سیب‌زمینی از هر کرت انتخاب شد و تعداد غده در بوته، وزن خشک غده‌های تک بوته و وزن تر بوته در هکتار، وزن خشک تک بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد غده محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک غده‌ها، تمام آن‌ها توسط چاقویی تیز به‌صورت ورقه‌ای برش داده شدند، تا بتوان غده‌ها را در آون خشک کرد. غده‌های ورقه شده در دمای ٧٥ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک‌هفته نگهداری شدند و هر دو روز یک‌بار پاکت‌های حاوی غده‌های برش داده شده جابجا می‌شدند تا گرما به تمام قسمت‌های غده‌ها برسد و عملیات خشک شدن سریع‌تر انجام شود.

تجزیه داده‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار R (3.3.1) و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD انجام شد. لازم به ذکر است که برای مقایسه میانگین از بسته Agricola استفاده شد. شکل‌ها در محیط Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مورد استفاده بر وزن خشک غده‌های سیب‌زمینی تک بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و بر عملکرد غده، عملکرد بیولوژیک و تعداد غده در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما وزن خشک تک بوته و وزن تر بوته در هکتار تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول ٢).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در سیب‌زمینی.

Table 2. Analysis varaince (mean squares) of measured traits in potato.

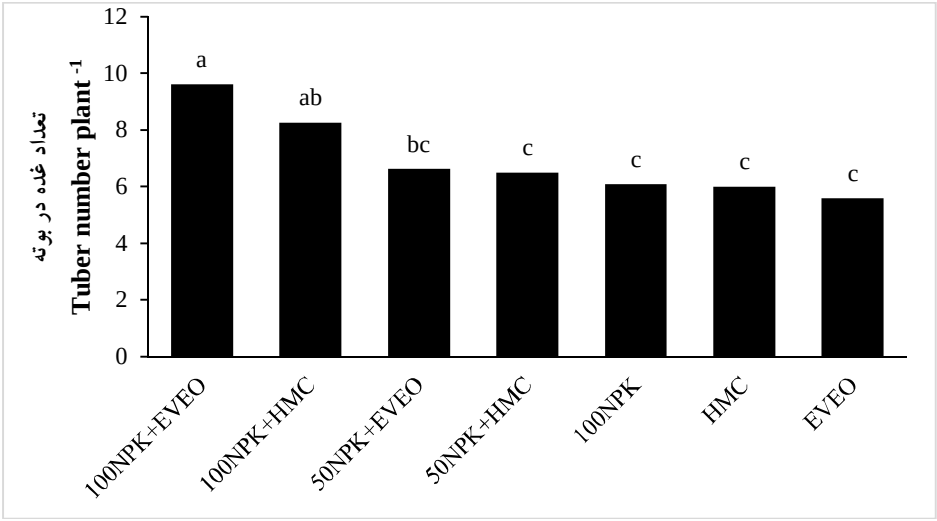
منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	تعداد غده در بوته Tuber No. plant^{-1}	وزن خشک غده‌های یک بوته dry weight of tuber plant^{-1}	وزن تر بوته در هکتار plant fresh weight ha^{-1}	وزن خشک تک بوته Dry weight plant^{-1}	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد Yield
بلوک Block	2	2.08	58.86	7095.20	201.70	361348788	0.0037	187.12
تیمار Treatment	6	6.34**	653.05*	419.50^{ns}	8.28^{ns}	71851898**	0.00096*	58.60**
خطا Error	12	0.50	49.27	248	8.82	4817185	0.00031	2.99
ضریب تغییرات CV		10.17	6.20	13.21	16.26	5.29	2.20	5.16

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد، ns: غیر معنی‌دار.

* and ** are significant at p≤0.05 and p≤0.01, respectively, and ns is non-significant.

تعداد غده در بوته: همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود بیشترین میانگین تعداد غده در بوته از تیمار 100NPK+EVEO به‌دست آمد، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار 100NPK+HMC نداشت. کمترین تعداد غده در تیمارهای EVEO، HMC، 50NPK+HMC و 100NPK به‌دست آمد که این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار 50NPK+EVEO نداشتند.

