Journal of Horticultural Plants Nutrition
Vol.4, No.2, Autumn & Winter 2021-22
Research Paper

DOI: 10.22070/HPN.2021.4639.1038

Effects of different fertilizers and the foliar application of L-phenylalanine on mineral contents of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. *subsp. angustifolius* (Bieb.)]

Kazem Aghaei [1] ***, Abdollah Ghasemi Pirbalouti*** [2*] ***, Amir Mousavi*** [3] ***, Hassanali Naghdi Badi*** [4] ***, Abdolmohammad Mehnatkesh*** [5]

1- Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
aghaeikazem@yahoo.com
2- Corresponding Author, Research Center for Medicinal Plants, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
ghasemi@qodsiau.ac.ir
3- National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran.
m-amir@nigeb.ac.ir
4- Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.
naghdibadi@yahoo.com
5- Department of Soil and Water, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (ANRREC), Shahrekord, Iran.
a_mehnatkesh@yahoo.com

Received Date: 2019/08/07 Accepted Date: 2020/05/12

Abstract

Introduction: An increasing use of medicinal and aromatic plants and their derivatives has highlighted the role of these plants in the global economic cycle, so that their consumption is not limited to developing countries and they have also become widespread in advanced countries (Van Wyk and Wink, 2017). In order to improve the quantity and quality of the medicinal and aromatic plants, the use of natural substances such as amino acids have increased in recent years, which provide little information on their individual effects, as well as interaction with other fertilizer sources (Rahmani Samani et al., 2019). Hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)] well-known for bearing essential oil-producing glands is a medicinal and aromatic plant with valuable properties for pharmaceutical, aromatic, and flavoring (Ghasemi Pirbalouti et al., 2019).

Material and methods: To investigate effect of different fertilizers and the foliar application of L-phenylalanine on nutritional elements of hyssop, an experiment was done in a randomized complete block design with three replications during two consecutive years of 2016 and 2017 in a field experiment at the experimental field, Shahrekord. The investigated factors were fertilizer treatments including chemical fertilizer (N.P.K), organic fertilizers (animal and vermicompost) and a bio-fertilizer, mycorrhizal fungus (including *Glomus* genus) in the main plots and L-phenylalanine (at three levels: 0, 500, and 1000 mg/L) in sub plots. In order to determine nutrients (N, P, K, Fe, Zn, Cu, and Mg) contents of the arial parts of hyssop, the samples were dried in an oven at 75 °C for 72 h and then ground. Then, extraction was performed by dry burning and digestion with hydrochloric acid. The concentration of the desired elements in the extract was measured by the atomic absorption spectrometer at the specific wavelength of each element (Miller, 1998).

Results and discussion: Results indicated that the application of different fertilizers along L-phenylalanine at two studied concentrations (500 and 1000 mg/L) led to significant increase in the concentration of most nutrient elements including nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and micro elemts [Iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn) and copper (Cu)] in the leaf were compared to the control. Among them, the application of fungal and vermicompost fertilizers, L-phenylalanine × fungal fertilization, and phenylalanine × vermicompost had highest effects on the increase of these traits. Vermicompost, biological fertilizers and manure contain significant amounts of trace elements relative to soil. The organic acids produced during the decomposition of organic matter and thus the decrease in soil acidity can be considered as one of the reasons for improving in nutrients (Singh and Wasnik, 2013).

Conclusions: The results indicated that the application of organic fertilizers along with L-phenylalanine spraying at 1000 mg/L level has a beneficial role in the improvement of nutritional elements and dry matter yield of *H. officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.).

Keywords: Medicinal plant, amino acids, vermicompost, mycorrhizal fungus, *Hyssopus*.

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، (ص ۲۸- ۱۳)
مقاله پژوهشی

DOI:10.22070/HPN.2021.4639.1038

اثرات کودهای مختلف و محلول‌پاشی اِل - فنیل‌آلانین بر عناصر غذایی موجود در اندام هوایی زوفا [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]

کاظم آقایی [۱]، عبدالله قاسمی پیربلوطی [۲*]، امیر موسوی [۳]، حسنعلی نقدی بادی [۴]، عبدالمحمد محنت کش [۵]

۱- گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
aghaeikazem@yahoo.com
۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرقدس (واحدهای غرب استان تهران)، تهران، ایران.
ghasemi@qodsiau.ac.ir
۳- موسسه ملی ژنتیک و بیوتکنولوژی، تهران، ایران.
m-amir@nigeb.ac.ir
۴- پژوهشکده گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی، کرج، ایران.
naghdibadi@yahoo.com
۵- بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری.
a_mehnatkesh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳**

چکیده

به منظور بهبود عملکرد گیاهان دارویی و معطر، استفاده از مواد طبیعی نظیر اسیدهای آمینه، در حال افزایش است که در همین راستا اطلاعات اندکی در خصوص اثرات جداگانه آن‌ها و در ترکیب با سایر منابع کودی در دسترس است. به منظور بررسی اثر کودهای مختلف و محلول‌پاشی فنیل‌آلانین بر عناصر تغذیه‌ای زوفا، آزمایشی در دو سال متوالی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی در شهرکرد اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل تیمارهای کود شیمیایی (NPK)، کود حیوانی، ورمی کمپوست و کود زیستی قارچ میکوریزا (قارچ‌های جنس *Glomus*) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی اِل- فنیل‌آلانین (در سه سطح: صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ mg/L) در سه مرحله پاشش در کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که کاربرد کودها همراه محلول‌پاشی اِل - فنیل‌آلانین در سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش معنی‌دارِ غلظت اغلب عناصر تغذیه‌ای شامل نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) و ریزمغذی شامل آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn) و مس (Cu) موجود در برگ نسبت به شاهد گردید و در این میان، کاربرد کودهای قارچی و ورمی‌کمپوست و تیمارهای تلفیقی اِل - فنیل‌آلانین + کود قارچی و فنیل‌آلانین + ورمی‌کمپوست، بیشترین تاثیر را در افزایش غلظت‌های N، P، K، Fe، Zn، Mn و Cu داشتند. در مجموع مشخص شد که کاربرد کودهای ارگانیک با محلول‌پاشی اِل - فنیل‌آلانین در غلظت ۱۰۰۰ mg/L ، نقش موثری در بهبود عناصر تغذیه‌ای گیاه باغی زوفا و عملکرد ماده خشک اندام هوایی آن دارد..

کلمات کلیدی: گیاه دارویی، اسیدهای آمینه، ورمی‌کمپوست، قارچ میکوریزا، *Hyssopus officinalis*.

مقدمه

رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های به دست آمده از آن‌ها، نقش این گیاهان را در چرخه اقتصاد جهانی پررنگ‌تر کرده، به طوری که مصرف آنها تنها به کشورهای در حال توسعه محدود نبوده و در کشورهای پیشرفته نیز توسعه فراوانی یافته‌اند (Van Wyk and Wink, 2017). صرف‌نظر از ارزش اقتصادی، گیاهان دارویی قابل تطابق با روش‌های کشت ارگانیک هستند که تمایل تولید کننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها را نیز به همراه دارد (Khalil *et al*., 2007). در تولید گیاهان دارویی، علاوه بر شرایط آب و هوایی و عوامل خاک، نوع عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند، زیرا این عناصر با تأثیر بر رشد گیاهان، نسبت اندام‌های زایشی به رویشی را تغییر داده و از این طریق بر کیفیت و کمیت اسانس محصول مؤثر می‌باشند (Van Wyk and Wink, 2018).

زوفا [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)] متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) گیاهی چند ساله، بوته‌ای با ساقه‌های متعدد چوبی بوده و دارای ریشه مستقیم با انشعاب‌های فراوان می‌باشد. زوفا که از مناطق آسیای صغیر منشا یافته است، از دریای خزر تا دریای سیاه و همچنین در مناطق شنی مدیترانه می‌روید و به‌طور وسیعی در برخی کشورهای اروپایی مانند روسیه، اسپانیا، فرانسه و ایتالیا مورد کشت قرار می‌گیرد (Ghasemi Pirbalouti *et al*., 2019). این گیاه در طب سنتی و مدرن کاربردهای متعددی به عنوان خلط‌آور، مدر و اشتهاآور داشته و در درمان ناراحتی‌های گوارشی، التهاب حنجره، آسم و برونشیت تأثیر مطلوبی دارد (Kazazi *et al*., 2009). اسانس زوفا خاصیت ضد باکتریایی وضد قارچی داشته و در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی کاربرد فراوان دارد (Ghasemi Pirbalouti *et al*., 2019). با توجه به اهمیت زوفا در طب سنتی و مدرن و همچنین صنایع مختلف، ارایه راهکارهای جدید به منظور افزایش تولید این گیاه دارویی و بهبود ویژگی‌های فیتوشیمیایی و تغذیه ای آن همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. از جمله این موارد می‌توان به مصرف صحیح و متناسب انواع کودها (شیمیایی، زیستی، ارگانیک، حیوانی، ورمی‌کمپوست و غیره) اشاره کرد که با حفظ و اصلاح شرایط حاصلخیزی خاک موجب افزایش کمیت و کیفیت زوفا می‌شوند.

