

## ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و برخی صفات مورفولوژیک آلوئه ورا (*Aloe barbadensis* Miller) در تیمار سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی نانو پتاسیم

زهرا یآوری<sup>۱</sup>، حسین مرادی<sup>۱\*</sup>، بهروز برزگر گلچینی<sup>۲</sup> و حسین صادقی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و <sup>۲</sup>گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۲/۰۹/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۸/۲۷)

### چکیده:

سنتر مواد موثره و عملکرد در گیاهان دارویی تحت تاثیر عوامل محیطی از جمله کمبود یا فزونی عناصر مختلف در خاک و نوع بستر کشت می‌باشد. به همین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و در ۳ تکرار اثرات ورمی‌کمپوست و نانو کود پتاسیم بر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه آلوئه‌ورا مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها شامل ۴ سطح ورمی‌کمپوست (۰، ۳۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰) به صورت درصد حجمی خاک گلدان و نانو کود پتاسیم در ۳ سطح ۲، ۴، ۶ در هزار و صفر به عنوان شاهد بودند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر ژل (۸۸/۱۰۸ گرم)، درصد رطوبت ژل (۹۹/۱۸۸)، گلوکومانان (۶۹۶ میکروگرم بر گرم) و آنتوسیانین بخش بافت پوششی ژل با مقدار ۰/۱۲۶ میلی‌گرم بر گرم در تیمار ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد و ۴ در هزار نانو پتاسیم بدست آمد. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نانو کود پتاسیم بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و درصد رطوبت ژل معنی‌دار بود. بطوریکه تیمار ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست و ۲ در هزار نانو پتاسیم بیشترین مقدار این دو صفت را نشان داد. بیشترین مقدار وزن برگ (۱۹۴/۷۶ گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد و ۶ در هزار نانو پتاسیم و بیشترین مقدار فلاونوئید ژل (۲۰/۶۶ میکروگرم بر گرم) در تیمار ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست و ۴ در هزار نانو پتاسیم مشاهده گردید. در حالیکه بیشترین مقدار فنل ژل (۴۴/۷۳ میکروگرم بر گرم) در تیمار ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست و سطح صفر نانو پتاسیم مشاهده شد. بنابراین استفاده از بستر ترکیبی ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی نانو کود پتاسیم در پرورش گیاه آلوئه‌ورا نقش مؤثری در تولید برگ و ژل با کیفیت و مطلوب دارد. نحوه اثر گذاری بسته به نوع صفت تابعی از درصد ترکیبی ورمی‌کمپوست در بستر و غلظت کود نانو پتاسیم می‌باشد.

کلمات کلیدی: آلوئه‌ورا، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، گلوکومانان، نانو کود، ورمی‌کمپوست

### مقدمه:

آلوئه گیاهی بوته‌ای، همیشه سبز، شاداب و باطراوت بوده و به خانواده لیلیاسه تعلق دارد. مهمترین گونه‌ی آن، آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller) بوده که در ایران به صبر زرد معروف است (ولداآبادی و همکاران، ۱۳۹۰).

عمده‌ترین بخش مورد استفاده این گیاه، ماده‌ی ژل‌مانند چسبناکی از مشتقات آنتراکینونیک به نام آلوئس (*Aloes*) می‌باشد (Chen *et al.*, 2012). ژل آلوئه‌ورا شامل ۹۸٪ آب و پلی

ساکاریدهای گوناگون از جمله گلوکومانان و گالاکتان می‌باشد. این ماده دارای خواص متعدد بیولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله توانایی درمان سوختگی و جراحات پوستی، ضد چروک، توقف رشد برخی باکتری‌ها و انگل‌ها، اثر مقاومتی در برابر تکثیر سلول‌های سرطانی و تحریک سیستم ایمنی بدن به دلیل وجود ترکیب‌های آنتراکینون است (Langmead *et al.*, 2004; Sosa *et al.*, 2007).

بسیاری از مواد جهش‌زا و سرطان‌زا از طریق رادیکال‌های آزاد اکسیژن ROS اثر تخریبی خود را نشان می‌دهند

استفاده از آن در بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول می‌باشد (Arancon et al., 2004; Atiyeh et al., 2002). پتاسیم از عناصری است که نقش بسیار مهمی در کیفیت گل‌های زینتی دارد. این عنصر در فعالسازی بیش از ۸۰ آنزیم گیاهی نقش مؤثری ایفا می‌کند. همچنین این عنصر در سنتز پروتئین‌ها، فتوسنتز و انتقال مواد حاصل از آن، تنظیم نظام آبی گیاه، توسعه سلول، توزیع متابولیت‌های اولیه و تعادل آنیونی ایفاء نقش می‌کند و در صورت کمبود پتاسیم فعالیت آنزیم‌ها مختل می‌شود (Amtmann et al., 2008; Malakouti, 1999). این مقاله به منظور بررسی اثرات عنصر پتاسیم به شکل نانو کود همراه با اثرات مثبت ورمی‌کمپوست در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، کیفیت ژل و خواص دارویی رقم *Aloe barbadensis* Miller انجام شد.

#### مواد و روش‌ها:

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار شامل ۴ سطح صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد حجمی ورمی-کمپوست و ۴ سطح کود نانو پتاسیم بصورت محلول پاشی (شاهد، ۲، ۴ و ۶ در هزار) و با ۳ تکرار درون گلخانه‌ی گیاهان دارویی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۹۱-۹۲ اجرا شد. پاجوش‌های یکنواخت آلوئه‌ورا (*Aloe vera* L.) از پایه‌های مادری در گلخانه تولیدی سیکاس واقع در ۱۵ کیلومتری قائمشهر جدا شده و به گلدان‌های حاوی بسترهای مورد نظر منتقل شدند. کود نانو پتاسیم با پایه‌ی کلات پتاسیم ۲۳٪ از شرکت فن‌آور سپهر پارمیس خریداری گردید. جهت آماده‌سازی محلول کود نانو پتاسیم مقادیر ۲، ۴ و ۶ گرم از این کود در ۱ لیتر آب مقطر حل گردیده و پس از تهیه محلول‌های مورد نظر، محلول‌پاشی برگی در ۳ مرحله با فواصل بیست روز یکبار صورت گرفت، بطوری که گیاهان شاهد نیز در هر مرحله توسط آب مقطر تیمار شدند. خاک پایه با نسبت ۲:۱:۱:۱ خاک باغچه، رس، خاک‌برگ و کود حیوانی تهیه و به صورت درصد حجمی با ورمی‌کمپوست مخلوط گردید.