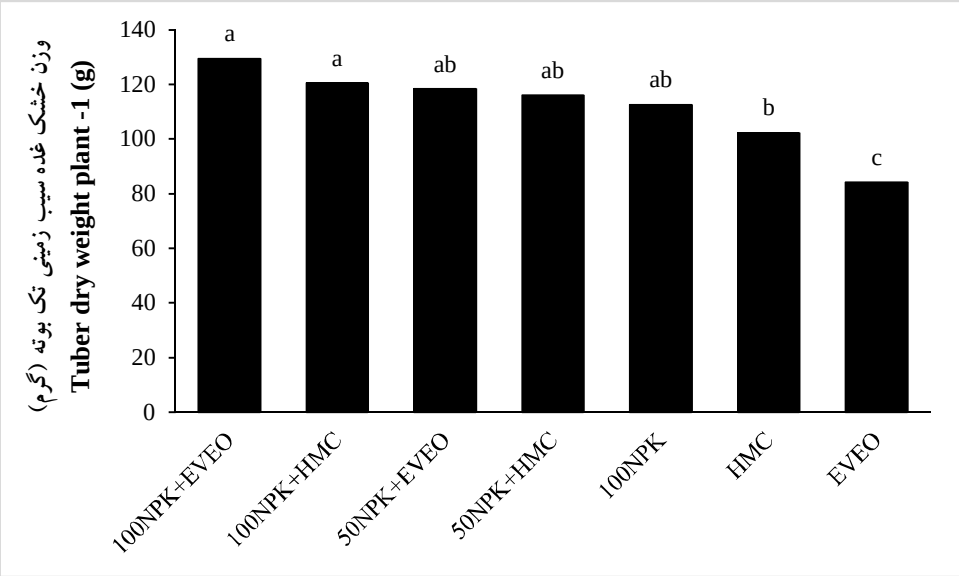
در آزمایش السید حمدا و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که استفاده از مواد هیومیکی باعث افزایش معنی‌دار تعداد غده در بوته گردید (۱۱). مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی با اسید هیومیک، اثر مفیدی بر تعداد غده سیب‌زمینی داشت (۱۵). وریلیندن و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تولید غده سیب‌زمینی، پاسخ مثبتی به کاربرد اسید هیومیک نشان داد (٤٧).



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف کودی بر تعداد غده در هر بوته.

Figure 1. Effect of different fertilizer treatments on tuber number per plant.

وزن خشک غده‌های تک بوته: تیمارهای مختلف کودی، تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۵) بر وزن خشک غده سیب‌زمینی تک بوته داشتند (جدول ۲). در تیمار 100NPK+EVEO، وزن خشک غده سیب‌زمینی در هر بوته، ۱۳۰ گرم بود که بالاترین میزان تولید را دارا بود و در تیمارهای دیگر از مقدار آن کاسته شد، اگرچه از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها به غیر از کاربرد تنهای EVEO و HMC نداشت. کمترین وزن خشک غده سیب‌زمینی تک بوته به میزان ٨٤ گرم در بوته در تیمار EVEO مشاهده شد (شکل ۲).



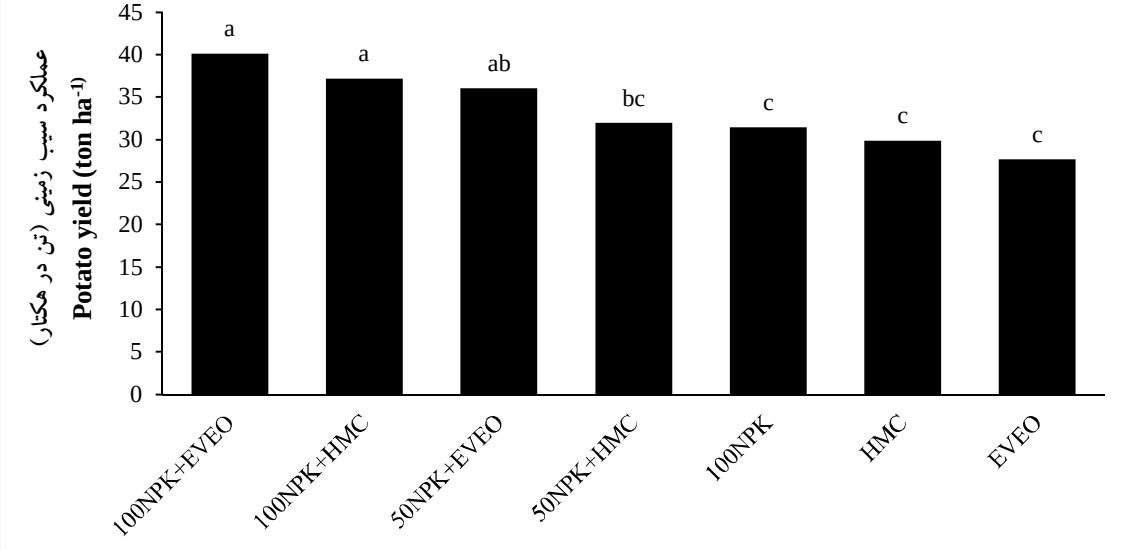
شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کودی بر وزن خشک غده سیب‌زمینی تک بوته.

