Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2022.690263
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.67.6.3

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Effects of *Mycorrhizae* and nano Fe-Zn oxide on nodulation and quantitative and qualitative yield of rain fed lentil (*Lens culinaris* L.)

Ravanbakhsh Aghahei[1], Raouf Seyed Sharifi[2*], Hamed Narimani[3]

[1] Department Plant production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: r.v.agahi2018@gmail.com
[2] Department Plant production and genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: raouf_ssharifi@yahoo.com
[3] Department Plant production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: hamed.narimani.72@gmail.com

Serial 67, 17th year, Number 3, Autumn 2022 (93-110)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 07.03.2021
Revised:10.07.2021
Accepted: 19.07.2021

Keywords
Bio fertilizers
Chlorophyll index
Grain yield
Protein content
Microelement

Abstract

In order to study the effects of mycorrhizae and foliar application of nano Fe and Zn oxides on nodulation and quantitative and qualitative yield of lentil under rain fed conditions, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in a farm at Zardalo village, Ardabil province during 2017-2018. Treatments included foliar application of nano Fe and Zn oxides at four levels (foliar application with water as control, foliar application of nano iron oxide (0.6 gL^{-1}), nano zinc oxide (0.6 gL^{-1}), combined foliar application of nano Fe and Zn oxides (0.3 g L^{-1} each), and application of *mycorrhiza* at four levels (no application of *mycorrhiza* as control, application of *Mycorrhizae mosseae*, *Mycorrhiza intraradices*, and combined application of *Mycorrhiza intraradices* with *mycorrhiza mosseae*). Means comparison showed that foliar application of nano Fe-Zn oxides as well as combined application of *mycorrhizal mosseae* and *intraradices* increased number of active nodules per plant, percentage of active nodules per plant, 100 grain weight, and grain yield by 173.2, 93.08, 36.58, and 58.34% respectively in comparison with no foliar application of nano Fe-Zn oxide and no application of *mycorrhiza*. Also, combined foliar application of nano Fe-Zn oxide along with *mycorrhiza mosseae* and *intraradices* increased respectively the number of grains per pod, number of pods per plant, dry weight of root, zinc content of grains, and protein contentof grains increased by 42.14, 95.17, 12o, 58.2, and 47.55%, respectively in comparison with no application of *mycorrhiza* and nano Fe-Zn oxide. It seems that foliar application of nano Fe-Zn oxide and *mycorrhiza* application owing to improving some morphophysiological traits can be considered as a proper method for increasing quantitative and qualitative yield and mitigating the effects of water deficit in rain fed conditions.

Please cite this article as Aghahei, R., Seyed Sharifi, R., Narimani, H. 2022. Effects of *Mycorrhizae* and nano Fe-Zn oxide on nodulation and quantitative and qualitative yield of rain fed lentil (*Lens culinaris* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(3): 93-110.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی

شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۲۷۸۳-۴۶۸۹، http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2022.690263

Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.67.6.3

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بر گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی عدس (*Lens culinaris* Medik) دیم

روانبخش آگاهی[۱]، رئوف سیدشریفی[۲]*، حامد نریمانی[۳]

۱. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، رایانامه: r.v.agahi2018@gmail.com

۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، رایانامه: raouf_ssharifi@yahoo.com

۳. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، رایانامه: hamed.narimani.72@gmail.com

سال هفدهم، شماره ۶۷، پاییز ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۱۰-۹۳

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۸

واژه‌های کلیدی:

عناصر ریزمغذی

شاخص کلروفیل

محتوای پروتئینی

عملکرد دانه

کودهای زیستی

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی بر گره‌زایی و برخی صفات کمی و کیفی عدس تحت شرایط دیم، آزمایشی در سال ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در روستای زردالو اردبیل اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۰/۶ گرم در لیتر با نانواکسید آهن، ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسید روی، محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی هر کدام ۰/۳ گرم در لیتر) و کاربرد میکوریزا در چهار سطح (عدم کاربرد میکوریزا به‌عنوان شاهد، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا و کاربرد توام میکوریزا موسه‌آ و اینترا) بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام قارچ میکوریزا موسه‌آ با اینترا، تعداد گره‌های فعال در بوته، درصد گره‌های فعال در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه را (به‌ترتیب ۱۷۳/۲، ۹۳/۰۸، ۳۶/۵۸ و ۵۸/۳۴ درصد) نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا افزایش داد. همچنین، محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا موسه‌آ با اینترا به‌ترتیب ۴۲/۱۴، ۹۵/۱۷، ۱۲۰، ۵۸/۲ و ۴۷/۵۵ درصد تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن خشک ریشه، محتوای روی دانه و میزان پروتئین دانه نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا افزایش داد. به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا به‌واسطه بهبود برخی صفات مورفوفیزیولوژیک، می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای افزایش عملکرد کمی و کیفی و کاهش اثرات محدودیت آبی تحت شرایط دیم باشد.

استناد: آگاهی، ر.، سیدشریفی، ر.، نریمانی، ح. (۱۴۰۱). تاثیر میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بر گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی عدس (*Lens culinaris* Medik) دیم. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۶۵ (۳)، ۱۱۰-۹۳.

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) به‌دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، نقش مهمی در حاصلخیزی خاک و قرارگیری در تناوب با گیاهان زراعی به‌ویژه با غلات دیم دارد (Hosseini et al., 2016). این گیاه غنی از پروتئین بوده و با داشتن مقدار قابل توجهی از مواد معدنی و ویتامین‌ها، جایگاه مهمی در رژیم غذایی انسان به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه دارد (Anoma et al., 2014).

محدودیت منابع آبی در بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد در شرایط دیم به‌شمار می‌رود. با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی در خاک کاهش یافته و به‌دلیل محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور فزاینده‌ای با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد (Jalil Shesh Bahre and Movahedi Dehnavi, 2012). از طرفی کشت مداوم، مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی و کودهای آلی در بیشتر خاک‌های آهکی و شنی، موجب کاهش ذخایر این عناصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (Welch et al., 1991). در این راستا محلول-پاشی به شکل نانو ذرات به‌دلیل حلالیت و شانس برخورد بیشتر این ذرات با گیاه (Salehi and Tamaskoni, 2008)، سرعت و بالا بودن کارایی جذب، سطح مخصوص بیشتر در مقایسه با شکل متداول و مرسوم آن‌ها به‌عنوان یک راه کار مفید و موثر برای اصلاح کمبود است (Monica and Cremonini, 2009).

گیاهان با اینکه به مقادیر محدودی از عناصر غذایی کم‌مصرف نیاز دارند ولی، کمبود آن‌ها به ایجاد محدودیت‌های زیادی در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاهان منجر می‌شود. از این‌رو به‌منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی، استفاده از عناصر غذایی کم‌مصرف ضروری است. در این راستا آهن یکی از عناصر غذایی ضروری و کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها بوده و فرآیندهای بیوشیمیایی مهمی را در گیاه کاتالیز می‌کند. این عنصر نقش مهمی در انتقال الکترون در فتوسنتز (Irmak et al., 2012)، تشکیل کلروفیل و کربوهیدرات‌ها، سنتز تیلاکوئید، عملکرد آنزیم‌های تنفسی و انتقال انرژی در گیاهان بر عهده دارد (Nasiri and Najafi, 2015). Mehraban (۲۰۱۷) گزارش کرد محلول‌پاشی آهن با بهبود محتوای آهن و پروتئین دانه، موجب افزایش تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه عدس شد. Hamzei و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که محلول‌پاشی آهن با بهبود وزن و حجم گره‌های ریشه، افزایش محتوای پروتئین و آهن دانه، موجب افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه نخود گشت.

