Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# Camelina response to mycorrhizal inoculation under different tillage systems and planting densities

**Nasrin Eftekharinasab[1] Gholamreza Mohammadi[2]✉ | Danial Kahrizi[3]**

1. Department of Plant Production and Genetic engeeniering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: Eftekharinassab.nasrin@razi.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetic engeeniering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: gr_mohammadi@razi.ac.ir
3. Department of Plant Production and Genetic engeeniering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: dkahrizi@razi.ac.ir

## Article Info

**Article type:** Research Article

**Article history:**

**Received:** Dec. 23, 2023

**Revised:** May. 30, 2024

**Accepted:** Sep. 7, 2024

**Published online:** Dec. 2024

**Keywords**:
Camelina,
Dry Land,
Mycorrhizal Fungi,
Non-Mycorrhizal.

## ABSTRACT

Non-observance of rotation in rainfed fields is one of the main problems of crop production in Iran. On the other hand, the introduction of a new plant into the crop rotation of a country requires comprehensive agronomic, climatic and soil studies. Camelina plant has been imported into the country for several years and its seeds have been localized. For this purpose, an experiment was conducted in the cropping years from 1397 to 1398 in the research farm of Agriculture and Natural Resources Campus of Razi University as a split plot factorial with three factors of tillage system, mycorrhiza and planting density based on a randomized complete block design with three replications. The main plot includes tillage systems in three levels including conventional tillage (moldboard plow and disc); minimal tillage (chisel), no tillage (planting directly into the plant residues) and sub-plot, a combination of two factors of mycorrhizal inoculation at two levels: mycorrhiza application and non-application of mycorrhiza and planting density at three levels (300-600-900 seeds per square meter). The effect of the year on yield and yield components of camelina was very significant. But the interaction effect of year and other experimental factors was not significant. The results showed that camelina has non-mycorrhizal roots. The use of mycorrhiza in this study had no significant effect on camelina growth and yield. This finding is a confirmation of the results obtained from the research conducted on other crops of the camelina family. According to the results, minimum tillage system along with density of 900 seeds per square meter is suggested for maximum increase in grain (570.2 kg h-1 and biological yield (3135 kg h-1).

Cite this article: Eftekharinasab, N., Mohammadi, G & Kahrizi, D. (2024). Camelina response to mycorrhizal inoculation under different tillage systems and planting densities, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (10), 1803-1821. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369753.669627

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369753.669627

# EXTENDED ABSTRACT

**Introduction**

Iran is situated within the arid and semi-arid regions of the earth, rendering it vulnerable to the repercussions of even the slightest shifts in environmental conditions. The country experiences a yearly rainfall average of 210 mm, which is less than a quarter of the global average of 860 mm. It is of paramount importance to implement agricultural product slaughter patterns in line with regional and national requirements, while taking into consideration the relative advantages of different products in various regions. Failure to comply with the cropping pattern may lead to unforeseen consequences, including water insecurity and underproduction, and ultimately affect the food security and economic well-being of rural communities. *Camelina sativa* (L.) Crantz, also known as false flax, is a plant belonging to the (Cruciferae) Brassicaceae family and is not widely known or developed.

**Purpose**

To introduce a plant to a new agricultural region, it is imperative to assess the soil, nutrition, and ecosystem factors that are associated with it. Given its limited presence in scientific literature, this study aims to examine the relationship between the plant and its biological factors, as well as the state of the soil under its cultivation, in order to make informed decisions about cropping pattern of the crop in the region.

**Research method**

For this purpose, an experiment was conducted in the cropping years from 1397 to 1398 in the research farm of Agriculture and Natural Resources Campus of Razi University as a split plot factorial with three factors of tillage system, mycorrhiza and planting density based on a randomized complete block design with three replications. The main plot includes tillage systems onin three levels including conventional tillage (moldboard plow and disc); minimal tillage (chisel), no tillage (planting directly into the plant residues) and sub-plot, a combination of two factors of mycorrhizal inoculation at two levels: mycorrhiza application and non-application of mycorrhiza and planting density at three levels (300-600-900 seeds per square meter).Camelina cultivar used by Sohail was obtained was obtained from Agriculture and Natural Resources Campus of Razi University. No chemical fertilizer was used in this study. For the application of mycoroot fertilizer was used, which was obtained from the Water and Soil Institute of the Iran country. This fertilizer contains three types of: *Glomus mossea*, *Glomus intraradices*, and *Glomus etunicatum*.

**Results**

The results of the variance analysis of compound properties for two years showed that the effect of mycorrhizal on yield, yield components, and leaf phosphorus was not significant. The variance time analysis results on non-colonization and non-compatibility of the complete root with three types of consumption mycorrhizal fungi revealed that even the effects of the year did not affect the consumption of microbiome. Time passing did not cause stability or colonization on the roots. The results of the variance analysis of the data showed that the effect of the year on the yield and yield components, number of pods per main branch, number of pods per sub branch , total number of pods per plant , number of seeds per pods and biomass were significant only the weight of 1000 seeds was not affected by the year. The effects of tillage systems on yield and yield components and biomass had a significant effect on minimum tillage (chisel); More the lowest yield and yield components belonged to the tillage system without plowing. The average comparison results showed that the highest total number of pods per plant was at a density of 900 plants per square meter and no mycorrhiza use, and the lowest number was at a density of 300 plants and mycorrhiza use.

**Conclusion**

To safeguard resources, it is essential to modify the cultivation pattern of each region. It is imperative to investigate and evaluate the latest plant varieties. Camelina is a low growing plant. The current test results indicate that minimum tillage system and 900 seeds density per square meter are recommended for optimal yield enhancement. Moreover, the influence of the year on the yield and elements of excellence was noteworthy. Among the meteorological factors in this research, rain and temperature had the most significant impact on the growth of the plant and its components of complete performance. Hence, in years of low rainfall, the implementation of supplemental irrigation is suggested. Inoculation with mycorrhizal fungi did not have a significant effect on yield and components yield of the complete performance, which reinforces the non-mycorrhizal plant.

**Author Contributions**

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and

subsequent drafts.

**Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

**Acknowledgements**

The authors would like to thank all participants of the present study.

**Ethical considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

**Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۱۰ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# پاسخ کاملینا به تلقیح مایکوریزایی تحت سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم‌های کاشت

نسرین افتخاری نسب[۱] | غلامرضا محمدی[۲] ✉ | دانیال کهریزی[۳]

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: Eftekharinassab.nasrin@razi.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: gr_mohammadi@razi.ac.ir
۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: dkahrizi@razi.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۱۰/۲
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۳/۱۰
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۶/۱۷
**تاریخ انتشار:** دیماه ۱۴۰۳

**واژه‌های کلیدی:**
دیمزار،
غیرمایکوریزایی،
قارچ مایکوریزا،
کاملینا.

**چکیده**

رعایت نشدن تناوب در دیمزارها از مشکلات اساسی تولید در ایران است. از طرفی ورود گیاه جدید به تناوب زراعی یک کشور نیاز به مطالعات همه جانبه زراعی، اقلیمی و خاکی دارد. گیاه کاملینا چند سالی است وارد کشور و بذر آن بومی سازی شده است. به این منظور آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی و به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل با سه عامل سیستم خاک‌ورزی، مایکوریزا و تراکم کاشت بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل سیستم‌های خاک ورزی در سه سطح، شخم رایج (گاوآهن برگردان دار و دیسک)؛ شخم حداقل (گاوآهن قلمی)، بدون شخم (کاشت مستقیم درون بقایای گیاهی) و کرت فرعی ترکیبی از دو عامل کاربرد مایکوریزا در دو سطح: کاربرد مایکوریزا و عدم کاربرد مایکوریزا و تراکم کاشت در سه سطح (۳۰۰-۶۰۰-۹۰۰ بذر در مترمربع) بود . اثر سال بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا بسیار معنی دار بود. اما اثر متقابل سال بر سایر عوامل آزمایش معنی دار نبود. نتایج نشان دادکاملینا ریشه غیرمایکوریزایی دارد و افزودن کودهای مایکوریزایی در این بررسی بر رشد و عملکرد این گیاه تاثیری نداشت. این یافته تاییدی بر نتایج به دست آمده از پژوهش‌های انجام شده بر روی سایر گیاهان هم‌خانواده کاملینا است. مطابق نتایج مقایسه میانگین‌ها سیستم خاکورزی حداقل همراه با تراکم کاشت ۹۰۰ بذر در متر مربع برای حداکثر عملکرد دانه (570/2 کیلوگرم در هکتار) و بیولوژیک (3135 کیلوگرم در هکتار) پیشنهاد می‌شود.

استناد: افتخاری نسب، نسرین؛ محمدی، غلامرضا و کهریزی، دانیال (۱۴۰۳). پاسخ کاملینا به تلقیح مایکوریزایی تحت سیستم های مختلف خاک‌ورزی و تراکم‌های کاشت). *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۱۰)، ۱۸۲۱-۱۸۰۳. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369753.669627

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.369753.669627

## مقدمه

ایران در کمربند خشک و نیمه خشک دنیا واقع شده است و کوچکترین تغییر در شرایط محیطی می‌تواند عواقب جدی بر عملکرد گیاهان زراعی داشته باشد. میانگین بارندگی در ایران۲۱۰ میلی‌متر (Karimi et al., 2018) و معادل یک چهارم متوسط بارندگی جهان (۸۶۰ میلی‌متر) است (Kheiri et al., 2021). اصلاح الگوی کشت محصولات زراعی و کاهش مخاطرات امنیت غذایی با توجه به نیازهای منطقه ای، ملی و توجه به مزیت نسبی محصولات در مناطق مختلف دارای اهمیت خاصی است، زیرا رعایت نکردن الگوی کشت، پیامدهای نامطلوبی در زمینه دسترسی به آب و تأمین آن، زیر ساخت‌های تولید، امنیت غذایی و رفاه اقتصادی در مناطق روستایی خواهد داشت (Kiani et al., 2020). کاملینا با نام علمی (*Camelina sativa* (L.) Crantz) گیاهی کمتر شناخته شده و توسعه نیافته ( Putnam et al., 1993) متعلق به خانواده (Cruciferae) Brassicaceae است،که در خاک‌های حاشیه‌ای و فقیر به خوبی رشد کرده (Parker, 2014) و برای رشد به نهاده‌های کمی از جمله آب، کودهای شیمیایی و سموم آفتکش نیاز دارد (Yuan & Li, 2020). ۷۵ درصد اراضی شهرستان کرمانشاه دیم است(احمدی و همکاران،۱۳۹۹) افزایش و بهبود تناوب در اراضی دیم کاهش استفاده از سموم و کودها و کاهش هزینه برای کشاورزان از مزایای کشت دانه روغنی کاملینا بوداست(کهریزی،۱۳۹۶).در مناطق زراعتی کشور کشت گیاهانی که با شرایط اقلیمی منطقه سازگار باشند و همچنین به منظور غنی کردن تناوب گندم، نخود و جو رایج ، کشت گیاهان کم توقعی همانند کاملینا باید مورد توجه قرارگیرد (Kahrizi et al., 2016). خاک به عنوان منبع طبیعی تجدید ناپذیر، سرمایه ملی و بستر حیات ، یکی از مهم ترین عوامل زیربنایی اقتصاد هرکشوری محسوب می‌شود (Kelley, 1983) و نقش اساسی در تولید محصول دارد (Tahat et al., 2020 )، از سوی دیگر، یکی از جنبه‌های کلیدی زراعت که بر خواص خاک و محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد، خاک ورزی است. هدف اصلی آن فراهم کردن شرایط مناسب برای رشد نهال‌ها، جوانه‌زنی بذرها و بهترین عملکرد ممکن است (Vetsch & Randall, 2002). عملیات خاکورزی نقش مهمی در سیستم‌های کشاورزی پایدار دارد. با توجه به اینکه کاملینا با شیوه‌ها و سیستم‌های کشاورزی پایدار به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردش سازگار است (Akk & Ilumäe, 2005). در حال حاضر هیچ داده قطعی در مورد عملکرد و کیفیت کاملینا با توجه به شیوه‌های خاک ورزی در دسترس نیست (Angelopoulou et al., 2020). اما با این حال مطالعاتی در خصوص سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر روی آن صورت گرفته است. در یک پژوهش در یونان نوع سیستم خاک‌ورزی به طور قابل‌توجهی تنها بر وزن هزار دانه، محتوای پروتئین و اسید گوندوئیک تأثیر می گذارد و استفاده از خاک‌ورزی کاهش‌یافته را قادر می‌سازد تا به طور قابل‌توجهی بر عملکرد کاملینا رشد یافته ارگانیک مؤثر باشد (Angelopoulou et al., 2020). کشاورز افشار و همکاران (Keshavarz-Afshar et al., 2015)، عملکرد دانه و بیوماس کاملینا در خاک‌ورزی رایج ۲۶ درصد بیشتر از سیستم خاک‌ورزی بدون خاک‌ورزی بود، اما انرژی ورودی ۵ و ۸ درصد در سیستم بدون خاک‌ورزی در شرایط محیطی مونتانا کمتر بود. با این حال، داده‌های محدودی در مورد عملکرد کاملینا تحت سیستم‌های خاکورزی مختلف در ترکیب با کاربرد اصلاحات آلی در شرایط مدیترانه در دسترس است (Angelopoulou et al., 2020). در تحقیق انجام شده در کمربند شمالی ذرت، مرحله ۵۰ درصد گلدهی کاملینا درسیستم بدون شخم ۷ روز زودتر از سیستم شخم رایج روی داد و استقرار گیاهان نیز در سیستم بدون شخم بیشتر بود (Gesch et al., 2017). یافته‌های یک تحقیق نشان داد که حداقل خاک‌ورزی برای کاملینا می‌تواند عملکرد دانه و روغن قابل مقایسه با خاک‌ورزی رایج داشته باشد و می‌تواند منجر به کاهش شدت خاک‌ورزی خاک در شرایط خاص مدیترانه‌ای شود (Angelopoulou et al., 2020) . با وجود این، در تحقیقات مربوط به واکنش گیاهان مختلف روغنی به تأثیر خاک‌ورزی بر عملکرد، در خاک‌ورزی رایج در مقایسه با حداقل، ناسازگاری از لحاظ عملکردگزارش شده است(Hocking et al., 2003). با در نظر گرفتن این واریانس می‌توان نتیجه گرفت که تعامل بین روش خاکورزی و محیط از روش خاکورزی به تنهایی مهمتر است (Roper et al., 2013). تراکم بوته و مقدار بذر مصرفی ازعوامل مهم در زراعت گیاهان روغنی است و در صورت رعایت تراکم مناسب بوته امکان استفاده بهینه از انرژی خورشیدی در اوایل فصل رشد و در نتیجه رسیدن به بیشینه عملکرد امکان پذیر خواهد شد. از طرف دیگر افزایش تعداد بوته در واحد سطح فراتر از حد بهینه باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Caliskan et al., 2004). در مورد اثر تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا گزارش‌های متعددی وجود دارد. افزایش تراکم کاشت باعث افزایش معنی دار تراکم بوته پس از سبز شدن و برداشت خواهد شد (Bobrecka-Jamro, 2017). گش و همکاران ((Gesch et al., 2017) توصیه می‌کنند که کاشت نباید کمتر از ۳ کیلوگرم در هکتار انجام شود. دوبره و همکاران (Dobre et al., 2014) گزارش کردند، تراکم کاملینا در فصل بهار باید بیش از۳۵۰ بوته در متر مربع باشد که عملکرد بالا را تضمین کند. تراکم کاشت مطلوب کاملینا در ایران ۲۱۰ بوته در مترمربع بیان شده است (تکاتو،۱۳۹۶). در یک مطالعه در رومانی تراکم مطلوب ۲۰۰ بوته در متر مربع گزارش شد، اگر زمین از علف‌های هرز عاری باشد ، می‌توان با کاشت مستقیم در کاه وکلش نیز نتایج خوبی کسب کرد.

از ماشین‌های ردیف‌کار برای کشت روی ردیف‌ها و به طور مستقیم روی کلش‌ها و با همان میزان بذر ۶-۷ کیلوگرم استفاده می‌شود در فصل زمستان در خاک یخ زده ، کاشت سطحی توسط کودپاش انجام شد ، که میزان بذر در این روش ۱۴ کیلوگرم در هکتار است (Dobre & Jurcone, 2011). در یک تحقیق در لهستان بر روی کاملینا از تراکم‌های کاشت ۲۰۰،۳۰۰ و۴۰۰ بذر در مترمربع مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که با افزایش تراکم کاشت، تراکم بوته پس از جوانه زنی و قبل از برداشت بطور معنی داری افزایش ولی تعداد خورجین در بوته کاهش یافت. افزایش تراکم کاشت از ۲۰۰ به ۴۰۰ بذر در متر مربع، وزن هزار دانه را کاهش داد. کاشت ۲۰۰ بذر در متر مربع نسبت به مقادیر بالاتر، تأثیر معنی داری بر کاهش تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و میزان آهن دانه داشت، اما به افزایش میزان منگنز و روی دانه منجر شد. از سوی دیگر، کاشت ۴۰۰ دانه در متر مربع موجب کاهش پروتئین، پتاسیم و منیزیم دانه و افزایش عملکرد روغن و محتوای روغن خام دانه‌ها می‌شود. کاشت ۳۰۰ و۴۰۰ بذر در مترمربع نسبت به ۲۰۰ بذر در مترمربع موجب افزایش معنی‌دار عملکرد شد (Bobrecka-Jamro, 2017). در یک مطالعه در غرب کانادا حداکثر عملکرد در تراکم ۵۰۰-۴۵۰ دانه در متر مربع به دست آمد. با کاشت بذر بیشتر از ۱۰۰ دانه در مترمربع نسبت به تراکم بهینه ۵۰۰ دانه در متر مربع افزایش عملکرد کمی‌مشاهده شد. تراکم۵۰۰ دانه در مترمربع تأثیر مثبت بر بلوغ ، ارتفاع گیاه و عملکرد داشت (Johnson et al., 2010) کاشت به میزان ۵۰۰ دانه در متر مربع (حدود ۶ کیلوگرم در هکتار و وزن هزاردانه ۱,۲ گرم) منجر به ایجاد ۲۱۰ بوته در مترمربع که این میزان بذر رضایت بخش است. تولیدکنندگان کاملینا باید آگاه باشند که این مطالعات جمعیتی گیاهان در شرایط عاری از علف‌های هرز انجام شد. بنابراین؛ تراکم گیاه بالاتر در شرایط علف‌های هرز ضروری است. اکوسیستم ها باعث ایجاد تغییر شدید در تنوع زیستی قارچ‌های مایکوریزا می‌شود. به علاوه می‌توان آن را تعمیم داد. روش‌های کشاورزی مدرن و با نهاده بالا عموماً برای قارچ‌های مایکوریزا مضر هستند، در حالی که روش‌های کشاورزی پایدار با نهاده کم جمعیت قارچ‌های مایکوریزا را افزایش می‌دهند (Munyanziza, 1997). اکثر گیاهان آوندی تقریباً ۸۰ درصد از همه گونه‌های گیاهی شناخته شده (Bücking et al., 2012) در ریشه‌های خود یک همزیستی چند عملکردی با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار (AM) ایجاد می‌کنند (Cosme et al., 2018). طبق تعریف، ریشه‌های یک گیاه غیر میزبان (گیاه غیر مایکوریزا) هرگز توسط قارچ‌های AM مایکوریزا آربسکولار کلونیزه نمی‌شوند (Tester et al., 1987) این گروه به گیاهان غیر مایکوریزایی Non-mycorrhizal Plants (NM) معروفند. گیاهان غیرمایکوریزایی همزیستی بین گیاهان را روشن می‌کند. گیاهان غیرمایکوریزایی استثناهایی در زیست شناسی هستند که قانون همزیستی را ثابت می‌کند (Cosme et al., 2018). تقریباً ٪ ۲۹ از گیاهان آوندی با مایکوریزا آربسکولار(AM) همزیستی ندارند یا آن را سرکوب کرده اند (Cosme et al., 2018) زیرا هزینه‌های این همزیستی بیشتر از مزایای آن است (Lambers & Teste, 2013). در بررسی دیگر مشخص شده که ۱۸ درصد این توانایی را ندارند (Brundrett, 2009). در میان ۲۹ درصدی که میزبان قارچ‌های AM نیستند، ۶۶ تا ۹۲ درصد از اعضای خانواده Brassicaceae، از جمله برخی محصولات اصلی (کلم بروکلی، کلزا) و همچنین گیاه مدل *Arabidopsis thaliana* غیر مایکوریزاهستند (Cosme et al., 2018). وقتی گیاهی برای اولین بار وارد تناوب زراعی یک منطقه می‌شود باید همه عوامل خاکی، تغذیه ای و اکوسیستمی مربوط به آن بررسی شود و با توجه به اینکه کم نهاده بودن آن در منابع علمی بارها (Solis et al., 2013; Yuan & Li, 2020) عنوان شده، این مطالعه برای بررسی روابط گیاه با نهاده‌های زیستی و بررسی وضعیت خاک تحت کشت آن و تصمیم‌گیری درست برای الگوی کشت در تناوب زراعی دیم صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ ، ۱۳۹۹- ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی و به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل با سه عامل سیستم خاک‌ورزی، مایکوریزا و تراکم کاشت بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل سیستم‌های خاک‌ورزی در سه سطح، شخم رایج (گاوآهن برگردان دار و دیسک)؛ شخم حداقل (گاوآهن قلمی)، بدون شخم (کاشت مستقیم درون بقایای گیاهی) وکرت فرعی ترکیبی از دو عامل کاربرد مایکوریزا در دو سطح : کاربرد مایکوریزا و عدم کاربرد مایکوریزا و تراکم کاشت در سه سطح (۳۰۰-۶۰۰-۹۰۰ بذر در مترمربع) بود. طبق نقشه طرح ابتدا زمین بلوک بندی و هر بلوک به تعداد سطوح فاکتور اصلی(کرت اصلی) و سپس هر کرت اصلی به تعداد سطوح عامل فرعی (ترکیب سطوح دو عامل فرعی ) تقسیم شد. مساحت هرکرت یا واحد آزمایشی ۶ متر مربع (۲ در ۳)، فاصله واحدهای آزمایشی ۱ متر، فاصله ردیف کاشت ۱۵ سانتی متر، در هر کرت۷ خط کاشت و فاصله تکرارها از هم ۲ متر بود. قبل از کشت کاملینا از هر تکرار یک نمونه مرکب خاک از اعماق ۱۵ -۰ و ۳۰-۱۵ سانتی متر تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی بخش تحقیقات آب و خاک استان کرمانشاه ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی

خاک محل اجرای پژوهش اندازه گیری شد (جدول ۱). EC و pH در عصاره گل اشباع، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی، تعیین بافت به روش هیدرومتر، کربن آلی به روش والکلی بلک، نیتروژن با کجلدال، عناصر ریزمغذی با دستگاه جذب اتمی و فسفر فراهم خاک به روش اولسن و سامرز (۱۹۸۲) اندازه گیری گردید. ویژگی‌های آب و هوایی مهم منطقه‌ی مطالعاتی براساس آمار ایستگاه سینوپتیک شهر کرمانشاه ارائه شده است (جدول۲). براساس طبقه‌بندی کوپن، منطقه مطالعاتی دارای آب و هوای معتدل و اقلیم نیمه‌خشک است.

**جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش**

| عمق (cm) | EC ($dS.m^{-1}$) | pH | N (%) | $CaCO_3$ (%) | OC (%) | عناصر پرمصرف (mg.kg$^{-1}$) | | عناصر کم مصرف (mg.kg$^{-1}$) | | | | ذرات خاک (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | فسفر $P_{ava}$ | پتاسیم K | منگنز Mn | آهن Fe | روی Zn | مس Cu | رس Clay | سیلت Silt | شن Sand |
| ۱۵-۰ | ۰/۷۵ | ۷/۲۴ | ۰/۱۱۵ | ۳۲/۲ | ۱/۱۵ | ۱۳ | ۵۵۵ | ۱۵/۱ | ۷/۶۱ | ۱/۶۱ | ۰/۴۶ | ۳۵/۶ | ۵۹/۸ | ۴/۶ |
| ۱۵-۳۰ | ۰/۵۸ | ۷/۳۵ | ۰/۱۲۱ | ۳۳ | ۱/۲۱ | ۹/۴ | ۴۸۰ | ۶/۸ | ۴/۴۲ | ۱/۳۶ | ۰/۴۱ | ۴۲/۶ | ۵۴/۸ | ۲/۶ |

**جدول ۲- ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای پژوهش سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه**

| ویژگی اقلیمی | بارش (mm) | متوسط حداکثر رطوبت (٪) | تبخیر mm | ساعات آفتابی | میانگین حداکثر درجه حرارت (°c) | میانگین حداقل درجه حرارت (°c) | میانگین دمای ماهیانه (°c) | دمای حداقل مطلق (°c) | دمای حداکثر مطلق (°c) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۷ | ۷۱۳/۱ | ۶۶ | ۱۹۵۰/۷ | ۲۶۷۱/۱ | ۲۳/۶ | ۸/۳ | ۱۶/۷ | ۱۰/۶۰ | ۴۳/۵ |
| ۱۳۹۸ | ۶۱۵/۶ | ۶۴ | ۱۹۶۹/۲ | ۲۸۵۰ | ۲۳/۹ | ۷/۵ | ۱۶/۳ | ۱۲/۴۰ | ۴۳/۲ |

رقم کاملینا مورد استفاده سهیل بود که از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی تهیه شد. در این پژوهش از کود شیمیایی استفاده نشد. کشت به صورت دیم و هیچگونه آبیاری صورت نگرفت. برای کاربرد مایکوریزا از کود مایکوروت استفاده گردید که از موسسه آب و خاک کشور تهیه شد. این کود شامل سه گونه *Glomus mossea*، *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum* می‌باشد. مطابق بروشور شرکت سازنده، در هر گرم از مایکوروت حداقل ۱۰۰ اندام فعال از گونه‌های مختلف قارچهای مایکوریزا آربسکولار که به صورت بذر مال بذور کاملینا با آن تلقیح شد و برای ایجاد چسبندگی بین قارچ و بذر از شربت قند استفاده خواهد شد و بعد از خشک شدن بذور، کشت صورت گرفت. برای بررسی میکوریزی شدن ریشه در سال اول، از روش فیلیپ و هایمن (Phillips & Hayman, 1970) استفاده شد این بررسی در آزمایشگاه بیولوژی موسسه آب و خاک کشور صورت گرفت. اما در سال دوم و سوم از روش کمی تغییر یافته در آزمایشگاه بیولوژی گروه گیاهپزشکی استفاده شد با این تفاوت که به جای محلول تریپان بلو در الکتوفنل، از محلول اسید فوشین در الکتوگلیسرول استفاده گردید(معرف زاده). برای بررسی میزان کلنیزاسیون، ۱۰۰ قطعه از ریشه‌های رنگ آمیزی شده هر تیمار روی لام منتقل شده و با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰۰ و ۴۰۰ از لحاظ اندامهای مایکوریزایی بررسی شد. همچنین اندام‌های گیاهی در مرحله گلدهی جمع‌آوری و خشک شده و فسفر برگ‌ها به روش کالیمتری اسپکتوفتومتری درآزمایشگاه خاکشناسی مرکز تحقیقات آب و خاک استان کرمانشاه انجام شد. برای اندازه گیری عملکرد و اجزای آن یک مترمربع از کرت کاشته شده با استفاده از کادر انتخاب گردید. برای صفات شمارشی اجزا عملکرد شامل( تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین در شاخه اصلی و فرعی، تعداد دانه در خورجین) ۷ بوته تصادفی انتخاب و میانگین آنها لحاظ شد. در نهایت عملکرد دانه در سطح یک مترمربع برای هرکرت پس از تمیز شدن و جدا شدن کاه از آن، در رطوبت ۱۳ درصد تعیین و با ترازوی دیجتالی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شد. نهایتا میزان عملکرد به کیلوگرم در هکتارگزارش شد. برای وزن هزار دانه چهار نمونه هزار بذری از دانه‌های برداشت شده انتخاب و با ترازوی دیجتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ بر حسب گرم وزن شد. برای تعیین زیست توده (عملکرد بیولوژیک) برداشت از کرت‌های آزمایشی ( یک مترمربع) صورت گرفت و مقدار آن بر حسب کیلوگرم در هکتار گزارش شد. بوته‌های کاملینا کف‌بر وکل بوته‌های برداشت شده از یک مترمربع پس از خشک شدن در آون با دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی دیجیتال وزن شد. میزان عملکرد بیولوژیک به کیلوگرم در هکتارگزارش شد. برای محاسبه شاخص برداشت از معادله زیر استفاده شد:

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$$

داده‌های حاصل از دو سال آزمایش بر اساس تجزیه مرکب و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت. از لحاظ آماری جدید بررسی شده است که برای آزمایشات چند سال و چند مکان، واریانس‌های خطای ناهمگن جایگزین خوبی برای آزمون واریانس‌های یکنواختی داده هاست (Hu et al., 2014) . تجانس واریانس‌ها در آزمایشات دو سال با استفاده از آزمون Fmax Hartley بررسی گردیده بود و برای برخی از صفات واریانس‌ها همگن نبودند، اما از آنجایی که مدل‌هایی با واریانس خطای غیریکنواخت محیطها برای تجزیه داده‌های چندمحیطی مدل‌های مناسب‌تری هستند (Casanoves *et al*., 2007) و تبدیل داده‌ها باعث از دست رفتن برخی اطلاعات می‌شود، از تبدیل داده استفاده نگردید (رنجی و همکاران، ۱۳۸۴؛ Hugh and Gauch. 1988;). در بررسی هو و همکاران (Hu *et al*., 2014) مدل‌هایی با واریانس‌های خطای باقی‌مانده ناهمگن با داده‌های آزمایشی برازش بهتری داشتند و (با کاهش ۲/۱ تا ۸/۴ درصد) خطاهای استاندارد کوچک‌تری در تخمین پارامترهای مدل نسبت به واریانس خطای باقی‌مانده همگن آن‌ها ارائه کردند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات برای دو سال در (جدول ۳) نشان داده شده است اثر مایکوریزا بر صفات عملکرد ، اجزای عملکرد و فسفر برگ معنی دار نبود. نتایج تاییدی بر عدم کلونیزاسیون و عدم همزیستی ریشه کاملینا با سه نوع قارچ مصرفی است. در تحقیقات مختلف مشخص شده است که بیشتر گیاهان خانواده چلیپاییان به تلقیح قارچ مایکوریزا حساس نیستند و به گیاهان غیر مایکوریزایی معروفند (Smith & Read, 2008). حتی اثر سال هم بر مصرف مایکوریزا تاثیرمعنی داری نداشت. گذشت زمان باعث استقرار یا کلونیزاسیون روی ریشه نشد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سال بر عملکرد و اجزای عملکرد تعداد خورجین در شاخه اصلی و فرعی و تعداد خورجین کل، تعداد دانه در خورجین و بیوماس معنی دار بود (جدول ۴) تنها وزن هزار دانه تحت تاثیر سال قرار نگرفت. بنا به گزارشها وزن هزاردانه کاملینا کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تغییرات آن بیشتر بر اساس ویژگیهای ژنوتیپی است (Walia et al., 2021).

سال اول کشت عملکرد بهتری داشت، با توجه به اینکه این کشت کاملا دیم بود فاکتورهای آب و هوایی (جدول ۲) و همچنین تناوب زراعی احتمالاً دلیل این برتری است. میانگین عملکرد در سال اول ۵۶۸/۸۱ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم ۴۱۵/۰۹ کیلوگرم در هکتار بود. در کشت دیم نهاده اصلی مورد نیاز گیاه، آب است و وابستگی شدیدی به باران وجود دارد ، به نظر می‌رسد در کشت دیم تغییرات بارش وآب و هوا در سال بیشتر از سایر عوامل مدیریت زراعی بر عملکرد گیاه تاثیر خواهد گذاشت(جدول۲). در سال اول(۱۳۹۷) میزان بارندگی بیشتر، تبخیر و تعرق کمتر و همچنین میانگین حداکثر درجه حرارت کمتر از سال دوم (۱۳۹۸) بود. این عوامل آب وهوایی مطابق استقرار بهتر در سال اول و عملکرد بیشتر را تحت تاثیر قرار داده است بدون شک عملکرد محصولات دیم که تامین رطوبت مورد نیاز آنها بستگی مستقیم به بارش‌ها دارد، تحت تاثیر مقدار و زمان بارش‌ها و افزایش یا کاهش تبخیر و تعرق قرار خواهد داشت. پدیده تغییر اقلیم می‌تواند با تغییر در میزان تبخیر و تعرق گیاهان و مدت شدت و زمان بارش‌ها عملکرد محصولات زراعی همچنین تقاضای آب در بخش کشاورزی را تحت تاثیر قرار دهد (Bates et al., 2008). در جدول مربوط به آب و هوا تغییرات در میزان بارش و میزان تبخیر در دو سال مشهود است (جدول۲). تغییر در مقدار و الگو وتوزیع مکانی و زمانی بارش نیز می‌تواند بر مقدار نیاز خالص آبیاری تاثیر بسزایی داشته باشد. کاهش مقدار بارندگی و یا عدم هماهنگی آن با فصل رشد گیاه باعث کاهش باران موثر و در نتیجه افزایش نیاز خالص آبیاری خواهد شد (Bates et al., 2008). موضوع بعدی برای معنی دار شدن اثر سال احتمال دارد مربوط به تناوب زراعی وخاصیت اللوپاتی کاملینا باشد، به طوری که سال اول کشت بر روی بقایای نخود و در سال دوم در همان مزرعه کاملینا و بر روی بقایای کاملینا کشت صورت گرفت. با توجه به اینکه گیاه کاملینا خاصیت اللوپاتیک دارد شاید این عامل یکی از دلایل کاهش استقرار گیاه کاملینا در سال دوم و در پی آن کاهش عملکرد باشد در پلات‌های آزمایشی جوانه زنی و استقرار گیاهچه‌ها با تراکم کمتر صورت گرفت، گیاهان خانواده چلیپاییان مانندکاملینا رافانوس و سیناپیس اغلب به عنوان آللوپاتیک ذکر می شوند (Al-Sherif et al., 2013). چندین محصول، به ویژه از خانواده‌های چلیپاییان ، با بیرون ریختن ترکیبات آللوشیمیایی از قسمت‌های زنده گیاه یا تجزیه بقایای گیاه، توانایی سرکوب علف‌های هرز قوی را نشان می‌دهند (Scavo & Mauromicale, 2020). این ویژگی حتی ممکن است در تناوب زراعی بر گیاه بعد کاملینا نیز تاثیر بگذارد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی واکنش اللو پاتی کاملینا بررسی شود. اثر متقابل سال در عوامل آزمایش بر روی عملکرد و اجزای عملکرد و سایرصفات

رشدی کاملینا معنی دار نبود (جدول ۳)، بدین ترتیب که رفتار سطوح تیمارها در هر دو سال مشابه بوده اما اثر سال معنی دار شده است، به این معنی که بین دو سال آزمایش اختلاف وجود داشته است. به نظر می‌رسد در کشت دیم، شرایط آب و هوایی و مسایل مربوط به تناوب و خاک عوامل تاثیر گذارتری نسبت به اعمال تیمارهای دیگر زراعی باشد. برخی از میانگین عددی صفات رشدی و عملکردی گیاه کاملینا در دو سال این آزمایش در (جدول۴) آمده است. عملکرد دانه کاملینا تابعی از تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در هر خورجین و وزن هزاردانه است. مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) تنها تعداد کل خورجین در بوته و تعداد خورجین فرعی تحت تاثیر سال و سیستم‌های خاک ورزی قرار گرفت بطوری‌که در سال اول سیستم خاک ورزی بدون شخم بیشترین تعداد خورجین در بوته و در سال دوم کمترین مقدار در سیستم خاک ورزی بدون شخم بود (شکل۱) و برای تعداد خورجین در شاخه فرعی نیز بیشترین مقدار درسال اول سیستم خاک ورزی بدون شخم و در سال دوم کمترین مقدار در سیستم خاک ورزی حداقل به دست آمد (شکل۲)، اثرمتقابل سه گانه سال در سیستم خاک ورزی و تراکم کاشت فقط برای صفت تعداد خورجین در شاخه فرعی معنی دارشد به طوری که در سال اول بیشترین مقدار در سیستم خاک‌ورزی بدون شخم و تراکم سیصد بذر در مترمربع و کمترین در سال دوم و تراکم سیصد بذر در مترمربع و سیستم خاک ورزی شخم حداقل حاصل شد (شکل۳). اثر متقابل سه گانه فاکتورهای این تحقیق برای صفت تعداد خورجین در شاخه فرعی نشان دادکه سال اول تراکم سیصد بوته در مترمربع وسیستم خاکورزی بدون شخم تعلق داشت وکمترین تراکم بوته سیصد بذر در مترمربع و سیستم حداقل شخم وسال دوم تعلق داشت (جدول۵). مطابق این نتایج جزعملکردی تعداد خورجین در بوته برای کاملینا ظاهرا عامل تاثیر گذار تری در عملکرد است. که با نتایج (Leclère et al., 2021) که اظهار داشت تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در هر خورجین به عنوان مهمترین عامل تفاوت عملکرد ارقام مختلف کاملینا است ،مطابقت دارد.

از میان اثرات متقابل دوگانه اثر کاربرد مایکوریزا و تراکم کاشت برای صفات عملکرد، بیوماس و تعداد کل خورجین در بوته معنی دار بود (جدول۳) و نتیجه مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعدادکل خورجین در بوته به تراکم نهصد بوته در مترمربع و عدم مصرف مایکوریزا وکمترین تعداد هم به تراکم سیصد و مصرف مایکوریزا بود (شکل۳) و نتایج مقایسه میانگین (شکل۴) نشان دادکه بیشترین عملکرد در تراکم کاشت نهصد بذر در مترمربع و عدم مصرف مایکوریزا وکمترین عملکرد تراکم سیصد بذر در مترمربع مصرف مایکوریزا تعلق داشت. بیشترین بیوماس به تراکم بوته نهصد بذر در مترمربع و مصرف مایکوریزا (احتمالا بدلیل مواد آلی افزودنی به کود مایکوروت) وکمترین بیوماس به تراکم سیصد بذر در مترمربع و مصرف مایکوریزا تعلق داشت (شکل۵). با توجه به اینکه گیاه غیر مایکوریزایی است مصرف و یا عدم مصرف آن تاثیری در افزایش عملکرد هم طبق نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانکین داشته اما تراکم بوته در متر مربع عامل تاثیر داری در افزایش عملکرد کاملینا محسوب می‌شود و نیاز است که تراکم مناسب حتما رعایت شود. در یک تحقیق در غرب ایالات آمریکا (Jewett, 2013) تعداد گیاه در واحد سطح بیشترین تاثیر بر عملکرد داشت این جز عملکرد به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی است و ساده ترین و سریع ترین راه افزایش عملکرد در کاملینا است. هرچند که افزایش تراکم هم باتوجه به محدودیت آب در کشت دیم تاحد زیادی ممکن نیست وتوازن منفی ایجاد خواهد کرد، تعداد غلاف در بوته هم تاثیر معنی دار کمی بر عمکرد داشت شد. اثر متقابل دوگانه تراکم کاشت و سیستم خاکورزی بر روی فسفر برگ نشان داد بیشترین محتوی فسفر برگ در تراکم ششصد بذر در مترمربع و شخم رایج و کمترین میزان آن در سیستم خاک ورزی بدون شخم تراکم ششصد بذر در مترمربع به دست آمد (شکل۶).

اثر متقابل سه گانه فاکتورهای این تحقیق برای صفت میزان فسفر برگ و شاخص برداشت معنی دار شد (جدول۳)،که مطابق نتایج مقایسه میانگین آن (جدول۶) بیشترین میزان فسفر برگ ۰/۲۰۳۳٪ در سیستم خاک ورزی حداقل و تراکم ۳۰۰ بذر در متر مربع و شخم رایج و تراکم ۶۰۰ بذر در متر مربع و مصرف مایکوریزا و بیشترین شاخص برداشت۲۵/۱۳٪ از سیستم خاک ورزی بدون شخم و کاربرد مایکوریزا و تراکم بوته ششصد بذردر مترمربع وکمترین میزان ۱۶۱۷٪ فسفر برگ و شاخص برداشت ۷/۸۷۸ از سیستم خاک ورزی بدون شخم و تراکم بوته ششصد بذر در مترمربع و عدم مصرف مایکوریزا به دست آمد (جدول ۶).

اثرسیستم‌های خاک و رزی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد و بیوماس تاثیر معنی داری داشت (جدول۳) در شخم حداقل (گاو آهن قلمی) عملکرد؛ اجزای عملکرد و بیوماس بیشتری حاصل شد وکمترین عملکرد و اجزای عملکرد متعلق به سیستم خاک ورزی بدون شخم بود (جدول۷)، با توجه به این نتیجه برای شرایط دیمزار کرمانشاه وکشت کاملینا استفاده از گاوآهن قلمی برای آماده سازی قبل کشت توصیه می‌شود. کاملینا گیاه کم نهاده‌ای است نیاز به عملیات خاکورزی زیادی نیست حتی در سیستم بدون شخم نیز عملکرد حاصل شد اما مانند تمامی کشت‌های بدون شخم چالش عمده آن وجود علف‌های هرز بود که در این آزمایش نیز مشاهده شد. علف‌های هرز در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی نیاز به مدیریت و مبارزه شیمیایی درست دارد. دیم بودن کشت محدودیت مصرف علف کش را افزایش

می‌دهد و با گذشت زمان در سال دوم چنانچه مدیریت علف‌های هرز صورت نگیرد علف هرز بیشتری رشد خواهد کرد. نیاز است از علف کش مناسب استفاده شود یا از علف‌کش‌های پیش‌رویشی استفاده گردد.

**جدول۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | محتوای فسفر برگ | عملکرد دانه | تعداد خورجین در شاخه اصلی | تعداد خورجین در شاخه فرعی | تعداد کل خورجین در بوته | وزن هزار دانه | تعداد دانه در خورجین | بیوماس | شاخص برداشت |
| Y | ۱ | ۰/۰۰۰۰۰۸۳۳ ns | ۳/۱۶۶۵۴۹۳۹** | **۹۵۴۳/۸۲۰۰۲۳ | ۰/۱۷۱۳۰۹۹۹ ns | ۱۱۲۸۱/۰۴۰۴۱** | ۰/۰۰۰۰۲۷۰۰ ns | ۲۷۲/۵۲۶۲۳۷** | ۳/۱۷۹۵۵۵۶۶** | ۰/۰۰۰۰۶۵۳۵ ns |
| r(Y) | ۴ | ۰/۰۰۰۳۲۹۶۳ ns | ۰/۱۸۰۵۵۶۰۷ * | *۱۹۵/۲۵۲۷۳۱ | ۱/۱۷۷۳۰۶۵۵* | ۳۴۶/۶۳۹۹۹** | ۰/۰۰۰۹۲۴۴۶ ns | ۸/۹۵۷۹۰۰۹ ns | ۰/۰۵۸۱۲۳۶۱ ns | ۰/۱۰۷۳۰۳۴۱** |
| a | ۲ | ۰/۰۰۰۷۳۴۲۶ ns | ۲/۱۰۶۱۰۷۶۸** | ۱۱۱۱/۴۲۹۸۲۳** | ۱۲/۰۷۶۰۷۵۴۳** | ۲۸۵۴/۶۲۶۸۸** | ۰/۰۰۳۲۲۳۳۷ ns | ۱۷/۵۰۱۸۷۳۱* | ۰/۹۰۰۹۹۲۳۶** | ۰/۲۸۷۶۹۵۹۲** |
| b | ۱ | ۰/۰۰۰۵۷۸۷۰ ns | ۰/۰۰۶۵۸۴۲۷ ns | ۰/۶۳۰۲۰۸ ns | ۰/۰۸۳۱۹۹۷۱ ns | ۲۴/۲۴۴۱۶ ns | ۰/۰۰۰۲۳۱۵ ns | ۱۴/۲۷۱۷۳۷۰ ns | ۰/۰۴۲۶۵۶۹۶ ns | ۰/۰۱۶۴۶۲۳۴ ns |
| c | ۲ | ۰/۰۰۰۳۳۴۲۶ ns | ۰/۲۶۹۲۷۶۵۶ * | ۵/۰۸۳۸۰۶ ns | ۰/۰۰۸۹۲۰۴۰ ns | ۱۶/۷۰۵۷۸ ns | ۰/۰۰۳۳۰۰۲۶ ns | ۱/۵۴۰۳۶۷۶ ns | ۰/۳۰۹۴۱۶۲۶** | ۰/۰۱۳۳۰۱۹۳ ns |
| a*b | ۲ | ۰/۰۰۰۲۰۰۹۳ ns | ۰/۲۰۶۷۰۵۶ ns | ۳۷/۶۴۴۶۰۸ ns | ۰/۴۰۱۰۷۱۸۶ ns | ۹۴/۴۰۰۳۷ ns | ۰/۰۰۱۸۰۸۹۳ ns | ۵/۹۳۲۸۱۲۰ ns | ۰/۰۱۱۹۰۰۱۳ ns | ۰/۰۵۶۸۹۸۸۲ ns |
| a*c | ۴ | ۰/۰۰۱۹۵۷۸۷** | ۰/۰۵۸۵۶۹۴۱ ns | ۱۱۲/۶۱۱۷۰۵ ns | ۰/۰۹۴۵۶۲۵۲ ns | ۲۴۹/۷۵۱۱۶ ns | ۰/۰۰۰۹۲۰۴۳ ns | ۳/۱۸۰۵۳۸۴ ns | ۰۳۵۹۱۵۵۴ ns | ۰/۰۴۹۰۸۹۵۰ ns |
| b*c | ۲ | ۰/۰۰۰۳۹۵۳۷ ns | ۰/۴۵۱۲۵۱۶۷** | ۲۹۵/۹۲۳۴۷۵ ns | ۰/۷۸۰۲۱۶۵۶ ns | ۴۹۳/۱۷۰۰۷** | ۰/۰۰۲۶۵۲۴۸ ns | ۶/۹۱۸۱۷۳۱ ns | ۰/۱۰۱۸۳۳۹۹* | ۰/۳۱۲۱۴۸۷۷** |
| a*b*c | ۴ | ۰/۰۰۱۷۳۰۰۹** | ۰/۰۱۲۸۵۵۱۷۰ ns | ۳۷/۴۱۳۴۱۲ ns | ۰/۵۶۶۷۱۵۷۱ ns | ۸۲/۸۳۳۷۹ ns | ۰/۰۰۵۹۵۱۰۹ ns | ۱۰/۶۴۱۳۶۹۰ ns | ۰/۰۰۴۴۱۷۸۲ ns | ۰/۱۱۷۸۷۹۵۶** |
| Y*a | ۲ | ۰/۰۰۰۳۵۸۳۳ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ns | ۱۵۶/۲۱۷۷۶۲ ns | ۳/۷۳۵۹۵۵۴۶ ** | ۴۱۵/۹۶۴۲۹** | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ ns | ۲/۳۴۵۸۷۳۱ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۲ ns | ۰/۰۰۰۰۴۹۶۵ ns |
| Y*b | ۱ | ۰/۰۰۰۱۱۲۰۴ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ns | ۰/۰۸۸۴۰۸ ns | ۱/۲۳۰۵۰۳۴۸ ns | ۱۰/۴۵۹۵۶ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ ns | ۲/۰۴۴۶۲۵۹ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۱ ns | ۰/۰۰۰۰۲۳۴۷ ns |
| Y*c | ۲ | ۰/۰۰۰۰۷۵۰۰ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۵ ns | ۰/۷۱۰۱۵۶ ns | ۰/۲۲۳۸۰۵۰۶ ns | ۴/۱۸۶۸۴ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۲ ns | ۰/۲۱۵۶۴۵۴ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۲ ns | ۰/۰۰۰۰۲۵۰۶ ns |
| r*a(y) | ۸ | ۰/۰۰۰۳۲۲۶۹ ns | ns´/۵۶۷۸۳۸۱۲ | ۲۳۷/۱۴۱۸۱۹۸** | ۲/۵۳۰۴۱۳۱۱** | ۵۸۷/۰۳۸۶۵** | ۰/۰۰۰۶۱۶۱۳ ns | ۳/۶۰۰۴۳۵۶ ns | ۰/۱۸۰۸۹۰۹۸** | ۰/۱۴۸۴۷۹۳۹** |
| y*a*b | ۲ | ۰/۰۰۰۱۳۹۸۱ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ns | ۵/۳۰۹۰۳۶ ns | ۰/۸۴۱۱۲۲۳۰ ns | ۲۳/۴۹۳۷۴ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ns | ۰/۸۱۱۵۸۹۸ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۱ ns | ۰/۰۰۰۰۱۱۲۶ ns |
| y*a*c | ۴ | ۰/۰۰۰۳۲۹۱۷ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ns | ۱۵/۸۲۰۸۶۶ ns | ۱/۳۶۹۳۴۸۸۳* | ۲۵/۶۵۵۶۹ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۲ ns | ۰/۴۶۳۶۷۷۳ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۲ ns | ۰/۰۰۰۰۱۲۴۸ ns |
| Y*b*c | ۲ | ۰/۰۰۰۳۷۳۱۵ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ns | ۴۱/۶۲۸۳۵۸ ns | ۰/۲۱۷۲۷۰۵۲ ns | ۴۸/۲۸۹۲۲ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ns | ۰/۹۴۱۸۹۵۴ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۲ ns | ۰/۰۰۰۰۱۰۷۶ ns |
| Y*a*b*c | ۴ | ns۰۰۰۱۸۸۴۳۰/ | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۵ns | ۵/۲۶۷۸۷۴ ns | ۰/۰۴۶۰۶۹۶۹۱ ns | ۸/۴۰۵۱۰ ns | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱ns | ۱/۴۵۸۸۹۶۸ ns | ۰/۰۰۰۰۱۴۸۴ ns | ۰/۰۰۰۰۳۲۷۶ ns |
| خطا کل | ۶۰ | ۰/۰۰۰۴۰۲۷۸ | ۰,۰۵۹۲۷۶۱۵ | ۵۳/۶۶۰۴۳ | ۰/۴۲۲۲۴۵۸۹ | ۹۸/۷۲۵۷۷ | ۰/۰۰۱۲۷۹۳۵ | ۰/۵۲۴۱۸۹۶ | ۰/۰۳۰۴۴۰۹۲ | ۰/۰۲۸۴۲۱۶۳ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۱۱/۳۳ | ۹/۹ | ۲۳/۹۶ | ۲۴/۶۲ | ۲۶/۲۲ | ۲۹/۸۵ | ۲۴/۱۵ | ۵/۲۸ | ۱۴/۷۴ |

**ns، * و ** به ترتیب غیر معنا دار و معنادار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱**

**جدول٤- اثر سال، سیستم‌های خاک ورزی و تراکم کاشت بر تعداد خورجین در شاخه فرعی**

| | | تیمارها | تعداد خورجین در شاخه فرعی |
|---|---|---|---|
| سال اول | رایج | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۸/۷۲۸de |
| | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۶/۷۲۳g |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۱۲/۰۲b |
| | حداقل | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۵/۲۲۳h |
| | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۷/۶۰۵f |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۸/۴۶۲e |
| | بدون شخم | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۱۴/۳۶a |
| | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۶/۸۸۵fg |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۹/۳۷۸cd |
| سال دوم | رایج | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۹/۵۲۷c |
| | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۱۲/۳۳b |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۷/۲۶۳fg |
| | حداقل | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۲/۴۱۲k |
| | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۶/۴۹۷g |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۳/۸۱۵j |
| | بدون شخم | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۴/۰۹۵ij |
| | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۴/۰۹۷ij |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۴/۷۳۵hi |

**بر اساس آزمون دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند**

**جدول۵- اثر سال بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا**

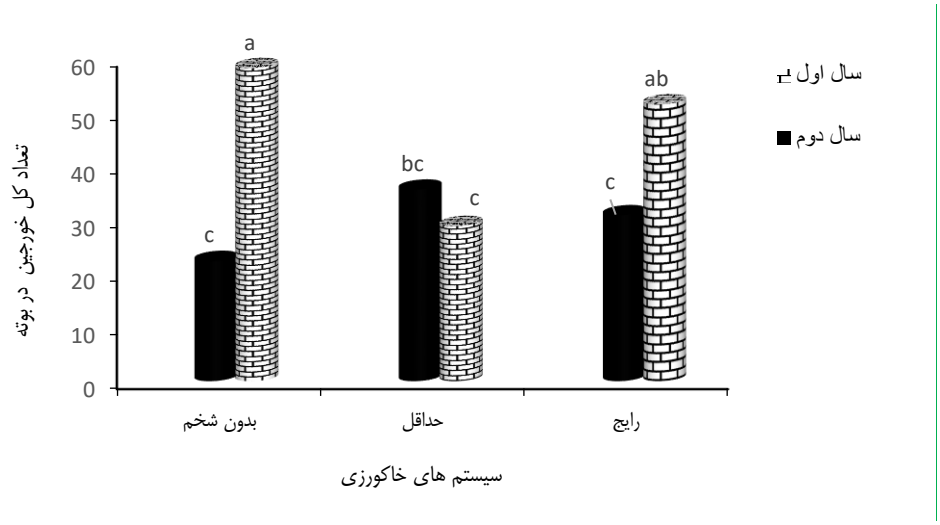
| نوع صفت | میزان فسفر برگ (dm) (%) | تعداد خورجین در شاخه اصلی | تعداد خورجین در شاخه فرعی | تعداد کل خورجین در بوته | وزن هزار دانه (g) | تعداد دانه در خورجین | عملکرددانه ($Kgha^{-1}$) | عملکردبیولوژیک ($Kgha^{-1}$) | شاخص برداشت (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال اول میانگین | ۰/۱۷a | ۴۰/۲۳a | ۸/۳۰a | ۴۸/۵۳a | ۱/۲۰a | ۱۱/۳۲a | ۵۷۰/۰۹۲۴a | ۳۴۶۹/۸۱۱a | ۱۵/۲۸a |
| میانگین سال دوم | ۰/۱۸a | ۲۱/۲۶b | ۶/۴۸b | ۲۷/۷۴a | ۱/۲۰a | ۹/۷۵b | ۲۶۲/۹۳۷۴b | ۱۵۵۷/۶۸۶b | ۱۵/۹۸a |

**بر اساس آزمون دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند**

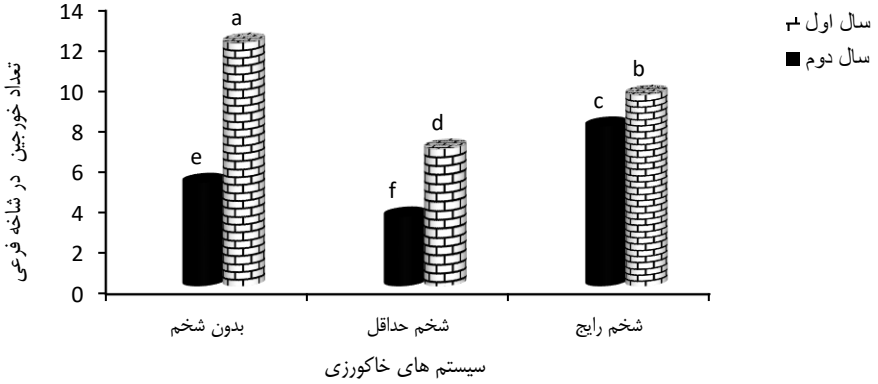
**جدول ٦- اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، تلقیح مایکوریزایی و تراکم کاشت بر روی فسفر برگ و شاخص برداشت**

| تیمارها | | | فسفربرگ | شاخص برداشت |
|---|---|---|---|---|
| | | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۷۵۰bcd | ۱۲/۲۴n |
| شخم رایج | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۲۰۳۳a | ۱۴/۹۷l |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۶۵۰cd | ۱۵/۰۷k |
| | | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۲۰۳۳a | ۱۸/۸۹b |
| شخم حداقل | مصرف مایکوریزا | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۷۱۷bcd | ۱۸/۷۸o |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۷۳۳bcd | ۱۵/۳۷i |
| | | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۷۸۳abcd | ۱۴/۳۸m |
| بدون شخم | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۶۳۳d | ۲۵/۱۳a |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۸۱۷abcd | ۸/۳q |
| | | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۸۰۰abcd | ۲۰/۷۴b |
| شخم رایج | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۹۰۰abc | ۱۱/۹۵o |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۷۳۳bcd | ۱۶//۰۱i |
| | | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۶۱۷d | ۱۷/۸۹f |
| شخم حداقل | عدم مصرف مایکوریزا | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۶۵۰cd | ۱۷/۵۳h |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۹۳۳ab | ۱۹/۱۶c |
| | | تراکم بوته ۳۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۸۵۰abcd | ۹/۴۴۸p |
| بدون شخم | | تراکم بوته ۶۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۶۳۳d | ۷/۸۷۸r |
| | | تراکم بوته ۹۰۰ بذر در متر مربع | ۰/۱۶۱۷d | ۱۷/۷۶g |

**بر اساس آزمون دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند**




**شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سال و سیستم‌های خاک‌ورزی بر روی تعداد کل خورجین در بوته**

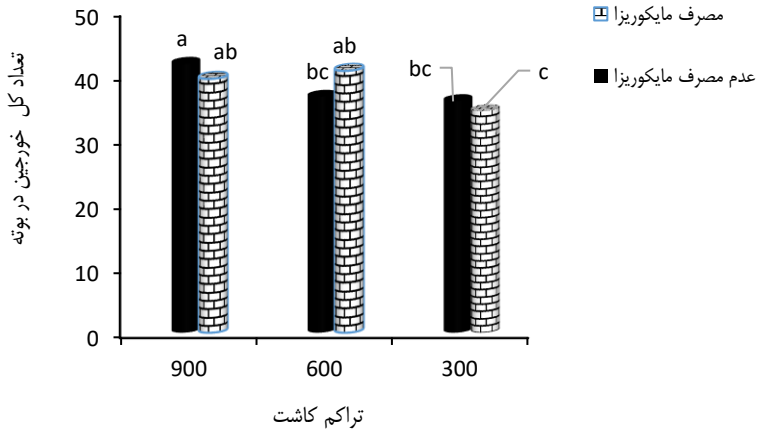



**شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سال و سیستم‌های خاک‌ورزی بر روی تعداد خورجین در شاخه فرعی**

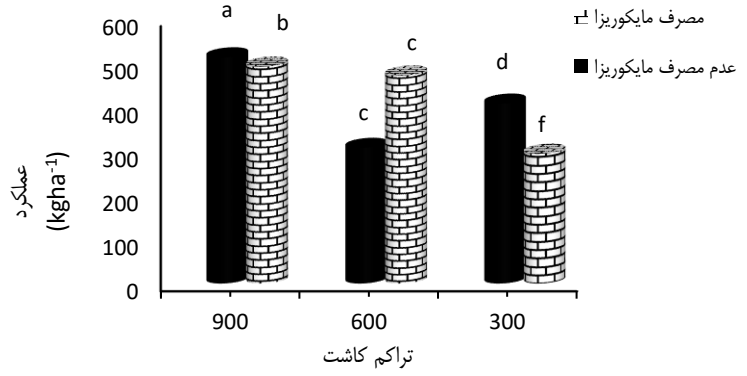
**جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سیستم‌های خاک‌ورزی بر عملکرد وا جزای عملکرد کاملینا**

| | تیمار | تعداد خورجین در شاخه اصلی | عملکرد دانه ($kgha^{-1}$) | تعداد خورجین در شاخه فرعی | تعداد کل خورجین در بوته | تعداد دانه در خورجین | عملکرد بیولوژیک ($kgha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سیستم‌های خاک‌ورزی | شخم رایج | ۳۲/۱۴a | ۴۸۳/۷b | ۷/۱۰ b | ۴۵/۱۱ b | ۱۰/۲۰ b | ۲۸۲۶b |
| | شخم حداقل | ۳۵/۱۷a | ۵۷۰/۲a | ۸/۱۵ a | ۴۸/۱۲ a | ۱۱/۳۲ a | ۳۱۳۵a |
| | بدون شخم | ۲۴/۷۸b | ۱۸۷/۲c | ۷/۰۸ c | ۳۷/۸۹ c | ۹/۷۵ c | ۱۵۲۷c |

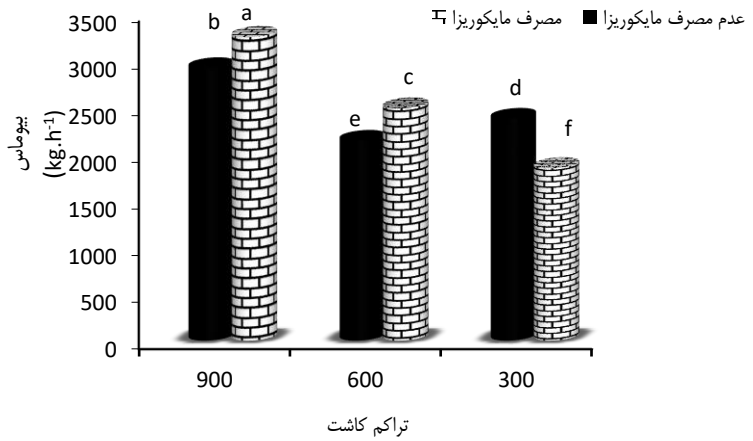
**بر اساس آزمون دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند**



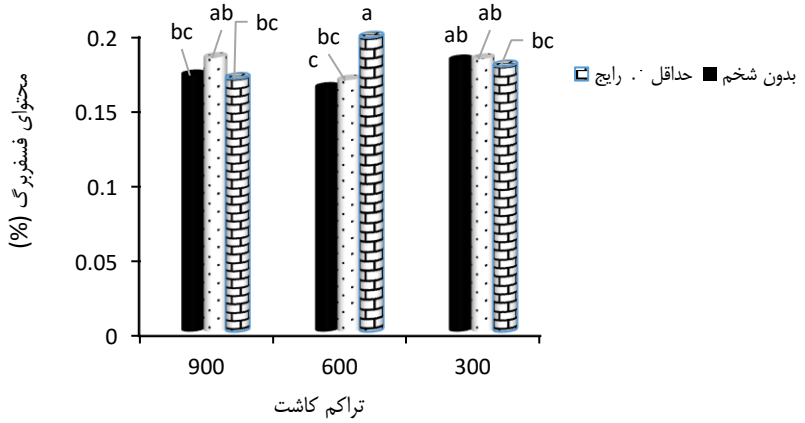

**شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات تلقیح مایکوریزایی و تراکم کاشت بر تعدادکل خورجین در بوته**




**شکل ٤- مقایسه میانگین اثرات تلقیح مایکوریزایی و تراکم کاشت بر عملکرد دانه**



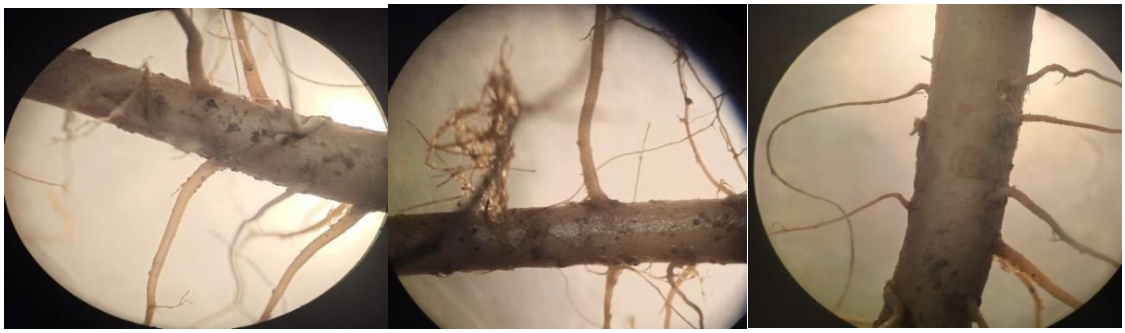

**شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد مایکوریزا و تراکم کاشت بر روی بیوماس کاملینا**



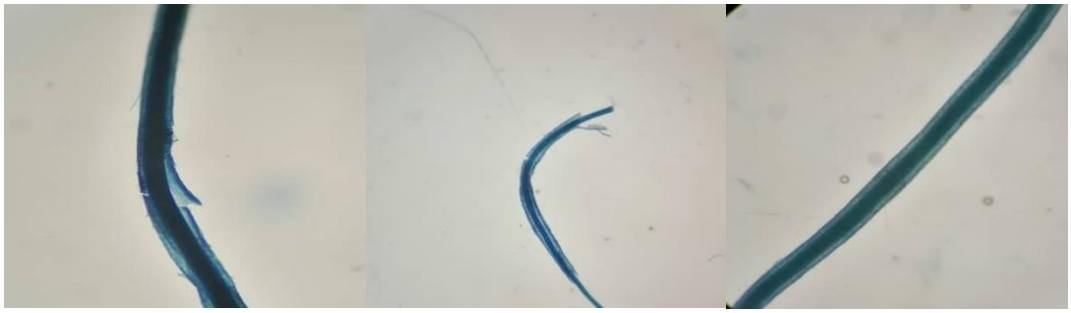

**شکل ٦- مقایسه میانگین اثرات تراکم کاشت و سیستم‌های خاک‌ورزی بر محتوای فسفر برگ**

رنگ آمیزی ریشه کاملینا، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها را تایید کرد، همانطور که در (شکل۷) مشخص است کاملینا دارای یک ریشه راست ساده همراه ریشه‌های فرعی تقریبا قطور و ساده با کمترین انشعاب در واقع در منابع هم ذکر شد

که این ریشه‌ها غیر تخصصی هستند. یکی از دلایلی عدم همزیستی با مایکوریزا همین ساختار ریشه است. تصویربرداری و رنگ آمیزی کاملینا با نتایج (Lambers & Teste, 2013) مطابقت دارد. ریشه‌های غیر تخصصی جذب فسفر را کاهش داده و فسفر در خاک می‌ماند تجمع فسفر در خاک باعث کاهش جمعیت مایکوریزا است.



**شکل ۷- ریشه‌های ثابت شده در محلول الکلی**

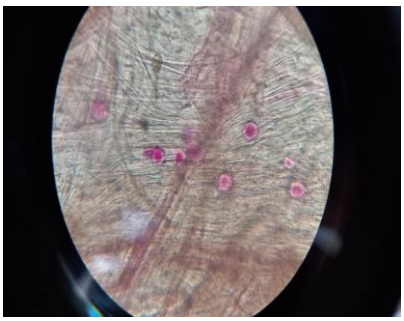


**شکل ۸- ریشه‌های میکروسکوپی رنگ آمیزی شده وغیر مایکوریزایی کاملینا (سال اول)**

نتایج رنگ آمیزی ریشه کاملینا در سه سال متوالی، در تمامی نمونه‌ها نشان داد که در این گیاه کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ مایکوریزا صورت نگرفته است. در سلول‌های پارانشیمی ریشه (شکل ۱۰) هیچکدام از قارچ تلقیح شده مایکوریزیایی مشاهده نشد (شکل۸ و شکل ۹). و غیر مایکوریزایی بودن این رقم از کاملینا با سه گونه قارچ مایکوریزایی آزمایش محرز شد. در یک پژوهش بر روی ۶۴۶ گونه از خانواده براسیکاسه ۱۲۲ گونه (حدود ٪۱۸/۹) از آن توسعه و همزیستی با مایکوریزا را نشان داد که توسعه آن فقط به صورت تشکیل هیف و ویزیکول بود، از میان این لیست کلزا همزیستی نشان داد (Dermars, and Boerner, 1996).

**شکل ۹- ریشه‌های میکروسکوپی رنگ آمیزی شده وغیر مایکوریزایی کاملینا (سال دوم)**

**شکل۱۰- سلول‌های پارانشیمی رنگ آمیزی شده و غیر مایکوریزایی کاملینا (سال دوم)**



**شکل ۱۱ – ریشه‌های میکروسکوپی رنگ‌آمیزی شده و غیر مایکوریزایی کاملینا (سال سوم)**

در سال سوم طرح (شکل۱۱) در چند نمونه از سه تکرار اجسام شبه اسپوری مشاهده شده اما اندامک‌های قارچ در سلول ریشه مشاهده نشد، اگر همزیستی میکوریزی شکل گرفته باشد بایستی رشته‌های قارچ و وزیکول‌ها در بافت ریشه مشاهده شوندکه در این تصاویر چیزی مشاهده نشد. اجسام شبه اسپور ممکن است اسپورهای بومی موجود در خاک یا اسپورهای موجود در مایه تلقیح مصرفی باشند که در اثر تکرار آزمایش در سه سال متوالی این تغییر مشاهده شد (مشاهدات و بررسی توسط رجالی۱۴۰۱) . مطابق مشاهدات میکروسکوپی توسط متخصصان گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی ۱۴۰۱ امکان دارد که این اسپورها متعلق به قارچ‌های خاکزی اندوفیت باشند. بررسی‌های بیشتر و مطالعه خاک ریزوسفر در پژوهش‌های دیگر نیاز است. خانواده‌های گیاهی غیر میکوریزی به طور کلی عبارتند از :دو گروه، که زیستگاه‌های بسیار متضاد را اشغال می‌کنند. یک گروه در زیستگاه مختل شده زیستگاهی که رقابت کم و فسفر در دسترس زیاد است به عنوان مثال خانواده اسفناجیان، چیلیپاییان، تاج خروس، میخک سانان، هفت بند و گزنه (Olsson & Tyler, 2004) است. از میان این گروه عملکرد خانواده چلیپاییان بررسی شده است اگر چه بین ۸ تا ۳۳ درصد گونه‌های Brassicaceae تخمین زده می شود که میزبان قارچ AM باشند. براسیکاسه‌ها فاقد ریشه‌های تخصصی و برای دسترسی به P ضعیف هستند. در زیستگاه‌های غنی مواد تغذیه ای، احتمالاً منافع مایکوریزا کم است، این عامل یک نیرو انتخابی ضد مایکوریزاسیون است که با نتایج ما مشابه است ( Lambers & Teste, 2013)، گروه دیگر شامل خانواده‌های که روی خاک غالبند و دسترسی به فسفر خیلی کم است. این خانواده‌ها ریشه‌های تخصصی هم دارند . این گونه‌ها دارای یک طیفی از تخصص‌های ریشه که به آنها اجازه می‌دهد فسفر خاک را استخراج کنند، به عنوان مثال، ریشه‌های پروتئینی یا خوشه‌ای (Shane & Lambers, 2005) ریشه‌های داسی شکل (Playsted et al., 2006)، ریشه‌های کاپیلاروئید و ماسه‌گیر (Shane & Lambers, 2005) که توجه زیادی به آنها نشده است. این خانواده‌های غیرمیکوریزی با ریشه‌های تخصصی استخراج فسفر شامل خانواده اویارسلام، شکر پارگان گندم سانان شامل Cyperaceae، Haemodoraceae، Proteaceae Restionaceae؛ ما به این گروه به عنوان نوع Proteaceae مزایای مهار فسفردر زیستگاه میکوریزی آربوسکولار فقیر از مواد مغذی، این گونه‌ها احتمالاً بسیار کمتر از استراتژی استخراج فسفر، بنابراین یک نیروی انتخابی علیه مایکوریزاسیون فراهم می‌کند. زمانی که یک گیاه برای اولین بار به تناوب یک منطقه وکشور وارد می‌شود لازم است تمامی عوامل زراعی، خاکی و اقلیمی آن و روابط متقابلی که با سایر موجودات اعم از گیاهان بعد از کشت و قبل آن و تغییرات خاک بررسی شود. اهمیت این موضوع در دیمزارها بیشتر است زیرا با محدودیت‌های بی شماری روبرو هستیم. مشخص شدن واکنش گیاهی به همزیستی‌های موجود در خاک اطلاعاتی در خصوص میزان حاصلخیزی خاک‌ها و تجمع میکروارگانیزم در اختیار ما قرار می‌دهد. همیشه در زیست‌شناسی استثناهای در قوانین زیستی هست، به عنوان مثال گونه‌های مایکوریزا در گونه‌های غیرمیزبان وجود دارد (Lagrange et al., 2011). با وجود همه استثناها گروهای وسیعی از گونه‌های غیرمایکوریزایی در تقسیم بندی‌های اکولوژیک وجود دارد و نشان داده شده که گونه‌های غیرمایکوریزایی در طیفی از خاک‌ها هستند (Lambers & Teste, 2013). از دیرباز مشخص شده است که گونه‌های مایکوریزایی دارای یک اثر نامطلوب بر رشد همسایگان غیرمایکوریزایی ( خانواده براسیکاسه) دارد (Rinaudo et al., 2010; Veiga et al., 2011). جالب اینجاست که گونه‌های غیرمایکوریزی نیز می‌توانند اثرات نامطلوبی روی گیاهان مایکوریزی داشته باشند، در حالی که بر روی گونه‌های همسایه غیرمایکوریزی اثر منفی وجود ندارد (Francis & Read, 1994). در یک سیستم کشت، اثرات نامطلوب گونه‌های مایکوریز ممکن است به محصول بعدی نیز منتقل شود (Karasawa & Takebe, 2012; Koide & Peoples, 2012). شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد مواد آللو پاتی در این اثرات نامطلوب گونه‌های غیرمایکوریزایی بر روی همسایگان مایکوریزایی خود یا محصولات بعدی نقش دارند. فرانسیس و رید (Francis & Read, 1994) نشان دادند که اثرات نامطلوب گیاهان مایکوریزایی از طریق هیف‌ها انشعاب ریشه و رشد ریشه مو هستند به شدت در حضور میسلیوم مهار می‌شود، اما هیچ مدرکی مبنی بر کاهش سطح P توسط میسلیوم وجود ندارد. گیاهان خانواده خردل ترکیبات تیوگلوکوزاید تولید می‌کنند و زمانی که بافت گیاهی ازبین می‌رود (بقایا) ایزوتیوسیانات تولید می‌کنند. این مواد شیمیایی اثرات منفی روی پاتوژن‌های قارچی خاک دارد ( Morra & Kirkegaard, 2002) و ممکن است روی قارچ مایکوریزا هم اثر منفی داشته باشد. بقایای چندین گیاه از خانواده خردل دیده شده که حاوی تیوگلوکوزاید هستند که ایزوتیوسیانات تولید می‌کند. کمبود کلونی‌های مایکوریزا در اطراف خاک کلزا گواه این موضوع است (Pellerin et al., 2007). در واقع رهاسازی تیوگلوکوزاید در ریزوسفر خانواده براسیکاسه و متعاقباً تولید ایزوتیوسیانات اثر بازدارندگی بر روی جوانه زنی اسپور دارد (Vierheilig & Ocampo, 1990). اثرات منفی بقایای کلزا بر روی کلونیزاسیون ریشه توسط مایکوریزا و جذب فسفر توسط محصول بعدی (ذرت) در برخی تحقیقات گزارش شده است (Arihara & Karasawa, 2000). در آزمایش پلرین و همکاران (Pellerin et al., 2007) بقایای

کلزا هیچ تأثیر منفی بر جمعیت مایکوریزا نداشت.در یک پژوهش اثرات خردل سیاه برکلونیزاسیون قارچ‌های مایکوریزا در مناطق مختلف آمریکایی شمالی منفی است و جمعیت آنها را کاهش داده است (Pakpour & Klironomos, 2015). با توجه به محدودیت زیاد منابع آبی درکشور و وجود اراضی دیم گسترده توجه به سلامت خاک و بررسی روابط موجودات زنده و روابط متقابل آن با گیاه زراعی نقش زیادی در عملکرد پایدارخواهد داشت. مطالعات این چنینی در خصوص طراحی تناوب زراعی و نوع نهاده‌های مصرفی افزودنی به خاک در کشت‌های مختلف سودمند است. در کشاورزی دیم باید سهم علوفه، دانه‌های روغنی، حبوبات و گیاهان دارویی در تناوب با غلات برای این امر باید افزایش یابد .با تاکید بر اینکه جهش تولید در دیمزارها پیش بینی شده است، در اجرای این برنامه باید الگوی محصولات جایگزین مانند حبوبات، دانه‌های روغنی مثل کلزا و گلرنگ،کاملینا یا محصولات علوفه‌ای نیز مورد توجه قرار گیرد. محصولاتی که علاوه بر اینکه صرفه اقتصادی دارد، به تناوب کشت و پایداری تولید غلات دیم هم کمک می‌کند؛ چراکه کشت مداوم موجب فرسودگی خاک می‌شود. در چند دهه اخیر دیم‌زارهای کم بازده به‌عنوان کانون‌های اصلی فرسایش خاک و تولید رسوب در کشور شناخته‌شده‌اند (پرویزی،۱۳۹۹) . باتوجه به اینکه منابع آبی در کشور محدود و از طرفی پدیده تغییر اقلیم را هم در پیشرو داریم توجه به خاک دیمزارها و مدیریت آن یک برنامه راهبردی و پایدار است.

## نتیجه‌گیری کلی

برای حفاظت از منابع نیازمند به تغییراتی در الگوی کشت هر منطقه هستیم. از اینرو باید گیاهان جدید را مطالعه و بررسی کرد. کاملینا گیاهی کم نهاده است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که سیستم خاکورزی حداقل و تراکم نهصد بذر در مترمربع برای حداکثر افزایش عملکرد پیشنهاد می‌شود. همچنین، اثر سال بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا معنی دار بود. از میان فاکتورهای هواشناسی در این پژوهش بارش و دما بیشترین تاثیر را بر رشد رویشی و اجزای عملکرد کاملینا داشتند، از این‌رو در سالهای کم بارش استفاده از آبیاری تکمیلی پیشنهاد می‌شود. تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا نداشت که این یافته بر غیر مایکوریزایی بودن این گیاه تاکید می‌کند.

**"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"**

## فهرست منابع


احمدی، کریم؛ عبادزاده، حمیدرضا؛ حاتمی، فرشاد؛ عبدشاه، هلدا و کاظمیان، آرزو (۱۳۹۹). *آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷، جلد اول محصولات زراعی*. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

تکاتو (۱۳۹۶). مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر. Https://takato.ir

پرویزی، یحیی؛ بیات، رضا؛ عرب خدری، محمود و فاتحی، شاهرخ (۱۳۹۹). تعیین عوامل مؤثر بر سیمای فرسایش خاک در دیم‌زارهای استان کرمانشاه بر پایه شبیه‌سازی میدانی بارندگی. *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۴ (۴۹) ،۷۰-۸۲.

رنجی، ذبیح اله؛ مصباح، محمود؛ امیری، رضا و واحدی، سعید (۱۳۸۴). بررسی کارایی روش AMMI و تجزیه واکنش ژنوتیپی در تعیین پایداری ارقام چغندرقند. *علوم زراعی ایران*، ۷(۱)، ۲۰-۱.

شریفی، مظفر؛ کریمی، فرح و خانپور اردستانی، نرگس (۱۳۸۹). *میکوریزا (فیزیولوژی و بیوتکنولوژی)*. تهران: انتشارات خانه زیست شناسی.

کیانی قلعه سرد، سروش؛ شهرکی، جواد؛ اکبری، احمد و سردار شاهرکی، علی (۱۳۹۸). بررسی اثرات تغییراقلیم بر امنیت غذایی ایران. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۸ (۲۲)، ۴۰-۱۹.

معرف زاده، ناهید؛ شریفی، روح اله؛ خاطری، هادی و عباسی، سعید (۱۳۹۹). کنترل بیولوژیک *Fusarium f oxysporum ciceris. sp.* عامل زردی و پژمردگی فوزاریومی نخود توسط ترکیب برخی عوامل میکروبی. *کنترل بیولوژیک آفات و بیماریهای گیاهی*، ۹ (۱)، ۷۳-۶۱.


## REFERENCES


Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2020). *Agricultural statistics for the year 2018-2019: crops (volume 1)*. Information and Communication Technology Centre of the Ministry of Agricultural Jihad. (In Persian)

Akk, E., & Ilumäe, E. (2005). Possibilities of growing Camelina sativa in ecological cultivation. *Estonian Res Institute Agric*, *1*, 28-33.

Al-Sherif, E., Hegazy, A., Gomaa, N., & Hassan, M. (2013). Allelopathic effect of black mustard tissues and root exudates on some crops and weeds. *Planta Daninha*, *31*, 11-19.

Angelopoulou, F., Tsiplakou, E., & Bilalis, D. (2020). Tillage intensity and compost application effects on organically grown camelina productivity, seed and oil quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *48*(4), 2153-2166.

Arihara, J., & Karasawa, T. (2000). Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding maize. *Soil science and plant nutrition*, *46*(1), 43-51.

Bates, B., Kundzewicz, Z., & Wu, S. (2008). *Climate change and water*. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.

Belayneh, H. D., Wehling, R. L., Cahoon, E., & Ciftci, O. N. (2015). Extraction of omega-3-rich oil from Camelina sativa seed using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, *104*, 153-159.

Bobrecka-Jamro, M. C. (2017). The effects of varied plant density and nitrogen fertilization on quantity and quality yield of Camelina sativa L. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 988-993.

Brundrett, M. C. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil*, *320*, 37-77.

Bücking, H., Liepold, E., & Ambilwade, P. (2012). The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. *Plant Sci*, *4*, 108-132.

Caliskan, S., Arslan, M., Arioglu, H., & Isler, N. (2004). Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (Sesamum indicum L.) in a Mediterranean type of environment. *Asian Journal of Plant Sciences*, *3*(5), 610-613.

Casanoves, F., Macchiavelli, R., & Balzarini, M. 2007. Models for multi-environment yield trials with fixed and random block effects and homogeneous and heterogeneous residual variances. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, 91(3–4), 117–131.Chamberlain, S. A., Bronstein, J. L., & Rudgers, J. A. (2014). How context dependent are species interactions? *Ecology letters*, *17*(7), 881-890.

Cosme, M., Fernández, I., Van der Heijden, M. G., & Pieterse, C. M. (2018). Non-mycorrhizal plants: the exceptions that prove the rule. *Trends in plant science*, *23*(7), 577-587.

Demars, B. G., & Boerner, R. E. (1996). Vesicular arbuscular mycorrhizal development in the Brassicaceae in relation to plant life span. *Flora*, *191*(2), 179-189.

Dobre, P., Farcaş, N., Udroiu, N.-A., Gidea, M., & Moraru, A. C. (2014). Research on Camelina sativa wintering, by genotype and fertilizer doses used, in the pedo-climatical conditions from the south of Romania. *Romanian Biotechnological Letters*, *19*(6), 9964-9973.

Dobre, P., & Jurcone, Ş. (2011). Camelina sativa-an oilseed crop with unique agronomic characteristics. *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, *54*, 425-430.

Francis, R., & Read, D. (1994). The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. *Plant and Soil*, *159*, 11-25.

Gesch, R., Dose, H., & Forcella, F. (2017). Camelina growth and yield response to sowing depth and rate in the northern Corn Belt USA. *Industrial Crops and Products*, *95*, 416-421.

Hocking, P., Mead, J., Good, A., & Diffey, S. (2003). The response of canola (Brassica napus L.) to tillage and fertiliser placement in contrasting environments in southern NSW. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *43*(11), 1323-1335.

Hu, X., Yan, S., & Li, S. (2014). The influence of error variance variation on analysis of genotype stability in multi-environment trials. *Field Crops Research*, *156*, 84-90.

Hugh, G. and H.G. Gauch. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrica 44: 705- 715

Jewett, F. G. (2013). Camelina variety performance for yield, yield components and oil characteristics Colorado State University].

Johnson, E. N., Falk, K., Klein-Gebbinck, H., Lewis, L., Vera, C., Gan, Y., Hall, L., Topinka, K., Phelps, S., & Davey, B. (2010). Optimizing seeding rates and plant densities for Camelina sativa. Soils and Crops Workshop,

Kahrizi, D., Kazemitabar, S., Soorni, J., Rostami-Ahmadvandi, H., Falah, F., Akbarabadi, A., Raziei, Z., & Bakhsham, M. (2016). Introducing of camelina medicinal-oil plant for dryland conditions in Iran. National Conference on the Impact of Climate Change on Plant Production,

Karasawa, T., & Takebe, M. (2012). Temporal or spatial arrangements of cover crops to promote arbuscular mycorrhizal colonization and P uptake of upland crops grown after nonmycorrhizal crops. *Plant and Soil*, *353*, 355-366.

Karimi, V., Karami, E., & Keshavarz, M. (2018). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive

responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(1), 1-15.
Kelley, H. W. (1983). *Keeping the land alive: soil erosion--its causes and cures* (Vol. 50). Food & Agriculture Org.
Keshavarz-Afshar, R., Mohammed, Y. A., & Chen, C. (2015). Energy balance and greenhouse gas emissions of dryland camelina as influenced by tillage and nitrogen. *Energy*, *91*, 1057-1063.
Kheiri, M., Kambouzia, J., Deihimfard, R., Yaghoubian, I., & Movahhed Moghaddam, S. (2021). Response of rainfed chickpea yield to spatio-temporal variability in climate in the Northwest of Iran. *International Journal of Plant Production*, *15*(3), 499-510.
Kiani, S., Shahraki, J., