Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

An overview of the nutritional principles of medicinal plants in Iran

Ali Rahimi[1*], Yusef Askari[2]

1 Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran. Email: rahimi.ali1362@yahoo.com

2 Forests, rangelands and watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran. Email: yousefaskari@gmail.com

Article type:
Review article

Article history
Received:13.05.2024
Revised:07.11.2024
Accepted:16.11.2024
Published:22.06.2025

Keywords
Nutrition
Feeding Method
Chemical Fertilizers
Biological Fertilizers
Medicinal Plants

Abstract

Iran, with its rich historical background and diverse geographical, climatic, and plant species variety, has the potential to meet the needs of society in the area of medicinal plants. The growing significance and role of medicinal plants in sustainable management—particularly regarding economic, environmental, health (such as pharmaceutical self-sufficiency), employment, food security, and genetic reserves—are invaluable in both national and global contexts today. It is important to consider the deepening and revitalization of medicinal plants and their role, particularly in the supply of medicine, as one of the indicators of development in the country. One of the major challenges in growing these plants is the lack of proper nutrition. Due to the poor condition of Iran's soil, which results from continuous cultivation, medicinal plants encounter disturbances during their growth and development. The solution to this problem lies in understanding the complex condition of the soil and the principles and methods of plant nutrition. To eliminate the use of chemical fertilizers in agriculture and reduce their environmental risks, we need to adopt alternative agricultural techniques. Among the various techniques that enhance the quality and performance of producing healthy agricultural products, particularly medicinal plants, the use of organic fertilizers, green manure, and animal and plant residues is significant. Beneficial soil microorganisms, collectively referred to as biofertilizers such as *Bacillus licheniformis*, Nitroxin, *Azospirillum*, *Azotobacter*, and Arbuscular mycorrhizal fungi, play a crucial role in this process. Given the importance of this topic, this research aims to provide an overview of the nutritional principles of medicinal plants in Iran.

Cite this article as: Rahimi, A., Askari, Y. (2025). An overview of the nutritional principles of medicinal plants in Iran. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 78: 130-147.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
DOI: https://doi.org/10.71890/iper.2025.1119667

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

مروری بر اصول تغذیه گیاهان دارویی در ایران

علی رحیمی[1*]، یوسف عسکری[2]

[1] بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، رایانامه: rahimi.ali1362@yahoo.com

[2] بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، رایانامه: yousefaskari@gmail.com

نوع مقاله:
مقاله مروری

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۲/۲۴
تاریخ بازنگری:۱۴۰۳/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۸/۲۶
تاریخ چاپ:۱۴۰۴/۰۴/۰۱

واژه‌های کلیدی:
تغذیه
روش تغذیه
کود شمیایی
کودهای زیستی
گیاهان دارویی

چکیده

ایران با برخورداری از سابقه تاریخی و استعدادهای بالقوه جغرافیایی، اقلیمی و تنوع گونه‌های گیاهی می‌تواند پاسخگوی نیازهای جامعه بشری در زمینه گیاهان دارویی باشد. اهمیت، جایگاه و نقش رو به تزاید گیاهان دارویی در مدیریت پایدار به خصوص در ابعاد کلان توسعه اقتصادی، زیست محیطی، بهداشتی (خود کفایی دارویی)، اشتغال، امنیت غذایی و ذخایر ژنتیکی در عرصه ملی و جهانی به حدی است که می‌توان امروزه روند تعمیق، احیاء و نقش آنرا به ویژه در تامین دارو به عنوان یکی از شاخصه‌های توسعه در کشور مدنظر قرار داد. یکی از مشکلات عمده زراعت این گیاهان، فقدان تغذیه مناسب است. لذا با توجه به وضعیت نامناسب خاک‌های ایران به دلیل کشت و کار مداوم، گیاهان دارویی در هنگام رشد و نمو با اختلال روبرو می‌شوند. اما راه برون‌رفت از این مشکل، شناخت وضعیت پیچیده خاک و آگاهی از اصول و روش‌های تغذیه‌گیاهی است. حذف مصرف کودهای شیمیایی در کشاورزی و کاهش مخاطرات زیست محیطی آنها، نیازمند بکارگیری دیگر تکنیک‌های زراعی است. از جمله این تکنیک‌ها، که باعث افزایش کیفیت و عملکرد در جهت تولید محصولات کشاورزی سالم به ویژه گیاهان دارویی گردید، استفاده از کودهای آلی، کود سبز، بقایای حیوانی و گیاهی، میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی (*Bacillus licheniformis*، Nitroxin، *Azospirillum*، *Azotobacter* و *Arbuscular mycorrhizal* fungi) است. لذا نظر به اهمیت موضوع، این تحقیق سعی دارد تا مروری بر اصول تغذیه گیاهان دارویی در ایران داشته باشد.

استناد: رحیمی، علی؛ عسکری، یوسف (۱۴۰۴). مروری بر اصول تغذیه گیاهان دارویی در ایران. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۷۸:۱۴۷-۱۳۰.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی گرگان
DOI: https://doi.org/10.71890/iper.2025.1119667
© نویسندگان.

مقدمه

گیاهان دارویی منبع جایگزین دارویی هستند زیرا حاوی ساپونین، آلکالوئید، فلاونوئید و غیره و همچنین مواد معدنی هستند. برگ‌های مورد استفاده برای تجزیه دارای محتوای مواد معدنی خوبی مانند سدیم، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، روی، آهن، مس، منگنز، کلسیم، منیزیم و گوگرد می‌باشند. بنابراین، گیاهان دارویی نه تنها برای مقاصد درمانی استفاده می شود، اما می‌توان از آنها به عنوان مکمل‌های غذایی نیز استفاده کرد (Manoj Kumar et al., 2021). پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و آب مواد مغذی هستند که برای زندگی ضروری هستند و به محتوای کالری بدن کمک می‌کنند. با توجه به رشد سریع جمعیت و تغییرات آب و هوایی، تقاضا برای مواد غذایی مبتنی بر گیاهان معمولی در آینده افزایش خواهد یافت. بنابراین، جستجو برای جایگزینی برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای غذا ضروری است. به عنوان مثال، بسیاری از گیاهان دارویی به عنوان سبزیجات و میوه استفاده می شود. این گیاهان دارویی پروتئین و چربی کمی دارند، اما سرشار از کربوهیدرات هستند. علاوه بر این، آنها منبع بالایی از انرژی هستند، زیرا ۱۰۰ گرم گیاه می تواند تقریباً ۲۵۸ کیلو کالری انرژی بدهد. علاوه بر این، مصرف ۱۰۰ گرم گیاه بیش از ۱۰ تا ۱۲ درصد از نیاز روزانه توصیه شده را تامین می کند. به طور مشابه، گیاهان دارویی منبع ارزشمندی از فیبر غذایی نامحلول و ریز مغذی‌ها هستند. مقدار آهن بین ۰/۰۴۳ تا ٤۲۲/۵ میلی‌گرم در گرم و مقدار روی بین ۰/۰٤ تا ١٤/٨ میلی گرم در گرم است. اسید اسکوربیک از ۰/۳۱ تا ۲۰۳۵/۷ میلی گرم در گرم متغیر است. اکثر این گیاهان منبع خوبی از آنتی اکسیدان هستند و در برابر بیماری‌های مختلف ارزش دارویی بالایی دارند. با این حال، برخی از ترکیبات غیر مغذی و ضد تغذیه نیز بخشی از این گونه گیاهان دارویی هستند (Rehman and Adnan,2018)، اما تولید خوب گیاهان دارویی با کیفیت بالا به آگاهی دقیق از نیاز گیاه به مواد مغذی بستگی دارد (Yadegari 2016) و یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد بالا و کیفیت مطلوب به‌ویژه در گیاهان دارویی ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. با روش صحیح افزایش حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط‌زیست، کاهش فرسایش و حفظ تنوع‌زیستی، کارآیی نهاده‌ها را افزایش داد (Mirzajani et al., 2019). مدیریت مصرف انواع کودهای شیمیایی از لحاظ تأثیرات زیست محیطی و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران حائز اهمیت می باشد (Mousavinik, 2012). امروزه برای تقلیل و حذف مصرف نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی و کاهش مخاطرات زیست محیطی آنها، نیازمند بکارگیری تکنیک‌های نوین زراعی هستیم. از جمله این تکنیک‌ها، استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی در جهت تولید محصولات کشاورزی سالم به ویژه گیاهان دارویی می باشد (Dehghani Meshkani et al., 2010)، همچنین بر اساس اضهارات (Eskandari et al., 2017)، پایین بودن سطح مواد آلی خاک‌های زراعی موجب استفاده‌ی بی‌رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژن و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر شده است. امروزه کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی برای تولید محصولات کشاورزی باعث ایجاد مشکلات عدیده‌ای از جمله تاثیر نامطلوب بر خاک (شوری، pH، جذب عناصر و...)، ریزسازواره‌های خاک، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، افزایش بیماری‌ها در انسان و حیوانات