(Koksal and Gulcin, 2008). موادی که به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند، آثار زیان‌بار این رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهند (Kumaran and Karunakaran, 2006). لذا مصرف روزانه آنتی‌اکسیدان‌ها دفاع و ایمنی بدن را افزایش داده و به عنوان ضد سرطان عمل می‌کند. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در گیاهان شامل ترکیبات فنلی، اسید آسکوربیک، کاروتنوئیدها و ترکیبات آنتراکینونی، دارای پتانسیل قوی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد بوده و در قسمت‌های مختلف گیاه وجود دارند (Mathew and Abraham, 2006; Pokorny, 2007). ترکیبات فنلی به فنل‌های ساده، اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها طبقه‌بندی می‌شوند (Prior et al, 1998). بررسی‌های انجام گرفته حاکی از آن است که ساخت مواد موثره و عملکرد در گیاهان دارویی تحت تاثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی از جمله کمبود یا فزونی عناصر مختلف در خاک است (امید بیگی، ۱۳۷۶). مصرف کودهای آلی جهت بهبود کیفیت گیاهان دارویی نسبت به کودهای شیمیایی حایز اهمیت بیشتری می‌باشد، زیرا کودهای شیمیایی صرفاً یک یا چند عنصر مورد نیاز برای رشد گیاه را فراهم می‌کنند، درحالی‌که کودهای آلی ضمن در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر، باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی خاک و ایجاد محیطی مناسب برای رشد و کیفیت بهتر گیاهان می‌شود (احمدیان و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده نانو کودها به علت اندازه کوچکتر با ابعادی بین ۱ تا ۱۰ نانومتر، منجر به جذب راحت‌تر، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد آن می‌شود (نادری و همکاران، ۱۳۹۰). ورمی‌کمپوست نوعی کمپوست حاصل از یک فرآیند نیمه-هوازی است که طی تجزیه‌ی مواد آلی توسط کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (Atiyeh et al., 2000). این ماده به علت داشتن خصوصیات مانده تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آنها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، باعث بهبود ساختار فیزیکی خاک شده و به همین دلیل

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست استفاده شده در آزمایش

خصوصیات	نیتروژن N	فسفر p	پتاسیم k	اسیدیته pH	هدایت EC
خاک پایه	۰.۱۷%	۵۲ ppm	۲۹۲ ppm	۷.۵۳	۱.۳۵
ورمی‌کمپوست	۱.۵۵%	۰.۴%	۰.۴%	۷.۶۴	۱.۱۲

خصوصیات شیمیایی خاک گلدان و ورمی‌کمپوست (کود گاوی + تفاله نیشکر) مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. مراقبت‌های زراعی بر حسب نیاز گلدان‌ها به صورت یکنواخت انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل خصوصیات ظهیری وزن برگ، وزن ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، درصد رطوبت ریشه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ریشه، گلوکومانان ریشه، فنل ریشه، فلاونوئید ریشه و آنتوسیانین بافت پوششی ریشه می‌باشد.

**سنجش ویژگی‌های مورفولوژیک:** بزرگترین برگ به کمک چاقوی تیز از نزدیک طوقه هر بوته جدا و پس از شستشو برای حذف هرگونه بقایای بستر، وزن برگ با ترازوی دیجیتال (مدل A & D Company Limited) محاسبه گردید. برای تعیین مقدار ریشه، برگ‌های آلوئه‌ورا در حد فاصل ۲ تا ۴ ساعت پس از چیده شدن شسته شده، نوک، انتها و لبه برگ‌ها بریده، بافت پوششی بالایی برگ توسط چاقوی تیز برداشته شده، سپس ریشه از بافت پوششی پایینی توسط چاقو جدا گردید و وزن ریشه با ترازو اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آون (مدل BM<sub>120</sub>) با دمای ۴۰ درجه سلسیوس تا زمان ثابت شدن وزن قرار گرفتند. سپس درصد رطوبت ریشه و وزن خشک ریشه محاسبه گردید.

سنجش ویژگی‌های مورفولوژیک: بزرگترین برگ به کمک چاقوی تیز از نزدیک طوقه هر بوته جدا و پس از شستشو برای حذف هرگونه بقایای بستر، وزن برگ با ترازوی دیجیتال (مدل A & D Company Limited) محاسبه گردید. برای تعیین مقدار ریشه، برگ‌های آلوئه‌ورا در حد فاصل ۲ تا ۴ ساعت پس از چیده شدن شسته شده، نوک، انتها و لبه برگ‌ها بریده، بافت پوششی بالایی برگ توسط چاقوی تیز برداشته شده، سپس ریشه از بافت پوششی پایینی توسط چاقو جدا گردید و وزن ریشه با ترازو اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آون (مدل BM<sub>120</sub>) با دمای ۴۰ درجه سلسیوس تا زمان ثابت شدن وزن قرار گرفتند. سپس درصد رطوبت ریشه و وزن خشک ریشه محاسبه گردید.

**سنجش ویژگی‌های بیوشیمیایی:** جهت اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ریشه از روش Ebrahimzadeh و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد. برای تهیه عصاره‌ی متانولی، لوله‌های حاوی عصاره به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار گرفتند. سپس به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و از قسمت فوقانی برای اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی استفاده شد.

جهت سنجش آنتوسیانین از روش Sims و Gamon (۲۰۰۲) استفاده شد. بعد از تهیه عصاره، نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۳، ۶۷۰ و ۵۳۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل uv-1800) قرائت شد. سپس میزان آنتوسیانین طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد مهار رادیکال آزاد} = \frac{(Ac-As)}{Ac} \times 100$$

برای رسم منحنی کالیبراسیون فنل از غلظت‌های متفاوت اسید گالیک استفاده شد و با توجه به فرمول این منحنی میزان فنل بر حسب میلی‌گرم بر لیتر محاسبه گردید. برای رسم منحنی استاندارد فلاونوئید از غلظت‌های مختلف استاندارد کوئرستین استفاده شد و با توجه به معادله خط حاصل از این منحنی، میزان فلاونوئید موجود در ریشه بر حسب میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد.