روی یکی دیگر از عناصر کم‌مصرف، از اجزای عملکردی، ساختاری و تنظیمی بسیاری از آنزیم‌ها است که نقش مهمی را در تولید زیست‌توده، افزایش محتوای کلروفیل، عملکرد گرده، باروری، متابولیسم RNA، تشکیل پروتئین و DNA بر عهده دارد. روی برای سنتز تریپتوفان که پیش‌ساز اکسین است، ضروری می‌باشد (Nasiri and Najafi, 2015). Pandey و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که مصرف نانواکسید روی از طریق افزایش سطح ایندول استیک اسید در ریشه‌ی نخود، موجب افزایش رشد این گیاه شد. همچنین Safari (۲۰۱۹) گزارش کرد که محلول‌پاشی روی موجب افزایش تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه عدس شد.

کاربرد میکوریزا نیز یکی از شیوه‌های مناسب کشاورزی برای بهبود حاصلخیزی خاک به‌خصوص در خاک‌های فاقد هوموس و فقیر از نظر فسفر،

نیتروژن و سایر عناصر غذایی بوده و نقش مهمی را در تغذیه گیاهان و افزایش تحمل گیاه به محدودیت آبی دارند (Cooper and Tinker, 2003). این کودها از طریق افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه‌ی گیاه میزبان به کمک شبکه گسترده هیفی، جذب و انتقال آب و عناصر معدنی را از مناطقی که برای سیستم ریشه‌ای غیرقابل دسترس می‌باشد، به گیاه افزایش داده و این همزیستی به گیاهان کمک می‌کند تا قادر به رشد در شرایط دشوار باشند (Alizadeh et al., 2010). Al-Karaki و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی آب را از خاک سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه کرده و موجب می‌شوند تا کاربرد میکوریزا اثر محدودیت آبی بر روی گندم را به حداقل برسانند. Solaiman و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که همزیستی قارچ میکوریزایی با ریشه نخود از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب بهبود رشد، کاهش اثر تنش آبی و در نتیجه افزایش گره‌زایی ریزوبیوم بر روی ریشه می‌شود.

با توجه به گستردگی مناطق تحت کشت عدس دیم و مواجه شدن بخشی از دوران رشدی این گیاه با محدودیت آبی و از طرفی به‌دلیل اهمیت میکوریزا و عناصر ریز مغذی مانند آهن و روی در تعدیل بخشی از اثر محدودیت آبی و بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهمکنش توام این دو عامل، موجب شد تا اثر این عوامل بر گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی عدس (*Lens culinaris* L.) تحت شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی بر گره‌زایی و برخی صفات کمی و کیفی عدس (*Lens culinaris* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ تحت شرایط دیم اجرا شد. کشت در مزرعه زردالو واقع در هشت کیلومتری شهرستان اردبیل با مختصات جغرافیایی ٤۸ درجه و ۱٦ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۷۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی در چهار سطح (عدم محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی با نانواکسید آهن (۰/٦ گرم درلیتر)، نانواکسید روی (۰/٦ گرم در لیتر)، محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی (۰/۳ گرم درلیتر از نانواکسید آهن و ۰/۳ گرم درلیتر نانواکسید روی) و کاربرد میکوریزا در چهار سطح (عدم کاربرد میکوریزا به‌عنوان شاهد، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریزا اینترا، کاربرد توام میکوریزا موسه‌آ و اینترا) بود.

قارچ میکوریزا استفاده شده از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* از شرکت زیست فناوران توران تهیه و به میزان ۲۰ گرم در هر متر مربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) بر اساس توصیه شرکت مذکور استفاده شد. در این راستا بعد از تهیه زمین و کرت‌بندی، در کرت‌ها در داخل شیارهای باز شده به میزان توصیه شده از قارچ مورد نظر قرار داده شد طوری‌که در زمان کاشت، بذر در تماس با قارچ قرار گیرد. تعداد اسپور زنده در هرگرم قارچ مورد استفاده حدود ۱۰۰ اسپور بود. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی و نسبتاً سنگین بود. بعد از انجام شخم عمیق در پاییز در اوایل فروردین ماه، عملیات نهایی آماده‌سازی زمین انجام شد. بذر با هیچ نوع قارچ‌کشی ضد عفونی نشد. چون کشت در مزرعه‌ای انجام شد که سال‌های قبل به کشت عدس اختصاص داده شده بود از این‌رو بذر با باکتری

ریزوبیـومی عـدس (*Rhizobium leguminosarum*) تلقیح نشد.

کاشت با دست در فروردین ماه انجام شـد. میـزان بذر مصرفی با توجه بـه عـرف کشـت منطقـه از بـذر محلی بنام بیله‌سوار و به مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتـار استفاده شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کاشت با فاصله‌ی بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر بود. از هـیچ نـوع کود شیمیایی و دامـی قبـل و بعـد از کاشـت اسـتفاده نشد. در طول دوره‌ی رشد کنترل علف‌هـای هـرز بـه روش دستی انجام شد. محلول‌پاشی نانواکسید آهـن و روی در دو نوبت (طی رشد رویشی و اوایل گلـدهی به‌ترتیب معادل با کـد GSV_1 و GSR_1 مراحـل نمـوی عدس براساس مقیاس Erskine و همکاران (۱۹۹۰)، و به استناد سطوح ذکر شده انجام شد. به‌دلیل حل نشدن نـانو اکسـید روی در آب، ابتـدا در آب دی‌یـونیزه بـه صـورت معلـق در آمـده و بـا اسـتفاده از لـرزش و ارتعاشـات دسـتگاه اولتراسـونیک (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۳۰ دقیقه) این مواد پخـش شـده و محلـول گردیـد (Prasad et al., 2012). مشخصـات خاکی و جوی محـل اجـرای آزمـایش بـه ترتیـب در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق نمونه‌برداری	کربنات کلسیم	pH	درصد عصاره اشباع	رس	لوم	شن	آهن	روی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
(سانتی‌متر)	(٪)		(٪)		(٪)		mg/kg		(٪)	(٪)	
صفر تا ۴۰	۱۵/۸	۷/۸	۴۵	۱۹	۶۵	۱۶	۴/۳	۱/۶	۰/۰۴	۱۲/۱	۲۳۵

جدول ۲: ویژگی‌های جوی در طول دوره رشدی

پارامتر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی (میلی‌متر)	۹/۳	۶۰/۳	۲۸/۲	۳/۹
میانگین دما (درجه‌سانتی‌گراد)	۹	۱۲/۳	۱۶/۸	۲۱/۵
جمع ساعات آفتابی	۱۷۰/۹	۱۹۶/۳	۲۴۸/۶	۳۴۴/۲
متوسط رطوبت (درصد)	۶۶	۷۱	۷۱	۶۰

ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

جدول ۳: مشخصات نانواکسید روی و آهن مورد استفاده

نوع نانواکسید	وزن	خلوص	میانگین اندازه ذرات	سطح ویژه ذرات	رنگ
نانواکسید روی	۱۰۰(g)	۹۹ (٪)	$< ۳۰ (nm)$	$> ۳۰ (m^2.g^{-1})$	پودری سفید
نانواکسید آهن	۲۵ (g)	۹۹ (٪)	$< ۳۰ (nm)$	$> ۳۰ (m^2.g^{-1})$	پودری قرمز

کشت در گلدان وتعیین خصوصیات ریشه: به‌منظور ارزیابی اثر تیمارهای مـورد بررسـی بـر وزن خشـک ریشـه، تعـداد گـره‌هـای فعـال و غیرفعـال و درصـد گره‌های فعال در خطوط اصلی هرکـرت گلـدان‌هـای پلاستیکی به قطر و ارتفـاع ۶۰ سـانتی‌متـری در زمـان تهیه زمین قرار داده شد. تراکم کاشت در این گلدان‌ها مشابه تراکم دیگر خطوط کاشت در نظر گرفتـه شـد. نحوه جایگذاری گلدان‌ها به گونـه‌ای بـود کـه سـطح گلدان‌ها هم سطح با سطح خاک مزرعه بود. به منظور برخورداری از تهویه و زهکشی مناسب تـه گلـدان‌هـا سوراخ شدند. خارج سازی ریشـه‌هـا از گلـدان‌هـا در زمان ۵۰ درصد گلدهی هر کـرت آزمایشـی انجـام و

بعد از انتقال به آزمایشگاه، تعداد گره‌های فعال و غیرفعال و درصد گره‌های غیرفعال در هر بوته شمارش شده (Namvar et al., 2011) و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه به مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد و سپس وزن خشک آن با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد.