شده است. بنابراین، استفاده صحیح و بهینه از کودهای آلی برای تولید محصولات سالم و عاری از سموم و کودهای شیمیایی (ارگانیک) که در بازارهای جهانی از جایگاه ویژه‌ای چه از نظر بازار فروش و چه از نظر قیمت مناسب برخوردار است احساس می‌شود. کشت‌های آلی باعث تداوم کشاورزی پایدار و کیفیت زیست محیطی می‌گردد، عاری بودن گیاهان دارویی از بقایای مواد شیمیایی لازمه عرضه آن‌ها می‌باشد، یکی از ارکان سیستم کشاورزی پایدار استفاده از کودهای بیولوژیک به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف می‌باشد که می‌توان به کودهای بیولوژیک ورمی‌کمپوست اشاره کرد، بنابراین می‌توان از گزینه‌های جایگزین کودهای شیمیایی صنعتی، مانند کودهای آلی، کود سبز، بقایای حیوانی و گیاهی استفاده نمود. لذا با توجه به اهمیت موضوع، نویسنده با استفاده از نتایج یافته‌های بدست آمده از مطالعات قبلی و تحقیقات مرتبط با تغذیه گیاهی و با کمک و استنادات از سایت‌های نشریات مرتبط و نیز کتب سایر محققین برای ارزیابی و مقایسه با استفاده از نظریه‌ها، ایده‌ها و تحقیقات مرتبط، به موضوع تکنیک‌های تغذیه گیاهان دارویی در سیستم‌های زراعی ایران پرداخته است.

تعیین وضعیت عناصر غذائی موجود در گیاه: با روش‌های مختلفی می‌توان به وضع عناصر غذائی موجود در گیاه پی‌برد. این روش‌ها عبارتند از **الف) بررسی وضعیت رشد گیاه:** با در نظر گرفتن میزان رشد گیاه می‌توان به وضعیت عناصر غذائی در گیاه پی برد در خاک‌هایی که دارای محدودیت عناصر غذائی هستند، گیاه از رشد مطلوب برخوردار نبوده و این امر موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی محصول می‌شود. **ب) تجزیه اندامهای گیاهی مانند برگ، دمبرگ میوه:** شواهد نشان داده است که ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن تر گیاهان علفی را آب تشکیل دهد و از مقدار باقیمانده بطور تقریب ۹۵ درصد وزن خشک آنرا ترکیبات آلی و ۵ درصد باقیمانده را مواد معدنی تشکیل می‌دهد. ترکیب خاکستر گیاه بستگی به سن و نوع گیاه ، میزان کود داده شده و محیط خاک دارد قسمت عمده مواد آلی گیاه را کربوهیدراتها شامل سلولز در دیواره سلولی است. بنابراین هیدروژن و اکسیژن فراوان ترین عناصر در ماده خشک گیاه هستند. از آنجایی که برخی از ملکول‌های آلی گیاه شامل نیتروژن، گوگرد و فسفر میباشند، بنابراین مقدار این عناصر نیز در گیاه نسبتاً زیاد است. تجزیه برگ یکی از روشهای پذیرفته شده در شناسائی نیاز گیاهان به عناصر غذائی است تجزیه برگ معمولا در آزمایشگاههای مجهز آب و خاک و گیاه، به روشهای استاندارد انجام می‌شود و نتایج بدست آمده با جداول استاندارد مقایسه می‌شوند تا مشخص گردد که گیاه از نظر عنصر غذائی مورد نظر در چه وضعیتی قرار دارد (Kafi et al., 2005). در جدول (۱) عناصر غذائی مورد نیاز گیاهان و میزان نسبی آنان در بافت گیاه آمده است. میزان عناصر موجود در ماده خشک را معمولا بر حسب میلی گرم در کیلوگرم یا قسمت در میلیون قسمت) پی پی(ام و یا میکروگرم در گرم بیان می‌شود. تجزیه بسیاری از گیاهان نشان داده است که میزان ازت ٤٠ تا ٦٠ ، پتاس در حدود ۲۰، فسفر و گوگرد ۳-۵/۱ میلی گرم در گرم ماده خشک می باشد. این ارقام معادل ازت ٤ تا ٦ درصد ، پتاس حدود ۲ درصد، فسفر و گوگرد حدود ۱۵ تا ۳ درصد ماده خشک می‌باشند. مقدار عناصر ریز مغذی مانند آهن، منگنز، روی معمولا بین ۲۰ تا ۲۰۰ میکروگرم در هر گرم ماده خشک هستند، در حالی که آهن بیشترین و روی کمترین مقدار را دارند. میزان بُر حدود ۲۰، مس ۵ و مولیبدن در حدود یک میکروگرم در گرم (میلی‌گرم در کیلوگرم) ماده خشک است. میزان مواد معدنی در خاکستر گیاه

بستگی به نوع گیاه دارد معمولا گیاهان دولپه‌ای دارای مقدار کلسیم و منیزیم بیشتری نسبت به تک لپه‌ای‌ها هستند (Panahi Kordlaghri, 2011).

ج) تجزیه خاک (عصاره گیری): تهیه گل اشباع و تهیه عصاره از گل اشباع برای بررسی میزان املاح و مواد آلی در خاک برای رشد گیاه، میزان عناصر موجود در خاک و کمبود کدام عنصر در خاک مورد نظر ما برای گیاه قابل کشت که به آن عناصر نیاز ضروری دارد و برای رشد گیاه مورد نظر الزامی می‌باشد. جدول (۲) مقادیر بحرانی یون‌های موجود در عصاره اشباعی خاک برای اغلب گیاهان را نشان می‌دهد، همچنین ارزیابی میزان عناصر غذایی در خاک برای رشد و نمو گیاهان در جدول (۳) دیده می‌شود(Panahi Kordlaghri, 2011).

جدول ۱: غلظت نسبی عناصر معدنی ضروری در بافت گیاه (ریزمغذی‌ها)

عنصر	نماد شیمیایی	غلظت در ماده خشک (٪ یا ppm)		عنصر	نماد شیمیایی	غلظت در ماده خشک (٪ یا ppm)	
هیدروژن	H	٦		سیلیس	Si	۰/۱	-
کربن	C	٤٥		کلر	Cl	۱۰۰	کم مصرف
اکسیژن	O	٤٥		بر	B	۲۰	کم مصرف
نیتروژن	N	۱/۵	پر مصرف	آهن	Fe	۱۰۰	کم مصرف
پتاسیم	K	۱	پر مصرف	منگنز	Mn	۵۰	کم مصرف
کلسیم	Ca	۰/۵	پر مصرف	روی	Zn	۲۰	کم مصرف
منیزیم	Mg	۰/۲	پر مصرف	مس	Cu	٦	کم مصرف
فسفر	P	۰/۲	پر مصرف	نیکل	Ni	۰/۱	-
گوگرد	S	۰/۱	پر مصرف	مولیبدن	Mo	۰/۱	کم مصرف

جدول ۲: مقادیر بحرانی یون‌های موجود در عصاره اشباعی خاک برای اغلب گیاهان

یون	غلظت (میلی‌اکی والنت در لیتر)		
	معمول	مطلوب	زیاد
سولفات	۱-۲۰>	۱-۲۰	۳۰-۱۰۰۰
کلرور	۰/۱-۵	۰/۲-۵	۱۰-۱۰۰
کربنات	۱>	صفر	۱<
بی‌کربنات	۱-۵>	۱-۲/۵	۰/۵-۱۹/۹
کلسیم	۰/۱-۱۰	۱-۱۰	نامشخص
منیزیم	۰/۲-۵>	۰/۲-۵>	۳۰<
پتاسیم	نامشخص	۱-۵	۵<
سدیم	درصد	درصد	درصد
محلول (SAR)	۰/۱-۵>	۰/۲-۳/۵>	۱۵<
قابل تبادل (ESP)	۱-۵>	۵>	۵<