جهت سنجش آنتوسیانین از روش Sims و Gamon (۲۰۰۲) استفاده شد. بعد از تهیه عصاره، نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۳، ۶۷۰ و ۵۳۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل uv-1800) قرائت شد. سپس میزان آنتوسیانین طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$0.08173(A_{537}) - 0.00697(A_{647}) - 0.002228(A_{663}) = \text{آنتوسیانین}$$

**سنجش میزان گلوکومانان در ریشه:** این روش بر اساس اندازه‌گیری تغییرات رنگ معرف قرمز کنگو (Congo red) در واکنش اختصاصی با گلوکومانان توسط دستگاه اسپکتروفتومتر استوار است. جهت ساخت محلول معرف از روش Eberendu

برای تعیین میزان درصد مهار رادیکال‌های دی پی پی اچ

و همکاران (۲۰۰۵) استفاده گردید. به‌طور خلاصه ۴۰ میلی گرم از هر نمونه را با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کرده، سپس ۰/۴ میلی‌لیتر از این محلول‌ها را جداگانه در یک لوله آزمایش ریخته و به هر کدام از لوله‌ها ۴ میلی‌لیتر از محلول معرف اضافه شد، پس از گذشت ۲۰ دقیقه جذب محلول‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و در حضور محلول معرف به عنوان شاهد قرائت شد. برای تهیه محلول استاندارد پلی‌ساکارید آلوئه‌ورا از روش Waller و همکاران (۱۹۷۸) استفاده شد. جهت رسم منحنی کالیبراسیون، از غلظت‌های مختلف استاندارد استفاده و مقدار آنها محاسبه شد. در نهایت از فرمول حاصل مقادیر گلوکومانان بر حسب میکروگرم بر لیتر در ژل بدست آمد.

**تجزیه و تحلیل آماری:** آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel صورت گرفت و برای مقایسه میانگین داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد.

## نتایج و بحث:

**وزن برگ:** با توجه به معنی‌دار بودن تأثیر تیمارهای ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد (جدول ۲) بر وزن برگ، تیمار ۳۰ درصد ورمی کمپوست و ۶ در هزار نانو کود پتاسیم بیشترین وزن برگ (۱۹۴/۷۶ گرم) (جدول ۳) و تیمار شاهد نانو کود پتاسیم با ۰ درصد ورمی کمپوست کمترین مقدار (۳۶/۳۳۶ گرم) را نشان دادند.

از آنجا که با مصرف ورمی کمپوست میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بستر کشت افزایش یافته (داوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۱) لذا در اختیار بودن مواد غذایی بیشتر برای گیاه، منجر به افزایش تقسیمات سلولی و طولیل شدن سلول‌ها می‌گردد (Uyanoz *et al.*, 2002) با توجه به گزارشات Shadia (۲۰۱۱) گیاهان گوشتی به نیتروژن و پتاسیم زیاد نیاز دارند، و حضور پتاسیم در خاک روی جذب نیتروژن تأثیر گذاشته و جذب ازت را تسریع می‌بخشد. لذا تیمار آلوئه‌ورا با کودهای حاوی نیتروژن و پتاسیم، تأثیرات مثبتی روی افزایش طول برگ و عملکرد این گیاه می‌گذارد.

با توجه به گزارشات Atiyeh و همکاران (۲۰۰۰) اثرهای مطلوب ورمی کمپوست بدلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت و همچنین تنظیم pH و افزایش معنی‌دار ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت بوده است. همچنین افزایش رشد با افزایش درصد ورمی کمپوست، ناشی از عوامل فیزیکی و تغذیه‌ای مانند تنظیم کننده‌های رشد نظیر اکسین ایجاد شده به وسیله ورمی کمپوست است، چرا که این تنظیم کننده‌ها در غلظت‌های کم و تحت شرایط دسترسی کامل به عناصر غذایی، فعال هستند (Atiyeh *et al.*, 2000).

**وزن تر و خشک ژل:** در بین تیمارهای اثر متقابل ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن تر و خشک ژل در سطح ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲). به طوری که بیشترین مقدار (۸۸/۱۰۸ گرم) وزن ژل در تیمار ۴ در هزار نانو کود پتاسیم در سطح ۳۰ درصد ورمی کمپوست و کمترین مقدار (۱۲/۸۵ گرم) در تیمار شاهد نانو کود پتاسیم و سطح ۰ ورمی کمپوست بدست آمد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان داد که وزن خشک ژل با مقدار ۰/۷۸۶ گرم در تیمار سطح ۱۵ درصد ورمی کمپوست و غلظت ۶ در هزار نانو کود پتاسیم بیشترین مقدار و در تیمار شاهد نانو کود پتاسیم و سطح صفر ورمی کمپوست با مقدار ۰/۱۵ گرم کمترین مقدار را نشان دادند.

در خصوص اثر متقابل این دو عامل در افزایش وزن برگ در ۳۰ درصد ورمی کمپوست و سطح ۶ در هزار نانو کود پتاسیم و وزن ژل در سطح ۳۰ درصد ورمی کمپوست و غلظت ۴ در هزار پتاسیم، می‌توان اظهار داشت که یک رابطه هم‌افزایی و تشدیدکننده بین این دو عامل وجود داشته و افزایش وزن تر و خشک ژل در بوته را موجب گردیده است. به نظر می‌رسد مصرف مقادیر مناسب ورمی کمپوست با افزایش مواد آلی خاک، از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز جذب بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، همچنین تولید موادی مانند هورمون و تنظیم کننده‌های رشد، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌گردد که این مسئله در نهایت به بهبود رشد و افزایش میزان ژل در گیاه منجر می‌گردد. (Gupta., 2004; Arancon *et al.*, 2004). از آنجا که نانو کود

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست و نانو کود پتاسیم بر گیاه آلوئه‌ورا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن برگ	عملکرد ژل	وزن ژل / وزن برگ	وزن خشک ژل	درصد رطوبت ژل	ظرفیت آنتی-اکسیدانی ژل	گلوکومانان	فنول ژل	فلاونوئید ژل	آنتوسیانین بافت پوششی ژل
تکرار	۳	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۹۵	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۸۷	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۵۸
ورمی-کمپوست	۳	۱۹۴۸۷**	۴۹۴۱**	۰/۰۱۶**	۰/۴۱۴**	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۸/۵۴ **	۱/۸۷**	۵۲۷/۴۶**	۳۶/۵۷**	۰/۰۰۰۰۴*
نانو پتاسیم	۳	۴۸۹۹**	۱۲۷۱**	۰/۰۰۳۲*	۰/۰۷۹**	۰/۰۲۳ *	۵/۶۸ **	۰/۲۵ **	۱۶۸/۷۰**	۳۳/۵۶**	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>
ورمی‌کمپوست * نانو پتاسیم	۹	۸۰۶/۳۳**	۲۰۴/۵۶**	۰/۰۰۵۸**	۰/۰۱۵**	۰/۰۲۹**	۲/۰۵*	۰/۱۷۹**	۱۱۵/۷۵**	۱۶/۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۲*
خطای آزمایش	۳۲	۳۲/۰۲۵	۱۳/۲۳۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۷۴	۰/۹۴۸	۰/۰۳۷	۳/۴۶	۰/۷۵	۰/۰۰۰۰۰۸
ضریب تغییرات	-	۴/۱۹۱	۵/۶۰۶	۵/۷۱۱	۸/۱۰۷	۰/۰۸۷	۱/۸۴	۳/۱۳	۶/۲۲	۴/۲۹	۱۶/۶۷