کودهای شیمیایی یکی از مهم‌ترین راهکارها برای تغذیه گیاهی بوده و به عنوان سریع‌ترین روش برای جبران کمبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک در سال‌های اخیر بوده‌اند (Gyaneshwar *et al*., 2002). از سوی دیگر، مصرف بی‌رویه این کودها موجب بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد و کیفیت محصولات گیاهی و آلودگی منابع آب و خاک شده است. در کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای زیستی به منظور افزایش حاصلخیزی خاک به عنوان یکی از روش‌های جایگزین کودهای شیمیایی در نظر گرفته شده است (Wu *et al*., 2005). کودهای زیستی، موادی جامد، نیمه‌جامد یا مایع حاوی ریز موجودات آزادزی یا فرآورده‌های آنها هستند (Vessey, 2003) که در ارتباط با تأمین زیستی نیتروژن یا فراهم کردن فسفر، گوگرد و سایر عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها در خاک فعالیت می‌کنند (Bistgani *et al*., 2018). پژوهش‌های زیادی در خصوص استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به تحقیقی (Gharib *et al*., 2008) اشاره کرد که طی آن استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در گیاه دارویی مرزنجوش، سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس شد. در مطالعه ای دیگر پژوهشگران (Abdelaziz *et al*., 2007) گزارش کردند که استفاده از تثبیت‌کننده‌های نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپریلوم)، سبب افزایش معنی‌داری را در تعداد گل و شاخه در گیاه دارویی رزماری شد. محققین دیگر (Hend *et al*., 2007) اعلام داشتند این افزایش می‌تواند ناشی از ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی و

آب در محیط ریشه و اثر مفید این باکتری‌ها بر روی آنزیم‌های حیاتی و هورمون‌ها و اثرهای تحریک‌کننده آنها روی رشد گیاه باشد.

از دیگر گزینه‌های موجود جهت جایگزینی کودهای شیمیایی می‌توان به کودهای آلی اشاره کرد. این کودها با بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش تولید محصولات کشاورزی می‌شوند و در مقایسه با کودهای شیمیایی غلظت نیتروژن خاک را به نسبت بیشتری افزایش می‌دهند (Fortier and Bilodeau, 2014). ورمی‌کمپوست به عنوان یکی از کودهای آلی، غنی از میکروب‌های مفید خاک بوده (Sinha *et al*., 2010) و باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب می شود (Marinari *et al*., 2000). استفاده از ورمی کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم های مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه زراعی می شود (Joshi *et al*., 2015). کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم مدیریت پایدار خاک مرسوم بوده و استفاده از آن برای بهبود باروری خاک، افزایش ماده آلی خاک (Kaur *et al*., 2008)، رشد گیاه و غنی سازی خاک (Maerere *et al*., 2001) به خوبی در منابع ذکر شده است. نتایج تحقیقی (Khalid *et al*., 2006) نشان داد که ریحان کشت شده تحت شرایط ارگانیک دارای عملکرد اسانس بیش از دو برابر نسبت به ریحان تغذیه شده با کودهای شیمیایی رایج بود.

در کنار کاربرد کودها می‌توان به استفاده از محرک‌های زیستی نیز اشاره کرد. این محرکها مجموعه ترکیباتی هستند که زیستن را تحریک می‌کنند. به طور کلی، محرک‌های زیستی مواد بیولوژیکی هستند که باعث تحریک متابولیسم و فرآیندهای متابولیکی در جهت افزایش کارآیی گیاهان می‌شوند و از جمله این ترکیبات می‌توان به آمینواسیدها اشاره کرد (Rahmani Samani *et al*., 2019; Starck, 2005). اسیدهای آمینه مولکول‌های آلی هستند که حاوی نیتروژن، کربن، هیدروژن و اکسیژن بوده و در ساختار خود زنجیره جانبی ارگانیک دارند که به عنوان یک شاخص، آمینواسیدهای مختلف را از هم متمایز می کند (Buchanan *et al*., 2015). اسیدهای آمینه برای فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک دارای اهمیت هستند زیرا از اجزای آنزیم ها هستند و سنتز ناکافی اسید آمینه های ضروری ممکن است منجر به ایجاد استرس و تاثیر بر متابولیسم و رشد شود (Wu, 2009). اسید آمینه می تواند نقش های مختلفی در گیاهان نظیر عوامل کاهش دهنده استرس، منبع نیتروژن و پیش سازهای هورمون داشته باشند (DeLille *et al*., 2011; Rahmani Samani *et al*. 2019). فنیل‌آلانین یکی از مهمترین اسیدآمینه‌ها در سنتز پروتئین گیاهی است که در تولید عطر و ترکیبات آروماتیک، آنتی اکسیدان‌ها و لیگنین، ترکیبات اصلی موجود در دیواره سلولی گیاهان و به عنوان یک حامل در تولید اتانول سلولزی نقش دارد (Rahmani Samani *et al*. 2019). کاهش تولید فنیل آلانین، کاهش لیگنین را به همراه داشته که دنبال آن هضم پذیری مواد سلولزی در تولید اتانول افزوده می‌شود (Vogt, 2010). در تحقیقی (Bálványos *et al*., 2002) که بر روی کشت بافت ریشه‌های موئین *Lobelia inflata* L. داشتند، چنین گزارش نمودند که استفاده از فنیل‌آلانین به میزان ۶۶ میلی‌گرم/لیتر موجب حداکثر رشد و تولید آلکالوئید (لوبلین) می‌شود. پژوهشگران (Tugnoli and Bettini, 2003) در مطالعه ای نتیجه گرفتند که استفاده از آمینو اسیدها به صورت اسپری کردن بر روی برگ های گیاه سبب می شود که گیاهان بر کمبود مواد غذایی در طول دوره رشد، غلبه کنند. نتایج پژوهش قبلی (Liu *et al*., 2008) مشخص شد که محلول پاشی آمینواسید موجب بهبود کارایی جذب نیتروژن از خاک و در نتیجه سبب کاهش هدررفت نیتروژن می‌شود.

با توجه به موارد بیان‌شده، از آنجایی که رشد، توسعه و

تولید گیاهان دارویی و معطر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد، انتخاب سطح بهینه کودهای مورد استفاده در هر منطقه بر اساس شرایط محیطی و سیستم‌های تغذیه‌ای مناسب عوامل بسیار مهمی هستند که گیاهان را برای رسیدن به حداکثر عملکرد اقتصادی تحت تاثیر قرار می‌دهند و از آنجا که تحقیقات کمی در مورد کاربرد فنیل‌آلانین بر عناصر ماکرو و میکرو در گیاهان دارویی انجام شده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی فنیل‌آلانین در کنار کاربرد کودهای زیستی، ارگانیک و شیمیایی بر عناصر تغذیه‌ای گیاه دارویی زوفا انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

آزمایش حاضر در دو سال متوالی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، در ارتفاع ۲۰۷۰ متر از سطح دریا، انجام شد. این مکان در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه جنوبی واقع شده است. بر اساس تقسیم‌بندی کوپن (Koppen)، اقلیم این منطقه معتدل و سرد با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. برخی از پارامترهای هواشناسی در طول اجرای پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. جهت انجام آزمایش، زمین مورد نظر در آبان‌ماه ۱۳۹۴ شخم زده شده و نشاهای تهیه شده از شرکت رضایی (اصفهان، ایران) در فروردین‌ماه ۱۳۹۵ کشت شدند. آماده سازی زمین و عملیات کشاورزی شامل شخم پاییزه با گاوآهن برگردان دار در پاییز سال ۹۵، دیسک و تسطیح و همچنین کولتیواتور در بهار سال ۱۳۹۶ بر اساس روش های معمول کشت در منطقه صورت گرفت.