جدول ۳: ارزیابی میزان عناصر غذایی در خاک برای رشد و نمو گیاهان

عنصر	غلظت به میلی‌گرم در کیلوگرم خاک		
	کم	متوسط	زیاد
فسفر	<۳	۸-۱۳	>۲۰
نیتروژن	<۳۹	۱۰۰-۲۷۹	>۲۸۰
پتاسیم	<۵۹	۱۵۰-۲٤۹	>۳۵۰
کلسیم	<۷۹	۲۰۰-۳٤۹	>۵۰۰
منیزیم	<۲۹	٦۰-۹۹	>۱۵۰
روی	<۱	۲	>۲
آهن	<۲	۲/۱-٤	>٤
مس	۰-۰/۲	۰/۵	>۲
منگنز	۰-۱/۸	۱/۸	>۱/۸
بر	<۰/۵	۱	>۲

د) بررسی ازدیاد وزن میکروارگانیسم‌های خاک: از روی افزایش وزن میکروارگانیسمهای خاک می‌توان به وضعیت نسبی عناصر غذائی در خاک پی برد. کمبود اکسیژن سبب کاهش جذب عناصر غذائی توسط گیاه از خاک می‌گردد در شرایطی که خاک فاقد اکسیژن کافی است مانند هنگامی که خاک غرقابی می‌شود و یا در خاک‌های ماندابی، علیرغم وجود مقدار کافی عناصر غذائی در خاک گیاه قادر به جذب این عناصر نخواهد بود همچنین اعمالی از قبیل تثبیت عناصر غذائی در خاک مانند (تثبیت فسفر)، نا محلول شدن عناصر (تشکیل فسفاتهای کلسیم یا کربناتهای روی و آهن و کلسیم) و یا شستشوی عناصر غذائی (ازت و پتاس)، موجب عدم دسترسی گیاه به عنصر مورد نیاز می‌گردند (Panahi Kordlaghri, 2011).

اثرات pH بر روی فراهمی عناصر غذایی در ریزوسفر: pH ریزوسفر بر روی فراهمی عناصر غذایی میکرو و همچنین عناصر بالقوه سمی که برای رشد گیاه ضروری نیستند تأثیر می‌گذارد (نمودار ۱). با کاهش pH فراهمی روی، منگنز و بر در اثر جدا شدن از ذرات خاک افزایش می‌یابد. منگنز و آهن نیز به دلیل احیا شدن (به ترتیب به Mn^{2+} و Fe^{2+}) از فراهمی بیشتری برخوردار می‌شوند، فراهمی آهن فریک (Fe^{3+}) نیز به دلیل حلالیت بیشتر آن در pH پایین، افزایش می‌یابد. در خاک‌های قلیایی، با کاربرد آمونیوم که سبب اسیدی شدن ریزوسفر می‌شود در مقایسه با کاربرد نیترات که افزایش pH اطراف ریشه را در پی داشته، علائم کمبود آهن بر طرف می‌شود با این حال این مورد زمانی صادق است که بازدارنده نیتریفیکاسیون که از تبدیل میکروبی آمونیوم به نیترات ممانعت می‌کند در خاک وجود داشته باشد. اغلب در pH بالا به دلیل افزایش بیشتر نیتریفیکاسیون نسبت به تثبیت نیترات توسط میکروب‌های خاک، نیتریفیکاسیون خالص بیشتر خواهد شد. در عمل، استفاده از آهن به شکل شلات مؤثرتر خواهد بود. فراهمی مولیبدن با افزایش pH کم شده، در حالی که در مورد مس به دلیل ایجاد ترکیبات کمپلکس در خاک، تحت تأثیر pH قرار نمی‌گیرد. در نتیجه زمانی که گیاهان در خاکی که با سولفات آمونیوم تغذیه شده کشت شوند غلظت Fe، Mn، Zn و B در بیوماس گیاه بیشتر از حالتی خواهد بود که با نیترات کلسیم تغذیه شوند. در موادی (سوبستراهای) مثل شن کوارتز که

منگنز تنها به شکل Mn^{2+} یافت می‌شود، افت pH در ریزوسفر ممکن است اثر معکوسی بر جذب و غلظت آن در گیاه داشته باشد (Kouchi et al,. 2007).

راهکارهای موجود در برابر تغییرات pH : گیاهان قادرند بشدت pH ریزوسفر را توسط ترشح اسیدهای آلی کاهش دهند. افت pH در اثر ترشح پروتون خالص نیز حادث می‌شود، چون هنگامی که جذب کاتیون‌های مهم (مثل (K^+) نسبت به آنیون‌ها بیشتر باشد ترشح H^+ برای ایجاد تعادل بار الکتریکی ضروری است. در خاک‌های قلیایی ترشح اسید در حدی است که pH خاک را کم می‌کند. برخی از کمبودهای عناصر غذایی سبب می‌شود که گیاهان pH ریزوسفر را کاهش دهند. زمانی که مقدار آن ناکافی باشد گیاه pH محلول ریشه‌ای را از ۷ به ٤ کاهش می‌دهد. کمبود روی نیز می‌تواند افت pH ریزوسفر را سبب گردد. اسیدهای آلی تعدیل کننده حلالیت آهن خصوصاً هنگامی که آهن به صورت $Fe(oH)_3$ باشد در بالا بردن کمپلکس آهن در ریزوسفر نقش مهمی بازی می‌کند، اما وقتی که آهن به صورت اکسیدهای آهن (Fe_2o_3 و Fe_3o_4) وجود داشته باشد نقش کمتری ایفا خواهد کرد. کاهش pH در پاسخ به کمبود آهن ممکن است با افزایش ظرفیت احیای آهن در سطح ریشه، به دلیل فعالیت یک ردوکتاز ویژه در غشای پلاسمایی منطبق شود. ممکن است ترکیبات احیا کننده و شلات کننده (فنلها) ترشح شده و Fe^{3+} را حل و احیا نماید. این عکس العمل مشخص کمبود آهن گیاهان دولپه و تک‌لپه نسبت به گراسها می‌باشد (راهبرد ۱). ترشح ترکیبات احیا کننده و شلاتی نیز فراهمی و جذب منگنز را افزایش می‌دهند. در خاکهای قلیایی که غلظت آهن پایین و منگنز بالا است و ممکن است به سمیت منگنز منتهی گردد. هنگامی که ظرفیت بافری خاک زیاد و pH نیز نسبتاً بالا باشد، راهبرد ۱ خیلی مؤثر نخواهد بود (Kouchi et al,. 2007). در مناطق خشک و نیمه خشک، مواد آلی و ترکیبات تولیدکننده اسید برای کاهشpH، به خاک اضافه می‌کنند. گوگرد عنصری، از مهمترین ترکیبات مورد استفاده در اسیدی کردن خاک می‌باشد (Nouruzi et al,. 2018). یافته‌های محققین تاکنون نشان داده که کاربرد گوگرد در خاک و اکسایش آن، باعث کاهش موضعی pH در منطقه ریزوسفر گیاه و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه گردیده است. به همین منظور آزمایشی تحت عنوان بررسی تأثیر کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد پیکره رویشی و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان(*Ocimum basilicum* L.)، به اجرا در آمد. نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد ۵۰۰ کیلو گرم در هکتار کود گوگرد با بیشترین مقدار برای صفات وزن تر برگ و ساقه، وزن خشک برگ و ساقه، شاخص سطح برگ و درصد اسانس معنی‌دار بود. و همچنین اثر تلقیح باکتری تیوباسیلوس نیز بر صفات فوق معنی دار بود. در بین سطوح باکتری تیوباسیلوس، تلقیح با باکتری برای تمام صفات مذکور معنی دار بود بجز وزن خشک ساقه. و همچنین اثر متقابل ۵۰۰ کیلو گرم گوگرد × تلقیح تیوباسیلوس نیز تنها برای صفات درصد اسانس و شاخص سطح برگ معنی دار بود (Rezvani Shemirani et al., 2014).