تعیین کارایی همزیستی: کارایی همزیستی از رابطه پیشنهادی Beck و همکاران (۱۹۹۳) محاسبه شد. بر اساس این رابطه چنان‌که عدد کارایی همزیستی کوچکتر یا مساوی ۵۰ درصد باشد غیر موثر، بین ۵۰-۷۵ درصد باشد نسبتا موثر، بین ۷۵-۱۰۰ درصد باشد موثر و بزرگتر از ۱۰۰ درصد باشد کارایی خیلی موثر است.

تعیین شاخص کلروفیل: شاخص سبزینگی برگ در سه نقطه از برگ‌های توسعه یافته در مرحله گلدهی در خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای بر روی سه بوته توسط دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502، مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد.

سنجش محتوای پروتئین دانه: میزان نیتروژن دانه به روش کجلدال اندازه‌گیری شده و با ضرب در عدد ٦/٢٥ محتوای پروتئین دانه برآورد شد (Mohajerani et al., 2015). محتوای آهن و روی دانه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

تعیین تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه: به‌منظور تعیین تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته، در زمان رسیدگی ۱۰ بوته از بوته‌های موجود در مزرعه به‌صورت تصادفی برداشت و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش این صفات در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. همچنین عملکرد دانه از سطحی معادل یک مترمربع در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS نسخه 9.1 و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج

شاخص کلروفیل: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص کلروفیل (به‌ترتیب ٣٦/٢٧ و ٢٧/٤١) در محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ٦). همچنین بیش‌ترین شاخص کلروفیل (٣٥/٢٤) در کاربرد توام قارچ میکوریزا موسهآ و اینترا و کم‌ترین آن (٢٩/٢٥) در عدم کاربرد میکوریزا به‌دست آمد (جدول ٦).

تعداد و درصد گره‌های فعال، تعداد گره‌های غیرفعال و کارایی همزیستی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا بر تعداد و درصد گره‌های فعال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام قارچ میکوریزا موسهآ با اینترا موجب افزایش ۱۷۳/۲۷ و ۹۳/۰۸ درصدی تعداد و درصد گره‌های فعال نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا به‌دست آمد (جدول ٥). همچنین اثر اصلی محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا و بر تعداد گره‌های غیرفعال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤).

جدول ٤: تجزیه واریانس تاثیر کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی بر گروه‌زایی و برخی صفات کمی و کیفی عدس تحت شرایط دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		وزن خشک ریشه	تعداد گره‌های غیرفعال	شاخص کلروفیل	تعداد گره‌های فعال	درصد گره‌های فعال	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه	محتوای روی دانه	محتوای آهن دانه	محتوای پروتئین دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۱/۷٤**	٦٤**	٦۰٥/۹٤**	۱۹۰/۳۹**	٦۲٤/۰۱**	۰/۱۱**	٤۱/٤۲**	۲۳/۷۸**	۲٥۲٥/٥۱**	٤۷۱٦/٦٦**	۳۱٦/۰٦**	۳۸٦٦/٤۸**
میکوریزا (M)	۳	۰/٥٥**	۱٤۲/٥**	۷٤/۷۹**	٦۲۳/۷۲**	۱۸٥٦/٥۲**	۰/۰۷٥**	۹/۱٤**	۱/۲۳**	۲٥۹/٦۸**	۲۰۲/٥۸**	۳۷/۷**	۳۱۷/۸**
نانواکسید (N)	۳	۱/۰٤**	٥۸**	۱۷٦/٥۲**	۲۲۲/۲۷**	۹۰٥/۲٤**	۰/۳۲**	۱٦/۲۷**	۲/۱۷**	۹۸٤/۳۷**	۸۲٤/۳۳**	٥٤/٥۸**	۱۳۷۷/٤۱**
N×M	۹	۰/۰۱۳**	۱/۱٦ns	۱/۳۹ns	۱۲/۱٤**	۲۳/۳٥**	۰/۰۰۳۷**	۰/۲۳**	۰/۰۲۲*	۱٤/۲۲**	۱/۷۸ns	۰/۷۸**	۱٦/٥۸**
خطا	۳۰	۰/۰۰٤۳	۰/٦٦	۱/٥۹	۱/۲۸	٥/۲۳	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۳/٤۳	۲/۷٥	۰/۲٥	۲/۰۰۲۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/٥٤	۸/٥۹	۱۱/۹۱	٤/٥٦	۱۰/۲۳	۹/۳٥	۸/٦٦	۱۱/۸۹	۱۲/۹٤	۱۰/۹۳	۸/۲٦	۹/۸۸

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

جدول ۵: مقایسه میانگین تاثیر کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی بر گره‌زایی و برخی صفات کمی و کیفی عدس تحت شرایط دیم