Figure 2. Effect of different fertilizer treatments on tuber dry weight per plant.

محصول EVEO باعث بهبود سوخت و ساز کلی گیاه شده که نتایج آشکار آن با تجمع مواد مغذی در اندام چندساله مشخص می‌گردد. همچنین با داشتن فعالیت تحریک کننده ریزوم به جذب بهتر مواد مغذی کمک کرده و باعث جذب بهتر عناصر معدنی شده و در مخلوط با دیگر مکمل‌های غذایی دیگر می‌تواند جذب عناصر کمیاب ضروری را افزایش دهد (۳۰). هاپکینز و استارک (۲۰۰۳) بیان داشتند وقتی سطح هوموس خاک افزایش می‌یابد، رشد و سلامت گیاه به‌طور مطلوبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۰). خاک‌های دارای سطوح پایین هوموس اغلب از افزودن مواد هومیک سود می‌برند. مواد هوموسی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی شده و دانه‌بندی خاک را بهبود داده که این عوامل سبب ایجاد شرایط مناسب برای رشد اندام زیرزمینی می‌گردد که یکی از متداول‌ترین پاسخ‌های گیاه به اسید هیومیک، بهبود توسعه ریشه است (۱۸). ابوزینادا و شیخ‌الید (۲۰۱۵) به‌منظور کاهش مصرف کود در سیب‌زمینی، آزمایشی با کاربرد میزان رایج کود منطقه و ۵۰ درصد کود متعارف همراه با اسید هیومیک (۱۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) و بدون آن انجام دادند. در هر دو سال آزمایش، تیمار ۱۰۰ درصد کود رایج همراه با ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار منجر به تولید بالاترین وزن غده در هر بوته

شد، اگرچه در سال دوم، از نظر آماری تفاوتی بین تیمارهای کودی وجود نداشت (۲). نتایج یک آزمایش نشان داد که استفاده از کود آلی هیومی فورته (نوعی زیست محرک رشد) به میزان دولیتر در هکتار باعث افزایش تعداد غده در بوته، وزن غده در بوته و عملکرد غده سیب‌زمینی رقم ساوالان گردید (۱۳).

عملکرد غده سیب‌زمینی: کاربرد بهبوددهنده‌های رشد به‌همراه کود شیمیایی سبب افزایش عملکرد سیب‌زمینی شد. بیشترین عملکرد سیب‌زمینی (٤٠١٥٦ کیلوگرم در هکتار) از تیمار 100NPK+EVEO به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد تیمارهای 100NPK+HMC و 50NPK+EVEO نشان نداد (شکل ۳). به‌عبارت دیگر، با مصرف نیمی از کودهای شیمیایی عرف منطقه به‌همراه کاربرد بهبوددهنده EVEO مقدار عملکرد حاصل تفاوت معنی‌داری با مصرف کامل کودهای شمیایی+ بهبوددهنده‌های رشد نداشت؛ و عملا به‌نظر می‌رسد که می‌توان با مصرف نیمی از کودهای شیمیایی به‌همراه مکمل‌هایی مانند EVEO به عملکردی قابل قبول دست یافت. عملکرد غده در تیمارهای 100NPK+EVEO، 100NPK+HMC و 50NPK+EVEO به‌ترتیب ٢٧/٦٤، ١٨/٢١ و ١٥/٧٥ درصد نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی افزایش نشان داد. کمترین مقدار عملکرد سیب‌زمینی از تیمار EVEO به‌دست آمد؛ اگرچه اختلاف معنی‌داری با تیمارهای HMC و 100NPK نداشت. با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار عملکرد سیب‌زمینی در تیمارهای 100NPK و تیمارهای HMC و EVEO به‌نظر می‌آید که در این آزمایش مصرف تنهای کود شیمیایی بدون همراهی بهبود دهنده‌های رشد، عملا تفاوتی با کاربرد تنهای آن‌ها ندارد و شاید بتوان مصرف تنهای بهبوددهنده‌ها را به جای مصرف کود شیمیایی توصیه کرد. بهبوددهنده‌های رشد با تأثیر بر جذب بهتر عناصر غذایی، داشتن خاصیت هورمونی و تحریک رشد ریشه منجر به رشد بهتر گیاه و در نتیجه، بهبود عملکرد می‌شوند.