مشکلات کاربرد کودهای شیمیایی آمونیومی در زراعت گیاهان دارویی: کاربرد کودهای شیمیایی آمونیومی می‌تواند مشکلات زراعی عمده‌ای به وجود آورد. زیرا pH ریزوسفر و همچنین pH خاک در دراز مدت کاهش خواهد یافت، این موضوع ممکن است یون‌های بالقوه سمی نظیر آلومینیوم و روی را متحرک کرده و فراهمی عناصر غذایی میکرو مورد نیاز را کاهش دهد. pH ریزوسفر به مقدار زیادی متأثر از منبع نیتروژن مورد استفاده گیاه می‌باشد، زیرا نیتروژن عنصر غذایی است که به مقدار زیاد مورد نیاز گیاه

بوده و می‌تواند به صورت کاتیون (آمونیوم) یا آنیون (نیترات) جذب شود، ریشه‌ها بایستی از لحاظ الکتریکی خنثی باشند. لذا زمانی که گیاه، کاتیون بیشتری نسبت به آنیون جذب کند یعنی وقتی که آمونیوم منبع اصلی نیتروژن باشد نسبت به حالتی که نیترات منبع اصلی نیتروژن است و اندکی سبب افزایش pH می‌گردد، پروتون بیشتری (جهت کاهش pH ریزوسفر) بایستی دفع نماید. دلیل دیگر کاهش pH ریزوسفر هنگامی که آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن استفاده می‌شود، آن است که به ازای هر N که در ساختمان اسیدهای آمینه شرکت می‌کند یک H^+تولید می‌شود. به دلیل اینکه آمونیوم منحصراً در ریشه تبدیل می‌شود، در حالی که بخشی از نیترات در ریشه‌ها و بخشی دیگر در برگ‌ها تبدیل می‌گردد، تولید H^+ ناشی از آمونیوم خیلی بیشتر است (Kouchi et al,. 2007).

نقش کودهای زیستی در حاصلخیزی خاک و تحقیقات مرتبط: تا اینجا نگاه ما روی مشکل pH در خاک‌های آهکی و اصلاح شیمیایی آن توسط گوگرد بود، اما این فرایند (تغییرات pH و بهبود جذب عناصر غذایی برای گیاهان دارویی) می‌تواند به واسطه کاربرد کودهای آلی اصلاح گردد. از مطلوب‌ترین مواد آلی و کودهای زیستی موجود، کود ورمی کمپوست را می توان نام برد اما مصرف زیاد ورمی کمپوست برای رسیدن به عملکرد مطلوب و همچنین دارا بودن فسفات‌های نامحلول آلی از محدودیت‌های کاربرد ورمی‌کمپوست می‌باشند. یکی از راه‌هایی که محدودیت‌های فوق را تعدیل می بخشد و اثربخشی ورمی کمپوست را افزایش می دهد، غنی سازی آن با باکتری‌های محرک رشد گیاه به ویژه با باکتری‌های حل کننده فسفات می باشد. نتایجی نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست غنی شده با باکتری‌های حل کننده فسفات و نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش معنی دار فسفر قابل دسترس، تنفس میکروبی خاک، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی، فعالیت آنزیم دهیدروژناز و کاهش pH گردید. با توجه به نتایج نهایی باکتری‌های حل کننده فسفات توانستند شاخص‌های زیستی و فراهمی فسفر را افزایش دهند، این در حالی است که تیمار غنی شده با باکتری *Serratia marcescens* توانایی بیشتری در افزایش فراهمی فسفر و شاخص‌های زیستی داشت و غنی سازی ورمی کمپوست با باکتری حل کننده فسفات می تواند جایگزین مناسبی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفات و به عنوان یک استراتژی مناسب در مدیریت بهتر ورمی کمپوست در خاک‌های آهکی در آینده باشد (Perastesh et al., 2019).

در تحقیقی، تأثیر دو عنصر ریز مغذی (Mn^{2+} و H_2Bo^{3-}) و درشت مغذی (PO_4^{3-} و NO^{3-}) از منابع کودهای زیستی (*Bacillus licheniformis*، Nitroxin، *Azospirillum* و *Azotobacter*) بر رشد (وزن خشک/وزن تر برگ، وزن خشک/تر ریشه، طول ساقه/ریشه، تعداد ساقه) و تجمع اسانس در بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) بررسی شد. بیشترین اسانس‌ها در دو فصل شامل اکسید کاریوفیلن، ای-کاریوفیلن، ژرانیال، ژرانیول، چاویکول و نرال بودند که تحت تاثیر تیمارها قرار گرفتند. از بین دو ریز مغذی، منگنز و در درشت مغذی‌ها NO^{3-} در تحریک تجمع اجزا موثرتر بودند. در ۱۵۰ ppm ریز مغذی‌ها توسط کودهای زیستی، تولید سیترونلال، چاویکول را افزایش داد. اگرچه ترکیب H_2Bo^{3-} و Mn^{2+} در ۳۰۰ppm توسط درشت مغذی‌ها در برخی از اسانس‌ها مانند نرال، اکسید کاریوفیلن و ١٤-هیدروکسی-Z-کاریوفیلن بیشتر از ترکیب ppm ۱۵۰ تولید شد، اما اکثر اسانس‌ها در غلظت ppm ۱۵۰ ریز مغذی‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافتند. با درشت

مغذی‌ها Exo-Isocitral، Chavicol، 14-hydroxy-Z-Caryophyllene و Germacrene D، در غلظت ppm ۱۵۰ ریز مغذی‌ها استخراج شدند، اما در بسیاری از ترکیبات این اسانس در غلظت کمی استخراج نشد ی (Yadegari 2016). بر اساس نتایج آزمایشی، کود فسفات زیستی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در کل صفات اندازه‌گیری شده بر روی گیاه دارویی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) بهترین نتیجه را داشت. همچنین، بهترین نتیجه در استفاده از ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار در عملکرد بیولوژیک (٤٨٠٨/٢ کیلوگرم در هکتار)، درصد اسانس (۰/۱۳) و کلروفیل کل (۱/٥٤ میلی‌گرم در گرم برگ تازه) به‌دست آمد. طبق نتایج حاصل از این پژوهش، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفات زیستی و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست درهکتار، می‌تواند شرایط مناسبی را جهت دستیابی به بیشترین عملکرد کمی (٥٢٩٠ کیلوگرم در هکتار) و کیفی (۰/۲٦ درصد اسانس) در گیاه بادرنجبویه در یک سیستم زراعی پایدار فراهم آورد (Mirzajani et al., 2019). در آزمایشی که برای بررسی اثر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر روی جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، عملکرد دانه و اسانس در گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.) اجرا شد، نشان داد که بیشترین نیتروژن، فسفر، پتاسیم دانه و کلروفیل اندام هوایی در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد. همچنین بیشترین عملکرد دانه و عملکرد اسانس در تیمار کود ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و تیمار تلفیقی ۷/٥ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و بارور یک و دو بر روی صفت عملکرد دانه مشاهده نشد و کمترین مقدار برای صفات فوق در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بدست آمد. مطابق نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد کاربرد تیمار ۷/٥ تن ورمی‌کمپوست، بهترین تیمار در تولید عملکرد دانه گیاه دارویی انیسون در سیستم کشت ارگانیک باشد (Behzadi and Salehi, 2016).

بررسی وضعیت برخی عناصر میکرو و ماکرو روی گیاهان دارویی: در بسیاری از خاک‌های ایران به دلیل مقدار کربنات کلسیم و pH بالا، فرم محلول و قابل جذب اغلب عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه می‌باشد pH خاک یکی از مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک می‌باشد که ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در فعالیت عناصر غذایی، حلالیت و انتقال یون‌ها، واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء و تبادل یونی، فعالیت میکروب‌ها، فعالیت ریشه و آنزیم‌ها و در حلالیت و انتقال یون‌ها نیز مؤثر است (Nouruzi et al., 2018). pH خاک‌های اغلب مناطق ایران جزء خاکهای آهکی محسوب می‌شود. بالا بودن pH این نوع خاکها، تثبیت عناصر غذایی و کاهش جذب آن توسط گیاه را در پی داشته است (Rezvani Shemirani et al., 2014). علاقه فزاینده‌ای به پایش ترکیب مواد مغذی و ارزش غذایی گیاهان دارویی و معطر در سال‌های اخیر وجود داشته است. در مطالعه‌ای، سطوح بور، مس، آهن، روی، منگنز و مولیبدن در گیاهان دارویی و معطر منتخب مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های بابونه (chamomile)، گزنه (nettle)، رزماری (rosemary)، بومادران (yarrow)، برگ بو (bay leaf)، خارمریم (St. John's wort)، ریحان (basil)، بادرنجبویه (lemon balm)، نمدار (linden)، مریم گلی (sage) و آویشن (thyme) مورد تجزیه و تحلیل شیمیایی قرار گرفتند. محتوای ریز مغذی‌ها در نمونه‌های گیاهی در محدوده‌های ۳/۲-۱٥/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم برای مس، ۹۳-۱۰٥۷/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم برای آهن، ۲۲/۳-٥۳/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم برای روی، ۲۸/۳-۱٤۸/۳