تیمار	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	تعداد گره‌های فعال (عدد)	درصد گره‌های فعال (درصد)	تعداد دانه در غلاف (عدد)	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه (گرم)	محتوای روی دانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه)	محتوای پروتئین دانه (درصد)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
$N_1 \times M_1$	۳/۷۰۴^{i} ±۰/۷۴	۱۳/۶۶^{l} ±۲/۷۳	۴۷/۸۴^{i} ± ۹/۵۶	۱/۲۱^{k} ±۰/۲۴۲	۴/۵۶^{l}±۰/۹۱۲	۴/۵۱^{m}± ۰/۹	۴۶/۳ ^{m}±۹/۲۶	۱۸^{k}±۳/۶	۵۸/۲۷^{j}± ۱۱/۶۵
$N_1 \times M_2$	۳/۹۶۴^{h}±۰/۷۹	۱۶/۳۳^{jk} ±۳/۲۶	۵۳/۹۷^{h}±۱۰/۷۹	۱/۳۵^{i}±۰/۲۷	۴/۹۵^{k}±۰/۹۹	۴/۶۳lm±۰/۹۲	۶۰/۲^{gh}±۱۲/۰۴	۲۰/۱۲^{hi}±۴/۰۲	۶۰/۸۹^{i}± ۱۲/۱۷
$N_1 \times M_3$	۴/۰۹۵^{g} ±۰/۸۱	۴۲۲/۴^{gh}±	۶۲/۸۹^{g} ±۱۲/۵۷	۱/۴۷^{f}±۰/۲۹۴	۶/۱^{h}±۱/۲۲	۵/۰۹^{hi}±۱/۰۱	۵۵^{ijk}±۱۱	۲۱/۲۵^{fg}±۴/۲۵	۷۳/۹۲^{f}±۱۴/۷۸
$N_1 \times M_4$	۴/۴۳۶^{d}±۰/۸۸	۲۴/۳۳^{f} ±۴/۸۶	۷۰/۶۱^{ef} ±۱۴/۱۲	۱/۶^{e} ± ۰/۳۲	۷/۷۵^{d}±۱/۵۵	۵/۶۴^{cd}±۱/۱۲	۷۰/۵۲^{cd}±۱۴/۱	۲۳/۱۲^{e}±۴/۶۲	۸۳/۰۵^{d}±۱۶/۶۱
$N_2 \times M_1$	۳/۷۸۸^{i} ±۰/۷۵	۱۵^{kl}±۳	۵۳/۶۵ ^{h} ±۱۰/۷۳	۱/۲۴^{k}±۰/۲۴۸	۵/۳۳^{ij}±۱/۰۶	۴/۷۷^{kl}±۰/۹۵	۴۹/۸^{l}±۹/۹۶	۱۹/۰۶^{j}±۳/۸۱	۶۲/۱۵^{i}±۱۲/۴۳
$N_2 \times M_2$	۴/۱۲۵^{fg}±۰/۸۲	۱۷^{j}±۳/۴	۶۰/۶۱ ^{g}±۱۲/۱۲	۱/۳۱^{j}±۰/۲۶۲	۵/۸۹^{hi}±۱/۱۷	۵/۰۲^{ij}±۱	۶۵/۰^{ef}±۱۳/۱	۲۰/۵۶^{gh}±۴/۱۱	۶۸/۹۸^{g}±۱۳/۷۹
$N_2 \times M_3$	۴/۴۰۲^{d}±۰/۸۸	۲۱/۳۳^{h} ±۳/۲۶	۷۰/۱۶ ^{f}±۱۴/۰۳	۱/۵^{e} ± ۰/۳	۶/۹۷^{f}±۱/۳۹	۵/۳۵^{fg}±۱/۰۷	۵۲/۷۵^{ijk}±۱۰/۵۵	۲۲/۵^{e}±۴/۵	۷۷/۲۱^{e}±۱۵/۴۴
$N_2 \times M_4$	۴/۶۰۵^{bc}±۰/۹۲	۲۸/۳۳^{d} ±۵/۶۶	۷۷/۷۶^{cd} ±۱۵/۵۵	۱/۶۷^{b}±۰/۳۳۴	۸/۰۲^{c}± ۱/۶	۵/۷۳^{cd}±۱/۱۴	۷۲^{bc}±۱۴/۴	۲۴/۲۵^{d}±۴/۸۵	۸۸/۰۹^{bc}± ۱۷/۶۱
$N_3 \times M_1$	۳/۹۱۲^{h}±۰/۷۸	۱۹^{i} ±۳/۸	۵۹/۲۷^{g} ±۱۱/۸۵	۱/۲۸^{j}±۰/۲۵۶	۵/۶۹^{i}±۱/۱۳	۴/۹^{jk}±۰/۹۸	۵۶/۸^{j}±۱۱/۳۶	۱۹/۶۸^{ij}± ۳/۹۳	۶۵/۲۴^{h}± ۱۳/۰۴
$N_3 \times M_2$	۴/۲۰۸^{ef}±۰/۸۴	۲۳/۳۳^{fg}±۴/۶۶	۶۷/۶۸^{f} ± ۱۳/۵۳	۱/۳۹^{h}±۰/۲۷۸	۶/۴^{g}±۱/۲۸	۵/۱۸^{hi}±۱/۰۳	۶۸/۰۲^{de}±۱۳/۶	۲۰/۸۷^{fgh}± ۴/۱۷	۷۱/۸۶^{f}± ۱۴/۳۷
$N_3 \times M_3$	۴/۴۱۵^{d}±۰/۸۸	۲۶/۳۳^{e} ±۵/۲۶	۷۴/۳۹^{de} ± ۱۴/۸۷	۱/۵۳^{e}± ۰/۳۰۶	۷/۲۸^{e}± ۱/۴۵	۵/۴۲^{ef}±۱/۰۸	۵۷/۶^{ij}±۱۱/۵۲	۲۲/۶۲^{e}±۴/۵۲	۷۷/۸۳^{e}±۱۵/۵۶
$N_3 \times M_4$	۴/۶۲۵^{b} ± ۰/۹۲	۳۰/۶۶^{c} ±۶/۱۳	۸۱/۲۳^{bc}± ۱۶/۲۴	۱/۶۸^{b} ±۰/۳۳۶	۸/۲^{c}±۱/۶۴	۵/۸۱^{bc}±۱/۱۶	۷۲/۸۵^{bc}± ۱۴/۵۷	۲۴/۵^{cd}± ۴/۹	۸۸/۹۷^{b}±۱۷/۷۹
$N_4 \times M_1$	۴/۲۸۵^{e} ± ۰/۸۵	۳۳/۳۳^{b} ±۶/۶۶	۸۲/۴۵^{b} ±۱۶/۴۹	۱/۴۲^{g} ±۰/۲۸۴	۶/۷۲^{f}±۱/۳۴	۵/۲۵^{gh}±۱/۰۵	۶۰^{hi}±۱۲	۲۱/۵۶^{f}±۴/۳۱	۶۷/۰۳^{gh}± ۱۳/۴
$N_4 \times M_2$	۴/۵^{cd} ± ۰/۹	۳۴/۳۳^{b} ±۶/۸۶	۸۴/۹۴^{b} ±۱۶/۹۸	۱/۵۷^{d} ± ۰/۳۱۴	۷/۵۳^{de}±۱/۵	۵/۵۹^{de}±۱۱/۱	۷۵^{ab}±۱۵	۲۵/۱۲^{bc}±۵/۰۲	۸۰/۷۵^{d}± ۱۶/۱۵
$N_4 \times M_3$	۴/۷۰۲^{ab} ± ۰/۹۴	۳۵±^{b}۷	۹۱/۹۳^{a} ± ۱۸/۳۸	۱/۶۳^{c} ± ۰/۳۲۶	۸/۶^{b}±۱/۷۲	۵/۹۶^{b}±۱/۱۹	۶۴/۵^{fg}±۱۲/۹	۲۵/۷۵ ^{ab}± ۵/۱۵	۸۵/۹۳^{c}± ۱۷/۱۸
$N_4 \times M_4$	۴/۷۸۸^{a} ± ۰/۹۵	۳۷/۳۳^{a} ±۷/۴۶	۹۲/۳۷^{a} ± ۱۸/۴۷	۱/۷۲^{a} ± ۰/۳۴۴	۸/۹^{a}±۱/۷۸	۶/۱۶^{a}±۱/۲۳	۷۳/۲۵^{a}± ۱۴/۶۵	۲۶/۵۶^{a}±۵/۳۱	۹۲/۲۷^{a}± ۱۸/۴۵
LSD	۰/۱۱۰۲	۱/۸۹	۱/۳۶	۰/۰۳۳	۰/۲۵	۰/۱۶	۳/۰۸۸	۰/۸۳۷۷	۲/۳۵

N_1، N_2، N_3 و N_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، نانواکسید روی و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی.

M_1، M_2، M_3 و M_4 به‌ترتیب عدم کاربرد میکوریزا، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، میکوریز اینترا و کاربرد توام میکوریز موسه‌آ و اینترا.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد (**) و پنج درصد (*) با هم ندارند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین گره‌های غیرفعال (به‌ترتیب ۱۲ و ۷ عدد) به‌ترتیب در عدم محلول‌پاشی و کاربرد توام نانواکسید آهن و روی به‌دست آمد (جدول ٦). همچنین بیش‌ترین گره‌های غیرفعال (۱۳ عدد) در عدم کاربرد میکوریزا و کم‌ترین آن (٤/۷۵ عدد) در کاربرد توام میکوریزا موسهآ و اینترا به‌دست آمد (جدول ٦).

محاسبه کارایی همزیستی نشان داد که کاربرد تک‌تک و توام میکوریزها در تمامی سطوح از نانواکسید آهن و روی در مقایسه با عدم استفاده از میکوریزا، از همزیستی موثری برخوردار بودند ولی بیش‌ترین عدد این همزیستی (۱۳۳/۲۸)، در استفاده توام هر دو میکوریزا با نانواکسید آهن و روی به‌دست آمد (شکل ۱).

تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته: نتایج نشان داد اثر برهمکنش فاکتورهای مورد بررسی بر تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته (به‌ترتیب ۱/۷۲، ۸/۹) در محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام قارچ میکوریزا موسهآ با اینترا بود (جدول ۵)، که این ترکیب تیماری موجب افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته (به‌ترتیب ٤۲/۱٤ و ۹۵/۱۷ درصد) نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا شد (جدول ۵).

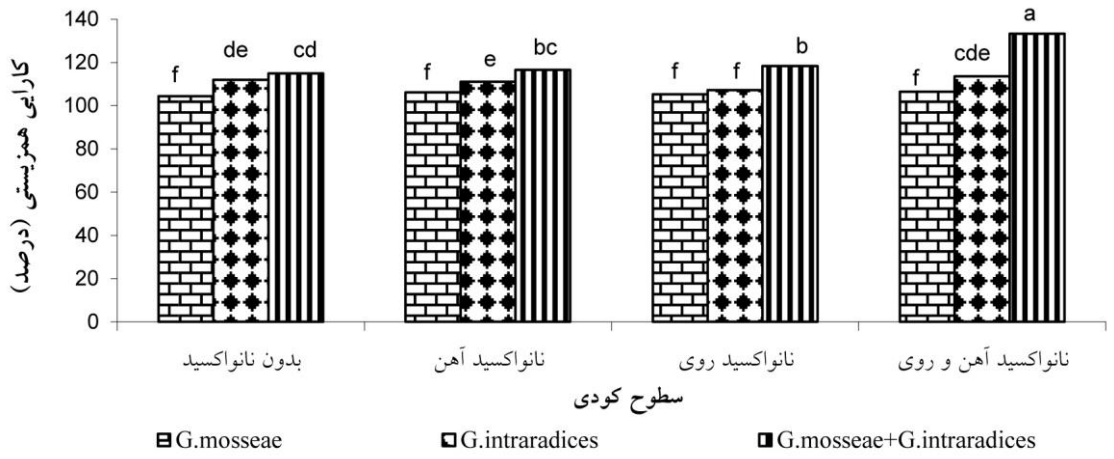
جدول ٦: مقایسه میانگین تاثیر کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی بر شاخص کلروفیل، محتوای آهن دانه و تعداد گره غیر فعال عدس تحت شرایط دیم

میکوریزا	تعداد گره‌های غیرفعال (عدد)	محتوای آهن دانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه)	شاخص کلروفیل
M_1	۱۳^{a}±۲/٦	$۸۰/۷۳^{d}$±۱٦/۱٤	$۲۹/۲۵^{d}$±۵/۸۵
M_2	$۱۰/۲۵^{b}$±۲/۰۵	$۸۵/۱۳^{c}$±۱۷/۰۲	$۳۱/۷^{c}$±٦/۳٤
M_3	۱۰^{b}±۲	$۸٦/۹^{b}$±۱۷/۳۸	$۳۲/۹۵^{b}$±٦/۵۹
M_4	٤/۷۵c±۰/۹۵	$۹۰/٦۲^{a}$±۱۸/۱۲	$۳۵/۲٤^{a}$±۷/۰٤
LSD	۰/٦۸	۱/۳۸	۱/۰۵
نانواکسید	تعداد گره‌های غیرفعال	محتوای آهن دانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه)	شاخص کلروفیل
N_1	۱۲^{a}±۲/٤	$۷۵/۳٤^{d}$±۱۵/۰٦	$۲۷/٤۱^{d}$±۵/٤۸
N_2	$۱۰/۵^{b}$±۲/۱	$۸۳/۳۲^{c}$±۱٦/٦٦	$۳۱/۳^{c}$±٦/۲٦
N_3	$۸/۵^{c}$±۱/۷	$۹۰/۸٦^{b}$±۱۸/۱۷	$۳٤/۱٦^{b}$±٦/۸۳
N_4	۷^{c}±۱/٤	۹۳/۸٦a±۱۸/۷۷	$۳٦/۲۷^{a}$±۷/۲۵
LSD	۰/٦۸	۱/۳۸	۱/۰۵

N_1، N_2، N_3 و N_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، نانواکسید روی، نانواکسید آهن و روی.

M_1، M_2، M_3 و M_4 به‌ترتیب عدم کاربرد میکوریزا، کاربرد میکوریزا موسهآ، میکوریز اینترا، کاربرد توام موسهآ و اینترا.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد (**) و پنج درصد (*) با هم ندارند.



شکل ۱: تاثیر میکوریز و نانواکسید آهن و روی بر کارایی همزیستی

وزن خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن خشک ریشه (٤/٧٨٨ گرم در بوته) در محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام قارچ میکوریزا موسهآ و اینترا بود (جدول ٥)، که این ترکیب تیماری موجب افزایش ٢٩/٢٦ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا شد (جدول ٥).

میزان آهن و روی دانه: معنی‌دار شدن محتوای روی دانه تحت تاثیر محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی، کاربرد میکوریزا در سطح احتمال یک درصد (جدول ٤) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین محتوای روی دانه (٧٣/٢٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه) در محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام هر دو قارچ و کم‌ترین آن (٤٦/٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه) در عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا به‌دست آمد (جدول ٥).

محتوای آهن دانه تحت تاثیر محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد میکوریزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آهن دانه (به‌ترتیب ٩٣/٨٦ و ٧٥/٣٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه) در عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی به‌دست آمد (جدول ٦). همچنین بیش‌ترین میزان آهن دانه (٩٠/٦٢ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه) در عدم کاربرد میکوریزا و کم‌ترین آن (٨٠/٧٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن دانه) در کاربرد توام این دو قارچ به‌دست آمد (جدول ٦).

محتوای پروتئین دانه: معنی‌دار شدن این صفت تحت تاثیر فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد (جدول ٤) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین محتوای پروتئین دانه (٢٦/٥٦ درصد) در محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام موسهآ با اینترا و کم‌ترین آن (١٨ درصد) به‌ترتیب در عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا به‌دست آمد (جدول ٥). به بیانی دیگر کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی توانست به افزایش ٤٢ درصدی محتوای پروتئین دانه در مقایسه با عدم محلول‌پاشی منجر شود (جدول ٥).

وزن صد دانه و عملکرد دانه: معنی‌دار شدن این صفات تحت تاثیر برهمکنش محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد

(جدول ٤) و مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن صد دانه و عملکرد دانه (٦/١٦ گرم و ۹۲/۲۷ گرم در مترمربع) در محلول‌پاشی توام نانواکسید آهن و روی و کاربرد توام میکوریزا موسه‌آ و اینترا بود (جدول ٥)، که این ترکیب تیماری موجب افزایش ٣٦/٥٨ و ٥٨/٣٤ درصدی وزن صد دانه و عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد میکوریزا شد (جدول ٥).

بحث

طبق نتایج بدست آمده شاخص کلروفیل در تنش های آبی کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد کاهش شاخص کلروفیل به‌خصوص در دوران گلدهی گیاه ناشی از اثر شدید محدودیت آبی (جدول ۲) باشد. از طرفی این تنش می‌تواند با افزایش مقدار برخی هورمون‌ها مانند اتیلن و آبسیزیک اسید موجب شود فعالیت کلروفیلاز به‌طور ناگهانی زیاد شده و کلروفیل تخریب شود (Loggini et al., 1999). Lawlor و Cornic (۲۰۰۲) اظهار داشتند که در شرایط کم آبی، گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوای کلروفیل کاسته می‌شود. در این راستا Schutz و Fangmier (۲۰۰۱) اظهار داشتند که محدودیت آبی می‌تواند با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول موجب پراکسیداسیون و تجزیه‌ی رنگدانه‌های فتوسنتزی - شوند. ضمن آنکه در چنین شرایطی اختلال در جذب برخی عناصر ضروری نظیر آهن که در سنتز کلروفیل و رنگدانه‌های آن ضروری می‌باشند (Hadi et al., 2016) می‌تواند علت دیگر کاهش شاخص کلروفیل تحت چنین شرایطی باشد. Wang و همکاران (۲۰۰۸) دلیل افزایش محتوای کلروفیل در کاربرد قارچ‌های میکوریزا را، به افزایش جذب آهن و روی نسبت دادند که در بیوسنتز کلروفیل و توسعه کلروپلاست نقش اساسی دارد.

در این بررسی به‌نظر می‌رسد بخشی از بهبود شاخص کلروفیل به‌واسطه‌ی نقش میکوریزا در جذب بهتر آهن و روی باشد ضمن آنکه محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی نیز با افزایش میزان آهن و روی در اندام‌های هوایی نظیر دانه (جدول ٤ و ٥)، موجب افزایش شاخص کلروفیل شده است. Movahhedi Dehnavi و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی و منگنز در گلرنگ، موجب افزایش محتوای کلروفیل شد و علت را به نقش این عناصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل نسبت دادند. به بیانی دیگر عنصر روی به‌عنوان یک ترکیب حیاتی در سنتز کلروفیل، ایندول ۳-استیک اسید و پروتئین‌ها نقش دارد و می‌تواند با گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده توسط NADPH اکسیداز متصل به غشاء ترکیب شده و یک نقش محافظتی آنتی‌اکسیدانی برعلیه اکسیداسیون چندین نوع ترکیب حیاتی در سلول مانند کلروفیل، لیپیدهای غشاء و پروتئین‌ها ایفا کند (Hadi et al., 2016). عنوان شده است کمبود آهن نیز به‌دلیل تخریب ساختار کلروپلاست موجب کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه زردی یا کلروز برگ می‌شود (Pinto et al., 2005). از این‌رو محلول‌پاشی با این دو عنصر می‌تواند نقش اساسی در بهبود شاخص کلروفیلی گیاه ایفا نماید.