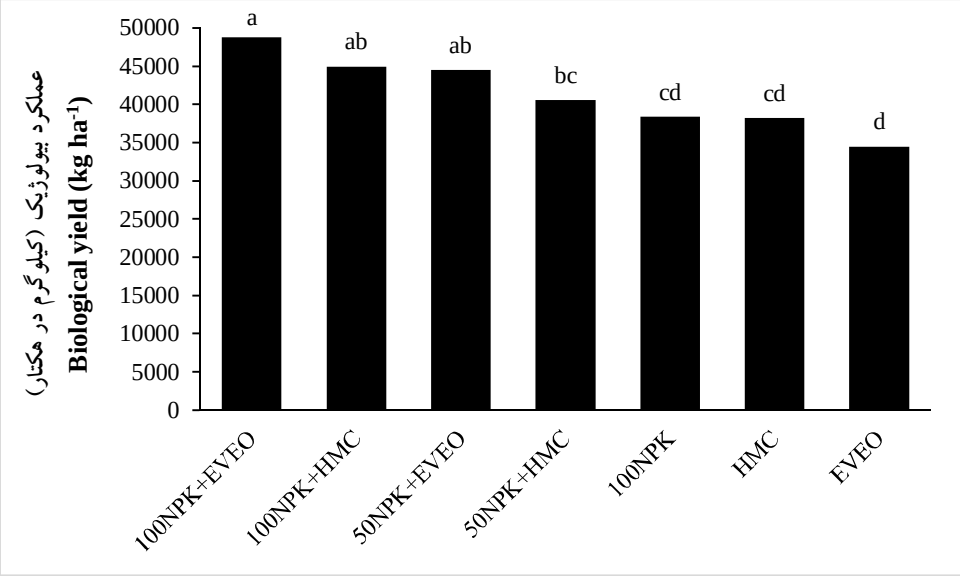


شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد غده سیب‌زمینی.

Figure 3. Effect of different fertilizer treatments on potato yield.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد مواد هیومیک + ٧٥ درصد مقدار کود NPK توصیه شده، عملکرد غده سیب‌زمینی را تا ١٦/٤٧ درصد افزایش داده است (٣٨). محمود و حافظ (٢٠١٠) گزارش کردند که عملکرد و کیفیت و همچنین ارزش غذایی غده‌های سیب‌زمینی با افزایش مقدار اسید هیومیک افزایش یافت (٢٤). کاربرد اسیدهیومیک در خاک، رشد گیاه، رنگدانه‌های فتوسنتز، عملکرد کل و عملکرد قابل فروش و کیفیت ریشه غده سیب‌زمینی شیرین (*Ipomoea batatas* L.) را افزایش داد (١١). افزودن اسید هیومیک به‌صورت مخلوط با آب آبیاری، پارامترهای رشد سیب‌زمینی، عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی غده را افزایش داد (٣٤). نتایج مطالعه قاسمی و همکاران (٢٠١٢) نشان داد که کاربرد اسید هیومیک به میزان دو لیتر در هکتار یک هفته قبل از خاک‌دهی باعث افزایش ١٠ درصدی تعداد برگ و ٢٨ درصدی وزن خشک مینی تیوبر سیب‌زمینی گردید و برهمکنش کودهای پتاسیم و نیتروژن با اسیدهیومیک باعث بهبود رشد اندام زیرزمینی سیب‌زمینی شد، به‌طوری‌که بالاترین وزن خشک اندام زیرزمینی در تیمار ٢٠٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ١٠٠ کیلوگرم پتاسیم در هکتار و ٢ لیتر در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد که ٤٣ درصد بیشتر از تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک بود (١٦). اسیدهیومیک و نیتروکسین از طریق اثرات فیزیولوژیکی مثبت مانند تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ منجر به افزایش عملکرد خیار شدند (٤١). اسیدهیومیک به‌عنوان کود آلی دوستدار طبیعت (١٩) می‌تواند با دو نحوه اثر روی رشد گیاهان تأثیرگذار باشد: اول به‌عنوان ترکیب شبه هورمونی (٢٩) و دوم به‌صورت غیرمستقیم و به‌وسیله افزایش جذب عناصر غذایی خاک، از طریق خاصیت کلات و احیاکنندگی و حفظ نفوذپذیری غشا (٣٦)، افزایش متابولیسم ریزجانداران در خاک و بهبود وضعیت فیزیکی خاک می‌تواند در افزایش رشد ریشه و ساقه مؤثر باشد (٥). عملکرد بادمجان از مساحت ٣٣٠٠ مترمربع بعد از سه تیمار با EVEO، ٩٤٩ کیلوگرم بود، درحالی‌که در تیمار شاهد ٧٤٩ کیلوگرم بود. کاربرد EVEO باعث کاهش تنش گرما روی گیاهان نیز گردید (٣٠).