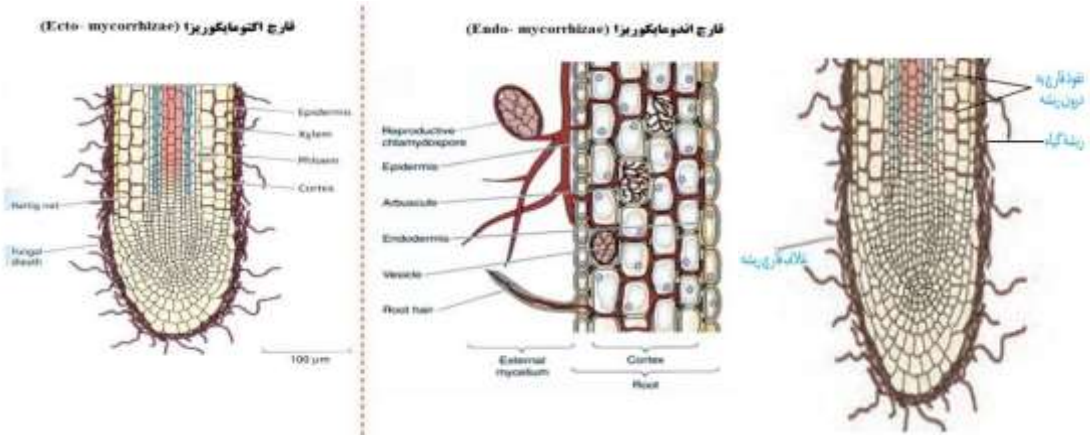
میلی‌گرم در کیلوگرم برای منگنز در کیلوگرم مشاهده شد. ۲۳/۰-۲/۱۳ کیلوگرم در مولیبدن و ۱۵/۰-۶۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم برای بور (Açıkgöz and Karnak, 2013)، که نتایج به دست آمده با داده‌های گزارش شده در تحقیقات دیگر (Panahi Kordlaghri, 2011) در جدول (۱) مطابقت دارد. در مطالعه‌ای که به منظور ارائه اطلاعاتی که می‌تواند وضعیت تغذیه و بهره‌وری رازیانه را بهبود بخشد، تأثیر دو کود نیتروژن نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم، دو میزان نیتروژن (۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و دو سطح ریز مغذی‌ها (بدون و با FeEDTA، MnEDTA و ZnEDTA بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی (N، P، K، Fe، منگنز و روی) در گیاه رازیانه بررسی شد. نتایج نشان داد که سولفات آمونیوم در سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش رشد گیاه، تولید ماده خشک و بهبود عملکرد (شاخ و برگ، پیاز و کل) گردید، وضعیت تغذیه گیاه رازیانه را بهبود یافت، هنگامی که سولفات آمونیوم در سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار بود و محلول‌پاشی مخلوط ریز مغذی‌ها باعث افزایش جذب درشت مغذی‌ها N، P و K و ریز مغذی‌ها (آهن، منگنز و روی) شد. مطالعه حاضر نشان می دهد که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی می‌تواند یک استراتژی موثر در تقویت زیستی گیاهان رازیانه با آهن، منگنز و روی برای تولید شاخ و برگ و عملکرد با کیفیت غذایی بالا باشد (Hassan et al. 2015). تولید خوب گیاهان دارویی با کیفیت بالا به آگاهی دقیق از نیاز گیاه به مواد مغذی بستگی دارد یادگاری (Yadegari, 2016). مطالعه‌ای در مجارستان نشان داد که استفاده از ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار از نیتروژن، ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P) و ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K^+) منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی و ترکیبات فنلی گیاه دارویی *Echinacea purpurea* L. می‌شود (Ahmadi et al., 2020). تولید گیاه دارویی مانند پروانش *Catharanthus roseus* به ۲۰ کیلوگرم K_2O در هکتار پاسخ نشان دادند و از سوی دیگر، عملکرد زنجبیل را می توان با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم K_2O در هکتار افزایش داد. مطالعات نشان می دهد که مواد مغذی ازت، فسفر و پتاسیم به کار رفته در برخی ترکیبات معین به جای تامین هر یک از مواد مغذی اصلی به تنهایی باعث افزایش عملکرد می شود (Hosseini 2012).

قارچ‌های مایکوریزای همزیست با سیستم ریشه: تا اینجا نگاه ما روی برداشت مستقیم عناصر معدنی توسط ریشه‌ها متمرکز شده بود، لیکن این فرایند ممکن است به واسطه قارچ‌های مایکوریزای همزیست با سیستم ریشه بهبود یابد. گیاه میزبان برای مایکوریزا (از کلمه‌های یونانی قارچ و ریشه) کربوهیدرات تأمین کرده و در مقابل آب و عناصر غذایی از مایکوریزا دریافت می‌دارد. در واقع مایکوریزاها غیر معمول نبوده و در شرایط طبیعی پراکنده هستند. در بسیاری از جوامع گیاهی، ریشه‌ها با قارچ‌های مایکوریزا در ارتباط هستند. ۸۳٪ دولپه‌ای‌ها، ۷۹٪ تک لپه‌ای‌ها و تمامی بازدانگان معمولاً با مایکوریزا ارتباط دارند. قارچ‌های مایکوریزا واجد ترکیبی از رشته‌های لوله‌ای ریز به نام مجموعه هیفی (مفرد آن هیف) می‌باشند. میزان هیفی که بدن قارچ را تشکیل می‌دهد میسلیوم (جمع آن میسلیا) نامیده می‌شود. دو گروه از قارچ‌های مایکوریزاهایی که در جذب عناصر معدنی اهمیت دارند شامل مایکوریزای اکتوتروف و مایکوریزای وزیکولار-آربوسکولار می‌شوند (Kafi et al., 2005). قارچ‌های مایکوریزای اکتوتروف معمولاً یک غلاف ضخیم یا پوششی میسلیومی در اطراف ریشه تشکیل می‌دهند، و برخی از میسلیوم‌ها به داخل سلول‌های پوست نفوذ می‌کنند (شکل ۱). خود سلول‌های پوست به وسیله

هیف قارچ تسخیر نمی‌شوند، بلکه در عوض توسط شبکه‌ای از هیف‌ها به نام شبکه‌هارتینگ احاطه می‌شوند. میزان میسلیوم قارچ به اندازه‌ای وسیع است که حجم کل آن با خود ریشه‌ها برابری می‌کند. میسلیوم قارچ همچنین به درون خاک، دور از پوشش متراکم قارچ، نفوذ کرده و در آنجا هیف‌ها یا رشته‌های مستقلی حاوی اندام‌های تولید مثلی تشکیل می‌دهند. ظرفیت سیستم ریشه برای جذب عناصر معدنی به واسطه حضور هیف خارجی قارچ افزایش می‌یابد، زیرا آنها بسیار ریزتر از ریشه‌های گیاه بوده و می‌توانند به مناطق همجوار ریشه و فراتر از خاک تخلیه شده دست یابند. قارچ‌های مایکوریزای اکتوتروف، به شکل اختصاصی، گونه‌های درختی شامل بازدانگان و نهاندانگان چوبی را آلوده می‌کنند. بر خلاف قارچ‌های مایکوریزای اکتوتروف، قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار-آربوسکولار پوشش متراکمی از میسلیوم قارچ را در اطراف ریشه تولید نمی‌کنند در عوض، هیف قارچ با آرایشی با تراکم کمتر، هم در داخل ریشه رشد نموده و هم به سمت خارج ریشه و خاک همجوار با آن رشد می‌کند (شکل ۱) (Kafi et al., 2005). هیف قارچ پس از ورود به ریشه، از طریق اپیدرم یا تار مویی ریشه، نه تنها به فضای بین سلول‌ها بلکه به داخل سلول‌های پوست نیز نفوذ می‌کند. در داخل سلول‌ها، هیف می‌تواند ساختارهایی بیضی مانند به نام وزیکول و منشعب به نام آربوسکول تشکیل دهد. چنین به نظر می‌رسد که آربوسکول محل انتقال عناصر از قارچ به گیاه میزبان باشد. بیرون ریشه، میسلیوم خارجی می‌تواند تا چندین سانتی‌متر دور از ریشه گسترش یافته و احتمالاً ساختارهای حاوی اسپور تولید نماید. برخلاف مایکوریزای اکتوتروف، مایکوریزای وزیکولار-آربوسکولار توده قارچی کمی تولید می‌نماید که به ندرت بیش از ۱۰٪ وزن ریشه را شامل می‌شود. مایکوریزای وزیکولار-آربوسکولار در ریشه اکثر گونه‌های علفی نهاندانگان یافت می‌شود. ارتباط بین قارچ وزیکولار-آربوسکولار با ریشه گیاه، جذب فسفر و ردگیری فلزاتی چون روی و مس را تسهیل می‌کند. میسلیوم‌های خارجی نیز با گسترش به محدوده‌های فراتر از منطقه تخلیه، جذب فسفر را افزایش می‌دهند محاسبات نشان داده است که ریشه مرتبط با قارچ مایکوریزا می‌تواند فسفات را به میزانی بیش از چهار برابر ریشه فاقد مایکوریزا منتقل نماید. میسلیوم خارجی مایکوریزای اکتوتروف نیز می‌تواند فسفات را برای گیاه جذب و فراهم نماید به علاوه، عقیده بر این است که مایکوریزای اکتوتروف در بقایای آلی خاک تکثیر شده و فسفر آلی را تجزیه می‌کند تا به ریشه انتقال یابد (Kafi et al., 2005).