طرح آماری و نحوه اعمال تیمارها

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل: انواع کود به عنوان عامل اصلی که از کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم خالص در هکتار که به ترتیب از منابع کودی اوره (۲۱۷ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۳۲۶ کیلوگرم در هکتار) و کلرید پتاسیم ۱۹۲ کیلوگرم در هکتار کلرید پتاسیم به میزان ۱۰۰ درصد توصیه کودی بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز گیاهی استفاده شد، کود گاوی (۲۰ تن خشک در هکتار، بر اساس نتایج آزمون خاک)، کود ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار، بر اساس نتایج آزمون خاک)، کود زیستی تلقیح ریشه های نشاء با قارچ میکروریزا - تلفیقی از قارچ‌های جنس *Glomus* (*G. fasiculatum*، *G. intraradices* و *G. mosseae*) به میزان ۲ گرم در هر نشاء) و شاهد (بدون کود) بودند. کرت‌ها دارای ابعاد ۷×۲ بودند و فاصله بین پلات‌ها و تکرارها به ترتیب ۱/۵ و ۲ متر بود. فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر و بین گیاهان در هر بوته ۲۵ سانتی‌متر بود. عامل فرعی، سطوح محلول‌پاشی برگی اِل - فنیل‌آلانین (محصول شرکت Merck) شامل سه سطح صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند.

منابع مختلف کودی قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند. اضافه نمودن کودهای شیمیایی (N.P.K) بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) صورت گرفت؛ فقط مقدار توصیه شده نیتروژن به سه قسمت تقسیم شد که یک سوم قبل از کاشت و باقی‌مانده آن بصورت سرک در حین رشد و قبل از گلدهی داده شد. جهت محلول پاشی فینل آلانین، پودر آن را در اسید استیک ۵ درصد حل نموده و با استفاده از آب مقطر به غلظت های مورد نظر رسانده و سپس در سه مرحله (سه ماه بعداز استقرار نشاءها، اواخر رشد رویشی و ابتدای مرحله گلدهی) اقدام به محلول‌پاشی بر روی قسمت‌های هوایی بوته‌های زوفا شد. مقدار محلول اسپری به ازای هر پلات ۱۰ لیتر در هر دو سال بود که این مقدار جهت مرطوب نمودن گیاهان موجود در هر پلات

کافی بود. آبیاری بصورت کرتی هر ۷ روز یک‌بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز بصورت دستی صورت گرفت. آفت یا بیماری خاصی بر روی گیاهان در طول انجام آزمایش مشاهده نشد. قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشته شد و به همراه کودهای آلی از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد آنالیز قرار گرفتند (جداول ۲ و ۳).

اندازه‌گیری عناصر غذایی

در مرحله ۵۰٪ گلدهی و با رعایت اثرات حاشیه‌ای، ۵ بوته در دو ردیف میانی در هر کرت بصورت تصادفی انتخاب و عناصر غذایی ماکرو در برگ‌ها شامل نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاس (K) و میکرو شامل آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn) و مس (Cu) مورد اندازه گیری قرار گرفتند. لازم به توضیح است که هضم برگ برای عناصر ماکرو، هضم تر به روش اسید سالیسیک و آب اکسیژنه و برای عناصر میکرو به روش هضم خشک باکسوره صورت گرفت. قرائت N، P و K به ترتیب با استفاده از دستگاه کجلدال (مدل گرهارد ساخت آلمان)، فلیم‌فتومتر (مدل جن وی ساخت انگلستان) و اسپکتروفتومتر (مدل LKB ساخت انگلستان) انجام شد. عناصر میکرو نیز با کمک دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین المر AA600 ساخت امریکا) قرائت شدند (Miller, 1998).

جدول ۱- دمای ماهانه، بارندگی و میزان رطوبت نسبی در طی دوره رشد دو سال آزمایش

Table 1- Monthly temperature, precipitation and relative humidity in two experimental years

Air temperature (° C)						Precipitation (mm)		Relative Humidity (%)		Month
Maximum		Average		Minimum						
2016	2017	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	
25.9	26.0	10.3	11.9	-6.6	-4.1	74.2	40.2	43	52	April
31.1	31.2	17.0	16.2	1.3	-0.4	4.9	13.1	41	34	May
35.7	36.5	21.2	22.7	1.2	5.9	0.0	0.2	22	29	June
37.4	35.3	25.2	24.1	9.8	9.9	0.0	23.4	19	26	July

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

Table 2- Physicochemical characteristics of field soil

K	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	pH	Organic matter (%)	N (%)	EC (dS/m)	Soil texture
(mg/kg)											
238	14.8	4.89	10.47	0.55	1.27	2.49	7.94	0.51	0.05	1.04	Clay

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در پژوهش

Table 3- Chemical properties of cow manure and vermicompost used in this research

Cu	Mn	Fe	Zn	S	O.M	Mo	Mg	Ca	Na	K_2O	P_2O_5	N	EC	pH	
(mg/kg)				%									(dS/m)		
31	155.8	701.4	102.3	0.10	76.2	38.9	0.4	1.4	1.0	1.2	0.5	1.5	3.0	8.1	M
-	109.6	1207.3	50.8	-	30.6	10.9	0.9	1.2	1.0	1.0	0.4	1.1	1.1	8.4	V

M: کود گاوی، V: ورمی‌کمپوست، O.M: ماده آلی و Mo: رطوبت

M: Cow manure; V: Vermicompost; O.M: Organic matter; Mo: Moisture

تجزیه‌ی آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 صورت پذیرفت. با توجه به داده های به دست آمده و شرایط آب و هوایی متفاوت دو سال متوالی و همچنین مقایسه صفات مورد ارزیابی در دو سال مختلف که بدون شک نتایج عملکرد کمی گیاه سال دوم به دلیل استقرار بهتر نسبت به گیاه سن اول از تجزیه مرکب استفاده نشد. در واقع در سال دوم اقدام به کشت مجدد گیاه نشد بلکه تیمارها به همان نسبت برای همان گیاهان با سن دو سال اعمال شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که بین غلظت‌های مختلف اِل – فنیل‌آلانین و هم‌چنین بین کودهای مورد استفاده در پژوهش حاضر، از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی در هر دو سال ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. بررسی اثر متقابل کود × اِل – فنیل‌آلانین حاکی از آن بود که تغییرات سطوح کودی در غلظت‌های اِل – فنیل‌آلانین دارای تاثیر متفاوتی بر مقادیر نیتروژن در سال دوم، فسفر در سال اول، پتاس در سال اول، آهن در سال دوم و روی، منگنز و مس در هر دو سال دارد (جدول ۴).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، عناصر درشت و ریزمغذی در برگ‌های زوفا بصورت معنی‌داری تحت تاثیر محلول‌پاشی اِل – فنیل‌آلانین و هم‌چنین کودهای زیستی، ارگانیک و شیمیایی قرار گرفتند و نتایج آن در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است، بیشترین میزان نیتروژن در سال اول و دوم (به ترتیب با میانگین ۲/۲۹ و ۲/۵۹ درصد) در تیمار کود قارچی بدست آمد. از لحاظ میزان فسفر، تیمار کود قارچی با میانگین‌های ۰/۳۸ و ۰/۳۵ درصد به ترتیب در سال‌های اول و دوم، بیشترین میزان را داشت. در مقایسه با تیمار کنترل، استفاده از کود قارچی موجب افزایش ۶۰/۴۳ درصدی درصد فسفر در برگ‌های زوفا شده است. علاوه بر این، در تیمارهای حاوی کود قارچی و شیمیایی بیشترین میزان پتاس (به ترتیب با میانگین‌های ۲/۴۸ و ۲/۴۵ درصد) در سال اول مشاهده شد که در مقایسه با تیمار کنترل، به ترتیب ۲۸/۸۹ و ۲۷/۱۵ درصد بر پتاس برگ افزوده بودند. در سال دوم، استفاده از کودهای شیمیایی، قارچی، ورمی‌کمپوست و دامی موجب افزایش معنی‌دار پتاس برگ در مقایسه با تیمار کنترل شد؛ در حالی که بین کودهای مذکور اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد. واکنش گیاهان زوفا از لحاظ میزان مس نسبت به کاربرد کودهای مورد مطالعه، در دو سال ارزیابی یکسان بود؛ بگونه ای که استفاده از کودهای مورد مطالعه در بهبود غلظت مس در برگ‌های زوفا موثر بوده است. در این بین استفاده از کود ورمی‌کمپوست دارای تاثیر بیشتری بر افزایش این عنصر بود و بیشترین مقادیر مس در سال اول (۲۲/۷۵ mg/kg) و سال دوم (۲۴/۱۱ mg/kg) در کرت‌های حاوی کود ورمی‌کمپوست مشاهده شد. این موضوع در خصوص دو عنصر ریزمغذی دیگر یعنی منگنز و روی دیده شد؛ به صورتی که با استفاده از ورمی‌کمپوست بالاترین مقادیر در سال‌های اول و دوم (به ترتیب ۸۰/۶ و ۷۵/۶۶ mg/kg) حاصل شد. لازم به توضیح است که در سال اول تیمار کود دامی دارای اختلاف معنی‌داری با ورمی‌کمپوست نبود. بررسی تاثیرگذاری کودهای مختلف بر میزان عنصر روی در برگ‌های زوفا نشان داد که کاربرد کود ورمی‌کمپوست در سال‌های اول و دوم به عنوان برترین تیمار در نظر گرفته شده و به ترتیب موجب بهبود ۴۹/۱ و ۵۲/۵۲ درصدی عنصر روی در مقایسه با تیمار کنترل می‌شود. از سوی دیگر، در سال دوم استفاده از کود دامی دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار ورمی‌کمپوست نبود. افزایش معنی‌دار میزان آهن در برگ‌های زوفا نیز دیده شد؛ بگونه‌ای که در هر دو سال