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و نانو کود پتاسیم بر گیاه آلوئه‌ورا

تیمار	وزن برگ (گرم)	وزن ژل (گرم)	وزن / وزن برگ	وزن خشک ژل (گرم)	درصد رطوبت ژل	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ژل (درصد)	گلوکومانان (میکرو گرم/لیتر)	ژل (میکرو گرم/گرم)	آنتوسیانین (میلی‌گرم/گرم)
V <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	۳۱/۳۳ <sup>k</sup>	۱۲/۸۵ <sup>I</sup>	۰/۳۵۳ <sup>H</sup>	۰/۱۵ <sup>F</sup>	۹۴/۸۴ <sup>D</sup>	۵۰/۱۷ <sup>E</sup>	۵/۶۴ <sup>HG</sup>	۱۰/۶ <sup>G</sup>	۰/۰۰۱۳ <sup>DE</sup>
V <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	۹۵/۷۵ <sup>j</sup>	۴۱/۷۰ <sup>H</sup>	۰/۴۳۲ <sup>FG</sup>	۰/۳۸۵ <sup>E</sup>	۹۹/۱۲۹ <sup>ABC</sup>	۵۳/۰۸ <sup>BC</sup>	۵/۵۰ <sup>H</sup>	۱۱/۶ <sup>FG</sup>	۰/۰۲ <sup>ABC</sup>
V <sub>0</sub> K <sub>4</sub>	۹۴/۶۹ <sup>j</sup>	۴۳/۸۸ <sup>H</sup>	۰/۴۶۳ <sup>EF</sup>	۰/۳۷۲ <sup>DE</sup>	۹۹/۱۴۷ <sup>AB</sup>	۵۲/۲۱ <sup>BCD</sup>	۵/۸۳ <sup>GF</sup>	۱۴/۸۰ <sup>CD</sup>	۰/۰۱۵ <sup>CDE</sup>
V <sub>0</sub> K <sub>6</sub>	۸۹/۲۳۵ <sup>J</sup>	۴۲/۴۴ <sup>H</sup>	۰/۴۷۵ <sup>CDEF</sup>	۰/۳۵۵ <sup>E</sup>	۹۹/۱۶۲ <sup>A</sup>	۵۲/۰۱ <sup>BCD</sup>	۵/۴۳ <sup>H</sup>	۲۰/۴۲ <sup>A</sup>	۰/۰۱۶۶ <sup>BCDE</sup>
V <sub>15</sub> K <sub>0</sub>	۱۰۶/۲۷۹ <sup>I</sup>	۵۵/۵۰ <sup>G</sup>	۰/۵۱۸ <sup>ABC</sup>	۰/۴۴۸ <sup>D</sup>	۹۹/۱۸۵ <sup>A</sup>	۵۲/۸۲ <sup>BCD</sup>	۵/۹۰ <sup>EFG</sup>	۱۶/۲۸	۰/۰۱۴۶ <sup>DE</sup>
V <sub>15</sub> K <sub>2</sub>	۱۱۲/۳۱۰ <sup>I</sup>	۵۵/۵۱ <sup>G</sup>	۰/۴۹۴ <sup>BCDE</sup>	۰/۵۴۵ <sup>C</sup>	۹۹/۱۷۰ <sup>BC</sup>	۵۳/۳۸ <sup>BC</sup>	۶/۳۰ <sup>BCD</sup>	۱۱/۷۰ <sup>FG</sup>	۰/۰۱۷۰ <sup>ABCDE</sup>
V <sub>15</sub> K <sub>4</sub>	۱۵۰/۱۰۴ <sup>G</sup>	۷۹/۹۳ <sup>CDE</sup>	۰/۵۳۲ <sup>AB</sup>	۰/۷۰۲ <sup>B</sup>	۹۹/۱۲۱ <sup>ABC</sup>	۵۱/۲۴ <sup>DE</sup>	۶/۰۸ <sup>DEF</sup>	۲۰/۶۶ <sup>A</sup>	۰/۰۱۴۰ <sup>ED</sup>
V <sub>15</sub> K <sub>6</sub>	۱۶۱/۱۴۷ <sup>DEF</sup>	۸۳/۶۳ <sup>ABC</sup>	۰/۵۱۹ <sup>ABC</sup>	۰/۷۸۶ <sup>A</sup>	۹۹/۰۶ <sup>ABC</sup>	۵۱/۸۹ <sup>CD</sup>	۶/۳۰ <sup>BCD</sup>	۱۶/۴۶ <sup>B</sup>	۰/۰۱۲۶ <sup>E</sup>
V <sub>30</sub> K <sub>0</sub>	۱۲۸/۴۲۵ <sup>H</sup>	۶۴/۷۴ <sup>F</sup>	۰/۵۰۴ <sup>ABCDE</sup>	۰/۵۷۳ <sup>C</sup>	۹۹/۱۱ <sup>ABC</sup>	۵۳/۲۸ <sup>BC</sup>	۶/۱۵ <sup>CDE</sup>	۱۲/۵۹ <sup>EF</sup>	۰/۰۲۱ <sup>AB</sup>
V <sub>30</sub> K <sub>2</sub>	۱۵۱/۸۸ <sup>FG</sup>	۸۱/۶۶ <sup>CD</sup>	۰/۵۴۰ <sup>A</sup>	۰/۷۵۵ <sup>AB</sup>	۹۹/۰۷۴ <sup>ABC</sup>	۵۵/۴۹ <sup>A</sup>	۶/۶۰ <sup>AB</sup>	۱۳/۷۰ <sup>DE</sup>	۰/۰۱۴۶ <sup>DE</sup>
V <sub>30</sub> K <sub>4</sub>	۱۷۲/۷۹۶ <sup>BC</sup>	۸۸/۱۰۸ <sup>A</sup>	۰/۵۰۹ <sup>ABCD</sup>	۰/۷۱۵ <sup>AB</sup>	۹۹/۱۸۸ <sup>A</sup>	۵۳/۵۵ <sup>B</sup>	۶/۹۶ <sup>A</sup>	۱۳/۶۰ <sup>DE</sup>	۰/۰۲۱۶ <sup>A</sup>
V <sub>30</sub> K <sub>6</sub>	۱۹۴/۷۶ <sup>A</sup>	۸۱/۸۳ <sup>BCD</sup>	۰/۴۲۰ <sup>G</sup>	۰/۷۴۰ <sup>AB</sup>	۹۹/۰۹۵ <sup>ABC</sup>	۵۲/۹۴ <sup>BC</sup>	۶/۴۰ <sup>ABC</sup>	۱۲/۶۵ <sup>DE</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ABCD</sup>
V <sub>45</sub> K <sub>0</sub>	۱۶۶/۹۴ <sup>CD</sup>	۷۴/۳۶ <sup>E</sup>	۰/۴۴۵ <sup>FG</sup>	۰/۶۹۹ <sup>B</sup>	۹۹/۰۶ <sup>ABC</sup>	۵۳/۲۱ <sup>BC</sup>	۶/۴۶ <sup>ABC</sup>	۱۴/۶۲ <sup>D</sup>	۰/۰۱۵۰ <sup>DE</sup>
V <sub>45</sub> K <sub>2</sub>	۱۵۷/۳۳۶ <sup>EFG</sup>	۶۷/۹۱ <sup>F</sup>	۰/۴۳۱ <sup>FG</sup>	۰/۶۷۹ <sup>B</sup>	۹۸/۹۹ <sup>C</sup>	۵۳/۱۱ <sup>BC</sup>	۵/۹۴ <sup>EFG</sup>	۱۳/۹۱ <sup>DE</sup>	۰/۰۱۵۶ <sup>CDE</sup>
V <sub>45</sub> K <sub>4</sub>	۱۶۴/۳۲۲ <sup>CDE</sup>	۷۶/۹۱ <sup>DE</sup>	۰/۶۴۸ <sup>DEF</sup>	۰/۷۱۳ <sup>AB</sup>	۹۹/۰۷۲ <sup>ABC</sup>	۵۳/۳۵ <sup>BC</sup>	۶/۵۴ <sup>AB</sup>	۱۶/۱۵ <sup>BC</sup>	۰/۰۱۴۰ <sup>DE</sup>
V <sub>45</sub> K <sub>6</sub>	۱۷۸/۰۴۴ <sup>B</sup>	۸۷/۷۴۴ <sup>AB</sup>	۰/۴۳۹ <sup>BCDE</sup>	۰/۷۲۰ <sup>AB</sup>	۹۹/۱۷۵ <sup>A</sup>	۵۲/۲۸ <sup>BCD</sup>	۶/۱۸ <sup>CDE</sup>	۱۴/۴۸ <sup>D</sup>	۰/۰۱۷۳ <sup>ABCDE</sup>