از آنجایی که قارچ‌های مایکوریزا موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک بخصوص از منابع غیرقابل دسترس آن‌ها می‌شود، لذا به این میکروارگانیسم‌های مفید اصطلاحاً کودهای زیستی اطلاق شده و قارچ‌های مایکوریزی می‌توانند جایگزین مناسبی برای بخشی از کودهای شیمیایی خصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستم‌های مختلف باشند. هیف‌های توسعه یافته قارچ‌های مایکوریزا قادر به رشد در منافذ خاک بوده که ریشه‌های موئین و تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غیرمتحرک مانند فسفر افزایش می‌یابد. در همزیستی قارچ‌های مایکوریزا با گیاه میزبان، قسمتی از کربن حاصل از فتوسنتز گیاه در اختیار قارچ همزیست قرار می‌گیرد و در ازای آن شبکه گسترده هیف قارچ‌های مایکوریزا، جذب و انتقال آب و عناصر معدنی را از مناطقی که برای سیستم ریشه‌ای غیرقابل دسترس می‌باشد به گیاه تسریع بخشده و این همزیستی به گیاهان کمک می‌کند تا قادر به رشد در شرایط دشوار باشند. تأثیر

قارچ‌های مایکوریزا بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کمبود دارد یا در اثر تنش خشکی ضریب پخشیدگی آن بسیار کاهش یافته است، مشهودتر می‌باشد. سرعت گسترش هیف‌های خارج ریشه‌ای در قارچ‌ها به طور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه است. بنابراین ناحیه تهی از فسفر در اطراف هیف‌های قارچ‌های مایکوریزی به شکل محدودتری نسبت به اطراف ریشه‌های موئین تشکیل شده و بدین دلیل مقدار بیشتری فسفر در همزیستی مایکوریزی جذب می‌گردد. تلقیح بذور با قارچ‌های مایکوریزا، موجب افزایش غلظت عناصر خصوصا فسفر در گیاه گردیده، در نتیجه راندمان جذب آن‌ها افزایش و نیاز به مصرف کودهای شیمیائی کاهش می‌یابد. همزیستی قارچ‌های مایکوریزا با گیاه میزبان، از نظر مسائل زیست محیطی و سلامتی انسان و دام حائز اهمیت است. استفاده از کودهای زیستی قارچ‌های مایکوریزا در تولید محصولات زراعی، سبب توسعه ریشه، بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های غیر زنده می‌شود (Majidi and Amiri, 2013). مایکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیرمتحرک، خصوصاً فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تأثیر مفیدی دارد. بنابراین، قارچ‌های مایکوریزا دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم‌نظام‌های زراعی هستند، به طوری که بالقوه سبب بهبود کیفیت فیزیک خاک (از طریق گسترش ریسه‌های قارچ)، کیفیت شیمیایی خاک (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت زیستی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می‌گردند (Veresoglou et al. 2012).



شکل ۱: ریشه‌های آلوده به قارچ‌های اکتومایکوریز و اندومایکوریزا (قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار-آربوسکولار). در این ریشه آلوده، هیف قارچریشه را در برگرفته و غلاف متراکمی را ایجاد نموده و به داخل فضاهای بین سلولی پوست نفوذ و شبکه‌هارتینگ را تشکیل می‌دهد. حجم کل هیف قارچ ممکن است با حجم خود ریشه برابری کند.

تحقیقات وابسته با تاثیر قارچ مایکوریز روی گیاهان دارویی: در آزمایشی، برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر فسفر گل گیاه گاوزبان (*Borago officinails* L.) معنی‌دار بود. افزایش در میزان فسفر گل (٤٤/٦٩ و ٢٠/٤٥ درصد)، (۱۵۰ و ۱۲۵ درصد) و (٢٦٧/٧٤ و ٢٣٥/٤٨ درصد) در شرایط کاربرد قارچ-های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، که تنش آبی برای گاوزبان ایجاد شده،

مشاهده گردید. البته جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به طوری که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد و در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، کاهش رطوبت خاک می‌تواند برای گیاه اتفاق افتد و نتایج بیانگر آن بود که کاربرد قارچ مایکوریزا احتمالاً با اثرات تشدیدکنندگی بر فعالیت میکروبی خاک و جذب فسفر از محلول خاک باعث کاهش اثرات منفی تنش آب و موجب افزایش فسفر گل گیاه در شرایط تنش آب گردید. بدون فسفر رشد گیاه امکان‌پذیر نیست و افزایش آن می‌تواند باعث افزایش شاخص سطح برگ، ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، کلروفیل و در نهایت عملکرد گیاه شود و افزایش این عنصر در حضور کاربرد قارچ مایکوریزا در شرایط تنش آب توانست صفات فوق را نیز افزایش دهد، البته یک همبستگی مثبت معنی‌دار بین فسفر گل گاوزبان و شاخص سطح برگ، کلروفیل و عملکرد گل گیاه گاوزبان مشاهده شد (Rahimi, 2017)، همچنین نتایجی نشان داد، در شرایط تنش آبی، کاربرد قارچ قارچریشه می‌تواند، در تعدیل تنش کمبود آب و افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، وزن هزاردانه، درصد روغن و کارایی مصرف آب گاوزبان (*Borago officinails* L.) نسبت به گیاهان شاهد مؤثر واقع شود (Rahimi et al., 2018). قارچ‌های میکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* مقدار فنل گاوزبان را نسبت به شرایط عدم کاربرد قارچ به ترتیب ۱۳ و ۹ درصد افزایش دادند (Rahimi et al., 2016). هیف‌های قارچ میکوریزی می توانند به منافذ ریز نفوذ کنند که حتی موها نیز قادر به ورود به منافذ ریز نیستند و میزان جذب آب را افزایش می دهند، که در مطالعه‌ای، قارچ‌های میکوریزا محتوای نسبی آب برگ گاوزبان را در شرایط تنش آبی افزایش دادند (Rahimi et al., 2017)، و نیز کاربرد هر دو سویه قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا به ترتیب موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت گل گیاه گاوزبان شدند (Rahimi, 2023). تنش خشکی جذب مواد غذایی بوسیله ریشه‌ها و انتقال این مواد به گیاه را کاهش می‌دهد که این کاهش به دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش قابلیت نفوذ غشایی است. جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به طوری که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (Arndt et al. 2001). احتمالاً استفاده از کودهای زیستی اثرات تشدیدکنندگی بر فعالیت میکروبی خاک داشته و متعاقباً با افزایش سهل‌الوصول شدن عنصر فسفر موجود در خاک برای گیاه و همچنین برقراری تعادل این عناصر با فاز فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار را بهبود بخشیده‌اند (Hosseini-Mazinani and Hadipour, 2014). بر اساس نتایج آزمایش (Soltanian and Tadayon, 2015)، اثر تنش خشکی بر میزان فسفر گیاه بزرک معنی‌دار شد. تنش خشکی باعث کاهش جذب عنصر فسفر شد. مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار صفت مورد بررسی گردید. اثر متقابل مایکوریزا و تنش خشکی بر میزان فسفر معنی‌دار بود. همزیستی بزرک با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار توانست موجب افزایش صفت مورد بررسی در شرایط تنش خشکی گردد. کاربرد هر دو گونه قارچ تأثیر بیش‌تری نسبت به عدم کاربرد قارچ روی صفت اندازه‌گیری نشان داد. تأثیر کاربرد هر دو گونه قارچ *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* تقریباً