مورد ارزیابی، بالاترین میزان این عنصر ریزمغذی در پلات‌های حاوی کود قارچی در سال‌های اول (۱۲۸/۶۲ mg/kg) و دوم (۱۴۳/۷۹mg/kg) وجود داشت. از سوی دیگر، تیمار کود ورمی‌کمپوست در سال اول (۱۲۳/۷۲ mg/kg) تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری با تیمار کود قارچی دیده نشد (شکل ۲).

مقایسه بین غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی فنیل‌آلانین بر روی عناصر معدنی در دو سال ارزیابی دارای روند افزایشی بود و در کلیه عناصر غذایی مورد مطالعه، بالاترین مقادیر در پلات‌های حاوی محلول‌پاشی فنیل‌آلانین در غلظت ۱۰۰۰ mg/L مشاهده شد و اختلاف آن با تیمار کنترل و همچنین محلول‌پاشی ۵۰۰ mg/L (از لحاظ آماری معنی‌دار بود (شکل ۱ و ۲). در سال اول ارزیابی و در مقایسه با تیمار کنترل، محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰۰ mg/L به ترتیب موجب افزایش ۳۸/۷۴، ۶/۴۱، ۳۹/۳۳، ۵۲/۶۳، ۲۰/۷۱، ۳۱/۳۰ و ۵۱/۴۷ درصدی نیتروژن، فسفر، پتاس، مس، منگنز، روی و آهن شد. در سال دوم ارزیابی نیز شاهد بیشترین مقادیر نیتروژن (با میانگین ۲/۳۴ درصد)، فسفر (۰/۳۱ درصد)، پتاس (۲/۷۷ درصد)، مس (با میانگین ۲۱/۵۴ mg/kg)، منگنز (۶۰/۷۸ mg/kg)، روی (۴۶/۴۲ mg/kg) و آهن (۱۵۷/۷۰ mg/kg)، در تیمار محلول‌پاشی فنیل‌آلانین با غلظت ۱۰۰۰ mg/L بدست آمد. از سوی دیگر، در هر دو سال مورد مطالعه، اختلاف معنی‌دار بین تیمار محلول‌پاشی ۵۰۰ mg/L فنیل‌آلانین با تیمار کنترل از لحاظ عناصر ماکرو و میکرد وجود داشت (به غیر از فسفر و منگنز در سال اول).

بررسی اثر متقابل محلول‌پاشی سه سطح مختلف فنیل‌آلانین (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و کاربرد کودهای مختلف (قارچی، دامی، شیمیایی و ورمی‌کمپوست) برای صفاتی که دارای اثر متقابل معنی‌دار بودند، نشان داد که در سطح دوم و سوم محلول‌پاشی فنیل‌آلانین (به ترتیب ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بهترین ترکیب کودی برای افزایش نیتروژن برگ به کود قارچی اختصاص داشت؛ به گونه‌ای که نسبت به تیمار کنترل، این تیمار ترکیبی موجب افزایش نیتروژن برگ به میزان ۶۹/۲۳٪ در سطح دوم و ۵۹/۶۷٪ در سطح سوم محلول‌پاشی فنیل‌آلانین شد. در مقایسه با تیمار کنترل، بهترین تیمار تلفیقی جهت بهبود فسفر برگ نیز به محلول‌پاشی فنیل‌آلانین در کنار کاربرد کود قارچی اختصاص داشت؛ به‌گونه‌ای که در سطوح دوم و سوم محلول‌پاشی فنیل‌آلانین به ترتیب شاهد افزایش ۹۰٪ و ۳۶/۸۶٪ در میزان فسفر برگ بودیم (شکل ۱ و ۲).

در خصوص اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی گیاه زوفا مشخص شد که بین تیمارهای کودی اختلاف معنی داری در هر دو سال برای صفت مذکور وجود دارد و بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به تیمار کود دامی بوده است. افزایش عملکرد ماده خشک در سال دوم مشهودتر از سال اول برای تیمارهای کودی کود دامی، شیمیایی و قارچ میکوریزا بود (شکل ۳). هم‌چنین در تیمار محلول‌پاشی فنیل‌آلانین با غلظت mg/L ۱۰۰۰ در هر دو سال به خصوص سال دوم بالاترین عملکرد ماده خشک به دست آمد (شکل ۳).

بررسی واکنش گیاهان زوفا نسبت به کاربرد همزمان محلول‌پاشی فنیل‌آلانین و کودهای مختلف از لحاظ غلظت پتاس برگ حاکی از آن بود که با محلول‌پاشی ۵۰۰ mg/L فنیل‌آلانین، کاربرد کودهای قارچی و شیمیایی بهترین گزینه جهت بهبود صفت مذکور می‌باشد و موجب افزایش ۲۳٪ نسبت به تیمار کنترل شد. در مقابل، در تیمار تلفیقی فنیل‌آلانین (۱۰۰۰ mg/L) + کود قارچی، بیشترین میانگین پتاس برگ مشاهده شد که در مقایسه با تیمار کنترل ۳۷٪ پتاس برگ‌های زوفا را بهبود بخشید. از دیگر نتایج می‌توان به کاربرد تیمار تلفیقی فنیل‌آلانین (۵۰۰ mg/L) + کود دامی بر غلظت آهن برگ‌های زوفا اشاره کرد که بیشترین مقادیر مربوط به این صفت را به خود اختصاص داد و نسبت به تیمار کنترل افزایش قابل توجهی داشت. از سوی دیگر، کاربرد همزمان فنیل‌آلانین در غلظت ۱۰۰۰ mg/L با