طبق نتایج بدست آمده گره های گیاه تحت تاثیر تیمارهای مورد آزمایش قرار گرفتند. به‌نظر می‌رسد شرایط دیم به‌دلیل کاهش فتوسنتز و کاهش تجمع مواد محلول، موجب کاهش تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه می‌شود، ولی کاربرد هر نوع میکوریزا اعم از موسه‌آ و اینترا به تنهایی یا توام با همدیگر به‌دلیل نفوذ هیف‌های قارچ به مناطقی از

خاک که ریشه قادر به نفوذ در آن مناطق نیست با کمک به جذب آب و مواد غذایی، موجب بهبود فتوسنتز و افزایش تجمع مواد فتوسنتزی به ریشه شده و طی این امر تعداد گره‌ها افزایش یافته است. در این راستا Antolin و Sanches (۱۹۹۳) اظهار داشتند در اثر محدودیت آبی میزان فتوسنتز و مواد حاصل از فتوسنتز کاهش می‌یابد و این امر موجب کاهش تجمع مواد محلول و در نتیجه کاهش فعالیت گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه می‌شود. Solaiman و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که همزیستی قارچ میکوریزایی با ریشه نخود از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب بهبود رشد، کاهش اثر تنش آبی و در نتیجه افزایش گره‌زایی ریزوبیوم بر روی ریشه می‌شود. همچنین Abolfazli و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که در شرایط محدودیت آبی، میزان فتوسنتز به‌دلیل کاهش دسترسی به جذب آب و عناصر، کاهش می‌یابد که تاثیر منفی بر تشکیل گره دارد ولی کاربرد قارچ میکوریزا با افزایش جذب آب و عناصر غذایی، فتوسنتز را افزایش داده و موجب بهبود گره‌بندی می‌شود. در این راستا Bianciotto و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا به‌دلایل زیر موجب می‌شود گره‌زایی در لگوم‌ها افزایش یابد: الف) ریزوبیوم‌ها می‌توانند به هیف‌های میکوریز چسبیده و از آن به‌عنوان راه نفوذ به ریشه استفاده کند. ب) چون تشکیل گره توسط ریزوبیوم نیاز شدیدی به فسفر دارد؛ فایده مهم میکوریزا در این همزیستی با ریزوبیوم، فراهم کردن فسفر است. زیرا گره‌ها معمولا دو تا سه برابر ریشه به فسفر نیاز دارند از این رو گره‌زایی به تلقیح با میکوریزا واکنش مثبت نشان می‌دهد. ج) علاوه بر فسفر، جذب عناصری از قبیل کلسیم، مولیبدن، مس و روی نیز به وسیله میکوریزا ممکن است تسهیل یابد. از طرفی به‌دلیل نقشی که عناصر کم‌مصرف مانند روی و آهن در سنتز کلروفیل دارد (Goos and Johnson, 2000)، موجب می‌شود که فعالیت فتوسنتزی و سهم فتوآسیمیلات‌های اختصاص یافته به ریشه‌ها بیشتر شده و در نهایت تعداد و وزن گره در ریشه افزایش یابد. محاسبه کارایی همزیستی نشان داد که کاربرد تک‌تک و توام میکوریزها در تمامی سطوح از نانواکسید آهن و روی در مقایسه با عدم استفاده از میکوریزا، از همزیستی موثری برخوردار بودند ولی بیش‌ترین عدد این همزیستی در استفاده توام هر دو میکوریزا با نانواکسید آهن و روی به‌دست آمد (شکل ۱). از اینرو به استناد مقیاس‌های تعریف شده توسط Beck و همکاران (۱۹۹۳) معلوم می‌شود که این نوع کارایی خیلی موثرتر از دیگر ترکیب‌های تیماری است و شاید به‌دلیل موثرتر بودن این نوع همزیستی است که موجب شده است در این نوع ترکیب تیماری بیشترین تعداد و وزن گره‌ها به‌دست آید.

عنصر آهن در ترکیب لگ هموگلوبین و واکنش‌های مربوط به تثبیت نیتروژن شرکت دارد و کمبود روی موجب کاهش غلظت نیتروژن آلی و افزایش غلظت نیترات در گیاه می‌شود (Hadi et al., 2016). افزایش نیتروژن نیتراتی به روش‌های مختلف مانند تجزیه ایندول استیک اسید، کاهش تولید لکتین به‌وسیله گیاه میزبان، محدود کردن اتصال ریزوبیوم‌ها به ریشه‌های مویین، کاهش تشکیل و خمیدگی ریشه مویین، کاهش تعداد محل‌های پیوند دهنده لکتین، جلوگیری از تقسیم اولیه یاخته در کورتکس، جلوگیری از کامل شدن باکتروئیدها در گره‌ها و کاهش فعالیت آنزیم نیتروژناز، بر گره‌بندی و تثبیت نیتروژن تاثیر می‌گذارد (Seyed Sharifi and Namvar, 2015). از این‌رو کم‌ترین تعداد گره در حالت عدم کاربرد عناصر ریز مغذی آهن و روی مشاهده شد و محلول‌پاشی با این عناصر با کمک به

جذب عناصر روی و آهن (جدول ۵ و ٦) موجب بهبود تعداد گره‌های فعال شد.

طبق نتایج حاصل از این تحقیق با توجه به اینکه تلقیح گل‌ها و تشکیل هسته اولیه‌ی دانه با شرایط خاص اقلیمی ناشی از افزایش دمای محیط و کاهش نزولات (جدول ۲) مصادف شده بود از این‌رو به‌نظر می‌رسد کاهش باروری گل‌ها و سقط آن‌ها، علت اصلی کاهش تخمک‌ها و کاهش تعداد دانه در غلاف تحت چنین شرایطی باشد. همچنین در مرحله غلاف‌دهی تخمک‌های تشکیل شده با دریافت مواد فتوسنتزی و تقسیم سلولی موجب تشکیل دانه می‌گردد. ولی در این بررسی به‌نظر می‌رسد که مواجه شدن مرحله حساس گلدهی عدس با کمی نزولات و افزایش دمای محیط (جدول ۲) به‌دلیل سقط تخمک‌ها، مانع از تشکیل دانه کامل شده است، در حالی‌که بررسی وزن ریشه‌های برخوردار از میکوریزا (جدول ۵) نشان می‌دهد که قارچ میکوریزا به‌دلیل گستردگی ریشه‌ها در بخش بیشتری از خاک که با افزایش وزن ریشه‌ها همراه بوده است (جدول ۵) موجب گشت که ریشه‌ها شرایط مناسبی را در جهت دسترسی بهتر گیاه به آب و عناصر غذایی فراهم کرده و همین امر منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته شد. نتایج مشابهی نیز توسط Tanhaeiو همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر افزایش تعداد دانه در غلاف با کاربرد قارچ میکوریزا گزارش شده است. Nasrollahzadeh Asl و Gorbannezhad (۲۰۱۵) علت افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف لوبیا را در شرایط محلول-پاشی عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن و روی به تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه و شدت فتوسنتز نسبت دادند که موجب می‌شود ماده غذایی بیشتری را به اندام‌های زایشی منتقل کرده و در چنین شرایطی تعداد بیشتری از گل‌ها تلقیح و به غلاف تبدیل می‌شود.