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

V<sub>0</sub>: ۰ درصد ورمی‌کمپوست، V<sub>15</sub>: ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست، V<sub>30</sub>: ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست، V<sub>45</sub>: ۴۵ درصد ورمی‌کمپوست  
K<sub>0</sub>: غلظت ۰ پتاسیم، V<sub>2</sub>: پتاسیم ۲ در هزار، V<sub>4</sub>: پتاسیم ۴ در هزار، V<sub>6</sub>: پتاسیم ۶ در هزار

ردوکتاز و انورتاز دارد، لذا در افزایش میزان وزن تر و خشک ژل مؤثر می‌باشد (Epstein, 1978; Ma and Shi, 2011).  
نتایج بررسی‌های Salehi و همکاران (۲۰۱۱) بر روی گیاه

پتاسیم نیز نقش مهمی در فعالیت‌های گیاه مانند فتوسنتز، جذب آب و حفظ پتانسیل اسمزی، همچنین تاثیر در افزایش رشد و فعالیت ریشه، افزایش محتوی کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم

دارویی بابونه، بیانگر این مطلب بود که کاربرد مقادیر مناسب ورمی کمپوست موجب افزایش میزان عملکرد و افزایش ماده خشک در این گیاه دارویی می‌گردد. همچنین Prabha و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ی خود بر روی گیاه گوجه فرنگی، گزارش کردند که ورمی کمپوست به علت وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و افزایش جذب عناصر معدنی نظیر نیتروژن باعث افزایش وزن و افزایش رشد گیاه می‌شود. این در حالیست که به نظر می‌رسد با مصرف مقادیر بالای ورمی کمپوست این رابطه نقش کاهندگی داشته که به موجب آن سبب تقلیل در رشد بوته می‌گردد. این امر می‌تواند به دلیل افزایش سمیت عناصر سنگین، شوری و نیز مسمومیت گیاه در اثر ورمی کمپوست زیاد باشد (Arancon et al., 2004; Perez-Murcia, 2006).

**گلوکومانان ژل:** تیمار ۴ در هزار نانو کود پتاسیم در ورمی کمپوست ۳۰ درصد موجب افزایش معنی‌دار مقدار گلوکومانان ژل نسبت به شاهد شد (جدول ۲). بطوریکه با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) تیمار ۴ در هزار نانو کود پتاسیم در ورمی کمپوست ۳۰ درصد با مقدار ۶/۹۶ میکروگرم بر گرم و تیمار ۶ در هزار نانو کود پتاسیم در سطح ۰ ورمی کمپوست با مقدار ۵/۴۳ میکروگرم بر گرم کمترین مقدار گلوکومانان ژل را نشان داد.