عملکرد بیولوژیک سیب‌زمینی: بیشترین عملکرد بیولورژیک سیب‌زمینی از تیمار 100NPK+EVEO به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای 100NPK+HMC و 50NPK+EVEO نداشت. تیمار EVEO کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک را تولید کرد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای HMC و 100NPK نداشت (شکل ٤). عملکرد بیولوژیک بیانگر سهم اقتصادی گیاه از کل اندام گیاه می‌باشد. براساس این نتایج، مصرف نیمی از کود شیمیایی عرف منطقه به‌همراه بهبوددهنده رشد EVEO می‌تواند عمکرد بیولوژیکی در حد تیمارهای مصرف کامل کودهای شیمیایی + بهبوددهنده‌های رشد (100NPK+EVEO و 100NPK+HMC) تولید کند. بنابراین، با تلفیق مصرف EVEO همراه با کودهای شیمایی، مصرف این نهاده‌های شیمیایی را به میزان قابل توجهی کاهش داد.



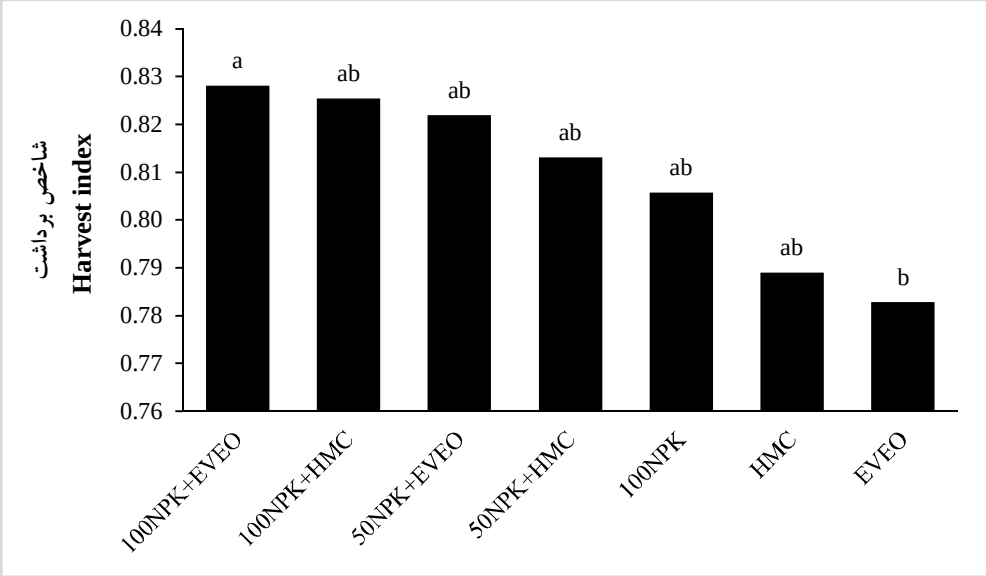
شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد بیولوژیک سیب‌زمینی.

Figure 4. Effect of different fertilizer treatments on biological yield of potato.

افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف اسیدهیومیک را می‌توان به تحریک رشد گیاه از طریق سوخت و ساز عناصر کم مصرف و پرمصرف، فعال‌سازی آنزیم‌ها و تغییر در نفوذپذیری غشا و سنتز پروتئین‌ها دانست که مجموع این عوامل سبب افزایش زیست توده گیاه می‌گردد (٤٦). کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش میزان کربوهیدرات در ساقه و برگ گیاهان می‌شود. این کربوهیدرات از طریق ساقه به ریشه انتقال داده می‌شود و بعد از ریشه به خاک منتقل شده که این عمل سبب فراهمی مواد غذایی برای میکروارگانیسم‌ها شده، اسید و سایر ترکیبات آلی را رها می‌کند که سبب افزایش فراهمی مواد غذایی برای گیاه می‌شود که سبب افزایش عملکرد بیولوژیک خواهد شد (۳۷). بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار تلفیق کاربرد کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک حاصل شد. کاربرد نیتروژن باعث افزایش تولید ماده خشک گیاه در واحد سطح می‌شود و اسید هیومیک با تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول و کلروفیل برگ باعث ماندگاری بیشتر برگ‌ها شده و درنتیجه، عملکرد تولیدی و زیست‌توده تولیدی در گیاه افزایش می‌یابد (۲٦). شبانی و آرمین (۲۰۱۵) کاربرد تلفیقی کود شیمیایی اوره و اسید هیومیک را بر عملکرد نخود مورد ارزیابی قرار داده و دریافتند که بالاترین عملکرد بیولوژیک از تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک و تیمار محلول‌پاشی اختلاط ۲۵ درصد کود شیمیایی و ۷۵ درصد اسیدهیومیک در مرحله رویشی + گل‌دهی به‌دست آمد (۳۹).

شاخص برداشت: بیشترین شاخص برداشت از تیمار 100NPK+EVEO به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای 100NPK+HMC و 50NPK+EVEO نداشت (شکل ۵). کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار کاربرد EVEO به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای HMC و 100NPK مشاهده نشد. کاربرد اسید هیومیک و EVEO همراه با کودهای شیمیایی سبب افزایش شاخص برداشت شد (شکل ۵). این امر می‌تواند

به‌دلیل افزایش عملکرد غده باشد که منجر به افزایش شاخص برداشت گردید. می‌توان علت افزایش شاخص برداشت در تیمار اسید هیومیک و EVEO را به جذب بهتر عناصر غذایی نسبت داد، زیرا گیاه با جذب مناسب‌تر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند از تشعشع خورشید استفاده مؤثرتری نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به غده‌ها ارسال کند و در نتیجه، نسبت عملکرد غده به ماده خشک افزایش می‌یابد.



شکل ٥- اثر تیمارهای مختلف کودی بر شاخص برداشت سیب‌زمینی.

Figure 5. Effect of different fertilizer treatments on harvest index of potato.

مجدم و همکاران (٢٠١٦) در بررسی اثر کود نیتروژن و اسیدهیومیک بر عملکرد ذرت بهاره مشاهده کردند که شاخص برداشت با کاربرد هر دو نوع کود افزایش نشان داد (٢٦). کاربرد اسیدهیومیک در باقلا نیز باعث افزایش شاخص برداشت گردید (٣).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این مطالعه مشخص شد که کاربرد بهبوددهنده‌های رشد همراه با کودهای شیمیایی سبب بهبود عملکرد غده سیب‌زمینی گردید و با تلفیق این مواد با کودهای شیمیایی می‌توان مصرف متداول و توصیه شده این کودها را به‌طور قابل توجهی کاهش داده و به کاهش آلودگی‌های زیست محیطی کمک کرد. عملکرد غده در تیمارهای 100NPK+EVEO، 100NPK+HMC و 50NPK+EVEO به‌ترتیب ٢٧/٦٤، ١٨/٢١ و ١٥/٧٥ درصد نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی 100NPK افزایش یافت.

سپاسگزاری

مایلم از آقای دکتر علی نخزری مقدم، آقای دکتر علی راحمی، آقای مهندس کامل پیری، آقای مهندس فرخ عطایی، آقای محسن سجادی که هر کدام به نوعی در انجام این پروژه یاری رساندند؛ تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