یکسان بود. Jalil-Vand و همکاران (2011) نشان دادند که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان فسفر برگ داشت و با افزایش تنش خشکی، میزان فسفر برگ گیاه مرزه کاهش یافت. تلقیح با قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum* و *Glomus versiformis*)، محتوای فسفر برگ گیاه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج تحقیقی نشان داد که قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش مقدار فسفر اندام هوایی گیاه دارویی پونه گردید (Khaosaad et al. 2006). Aslani و همکاران (2011) دریافتند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر جذب فسفر در گیاه ریحان داشت، به طوری که با کاهش میزان رطوبت خاک، غلظت فسفر ریشه گیاه ریحان کاهش یافت. به علاوه اثر کاربرد قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا بر میزان جذب فسفر معنی‌دار بود. گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده، از میزان فسفر بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند. تأثیر قارچ *G. mosseae*در کاهش اثر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود. در تحقیقاتی که توسط (Safir et al. 1971, 1972) صورت گرفت، تأثیر قارچ‌های مایکوریزا در روابط آبی گیاه به اثرات مستقیم این قارچ‌ها در وضعیت تغذیه‌ای فسفر گیاه نسبت داده شد، ولی گزارش‌های متعدد دیگر نشان می‌دهد اثرات قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار بر روابط آبی گیاه میزبان می‌تواند مستقل از وضعیت تغذیه‌ای فسفر باشد (Bethlenfalvay et al. 1998). طبق گزارشات (Deepadevi et al. 2010) در به کارگیری سویه از *Glomus fasciculatum*، قارچ مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع گیاه، عملکرد تر و خشک ریشه سورگوم گردید که به نظر می‌رسد علت آن قابلیت قارچ مایکوریزا در جذب فسفر باشد. در تحقیقی دیگر گونه‌های قارچ *G. fasciculatum* و *G. macrocarpum*، میزان فسفر، منگنز و آهن را در اندام هوایی و شاخ و برگ درمنه افزایش دادند (Chaudhary et al. 2007). بر اساس نتایج حاصل از تحقیقی مشخص شد که قارچ *Glomus etunicatum* بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک بررسی شدهٔ گیاه دارویی ریحان دارای اثر مثبتی است که می‌توان این تأثیر مثبت را بهبود جذب عناصر معدنی مفید در گیاهان مایکوریزایی نسبت داد (Sharifi et al., 2011). در بررسی دیگری در بیشترین میزان فسفر دانه گلرنگ در تیمار تلقیح با قارچ‌های مایکوریزای *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح قارچ بدست آمد (Omidi et al., 2014). نتایج یک بررسی نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان فسفر برگ گیاه مرزه افزایش یافت. تلقیح با قارچ مایکوریزا، محتوای فسفر برگ گیاه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش داد (Ismailpour et al., 2013). Jalil-Vand و همکاران (2011) نشان دادند که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان فسفر برگ مرزه داشت و با افزایش تنش خشکی، میزان فسفر برگ گیاه کاهش یافت. تلقیح با قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum* و *Glomus versiformis*)، محتوای فسفر برگ گیاه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج تحقیقی نشان داد که قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* در شرایط تنش خشکی سبب افزایش مقدار فسفر اندام هوایی گیاه دارویی پونه گردید (Khaosaad et al. 2006). Aslani و همکاران (2011) دریافتند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر جذب فسفر در گیاه ریحان *Ocimum basilicum* L. داشت. به طوری که با کاهش میزان رطوبت خاک،

غلظت فسفر ریشه گیاه ریحان کاهش یافت. به علاوه اثر کاربرد قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا بر میزان جذب فسفر معنی‌دار بود. گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده، از میزان فسفر بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند. تأثیر قارچ *G. mosseae* در کاهش اثر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود. بر اساس نتایج آزمایش (Soltanian and Tadayon, 2015)، اثر تنش خشکی بر میزان فسفر گیاه بزرگ معنی‌دار شد. تنش خشکی باعث کاهش جذب عنصر فسفر شد، اما مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار فسفر گردید. اثر متقابل مایکوریزا و تنش خشکی به غیر از پرولین، غلظت و جذب گوگرد، بر میزان فسفر معنی‌دار بود. همزیستی بزرگ با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار توانست موجب افزایش صفت مورد بررسی در شرایط تنش خشکی گردد. کاربرد هر دو گونه قارچ تأثیر بیشتری نسبت به عدم کاربرد روی صفت اندازه‌گیری نشان داد. تأثیر کاربرد هر دو گونه قارچ *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* تقریباً یکسان بود. بنابراین با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده، به نظر می‌رسد که تنش آبی به دلیل کاهش جذب آب و عناصر غذایی گیاه، موجب کاهش فسفر گیاهان مختلف شده است و قارچ مایکوریزا به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی از طریق گسترش ریسه‌های قارچ در خاک و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی، باعث افزایش فسفر گیاهان مختلف شده است.

نتیجه‌گیری کلی

بنابراین یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد بالا و کیفیت مطلوب به‌ویژه در گیاهان دارویی ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است، در حالی که پایین بودن سطح مواد آلی خاک‌های زراعی موجب استفاده‌ی بی‌رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژن و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر شده است. کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی برای تولید محصولات کشاورزی باعث ایجاد مشکلات عدیده‌ای از جمله تاثیر نامطلوب بر خاک (شوری، pH، جذب عناصر و...) شده است. همچنین بسیاری از خاک‌های ایران جزء خاک‌های آهکی محسوب می‌شود و به دلیل مقدار کربنات کلسیم و pH بالا، فرم محلول و قابل جذب اغلب عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه می‌باشد. بالا بودن pH این نوع خاک‌ها، تثبیت عناصر غذایی و کاهش جذب آن توسط گیاه را در پی داشته است. کاربرد گوگرد در خاک و اکسایش آن، باعث اصلاح و کاهش موضعی pH در منطقه ریزوسفر گیاه و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه گردیده است. ولی حل مشکل pH در خاک‌های آهکی و اصلاح شیمیایی آن تنها به کاربرد گوگرد اصلاح نمی‌گردد و این فرایند (تغییرات pH و بهبود جذب عناصر غذایی برای گیاهان دارویی) و حذف مصرف نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی و کاهش مخاطرات زیست محیطی آنها، نیازمند بکارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است. از جمله این تکنیک‌ها، که باعث افزایش کیفیت و عملکرد در جهت تولید محصولات کشاورزی سالم به ویژه گیاهان دارویی گردید، استفاده از کودهای آلی، کود سبز، بقایای حیوانی و گیاهی، میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی (*Bacillus licheniformis*، Nitroxin، *Azospirillum*، *Azotobacter* و *Arbuscular mycorrhizal* fungi) بود.

References

Acikgoz, M. A., and Karnak, E. E. 2013. Mivro-nutrient composition of some medicinal and aromatic plants commonly used in Turkey. Scientific Papers. Series A. Agonomy, LVI: 169-173.

Ahmadi, F., Samadi, A., and Rahimi, A. H. 2020. Improving growth properties and phytochemical compounds of Echinacea purpurea (L.) medicinal plant using novel nitrogen slow release fertilizer under greenhouse conditions. *Scientific Reports*, 10: 13842. https://doi.org/10.1038/s41598-020-70949-4.

Arndt, S. K. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H. G., and Popp, M 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiology, 21: 705-715.

Aslani, Z., Hasani, A. M., Rasouli Sadekiani, H., Sefidkan, F., and Breen, M. 2011. The effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on growth, chlorophyll levels and phosphorus absorption in basil plant (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research, 53 (3): 486-471.

Behzadi, Y., and Salehi, A. 2016. The effect of using organic, biological and chemical fertilizers on the absorption of N, P, K elements, seed yield and the yield of the essential oil of the medicinal plant *Pimpinella anisum* L. Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(6): 1026-1036.