از آنجا که عوامل محیطی در کمیت و کیفیت مواد مؤثره‌ی گیاهان دارویی نقش موثری دارند، لذا تامین عناصر غذایی مثل نیتروژن و پتاسیم نقش مهمی در رشد و انجام متابولیسم اولیه آن‌ها فراهم می‌کند. نتایج حاصل از جدول همبستگی (جدول ۴) نشان می‌دهد که بین وزن برگ و وزن ژل همبستگی مثبتی در سطح ۱٪ وجود دارد. از آنجا که بخش میانی و عمده برگ در آلوده‌ورا از سلول‌های پارانشیم محتوی ژل تشکیل شده (Phon et al., 2008)، لذا این افزایش در وزن برگ نشان‌دهنده افزایش وزن ژل می‌باشد. تاثیر مثبت ورمی کمپوست ۳۰ درصد در حضور غلظت ۲ در هزار نانو کود پتاسیم بر روی وزن خشک ژل، مبنی بر افزایش عملکرد محصول در راستای افزایش مقدار این دو عامل می‌باشد. در این آزمایش وزن خشک ژل از همبستگی بالایی با وزن تر ژل ( $r=0/94^{**}$ ) و

مقدار گلوکومانان ( $r=0/74^{**}$ ) برخوردار بود (جدول ۴). از آنجا که آلوده‌ورا از گیاهان CAM (مسیر متابولیسم اسید کراسولاسه) بوده، لذا اولین ترکیب تولید شده از دی‌اکسید کربن در این گیاه به صورت اسید مالیک ذخیره و توسط چرخه کالوین و گلیکولیز برای ساخت پلی‌ساکاریدها بکار می‌رود (Alagukannan et al., 2008). از سوی دیگر ورمی کمپوست باعث افزایش جذب عناصر و مواد غذایی می‌گردد (Suthar, 2009). بوته‌هایی که مواد غذایی بیشتری را دریافت کنند به علت در اختیار داشتن موادی نظیر نیتروژن و پتاسیم، میزان اسید مالیک تولید شده در آن‌ها بیشتر می‌گردد، که این امر موجب افزایش مقدار پلی‌ساکاریدها و ماده مؤثره می‌گردد. مهم‌ترین پلی‌ساکاریدهای موجود در ژل آلوده‌ورا گلوکومانان می‌باشد که از اتصال خطی واحدهای مانوز بوجود آمده‌اند. لذا افزایش میزان اسید مالیک می‌تواند منجر به افزایش میزان این پلی‌ساکارید در گیاه آلوده‌ورا گردد (Eberendu et al., 2005).

**ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ژل:** در بخش فاکتورهای بیوشیمیایی نیز اختلافات معنی‌داری بین اثر متقابل تیمارهای ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم مشاهده شد (جدول ۲)، بطوری‌که در مورد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ژل افزایش ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم موجب افزایش میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد و بیشترین میزان (۵۵/۴۹ درصد) در سطح ۳۰ درصد ورمی کمپوست و ۲ در هزار نانو کود پتاسیم و کمترین مقدار (۵۰/۱۷ درصد) مربوط به تیمار شاهد نانو کود پتاسیم در سطح ۰ درصد ورمی کمپوست بود. افزایش معنی‌دار میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ژل در این گیاه تحت تاثیر ۳۰ درصد ورمی کمپوست و ۴ در هزار نانو کود پتاسیم می‌تواند به دلیل ارتباط بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی باشد. یافته‌های Jaafar و Ghasemzadeh (۲۰۱۱) در گیاه زنجبیل، مؤید این مطلب می‌باشد که تحت شرایط افزایش دهنده فتوسنتز، محتوی فلاونوئید و فنل در این گیاه افزایش یافته، این امر با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه همراه بود. می‌توان اظهار داشت که یک ارتباط مثبت و تنگاتنگ بین محتوی فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد و همزمان با افزایش میزان ترکیبات فنلی.

جدول ۴- ضریب همبستگی میان صفات اندازه گیری شده گیاه آلونه‌ورا در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و نانو کود پتاسیم

مؤلفه‌ها	وزن برگ (گرم)	وزن ژل (گرم)	وزن ژل/وزن برگ	وزن خشک (گرم)	درصد رطوبت ژل	ظرفیت آنتی اکسیدانی ژل (درصد)	گلوکومانان (میکروگرم/لیتر)	فنول ژل (میکرو-گرم/گرم)	فلاونوئید ژل (میکروگرم/میلی‌گرم)	آنتوسیانین (گرم)
وزن برگ	۱									
عملکرد ژل	۰/۹۵**	۱								
وزن ژل/وزن برگ	۰/۳۳*	۰/۵۸**	۱							
وزن خشک ژل	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۴۷**	۱						
درصد رطوبت ژل	۰/۲۹*	۰/۳۹**	۰/۵۴**	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۱					
ظرفیت آنتی اکسیدانی ژل	۰/۳۷**	۰/۳۸**	۰/۲۹*	۰/۳۹**	۰/۱۴۶ <sup>ns</sup>	۱				
گلوکومانان	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۴۰**	۰/۷۴**	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۱**	۱			
فنول ژل	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۶**	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۱		
فلاونوئید ژل	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۹**	۰/۱۸۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۲*	-۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۱	
آنتوسیانین	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۰*	۰/۱۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۴۰ <sup>ns</sup>	-۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۱

ns \*\* و \* به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند.

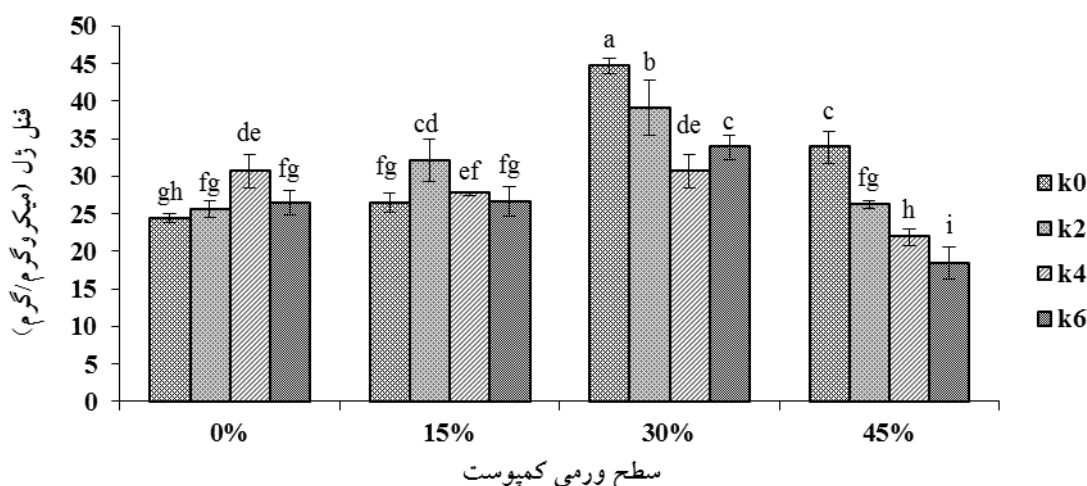
۷۰: ۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۷۱۵: ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست، ۷۳۰: ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۷۴۵: ۴۵ درصد ورمی‌کمپوست