Auge (۲۰۰۱) معتقد است قارچ‌های میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش جذب آب و به‌دنبال آن افزایش فتوسنتز برگ و اختصاص کربن به ریشه، موجب افزایش وزن ریشه می‌شوند. قارچ میکوریزا علاوه بر افزایش سطح جذب، توان جذب یونی بیشتر نسبت به سیستم جذب ریشه، انتقال سریع‌تر عناصر از طریق هیف‌ها به ریشه نسبت به مسیر خاک به ریشه و امکان استفاده این قارچ از منابع غذایی نامحلول و یا کم محلول، موجب افزایش جذب عناصر غذایی در ریشه می‌شوند. Cakmak (۲۰۰۲) اظهار داشت که قارچ میکوریزایی با افزایش جذب آهن و روی منجر به افزایش وزن خشک ریشه می‌شود.

میزان آهن و روی دانه: قارچ‌های میکوریزا از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن موجب می‌شوند جذب و انتقال آهن در گیاه افزایش یابد (Caris et al., 1998). Subramanian و همکاران (۲۰۱۱) جذب بیش‌تر روی در گیاهان میکوریزی را به فعالیت بالای آنزیم‌های کربنیک انهیدراز و سوپراکسید دیسموتاز نسبت دادند. در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد pH بالای خاک تحت کشت و وجود کمی نزولات در طول دوران حساس رشدی گیاه (جدول ۲) موجب گشت قابلیت دسترسی گیاه به عناصر روی و آهن از طریق ریشه بسیار کم باشد، از این رو تغذیه برگی گیاه با این عناصر یک راهکار مناسب جهت تامین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش غلظت این عناصر در دانه محسوب می‌شود.

با توجه به نتایج کسب شده در مورد محتوای پروتئین دانه، به‌نظر می‌رسد میکوریزا با کمک به افزایش جذب برخی عناصر غذایی گیاه به بهبود رشد گیاه منجر شده و اثر غیرمستقیمی بر سیستم تثبیت نیتروژن و میزان پروتئین دارد (Giri and Mukerji,

2004). طوری‌که در آزمایشی مشابه بر روی سویا، کاربرد توام میکوریزا و رایزوبیوم ضمن افزایش وزن خشک گره، از افزایش جذب و تثبیت نیتروژن بیشتری نسبت به کاربرد هر کدام از کودهای میکورایزا و رایزوبیوم به تنهایی برخوردار بود (Antunes et al., 2006). رابطه میکوریزایی به‌ویژه در شرایطی که گیاهان زراعی از نظر تغذیه‌ای دچار تنش شده‌اند، ابزاری کارآمد در افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و کلسیم و همچنین افزایش گره‌زایی و تثبیت نیتروژن توسط بقولات گزارش شده است (Giri and Mukerji, 2004). Asrar و Elhindi (۲۰۱۱) اظهار داشتند که قارچ میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف در داخل خاک و در محیط ریزوسفر موجب جذب عناصر فسفر، نیتروژن، مس، روی و انتقال این عناصر به گیاه میزبان می‌شود و حضور کودهای زیستی، به‌دلیل بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی نیتروژن (Eydizadeh et al., 2010) موجب افزایش محتوای پروتئینی دانه می‌شود. Verma و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی در نخود به‌دلیل افزایش میزان کل نیتروژن در بافت‌های گیاه منجر به افزایش محتوای پروتئین برگ و ساقه گیاه شد. نتایج مشابهی نیز در بررسی‌های Maougal و همکاران (۲۰۱٤) در مورد کاربرد کودهای زیستی به‌دلیل افزایش جذب آمونیم و نیترات گزارش شده است که منجر به افزایش محتوای پروتئینی در گیاه می‌شود. Khaledbarin و Eslamzadeh (۲۰۰۲) اظهار داشتند عنصر روی از طریق بهبود فعالیت دهیدروژناز-پروتئیناز نقش کلیدی در تولید پروتئین دارد ضمن آنکه این ریزمغذی با شرکت در ساختمان RNA پلی‌مراز موجب افزایش اسیدهای آمینه و سنتز پروتئین‌ها شده و در نهایت موجب افزایش درصد پروتئین می‌شود.

در رابطه با وزن صد دانه و عملکرد دانه، عنوان شده است کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان میکوریزایی شده به قارچ میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفا نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند (Al-Karaki et al., 2004). از طرفی بررسی شاخص کلروفیل نشان می‌دهد که در تیمارهای برخوردار از میکوریزا مقدار این شاخص از افزایش ۲۰ درصدی در مقایسه با تیمارهای فاقد میکوریزا برخوردار بودند. افزایش کلروفیل می‌تواند به بهبود فرایند فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه کمک نماید. Tanhaei و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا به‌دلیل جذب بیشتر آب و مواد غذایی منجر به بهبود فرایند فتوسنتزی گیاه شده و با انتقال بیشتر این مواد به سمت دانه‌ها، وزن صد دانه افزایش می‌یابد. همچنین Seyed Sharifiو همکاران (۲۰۱۷) علت افزایش وزن صد دانه و عملکرد دانه گندم در کاربرد میکوریزا و نانواکسید روی در شرایط تنش را، به افزایش وزن ریشه، جذب بهتر مواد غذایی و بهبود اجزای عملکرد نسبت دادند. بخشی از افزایش عملکرد دانه در کاربرد توام میکوریزا و نانواکسید آهن و روی را می‌توان به تاثیر این فاکتورها در افزایش ۱/۷ برابری تعداد گره فعال و ۹۳ درصدی درصد گره‌های فعال در مقایسه با عدم کاربرد این فاکتورها بر فرایند گره‌زایی عدس نسبت داد.گزارش شده است تثبیت بیولوژیک نیتروژن به‌وسیله لگوم‌ها، گرچه به‌عنوان یک صفت مهم در تامین بخشی از نیاز نیتروژنی گیاه تلقی می‌شود طوری‌که، میانگین مقدار نیتروژن تثبیت شده عدس در هر فصل زراعی تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار براورد شده است (Peoples et al., 2001) ولی، کاشت در خاک‌های با ماده آلی و نیتروژن کمتر، ممکن است پاسخگوی نیاز گیاه به نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله

باکتری نباشد (Sepetoglu, 2002) در چنین وضعیتی کاربرد میکوریز از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف در داخل خاک و در محیط ریزوسفر با جذب عناصری مانند نیتروژن و انتقال این عناصر به گیاه میزبان (Asrar and Elhindi, 2011) می‌تواند به‌دلیل بهبود محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی نیتروژن (Eydizadeh et al., 2010) موجب افزایش عملکرد دانه شود.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد قارچ میکوریزا موسهآ و اینترا با افزایش شاخص کلروفیل و بهبود وزن خشک ریشه و تعداد گره‌های فعال، موجب افزایش عملکرد دانه عدس در شرایط دیم گشت. همچنین این ترکیب تیماری با بهبود جذب عناصر (محتوای روی و آهن) موجب افزایش درصد نیتروژن و پروتئین دانه شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی و کاربرد قارچ میکوریزا موسهآ و اینترا به‌دست آمد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، به‌نظر می‌رسد به‌منظور بهبود عملکرد عدس در شرایط دیم، استفاده از میکوریزا و محلول‌پاشی نانواکسید آهن و روی روشی مناسب باشد.

References

Abolfazli, B., Alikani, H.A. and Rejali, F. (2017). Evaluating synergistic effects of *Arbuscular mycorrhizal* fungi on symbiotic nitrogen fixation in lentil plant under water stress conditions. Journal of Soil Biology. 4(2): 123-134.

Alizadeh, O., Alizadeh, A. and Aryana, L. (2010). Optimizing of nitrogen and phosphorus consumption in sustainable agriculture of corn using *mycorrhizal* and vermicompost. Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture. 3(3): 303-316.

Al-Karaki, G., McMichael, B. and Zak, J. (2004). Field response of wheat to *Arbuscular mycorrhizal* fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.

Anoma, A., Collins, R. and McNeil, D. (2014). The value of enhancing nutrient bioavailability of lentils: The Sri Lankan Scenario. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. 14(7): 9529-9543.

Antolin, M.C. and Sanches, D.M. (1993). Effects of temporary drought on photosynthesis of alfalfa plants. Journal of Experimental Botany. 44(265): 1341-1349.