1. Abdel Mawgoud, A., El Greadly, M.R.N., Helmy, Y.I., and Singer, S.M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. J. of Applied Sci. Res., 3: 169-174.
2. Abu-Zinada, I.A., and Sekh-Eleid, K.S. 2015. Humic Acid to Decrease Fertilization Rate on Potato (*Solanum tuberosum* L.). Americ. J. Agri. Forest., 3: 234-238.
3. Akinci, S., Tamer, B., Ahmet, E., and Erdoğan, B.E. 2009. The Effect of humic acid on nutrient composition in broad bean (*Vicia faba* L.) roots. Notulae Scientia Biologicae., 1: 81-87.
4. Ali, H., Akbar, Y., Razaq, Dr.A., and Muhammad, D. 2014. Effect of Humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds. Int. J. Agri. Crop Sci., 7: 196-201.
5. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Metzger, J.D., Lee, S., Arancon, N.Q. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technol., 84: 7–14.
6. Buono, V., Paradiso, A., Serio, F., Gonnella, M., De-Gara, L., and Santamaria, P. 2009. Tuber quality and nutritional components of early potato subjected to chemical haulm desiccation. J. Food Composition Analysis., 22: 556-562.
7. Darwish, T., Atallah, T., Elkhatb, M., and Hajasan, S. 2002. Impact of irrigation and fertigation on NO_3 leaching and soil-griound water contamination in Lebanon. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand.
8. Doring, T.F., Brandt, M., Heb, J., Finckh, M.R., and Saucke, H. 2005. Effects of straw much on soil nitrate dynamics, weeds, and yield and soil nitrogen in organically grown potatoes. Field Crops Res., 94: 238-249.
9. EL-Desuki, M. 2004. Response of onion plants to humic acid and mineral fertilizers application. Annals of Agri. Sci. Moshtohor., 42: 1995-1964.
10. El-Gamal, A.M. 1985. Effect of potassium level on potato yield and quality. J. Agri. Sci. Mansoura Uni., 10: 1473-1476.
11. El-Sayed Hameda, E.A., Saif El Dean, A., Ezzat, S., and El Morsy, A.H.A. 2011. Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rates and application methods of the humic acid. Int. Res. J. Agri. Sci. Soil Sci., 1: 383-393.
12. Emani, A., and Rasoli, M. 2006. Impact of tuber size and growth of seed potato varieties Moran. Iran J. Agri. Sci., 1: 165-172. (In Persian)
13. Ezzati Gharalar, A., Shahrokhi, S.H., Hasanpanah, D., and Azizi, S.H. 2011. The effect of different organic fertilizer on yield and yield components of mini tuber on Agrai and Savalan varieties in Ardabil region. The sixth national conference on new ideas in agriculture. 10 March, Islamic Azad University Branch of Khoresgan. Iran. (In Persian)
14. FAO. 2011. FAO Statistical Database. Production Crops. Rome, Italy, http://faostat.fao.org/
15. Ghannad, M., Ashraf, S.H., and Taj Aliour, Z. 2014. Enhancing yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber using an integrated fertilizer, Management. Int. J. Agri. Crop Sci., 7: 742-748.
16. Ghasemi, A., Tavakoloo, M.R., and Zabihi, H.R. 2012. Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. J. Agro. Plant Breed., 8: 39-56. (In Persian)
17. Hafez, M.M. 2003. Effect of some sources of nitrogen fertilizer and concentration of humic acid on the productivity of squash plant. Egyptian J. Applied Sci., 19: 293-309.
18. Hartwigson, J.A., and Evans, M.R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. Hort Sci., 35: 1231-1233.
19. Hasanzade daluie, M. 1994. Effect of foliar application time with humic acid on yield, component yield protein and nitrogen remobilization and dry matter of two wheat cultivars. Ph.D. Thesis. Fedowsi Uni. of Mashhad, Iran. (In Persian)