۷: ۰ پتاسیم، ۷۲: پتاسیم ۲ در هزار، ۷۴: پتاسیم ۴ در هزار، ۷۶: پتاسیم ۶ در هزار

پتاسیم نیز با فعال کردن آنزیم‌های درگیر با بیوستز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه، مورد استفاده قرار گیرد (Ghasemzadeh and Jaafar, 2011; Mullera et al., 2013). از طرف دیگر افزایش ترکیبات فنلی با تعادل بین محل مصرف کربوئیدرات‌ها مرتبط می‌باشد، به طوری که هر جا هیدرات‌های کربن بیشتر باشد ترکیبات فنلی نیز بیشتر هستند (Lattanzio et al., 2009; Mullera et al., 2013). از آنجا که هیدرات‌های کربن، اسکلت مورد نیاز برای ساخت ترکیبات فنلی شناخته شده‌اند، لذا افزایش در مقدار آن‌ها به عنوان افزایش سوپسترا برای سنتز ترکیبات فنلی می‌باشد که این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیشتر کربن به مسیر شیکمیک اسید مربوط باشد (Phuong et al., 2010; Crozier et al., 2006). ولی استفاده زیاد ورمی‌کمپوست سبب شوری بستر کشت شده و این امر اثرات بازدارنده‌ای در فعالیت‌های گیاه می‌گذارد (Ameri et al., 2012). این امر می‌تواند باعث کاهش میزان فتوستز و در نهایت کاهش میزان ترکیبات فنلی در این آزمایش گردد. از سوی دیگر گزارش شده است که کاربرد پتاسیم نیز بیشتر از حد بهینه، مقدار ترکیبات فنلی را کاهش می‌دهد (Delgado et al., 2006).

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد (Oktay et al., 2003; Wang et al., 2003).

**فنل و فلاونوئید ژل:** نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل این دو عامل بر فنول و فلاونوئید ژل در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بطوریکه یافته‌های این تحقیق نشان داد حداکثر میزان فنل ژل (شکل ۱) با مقدار (۷۳/۴۴ میکروگرم/گرم) را در تیمار ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست و سطح صفر نانو و کمترین مقدار (۴۲/۱۸ میکروگرم/گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست ۴۵ درصد و ۶ در هزار نانو پتاسیم بدست آمد (شکل ۱). در حالی که برای فلاونوئید ژل بیشترین مقدار در تیمار (۶۶/۲۰ میکروگرم/گرم) ۴ در هزار نانو پتاسیم در ورمی‌کمپوست ۱۵ درصد و کمترین مقدار (۶۶/۱ میکروگرم/گرم) در تیمار شاهد پتاسیم در سطح ۰ درصد ورمی‌کمپوست حاصل شد. از آنجا که بر اساس دو فرضیه تعادل کربن به مواد معدنی و فرضیه‌ی تمایز رشد، رابطه‌ی دو طرفه بین متابولیسم اولیه و ثانویه اثبات شده‌است (Epstein, 1972; Mckey, 1979)، لذا از یک طرف افزایش عناصر غذایی در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست، با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو منجر به افزایش میزان فتوستز خالص در گیاه گردیده،



شکل ۱ - تاثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم بر محتوی فنل ژل (میکروگرم/گرم)

### نتیجه گیری کلی:

به طور کلی ورمی کمپوست علاوه بر اثر مطلوب روی خصوصیات فیزیکی خاک جذب عناصر غذایی مخصوصا عناصر ماکرو را افزایش می دهد. افزایش جذب بسته به صفات مختلف می تواند متغیر باشد. به طوری که در زمان استفاده ورمی کمپوست به تنهایی، نتایج متفاوتی نسبت به زمان استفاده همزمان آن با نانو کود پتاسیم بدست آمد. در گیاه آلوئه ورا نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم اثرات مثبتی در افزایش میزان ژل و کیفیت آن اعمال کردند. همچنین برهمکنش این دو عامل در گیاه مذکور باعث افزایش میزان ترکیبات فنولی و خواص آنتی اکسیدانی ژل گردید. بنابراین مطابق با این آزمایش می توان رابطه ای بین تغییرات عناصر حاصل از ورمی کمپوست و کودهای نانو پتاسیم افزوده شده پیدا کرد. این رابطه در فاکتورهای مختلف بسیار متغیر است.

آنتوسیانین بافت پوششی ژل: مقدار آنتوسیانین نیز تاثیر معنی داری در سطح ۵ درصد تحت تاثیر متقابل تیمارها نشان داد (جدول ۲). بطوری که بیشترین مقدار آن (۰/۰۲۱۶ میلی گرم/لیتر) در تیمار ۴ در هزار نانو کود پتاسیم و ورمی کمپوست ۳۰ و کمترین مقدار (۰/۰۱۳۳ میلی گرم/لیتر) مربوط به تیمار سطح شاهد نانو کود پتاسیم در سطح ۰ ورمی کمپوست بدست آمد (جدول ۳). با افزایش میزان این دو عامل ابتدا روند افزایش و سپس کاهش دیده شد. از آنجا که مسیر سنتز آنتوسیانین، فنل و فلاونوئید مشابه بوده و توسط آنزیم PAL که به عنوان آنزیم محرک بیوسنتز طیف وسیعی از ترکیبات فنیل پروپان است، انجام می گیرد (Jeong et al., 2004; Lancaste et al., 1994) لذا افزایش میزان ترکیبات فنلی تحت تاثیر ورمی کمپوست و نانو کود پتاسیم در افزایش میزان آنتوسیانین بافت پوششی ژل نیز مؤثر می باشد.

### منابع:

- علفهای هرز، ۱۶: ۸۳-۹۴
- داوری نژاد، غ.، حق نیا، غ.، شهبازی، ح و محمدیان، ر. (۱۳۸۱) تاثیر کود کمپوست و دامی در تولید چغندر. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۶: ۷۵-۸۴
- فون ویک، ب و وینک، م (۱۳۸۷) مهمترین گیاهان داروئی جهان. مجتمع آموزش کشاورزی سبز ایران. تهران
- ملکوتی، م. ج و همایی، م. (۱۳۸۳) حاصلخیزی خاکهای امیدبگی، ر. ۱۳۷۶. رهیافت های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات طراحان نشر. تهران
- احمدیان، ا.، قنبری، ا.، گلوی، م.، سیاهسر، ب و آرزمجو، ا. (۱۳۸۹) اثر رژیم های مختلف آبیاری و کود دامی بر میزان عناصر، درصد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در زیره سبز. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و



- 88:684-691
- Ebrahimzadeh, M. A., Pourmorad, F. and Hafezi, S. (2008) Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish Journal of Biology* 32: 43-49.
- Epstein, E. (1972) *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. New York: John Wiley
- Ghasemzadeh, A. and Jaafar, H. Z. E. (2011) Effect of CO<sub>2</sub> enrichment on synthesis of some primary and secondary metabolites in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Molecular Sciences* 12:1101-1114
- Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. (2002) Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions, *Bioresource Technology* 81: 77-79.
- Gupta, P. K. (2004) Vermicomposting for sustainable agriculture. Book worm publishing Co Gunadi. Delhi *International Journal of Molecular Sciences* 12: 1101-1114
- Jeong, S. T., Goto-Yamamoto, N., Kobayashi, S. and Esaka, M. (2004) Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. *Plant Science* 167: 247-252.
- Koksal, E. and Gulcin, I. (2008) Antioxidant activity of cauliflower. *Turk Agriculture* 32:65
- Kumaran, A. and Karunakaran, R. J. (2006) Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry* 97:109-114.
- Lancaster, J.E. (1992) Regulation of skin color in apples, *Crit. Rev. Plant Science* 10:487-502.
- Langmead, L., Makins, R. J. and Rampton, D.S. (2004) Anti-inflammatory effects of Aloe Vera gel in human colorectal mucosa *in vitro*, *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 19:521-7.
- Lattanzio, V., Cardinali, A., Ruta, C., Fortunato, I.M., Lattanzio, V. M. T. and Linsalata, V. (2009) Relationship of secondary metabolism to growth in oregano (*Origanum vulgare* L.) shoot cultures under nutritional stress, *Environmental and Experimental Botany* 65:54-62.
- Ma, L. and Shi, Y. (2010) Effects of potassium fertilizer on physiological and biochemical index of *Stevia rebaudiana* Bertoni, *Energy Procedia* 5:581-586
- Mathew, S. and Abraham, T. E. (2006) *In vitro* antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies, *Food and Chemical Toxicology* 44:198-206.
- McKey, D. (1979) The distribution of secondary compounds within plants. In: Rosenthal GA, Janzen DH, editors, *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. New York: Academic Press
- Mullera, V., Lankesa, C., Zimmermann, B. F., Nogaa
- مناطق خشک، مشکلات و راه‌حل‌ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- نادری، م و دانش شهرکی، ع. (۱۳۹۰) کاربرد فناوری نانو در بهینه‌سازی فرمولاسیون کودهای شیمیایی، ماهنامه فناوری نانو ۲۰: ۶۵-۲۲.
- ولدآبادی، س. ع.، محمدبیگی، ف و دانشیان، ج. (۱۳۸۰) گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس. شهر قدس.
- Alagukannan, G., Ganesh, S. and Gopal .S.K. (2008) Characterization and Screening of Different Ecotypes of Aloe vera for Growth, Yield and Quality. *International Aloe Science Council Texas* 2: 302-624.
- Ameri, A., tehranifar, A., Davarinezhad, Gh. and Shour, M. (2011) Effect of different substrat on strawberry growth and yield inside in soilless culture. *Journal of small Fruits* 1:35-50
- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. (2004) Effect of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93:139-143.
- Atiye, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D. and Shuster, W. (2000) Effects of vermicomposts and compost on plant growth horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590
- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D. (2002) The influence of earthworm processed pig from vegetative meristems. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 20: 71-74
- Chen, w., Van Wyk, B. E., Vermaak, I. and Viljoen, A. M. (2012) Cape aloes-A review of the phytochemistry, pharmacology and commercialisation of *Aloe ferox*. *Phytochemistry Letters* 5: 1-12
- Crozier, A., Jaganath, I. B. and Clifford, M. N. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: An overview. In A. Crozier, M. N. Clifford, and H. Ashihara (Eds.), *Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet* Oxford: Blackwell Publishing. Glasgow
- Delgado, R., Gonzalez, M. and Martin, P. (2006) Martín Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of Tempranillo grapes. *International Journal of Vine and Wine Science* 40:141-150.
- Eberendu, A. R., Luta, G., Edwards, J. A., Mcanally, B. H. and Mannatech, B. D. (2005) Quantitative Colorimetric Analysis of Aloe Polysaccharides as a Measure of *Aloe vera* Quality in Commercial Products, *Journal of AOAC international*

- Vaccinium species, Journal of Agriculture and Food Chemistry 46: 2686-2693.
- Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzade, A.. (2011) The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27: 188-201
- Sims, D. A. and Gamon, J. A. (2002) Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages, Remote Sensing of Environment 81: 337- 354
- Sosa, S., Morelli, C. F., Tubaro, A., Cairolì, P., Speranza, G. and Manitto, P. (2007) Anti-inflammatory activity of *Maytenus senegalensis* root extracts and of maytenoic acid. Phytomedicine 14: 109-14.
- Suthar, S. (2007) Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials, Bioresource Technol 98: 1231-1237.
- Uyanöz, R., Cetin, U., Zengin, M. and Gur, K. (2002) Effect of different organic wastes on nitrogen mineralization and organic carbon contents of soil: International Conference on Sustainable Land Use and Management, Canakkale, Turkey 2: 23-28
- Waller, G.R., Mangiafico, S. and Ritchey, C.R. (1978) A chemical investigation of *Aloe barbadensis* Miller Processing Oklahoma Academy Science 58: 69-76
- Wang, Y. S. H., Bunce, A. J. and Maas, L. J. (2003) Elevated carbon dioxide increases contents of antioxidant compounds in field-grown strawberries. Journal of Agriculture, Food Chemistry 51: 4315-432
- G. and Hunschea, M. (2013) Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium, Journal of Plant Physiology 170:1165-1175
- Oktay, M., Gulcin, I. and Kufrevioglu, O.I. (2003) Determination of *in vitro* antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. LWT - Food Science and Technology 36: 263-271.
- Perez-Murcia, M. D., Moral, R., Moreno-Caselles, J. and Paredes, A.C. (2006) Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli, Bioresource Technol 97:123-130
- Phuong, M., Nguyen, E., M. and Niemeyer K, E. D. (2010) Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chemistry 123: 1235-1241
- Pokorny, J. (2007) Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidant European Journal of Lipid Science and thechnology 109: 629-642.
- Prabha, M. L., Jayraaj, I. A., Jayraaj, R. and Rao, D. S. (2007) Effectiveness of vermicompost on growth parameters of selected vegetable and medicinal plants. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences 9:321-326.
- Prior, R. L., Cao, G. H., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., Lischner, N., Ehlensfeldt, M., Kalt, W., Krewer, G. and Mainland, C. M. (1998) Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of