Antunes, P.M., Deaville, D. and Goss, M.J. (2006). Effect of two AMF life strategies on tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. Mycorrhiza. 16: 167-173.

Asrar, A.W.A. and Elhindi, K.M. (2011). Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using *Arbuscular mycorrhizal* fungi. Saudi Journal of Biological Sciences. 18: 93-98.

Auge, R.M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular *mycorrhizal* symbiosis. Mycorrhiza. 11: 3-42.

Beck, D.P., Materon, L.A. and Afandi, F. (1993). Practical *Rhizobium legume* technology manual, Technical Manual No: 19. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

Bianciotto, V., Andreotti, S., Balestrini, R., Bonfante, P. and Perotto, S. (2001). Extracellular polysaccharides are involved in the attachment of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* to *arbuscular mycorrhizal* structures. European Journal of Histochemistry. 45: 39-49.

Cakmack, I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant and Soil. 247: 3-24.

Caris, C., Hordt, W., Hawkins, H.J., Romhel, V. and Eckhard, G. (1998). Studies of iron transport by AM hyphae

from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza. 8: 35-39.

Cooper, K.M. and Tinker, P.B. (2003). Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizal. Uptake and translocation of phosphorus, zinc and sulphur. New Phytologist. 81: 43-52.

Erskine, W., Muehlbauer, F.J. and Short, R.W. (1990). Stages of Development in Lentil. Experimental Agriculture. 26(3): 297-302.

Eydizadeh, K., Mahdavi Damghani, A., Sabahi, H. and Soufizadeh, S. (2010). Effect of integrated application of biofertilizer and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shushtar. Journal of Agroecology. 2(2): 292-301.

Giri, B. and Mukerji, K.G. (2004). *Mycorrhizal* inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza. 14: 307-312.

Goos, R.J. and Johnson, B.E. (2000). A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. Agronomy journal. 92: 1135-1139.

Hadi, H., Seyed Sharifi, R. and Namvar, A. (2016). Phytoprotectants & Abiotic Stresses. Urmia University Press. Urmia.

Hamzei, J., Seyedi, M., Azadbakht, A. and Fesahat, A. (2018). Effect of foliar application of iron on growth, nodulation and quantity and quality of yield of chickpea (*Cicer arietinum*) in Hamedan. Journal of Crop Ecophysiology. 12(3): 427-444.

Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M. and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2016). Effects of supplementary irrigation at phenological stages on some growth indices of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad region. Iranian Journal of Pulses Research. 7(1): 120-105.

Irmak, S., Nuran Cıl, A., Yucel, H. and Kaya, Z. (2012). The effects of iron application to soil and foliarly on agronomic properties and yield of peanut (*Arachis hypogaea*). Journal of Food, Agriculture and Environment. 10(3and4): 417-422.

Jalil Shesh Bahre, M. and Movahedi Dehnavi, M. (2012). Effect of zinc and iron foliar application on soybesn seed vigour grown under drought stress. Electronic Journal of Crop Production. 5(1): 35-19.

Khaledbarin, B. and Eslamzadeh, T. (2002). Mineral Nutrition of Higher Plants. Shiraz University Press. Shiraz.

Lawlor, D.W. and Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment. 25: 275-294.

Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navari Izzo, F. (1999). Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiology. 119: 1091-1100.

Maougal, R.T., Brauman, A., Plassard, C., Abadie, J. Djekoun, A. and Drevon, J.J. (2014). Response of *Dahilia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 10: 769-775.

Mehraban, A. (2017). Effect of foliar application of iron on yield, yield component, and grain protein of lentil crop. Journal of Plant Environmental Physiology. 12(45): 27-37.

Monica, R.C. and Cremonini, R. (2009). Nanoparticles and higher plants. Caryologia. International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics. 62(2): 161-165.

Movahhedi Dehnavi, M., Modarres Sanavi, A.M., Soroush-Zade, A. and Jalali, M. (2004). Changes of proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) content and chlorophyll fluorescence in safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and manganese. Biaban. 9: 1.93-110.

Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Khandan, T. and Eskandarpour B. (2011). Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield,

yield components, and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis. 42(9): 1097-1109.

Nasiri, Y. and Najafi, N. (2015). Effects of soil and foliar applications of iron and zinc on flowering and essential oil of chamomile at greenhouse conditions. Acta Agriculturae Slovenica. 105: 33-41.

Nasrollahzadeh Asl, A. and Gorbannezhad, H. (2015). Effect of biological and mineral phosphorus fertilizers together with microelement sprayings on yield and component of yield in pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Crop Ecophysiology. 8(32. 4): 451-464.

Pandey, A.C., Sanjay, S.S. and Yadav, R.S. (2010). Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L. Journal of Experimental Nanoscience. 5: 488-497.

Peoples, M.B., Bowman, R.R., Gault, D.F., Herridge, M.H., McCallum, K.M., McCormick, Scammell G.J. and Schwenke G.D. (2001). Factors regulating the contributions of fixed nitrogen by pasture and crop legumes to different farming systems of eastern Australia. Plant and Soil. 228: 29-41.

Pinto, A., Mota, M. and Varennes, A. (2005). Influence of organic matter on the uptakc of zinc, copper and iron by Sorghum plants. Science Total Environment. 326: 239-247.

Prasad, T.N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S. and Sajanlal P.R. (2012). Effect of nanoscale zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition. 35: 905-927.

Mohajerani; Sh., Alavi Fazel, M., Madani, H., Lak, Sh. and Madhaj, A. (2015). Effects of water shortage at different growth stages on physiological and biochemical traits in red bean genotypes (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Plant Environmental Physiology. 10 (40): 41-50

Safari, D. (2019). Effect of zinc and boron spraying on yield and yield components of two spring lentil cultivars in Kermanshah climatic condition. Agroecology Journal. 15(1): 25-33.

Salehi, M. and Tamaskoni, F. (2008). Effect nano oxide at seed treatment on germination and seedling growth of wheat under salinity. Seed Science and Technology. 2: 204-209.

Schutz, H. and Fangmier, E. (2001). Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution. 114: 187-194.

Sepetoglu, H. (2002). Grain Legumes. Department of Field Crops, Faculty of Agric, Univ of Ege Pupl. 24/4, Izmir, Turkey.

Seyed Sharifi, R. and Namvar, A. (2015). Bio Fertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili. Press.

Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R. and Soltan Moradi, S. (2017). The effects of *mycorrhizal* fungi and nano zinc oxide on yield, dry matter accumulation, rate and duration of grain filling of wheat under soil salinity condition. Applied Field Crops Research. 30(2): 31-49.

Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G. and Molla, M.N. (2005). Effects of inoculation of *Rhizobium* and *Arbuscular mycorrhiza*, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science. 50: 256-261.

Subramanian, K.S., Tenshia, J.V., Jayalakshmi, K. and Ramachandran, V. (2011). Antioxidant enzyme activities in *Arbuscular mycorrhizal* (*Glomus intraradices*) fungus inoculated and non-inoculated maize plants under zinc deficiency. Indian Journal of Microbiology. 51(1): 37-43.

Tanhaei, R., Yadavi, A.R., Movahedi Dehnavi, M. and Salehi, A. (2018). Effects of *Mycorrhizal* fungi and biofertilizer on yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 28(3): 277-291.

Verma, J., Yadav, J. and Tiwari, K. (2010). Application of *Rhizobium sp*. BHURC01 and plant growth promoting *Rhizobacteria* on nodulation, plant

biomass and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agricultural Research. 5(3): 148-156.

Wang, M., Christie, P., Xiao, Z., Wang, P., Lio, J. and Xia, R. (2008). *Arbuscular mycorrhizal* enhancement of iron concentration by *Poncirus trifoliata* L. Raf and Citrus reticulate Blanco grown on sand medium under different pH. Biology and Fertility of Soils. 45: 65-72.

Welch, R.M., Allaway, W.H., House, W.A. and Kabota, J. (1991). Geographic distribution of trace element problem. PP. 31-57. In: Micronutrients in Agriculture. 2nd ed. Ed: J. J. Mortvedt et al. Soil Science. Society of American. Madison, WI.