20. Hopkins, B., and Stark, J. 2003. Humic acid effects on potato response to phosphorus. Idaho potato conference, January, 22-23.
21. Humadi, F.M. 1986. Influence of potassium rates on growth and yield of potato. Iraq J. Agri. Sci. Zanco., 4(2): 69-75.
22. Joleini, M., and Dousti, F. 2011. The study of nitrate accumulation in potato and tomato. Iranian J. Envir., 50: 62-71. (In Persian)
23. Lashgaripour, Gh., and Ghafouri, M. 2002. The study of nitrate accumulation in potato and tomato. J. Water and Wastewater. 41: 2-7. (In Persian)
24. Mahmoud, A.R., and Hafez, M.M. 2010. Increasing productivity of potato plants (*Solanum uberosum* L.) by using potassium fertilizer and humic acid application. Int. J. Academic Res., 2: 83-88.
25. Malakouti, M.J., Noori, A., Samavati, S., and Basitat, M. 2005. Reasons of the accumulation of nitrate in fruit vegetables (cucumbers, tomatoes, etc.) and its control solutions. Technical Bulletin 114, Sina Press. Ministry of Agriculture, the Soil and Water Research Institute. (In Persian)
26. Mojaddam, M., Dashti, M., and Derogar, N. 2016. Effect of humic acid and nitrogen fertilizer application on quantitative and qualitative characteristics and nitrogen use efficiency of spring corn. J. Crop Prod. Res., 8: 43-51. (In Persian)
27. Mousavi, M. 2011. Weed Management, Principles and Methods. Marz-e- danesh Press.
28. Najafi, A., AghaAlikhani, M., and Hasanpanah, D. 2015. Effect of planting bed and foliar application of supplementary organic matter (Humi-ferthi) on mini-tuber production from micro-tubers in two potato cultivars. Iranian J. Crop Sci. 17: 88-103. (In Persian)
29. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Bio. Biochem. 34: 1527-1536.
30. Nosulya, V. 2016. Technical manual EVEO. www.thermoflora.com/
31. Ohta, K., Morishitai S., Sudai, K., Kobayashii, N., and Hosoki, T. 2004. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. J. Japanese Society for Horti. Sci., 73: 66-68.
32. Rajpar, I., Bhatti, M., Hassan, Z., and Shah, A. 2011. Humic acid improves growth, yield and oil content of *Brassica compestris* L. Parkisan J. Agri. Engineering and Veterinary Sci., 27: 125-133.
33. Rehman, F., Lee, S.K., and Joung, H. 2002. Effects of various chemicals on carbohydrate content in potato microtubers after dormancy breaking. Asian J. Plant Sci., 3: 224-225.
34. Rizk, F.A., Shaheen, A.M., Singer, S.M., and Sawan, O.A. 2013. The Productivity of potato plants affected by urea fertilizer as foliar Spraying and humic acid added with irrigation water. Middle East J. Agri. Res., 2: 76-83.
35. Rosen, C.J., Kelling, K.A., Stark, J.C., and Porter, G.A. 2014. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. American J. Potato Res., 91(2): 145-160.
36. Sanchez–Sanchez, A., Sanchez-Andreu, J., Juarez, M., Jorda, J., and Bermudez, D. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. J. Plant Nutrition., 25: 2433–2442
37. Sassi-Aydi, S., Aydi, S., and Abdelly, C. 2014. Inorganic nitrogen nutrition enhances osmotic stress tolerance in *Phaseolus vulgaris*: Lessons from a drought-sensitive cultivar. Hort Sci., 49: 550-555.
38. Selim, E.M., Mosa, A.A., and El-Ghamry, A.M. 2009. Evaluation of humic acid fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. Agri. Water Manag., 96: 1218-1222.
39. Shabani, R., and Armin, M. 2015. Effects of time and integrated applications of biological and chemical fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry land condition. J. Applied Res. Plant Ecophysiology. 1: 31-43. (In Persian)
40. Suganya, S., and Sivasamy, R. 2006. Moisture retention and cation exchange capacity of sandy soil as influenced by soil additives. J. Applied Sci. Res., 2: 949-951.

41. Sure, S., Arooie, H., Sharifzade, K., and Dalirimoghadam, R. 2012. Responses of productivity and quality of cucumber to application of the two biofertilizers (humic acid and nitroxin) in fall planting. Agri. J. 7: 401-404.
42. Tabatabai, S.J., and Malakouti, L.J. 1997. The effect of different amounts of urea and interaction with phosphorus and potassium on yield and nitrate accumulation in potato. Iranian J. Soil Res. (Soil and Water Sci.)., 11: 32-39. (In Persian)
43. Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and Environment. Marcel Dekker, New york.
44. Tisdale, S.L., Nelson, W.L., and Beaton, J.D. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publication Co. New York. Pp: 249-91.
45. Turkman, 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. Biological Sci., 50: 574-565.
46. Ulukan, H. 2008. Effect of soil applied humic acid at different sowing times on some yield components in wheat (*Triticum* spp.) hybrids. Int. J. Botany., 4: 164-175.
47. Verlinden, G., Pycke, B., Mertens, J., Debersaques, F., Verheyen, K., Baert, G., Brif, S.J., Haesaert, G. 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. J. Plant Nutrition. 32: 1407-1426.
48. Ziaeian, A. 2003. The Use of Micronutrients in Agriculture. Agricultural Education Publishing. 207p. (In Persian)