Bethlenfalvay, G. J., Brown, M. S., Ames, R. N., and Thomas, R. S. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Physiology Plant, 72: 565-571.

Chaudhary, V., Kapoor, R., and Bhatnagar, A. K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Journal of Mycorrhiza, 17: 581-587.

Deepadevi, M., Basu, M. J. and Santhaguru, K. 2010. Response of *Sorghum bicolor* L. Monech to Dual Inoculation with *Glomus Fasciculatum* and *Herbaspirillum* Seropediaae. General and Applied Plant Physiology, 36 (3):176-182.

Dehghani Meshkani, M. R., Naqdi Badi, H. A., Rezazadeh, Sh. A., and Darzi, M. T. 2010. The effect of biological and chemical fertilizers on the yield and components of flower yield in Shirazi Chamomile medicinal plant. National Conference of Medicinal Plants. https://sid.ir/paper/819798/fa.

Eskandari, M., Khaqani, Sh., and Gemarian, M. 2017. A review on the effect of vermicompost organic fertilizer on medicinal plants. The 8th National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. 21pages.

Jalil-Vand, P., Ismailpour, B., Hadian, J., and Rasulzadeh, A. 2011. Effect of drought stress and mycorrhizal fungus on the growth and secondary metabolites of savory. The 7th Congress of Horticultural Sciences of Iran, Isfahan University of Technology. Page 2.

Hassan, M., Elwan, M., and Haggag, O. 2015. Plant Growth, Yield, Macro and Micro-Nutrients Uptake of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Positively Affected by N-Sources and Rates as well as Foliar Application of Micronutrients. Hortscience Journal of Suez Canal University, 4(1), pp. 7-16. doi: 10.21608/hjsc.2015.6468

Hosseini, M. S. 2012. Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants: A review. Journal of Medicinal Plants Research. 6(12: 2249-225.

Hosseini-Mazinani, S. M., and Hadipour, A. R. 2014. Improving the quantitative and qualitative performance of the medicinal plant Calendula officinalis L. by using biofertilizers. Quarterly Journal of Medicinal Plants. 15 (2): 91-83.

Ismailpour, B., Jalil Vand, P., and Hadian, J. 2013. Effect of drought stress and mycorrhizal fungus on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Ecology, 5 (2): 177-169.

Kafi, M., Zand, A., Sharifi, H. R., Guldani, M., and Lahouti, M. 2005. Plant physiology (translation). Academic Jihad Publications (Imam Reza (A.S.) Faculty of Medicine), volume

1. 464 pages.
Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K. and Novak, J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp., Lamiaceae*). Journal of Mycorrhiza, 16 (6):443-446.
Kouchi, A. R., Zand, A., Benayan Aval, M., Rezvani-Moghadam, P., Mahdavi Damghani, A. A., Jami-al-Ahmadi, M., and Vesal, S. R. 2007. Plant Ecophysiology (translation), Ferdowsi University of Mashhad Publications, second volume. 939 pages.
Majidi, A., and Amiri, P. 2013. Mycorrhizal mushroom biofertilizers are a turning point to reduce the effects of environmental stresses in crop production. Quarterly Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources, 11 (42): 18-21.
Mirzajani, M. R. Majidian, M. and Mohsen Abadi, G. 2019. Evaluation of the effect of combined nutrition on the quantitative yield and percentage of the essential oil of the medicinal plant *Melissa officinalis*. Plant Products, 42(4): 469-482.
Manoj Kumar, R. Puri, S. Pundir, A. Punia Bangar, S. Changan, S. Choudhary, P. Parameswari, E. Alhariri, A. Samota, M. K. Damale, R. D. Singh, S. Berwal, M. K. Dhumal, S. Bhoite, A. G. Senapathy, M. Sharma, A. Bhushan, B. Mekhemar, M. 2021. Evaluation of Nutritional, Phytochemical, and Mineral Composition of Selected Medicinal Plants for Therapeutic Uses from Cold Desert of Western Himalaya. *Plants (Basel)*, 10(7): 1429.
Mousavinik, S. M. 2012. Investigating the effect of different levels of sulfur fertilizer on the quantitative and qualitative yield of the medicinal plant (*Plantago ovata* L.) under drought stress conditions in Baluchistan region. Agricultural Ecology, 4(2): 182-170.
Nouruzi, S., Sohrabi, A. Khawazi, K., and Metinfar, H. R. 2018. The effect of sulfur consumption on the trend of pH changes and soil phosphorus absorption capacity in wheat (*Triticum aestivum* L.). Soil Biology, 6(1): 41-29.
Omidi, A., Mirzakhani, M., and Ardakani, M. R. 2014. Evaluation of quality traits of saffron (*Carthamus tinctorius* L.) under the application of Azotobacter and mycorrhizal symbiosis. Journal of Ecology, 6 (2): 338-324.
Panahi Kordlaghri, Kh. 2011. Nutrition of agricultural plants. Nusuh publications, volume 1. 72 pages.
Perastesh, F., Alikhani, H. A., Etsami, H., and Hassandokht, M. R. 2019. The effect of vermicompost enriched with phosphate dissolving bacteria on the availability of phosphorus, pH and biological indicators in a calcareous soil. Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production, 9(3), 25-46.
Rahimi, A. 2017. The effect of mycorrhizal fungus on the physiological characteristics, active substances and performance of the medicinal plant Borage (*Borago officinails* L.) under water stress, PhD thesis, Yasouj University, Iran. 101 pages.
Rahimi, A. 2023. The effect of mycorrhizal fungi, water stress and year on flower yield and some characteristics of medicinal plant of Borage (*Borago officinalis* L.) in Yasouj region. Journal of Plant Environmental Physiology, 18(4): 19-35.
Rahimi, A., Jahanbin, Sh., Salehi, A., and Faraji, H. 2018. The effect of mycorrhizal fungus on grain yield, seed oil content and water use efficiency of the medicinal plant borage (*Borago officinails* L.) under water stress conditions. Iranian Journal of Horticultural Sciences (Iranian Agricultural Sciences), 49(2): 407-415.
Rahimi, A., Jahanbin, Sh., Salehi, A., and Faraji, H. 2016. "Effect of mycorrhizal fungus on morphological characteristics, amount of phenolic compounds and chlorophyll fluorescence of the medicinal plant *Borago officinails* L. under drought conditions." Plant Environmental Physiology, 11(42): 55-46.
Rahimi, A., Jahanbin, Sh., Salehi, A., and Farajee, H. 2017. Changes in Content of Chlorophyll, Carotenoids, Phosphorus and Relative Water Content of Medicinal Plant of Borage (*Borago officinails* L.) under the Influence of Mycorrhizal Fungi and Water Stress. Journal of Biological Sciences, 17: 28-34.

Rehman, A., and Adnan, M. 2018. Nutritional potential of Pakistani medicinal plants and their contribution to human health in times of climate change and food insecurity. Pakistan Journal of Botany, 50(1): 287-300.

Rezvani Shemirani, A., Haj Seyed Hadi, M. R., and Darzi, M. 2014. Investigating the effect of sulfur application and Thiobacillus bacteria on the performance of the vegetative body and the amount of essential oil of the medicinal plant basil (*Ocimum basilicum* L.), the 13th Conference of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran and the 3rd Conference of Iranian Seed Science and Technology, Karaj, https://civilica.com /doc/312827.

Safir, G. R., Boyer, J. S. and Gerdemann, J. W. 1971. Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. Science, 172: 581-583.

Safir, G. R., Boyer, J. S. and Gerdemann, J. W. 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. Plant Physiology, 49: 700-703.

Sharifi, M., Sadat Mohtshamian, M., Riyahi, H., Aghaei, A., and Alavi, S. M. 2011. The effect of endomycorrhizal fungus Glomus etunicatum on some morphological and physiological indicators of basil plant. Quarterly Journal of Medicinal Plants, 2 (38): 94-85.

Soltanian, M., and Tadayon, A. 2015. The effect of symbiosis of arbuscular mycorrhizal fungi on some agricultural characteristics of linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress conditions in Shahrekord region. Plant Production Research Journal, 22 (2): 2-24.

Veresoglou, S. D., Chen, B. and Rillig, M. C. 2012. Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. Soil Biology and Biochemistry, 46: 53-62.

Yadegari, M. 2016. Effect of micronutrients foliar application and biofertilizeres on essential oils of lemon balm. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16 (3): 702-715.