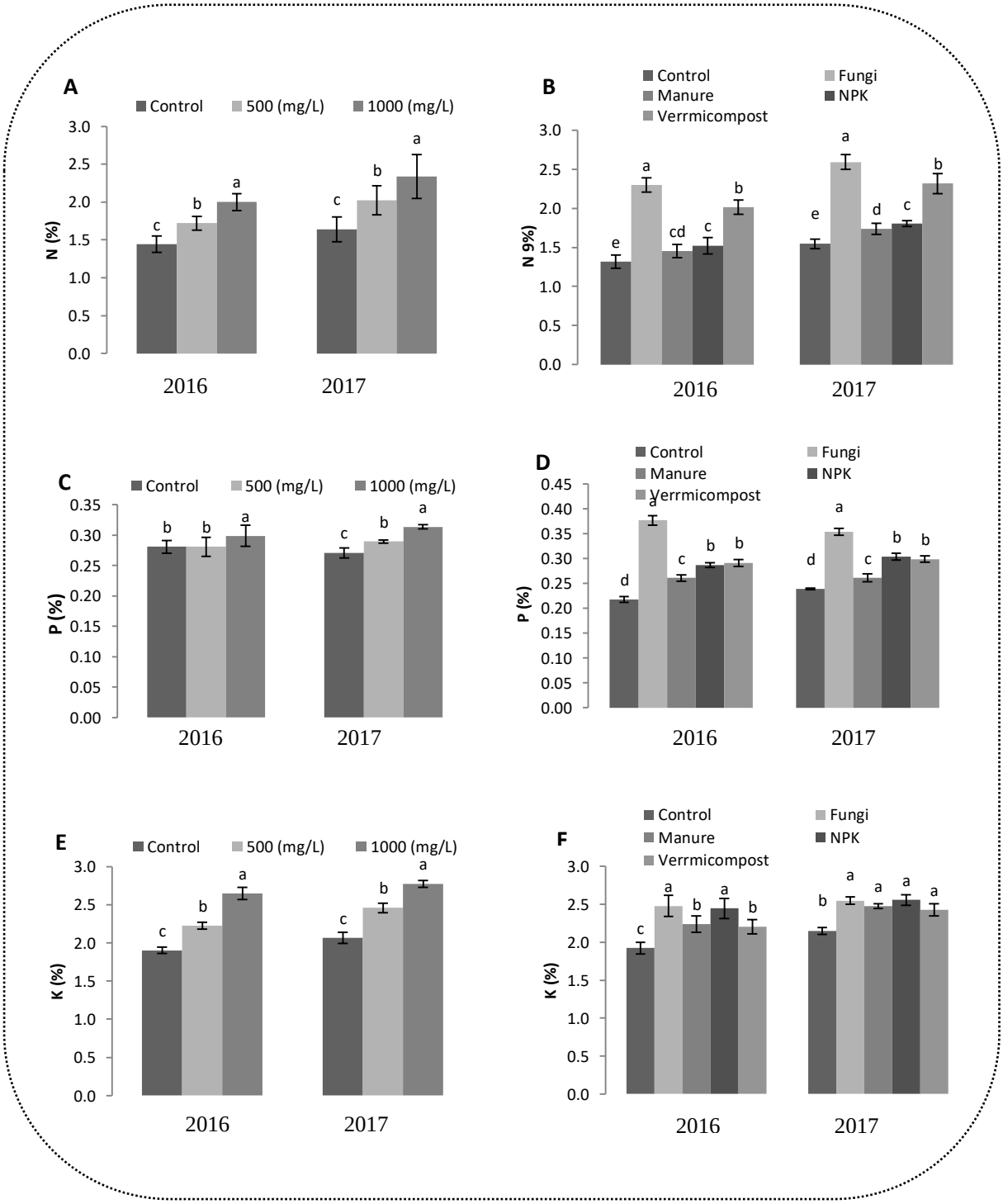
کود قارچی در افزایش معنی‌دار پتاس برگ تاثیرگذار بـود. از سوی دیگر، روند اثر متقابل فنیل‌آلانین × کـود بـر روی غلظت عنصـر روی در هـر دو سـال و در هـر دو غلظـت فنیـل‌آلانـین تقریبـا مشـابه بـود و طـی آن تیمـار تلفیقـی فنیل‌آلانین + کود ورمی‌کمپوست بیشترین مقادیر مربوط به غلظت روی را به خود اختصاص داد؛ به غیـر از سـال دوم که تیمار فنیل‌آلانین (۵۰۰ mg/L) + کود دامی بـا افـزایش ۴۶/۵٪ از این حیث برترین تیمار بـود. در مجمـوع، تیمـار فنیل‌آلانین (۱۰۰۰ mg/L) + کود ورمی‌کمپوسـت در سـال اول و دوم بـه ترتیـب موجـب افـزایش ۶۰/۱٪ و ۷۰/۶۳٪ غلظت عنصر روی در برگ‌های زوفا شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اِل - فنیل‌آلانین و کودهای زیستی، شیمیایی و ارگانیک بر غلظت عناصر معدنی در زوفا در دو سال ارزیابی

Table 4- Analysis of variance of different concentrations of L-phenylalanine and biological, chemical and organic fertilizers on the concentration of mineral elements in the hyssop in two experimental years

Source of Variation	d.f	Mean Squre (MS)													
		Cu		Mn		Zn		Fe		K		P		N	
		2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
Block or R	2	16.01	1.67	7.15	42.45	21.22	9.14	390.44	25.28	0.12	0.01	0.0005	0.0001	0.02	0.03
Fertilizer	4	168.37 **	171.40 **	2212.56 **	2244.7 **	1171.45 **	923.87 **	628.39 **	216.96 **	0.25 **	0.44 **	0.01 **	0.03 **	1.72 **	1.55 **
Error a	8	1.24	1.56	1.79	54.64	9.15	8.11	18.51	21.79	0.02	0.01	0.0006	0.0001	0.001	0.01
L-Ph	2	98.15 **	186.33 **	234.36 **	552.08 **	385.19 **	509.23 **	9649.6 **	9924.5 **	1.87 **	2.11 **	0.006 **	0.001 *	1.83 **	1.17 **
F × L-Ph	8	25.79 **	19.08 **	36.25 **	30.05 n.s	80.46 **	56.56 **	91.16 **	23.59 n.s	0.01 n.s	0.02 **	0.003 n.s	0.001 *	0.02 **	0.01 n.s
Error b	20	1.05	2.03	2.78	12.63	3.03	3.99	23.30	39.06	0.02	0.003	0.02	0.002	0.003	0.02
C.V (%)		5.39	8.39	2.93	16.23	4.20	4.63	3.62	5.13	9.65	2.63	5.43	5.80	2.83	8.71

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱. تاثیر محلول‌پاشی ال-فنیل آلانین (A، C و E) و کاربرد کودهای زیستی، ارگانیک و شیمیایی (B، D و F) بر عناصر ماکرو در برگ‌های زوفا در دو سال ارزیابی.

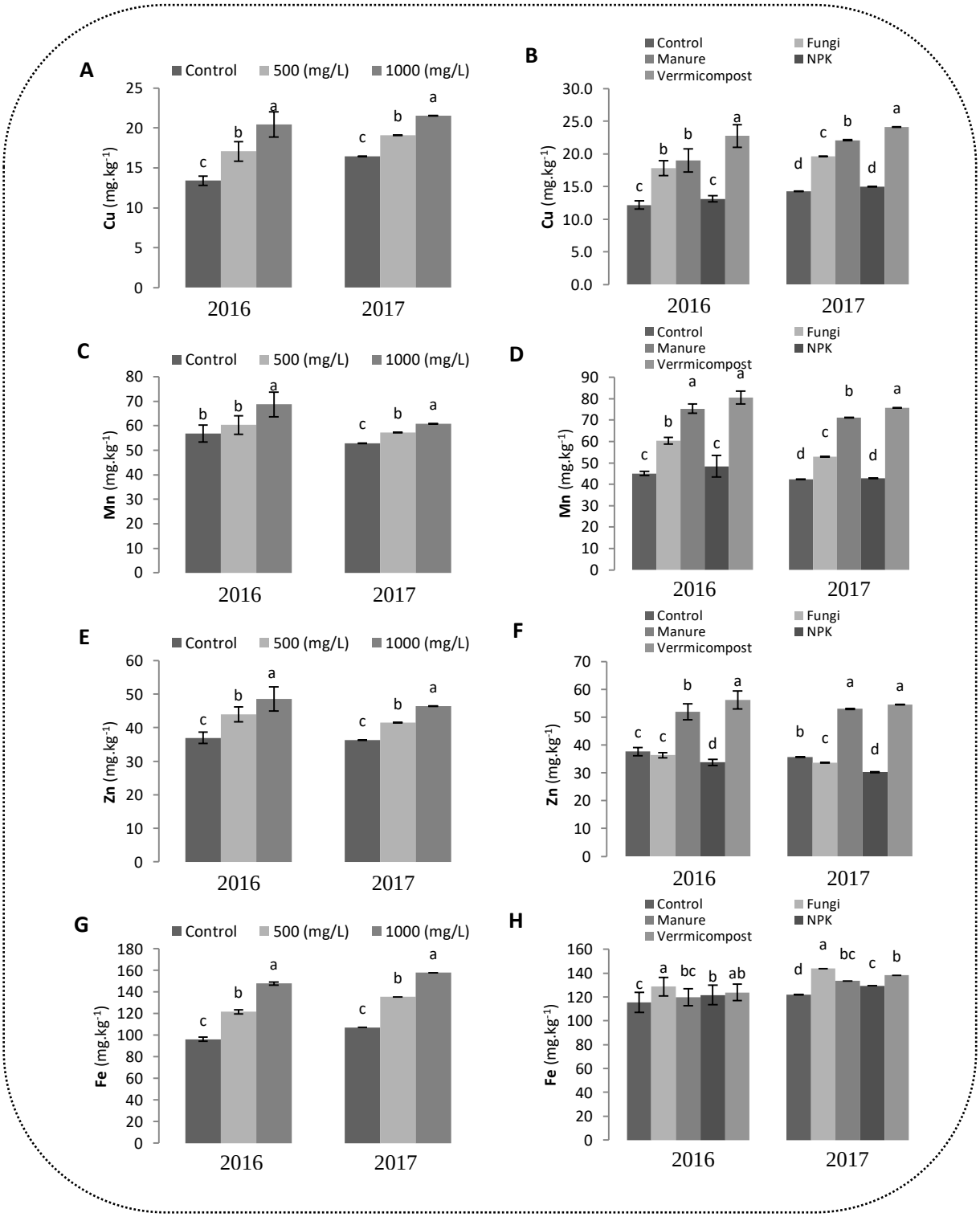
کلیه پارامترها همراه با انحراف استاندارد (n=۳) نشان داده شده اند.

حروف متفاوت بیان‌گر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر آزمون LSD است ($P \leq 0.05$)

Figure 1- The effect of L-phenylalanine (A, C and E) and application of biological, organic and chemical fertilizers (B, D, and F) on macroelements in two years of the hyssop leaves.

All parameters are shown with standard deviation (n = 3).

Different letters indicate a significant difference in LSD test ($P \leq 0.05$)



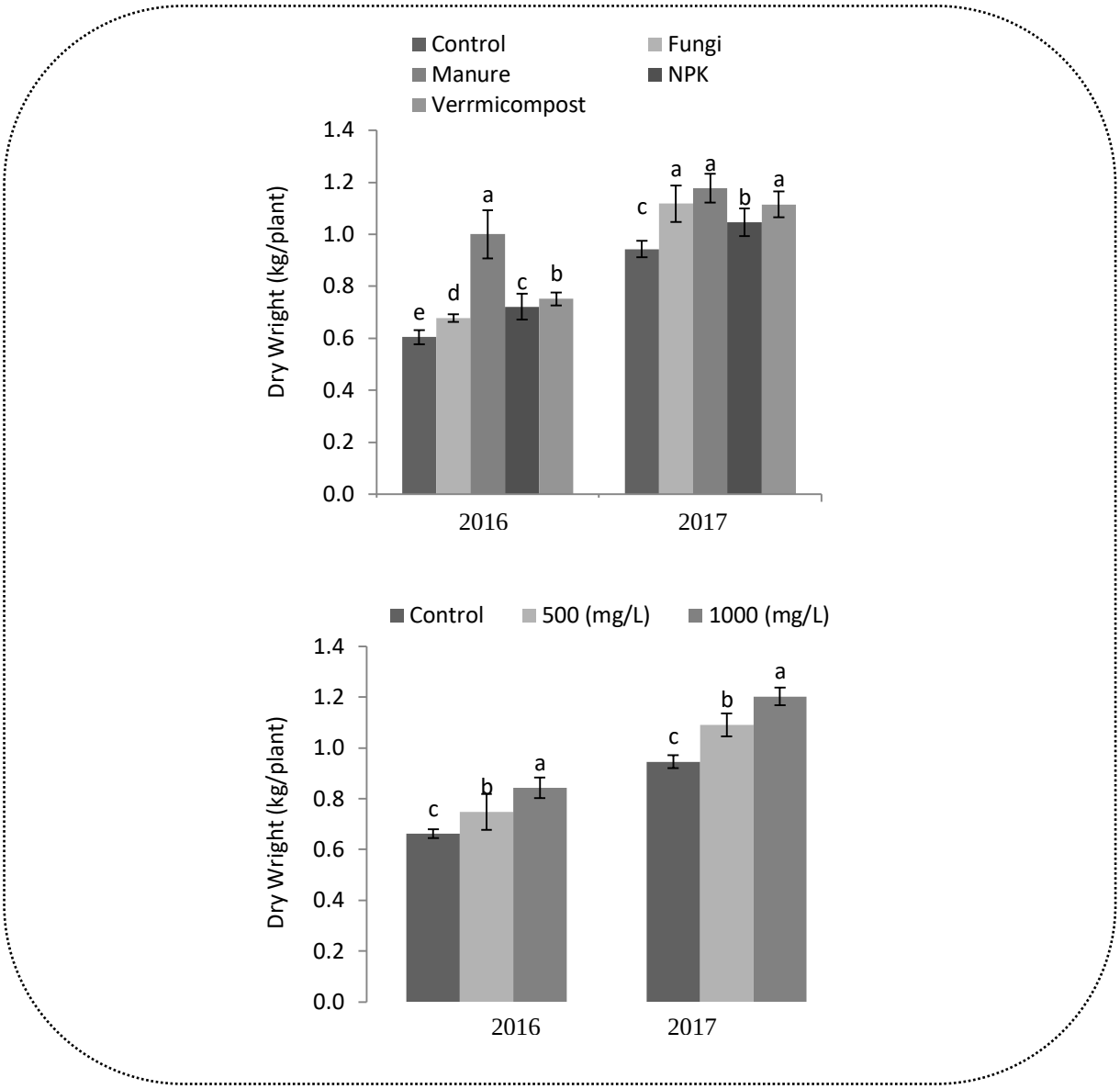
شکل ۲. تاثیر محلول‌پاشی ال-فنیل آلانین (A-C-E-G) و کاربرد کودهای زیستی، ارگانیک و شیمیایی (B-D-F-H) بر عناصر میکرو در برگ‌های زوفا در دو سال ارزیابی.

کلیه پارامترها همراه با انحراف استاندارد (n=۳) نشان داده شده اند. حروف متفاوت بیان‌گر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر آزمون LSD است ($P \leq 0.05$)

Figure 2. The effect of L-phenylalanine (A-C-E-G) and application of biological, organic and chemical fertilizers (B-D-F-H) on microelements in two years of the hyssop leaves.

All parameters are shown with standard deviation (n = 3).

Different letters indicate a significant difference in LSD test ($P \leq 0.05$)



شکل ۳. تاثیر محلول‌پاشی ال-فنیل آلانین و کاربرد کودهای زیستی، ارگانیک و شیمیایی بر عملکرد ماده خشک بر زوفا در دو سال ارزیابی

کلیه پارامترها همراه با انحراف استاندارد (n=۳) نشان داده شده اند.

حروف متفاوت بیان‌گر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر آزمون LSD است ($P \leq 0.05$)

Figure 3. The effect of L-phenylalanine and application of biological, organic and chemical fertilizers on dry matter yield in two years of the hyssop leaves.

All parameters are shown with standard deviation (n = 3).

Different letters indicate a significant difference in LSD test ($P \leq 0.05$)

بررسی اثرات متقابل فنیل‌آلانین × کـود (شـکل ۱ و ۲) برای عناصر منگنز و مس، نتایج مشـابهی را در خصـوص تاثیرگذاری غلظت‌های مختلف فنیل‌آلانین در پـلات‌هـایی که حاوی کودهای مختلف زیسـتی، ارگانیـک و شـیمیایی بودنـد را نشـان داد. از ایـن منظـر، در سـال اول در تیمـار تلفیقی فنیل‌آلانین (۵۰۰ mg/L) + ورمی‌کمپوست بیشترین مقادیر مربوط به غلظت عناصر منگنز و مس مشـاهده شـد که در مقایسه با تیمار کنترل به ترتیب ۶۷/۸۵٪ و ۱۰۳/۳۳٪ افزایش داشتند. از سوی دیگر و در سال دوم ارزیـابی نیـز، بیشترین مقادیر مربوط به این صفات در تیمارهای تلفیقـی

فنیل‌آلانین (۵۰۰ mg/L) + ورمی‌کمپوست بود. به شکل مشابهی، بیشترین افزایش مرتبط با غلظت عناصر منگنز و مس در سال‌های اول (به ترتیب ۹۴ و ۹۵/۷۱ درصد) و دوم (به ترتیب ۸۷/۹۱ و ۱۱۳/۴۸ درصد) در واحدهای آزمایشی همراه با فنیل‌آلانین (۱۰۰۰ mg/L) + ورمی‌کمپوست مشاهده شد.

اسیدهای آمینه در بیوسنتز ترکیبات ارگانیک مانند رنگدانه ها، ویتامین ها، آلکالوئیدها، آنزیم ها، ترپنوئیدها، کوآنزیم ها، بازهای پورین و پیریمیدین ایفای نقش می‌نمایند (Wu, 2009). در تغذیه گیاهی، اسیدهای آمینه جهت اخذ عملکرد و کیفیت بالا و کاهش چرخه تولید همراه با مواد خشک بهتر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Amin *et al*., 2011). نتایج مطالعات قبلی ثابت کرده‌اند که اسید آمینه می توانند به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه و همچنین فعالیت های بیوشیمیایی و فیتوشیمیایی گیاهان به خصوص گیاهان دارویی و معطر تأثیر بگذارد (Rahmani et al., 2019). اسیدهای آمینه با بهبود میکروارگانیسم‌های موجود در خاک، موجب تسهیل جذب مواد مغذی می‌شوند. اسیدهای آمینه پیش سازها (precursors) یا فعال کننده های فیتوکروم‌ها و مواد (substances) رشدی هستند (Barrett, 2012). در سال‌های اخیر، محققان زیادی از محلول‌پاشی آمینواسیدها استفاده نموده و افزایش قابل‌توجهی در رشد گیاهی و ترکیبات شیمیایی در برخی از گیاهان دارویی را به اثبات رسانده اند.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از فنیل‌آلانین ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجب افزایش عناصر میکرو و ماکرو در برگ‌های زوفا شد (شکل‌های ۱ و ۲). در پژوهشی (Garde-Cerdán *et al*., 2014) که با هدف بررسی محلول‌پاشی منابع مختلف نیتروژن بر میزان آمینو اسید، انگور انجام دادند اظهار داشتند که محلول‌پاشی فنیل‌آلانین و اوره دارای نتایج مشابهی بوده و در مقایسه با سایرین (پرولین و دو کود تجاری نیتروژنی) در سنتز بیشتر آمینواسیدها بهتر عمل می‌نمایند. در یک بررسی (Gou *et al*., 2015) تاثیر محلول‌پاشی آمینواسیدهای Leucine، Isoleucine، Valine و Alanine چنین ابراز داشتند که محلول‌پاشی Alanine موجب بهبود ترکیبات آروماتیک در سیب شده و استفاده از آن را در سطح تجاری به منظور ارتقای کیفیت میوه توصیه نمودند. نتایج یک تحقیق قبلی (Reham *et al*., 2016) مشخص شد محلول‌پاشی فنیل‌آلانین موجب افزایش معنی‌دار صفات رشدی (ارتفاع بوته، قطر بوته، وزن خشک و تر بوته) در ریحان گنووس (genoveser basil) شده و غلظت ppm ۱۰۰ این اسید آمینه برای کسب بهترین ویژگی‌های رشدی پیشنهاد شده است. نتایج مطالعه ای (EL-Zefzafy *et al*., 2016) نشان داد که محلول‌پاشی فنیل‌آلانین بر روی قسمت‌های هوایی *Artemisia abrotanum* موجب افزایش معنی‌دار پارامترهای رشدی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و خشک بوته شده و با افزایش غلظت فنیل‌آلانین (از ۵۰ تا ۲۵۰ mg/L) شاهد مقادیر بالاتر میزان و عملکرد مواد موثره خواهیم بود. در پژوهشی (Teixeira *et al*., 2017) افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (Phenylalanine Ammonia-Lyase) درنتیجه محلول‌پاشی فنیل‌آلانین بر روی سویا گزارش شده است.

در تحقیق حاضر اختلاف معنی‌داری بین کودهای مورد مطالعه در هر دو سال مشاهده شد. با بررسی اثرات اصلی، می‌توان بیان داشت که در مجموع دو سال بهترین گزینه برای افزایش عناصر تغذیه‌ای، استفاده از کودهای قارچی ورمی‌کمپوست بود. به این صورت که بالاترین مقادیر مربوط به عناصر ماکرو در کرت‌های دارای کود قارچی مشاهده شد. در مقابل، با کاربرد کود ورمی‌کمپوست شاهد بیشترین میزان عناصر تغذیه‌ای روی، منگنز، مس و آهن بودیم. بسیاری از محققان بر این عقیده هستند که گیاهان کشت شده در سیستم کشاورزی ارگانیک به علت بهبود کیفیت خاک، اغلب ویتامین B و C ، ترکیبهای فنولی، بتاکاروتن و متابولیت‌های ثانویه بیشتری در مقایسه با

گیاهان شیمیایی (گیاهانی که در یک سیستم متداول رشد می‌کنند) دارند (Fortier and Bilodeau, 2014). در بررسی (Moradi *et al.*, 2011) تاثیر کودهای مختلف ارگانیک و بیولوژیکی بر اسانس و ترکیبات اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* var. dulce) بیان داشتند که ترکیب کمپوست + ورمی‌کمپوست موجب بیشترین تعادل مواد مغذی و آب در ریشه شده و در نتیجه بالاترین عملکرد اسانس (۲۹/۹ لیتر در هکتار) در این تیمار مشاهده شد. در تاثیر کمپوست و کود زیستی روی عملکرد و اسانس شوید مشخص شد که بیشترین عملکرد زیستی، اسانس و بذر در تیمارهای حاوی کود زیستی به دست آمده و کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود زیستی و کمپوست بیشترین تاثیر را بر عملکرد اسانس و بذر داشت (Shahmohammadi *et al.*, 2014).

با بررسی اثرات متقابل کود × فنیل‌آلانین نیز نتایج مشابهی بدست آمد و در اغلب موارد استفاده از کود قارچی و ورمی‌کمپوست در کنار محلول‌پاشی فنیل‌آلانین (در هر دو غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ mg/L) موجب بهبود چشمگیر عناصر تغذیه‌ای شد. علاوه بر این بین تیمارهای تلفیقی کود قارچی یا ورمی‌کمپوست + ۵۰۰ mg/L و کود قارچی یا ورمی‌کمپوست + ۱۰۰۰ mg/L نیز اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده شد و در کلیه موارد، بالاترین مقادیر مربوط به صفات رویشی در تیمار کود قارچی یا ورمی‌کمپوست + ۱۰۰۰ mg/L مشاهده شد (شکل ۱ و ۲). به بیان دیگر، جهت بهبود عناصر تغذیه‌ای در گیاه دارویی زوفا می‌توان تیمار فوق را پیشنهاد نمود. قارچ‌های آربسکولار مایکوریز (AM) مورد استفاده در تحقیق حاضر متعلق به شاخه (Glomeromycota) بوده که همزیستی متقابل با اکثر گیاهان زراعی و باغی برقرار می کنند و گیاهان از طریق افزایش مقاومت به تنش های محیطی، بدست آوردن مواد غذایی و بهبود کیفیت خاک سود می برند.

در طی مراحلی از دوره رشد نیاز فیزیولوژیکی به جذب عناصر غذایی برای انجام فعالیت‌های متابولیسمی بسیار زیاد است؛ اما معمولاً در این مواقع به دلیل برخی محدودیت‌ها در جذب مواد غذایی از خاک، گیاه نمی‌تواند به میزان کافی از این عناصر بهره‌مند شود و به دلیل وجود فاصله زمانی نسبتاً طولانی بین جذب این عناصر توسط گیاه و تبدیل آنها به عناصر مورد نیاز گیاه (از جمله اسیدهای آمینه) اقدامات مدیریتی همچون افزودن انواع کودهای موردنیاز در زمان مناسب باز هم نمی‌تواند پاسخگوی نیاز گیاه باشد و گیاه دچار نقصان رشد و کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین گیاه پس از جذب محرکهای زیستی (دارای اسیدهای آمینه) می‌تواند در کوتاه‌ترین زمان بدون هیچگونه تنش و افت عملکردی نسبت به تأمین نیازهای خود اقدام کند (du Jardin, 2015). در تحقیقی که توسط Rashad و همکاران (۲۰۰۲) انجام شد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم/لیتر فنیل‌آلانین برای بدست آوردن حداکثر میزان مربوط به پارامترهای رشدی، رنگدانه های فتوسنتزی، capsaicin و میزان dihydrocapsaicin در فلفل (*Capsicum annum* L.) گزارش شده است. حاج سیدهادی و همکاران (Haj Seyed Hadi *et al.*, 2011) اظهار داشتند که کاربرد ۲۰ ton/ha کود ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، قطر رأس گل، وزن تر و خشک گل و میزان اسانس در بابونه می‌شود. این محققین همچنین محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در کنار ورمی‌کمپوست را در افزایش معنی‌دار صفات مذکور موثر دانسته‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که بیشترین غلظت های سه عنصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی گیاه دارویی زوفا در تیمار محلول‌پاشی فنیل‌آلانین در هر دو سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کاربرد کود قارچ میکوریزا و نیز بیشترین غلظت عناصر ریز مغذی مهم که تاثیر بسزایی بر سلامت انسان دارد نظیر آهن، روی، مس و

منگنز در اندام هوایی گیاه دارویی زوفا در تیمار محلول‌پاشی فنیل‌آلانین در هر دو سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کاربرد کود ورمی‌کمپوست حاصل شده است. در مجموع نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر افزایش عناصر تغذیه‌ای گیاه دارویی زوفا تحت اثرات متقابل محلول‌پاشی فنیل آلانین در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کودهای قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد فنیل آلانین همراه استفاده از منابع آلی و کودهای زیستی علاوه بر این‌که اثرات مثبی بر رشد و پارامترهای رشدی گیاهان دارد تاثیر بسزایی نیز بر خصوصیات تغذیه ای گیاهان باغی مانند گیاه دارویی و معطر زوفا دارند. گیاه دارویی زوفا در طب سنتی و طب مکمل به عنوان یک فرآورده طبیعی به اشکال دم نوش یا دم کرده مورد استفاده برای پیشگیری یا درمان برخی بیماری ها قرار می گیرد؛ لذا علاوه بر نقش درمانی و پیشگیری کننده واند نقش مهمی در تغذیه و سلامت انسان داشته باشد. در پایان توصیه می شود برای تحقیقات بیشتر، نیاز است محلول پاشی در سطوح مختلف اسیدهای آمینه و سایر محرک ها یا تنظیم کننده های رشد مانند فنیل آلانین و همچنین اثرات تغذیه ای انواع کودها در یک نظام کشت ارگانیک یا کشاورزی پایدار بر روی مسیرهای بیوسنتزی تولید متابولیت‌های دارویی گیاهان دارویی و معطر مانند زوفا بررسی شود.

منابع

Abdelaziz, M.E. Pokluda, R. and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of Rosmarinus officinalis L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 35(1): 86.

Amin, A. Gharib, F.A. El-Awadi, M. and Rashad, E.-S.M. 2011. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia horticulturae* 129(3): 353-360.

Bálványos, I. Szõke, É. and Kursinszki, L. 2002. The influence of amino acids on the lobeline production of Lobelia inflata L. hairy root cultures. *Plant growth regulation* 36(3): 241-244.

Barrett, G., Chemistry and biochemistry of the amino acids. 2012. Springer Science & Business Media.

Bistgani, Z.E., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M., Maggi, F. and Morshedloo, M.R., 2018. Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of Thymus daenensis Celak. *Industrial Crops and Products*, *121*, pp.434-440.

Buchanan, B.B. Gruissem, W. and Jones, R.L., 2015. Biochemistry & molecular biology of plants. Vol. 40: American Society of Plant Physiologists Rockville, MD.

DeLille, J.M. Sehnke, P.C. and Ferl, R.J. 2001. The Arabidopsis 14-3-3 family of signaling regulators. *Plant Physiology* 126(1): 35-38.

du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196: 3-14.

EL-Zefzafy, M.M. Shahhat, I.M. Yousef, R.S. and Elsharkawy, E.R. 2016. Influence of foliar application with amino acids and citric acid on physiological and phytochemical responses of Artemisia abrotanum produced by in vitro culture. Bioscience *Biotechnology Research Communications* 9(4): 702-711.

Fortier, J.M. and Bilodeau, M. 2014. The Market Gardener: A Successful Grower's Handbook for Small-scale Organic Farming. New Society Publishers.

Garde-Cerdán, T. López, R. Portu, J. González-Arenzana, L. López-Alfaro, I. and Santamaría, P. 2014. Study of the effects of proline, phenylalanine, and urea foliar application to Tempranillo vineyards on grape amino acid content. Comparison with commercial nitrogen fertilisers. *Food chemistry* 163: 136-141.

Gharib, F.A. Moussa, L.A. and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (Majorana hortensis) plant. *International Journal of Agriculture and Biology* 10(4): 381-382.

Ghasemi Pirbalouti, A., Mohamadpoor, H., Bajalan, I. and Malekpoor, F., 2019. Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Essential Oils from Inflorescences of Two Landraces of Hyssop [Hyssopus officinalis L. subsp. angustifolius (Bieb.)] Cultivated in Southwestern, Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *22*(4), pp.1074-1081.

Gou, W. Zhang, L. Chen, F. Cui, Z. Zhao, Y. Zheng, P. Tian, L. Zhang, C. and Zhang, L. 2015. Foliar application of amino acids modulates aroma components of'fuji'apple (Malus Domestica L.). *Pakistan Journal of Botany* 47(6): 2257-2262.

Gyaneshwar, P. Kumar, G.N. Parekh, L. and Poole, P. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil* 245(1): 83-93.

Haj Seyed Hadi, M.R. Darz, M.T. Gh, Z. and Riazi, G. 2011. Effects of vermicompost and amino acids on the flower yield and essential oil production from *Matricaria chamomile* L. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(23): 5611-5617.

Hend, M., Sakr, W., Sabh, A. and Ragab, A. 2007. Effect of some chemical and bio-fertilizers on peppermint plants grown in sandy soil: 2. Effect on essential oil production, chemical composition and anatomical features. *Annals of Agricultural Science* 52(2): 465-484.

Joshi, R. Singh, J. and Vig, A.P. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14(1): 137-159.

Kaur, T., Brar B.S. and Dhillon, N.S. 2008 Soil organic matter dynamics as affected by long term use of organic and inorganic fertilizers under maize wheat cropping system. *Nutrient Cycling Agroecosystems* 81: 59-69.

Kazazi, H. Rezaei, K. Ghotb-Sharif, S.J. Emam-Djomeh, Z. and Yamini, Y. 2007. Supercriticial fluid extraction of flavors and fragrances from Hyssopus officinalis L. cultivated in Iran. *Food Chemistry* 105(2): 805-811.

Khalid, K.A. Hendawy, S. and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2(1): 25-32.

Khalil, M. Moustafa, A. and Naguib, N. 2007. Growth, phenolic compounds and antioxidant activity of some medicinal plants grown under organic farming condition. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(4): 451-457.

Liu X.Q Ko K.Y Kim S.H and Lee K.S. 2008. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39: 269-281.

Maerere A.P Kimbi G.G and Nonga D.L.M. 2001. Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of amaranthus. (*Amaranthus cruentus* L.). *African Journal of Scince Technology* 1(14): 14-21.

Marinari, S. Masciandaro, G. Ceccanti, B. and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* 72(1): 9-17.

Miller R. 1998. *Nitric-perchloric acid wet digestion in an open vessel*. In 'Handbook of reference methods for plant analysis'.(Ed. YP Kalra) pp. 57–61. CRC Press: Boca Raton, FL.

Moradi, R. Rezvani Moghaddam, P. Nassiri Mahallati, M. and Nezhadali, A. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. dulce). *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(2): 546-553.

Rshmani Samani, M., Ghasemi Pirbalouti, A., Moattar, F. and Golparvar, A.R., 2019. L-Phenylalanine and bio-fertilizers interaction effects on growth, yield and chemical compositions and content of essential oil from the sage (*Salvia officinalis* L.) leaves. *Industrial Crops and Products, 137*, pp.1-8.

Rashad, E. Habba, E. and Farahat, M. 2002. Growth, fruiting and active ingredient hot pepper plants as affected by Phenylalanine, cinamic acid and coumaric acid. *Egyptian Journal of Applied Sciences* 17(12): 698-715.

Reham, M. Khattab, M. Ahmed, S. and Kandil, M. 2016. Influence of foliar spray with phenylalanine and nickel on growth, yield quality and chemical composition of genoveser basil plant. *African Journal of Agricultural Research* 11(16): 1398-1410.

Shahmohammadi F Darzi M.T and M., H.S.H. 2014. Influence of Compost and Biofertilizer on yield and essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(2): 446-455.

Singh M and Wasnik K. 2013. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth herb, oil yield, nutrient uptake, soil fertility, and oil quality of rosemary. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 18:2691–2700.

Sinha, J. Biswas, C.K. Ghosh, A. and Saha, A. 2010. Efficacy of Vermicompost against fertilizers on Cicer and Pisum and on population diversity of N2 fixing bacteria. *Journal of Environmental Biology* 31: 287-292.

Starck, Z. 2005. Growing assistant: Application of growth regulators and biostimulators in modern plant cultivation. *Rolnik Dzierawca* 2: 74-6.

Teixeira, W.F. Fagan, E.B. Soares, L.H. Umburanas, R.C. Reichardt, K. and Neto, D.D. 2017. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. *Frontiers in Plant Science* 8: 327.

Tugnoli, V. and Bettini, G. 2003. The use of foliar fertilizer application in sugar beet growing. in 1st Joint IIRBASSBT Congress, 26th Feb-1st March.

Van Wyk, B.-E. and Wink, M. 2017. Medicinal plants of the world. CABI.

Van Wyk, B.E. and Wink, M. 2018. Medicinal plants of the world. CABI.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255(2): 571-586.

Vogt, T. 2010. Phenylpropanoid biosynthesis. *Molecular Plant* 3(1):2-20.

Wu, G. 2009. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids* 37(1):1-17.

Wu, S., Cao, Z., Li, Z., Cheung, K. and Wong, M. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125(1):155-166.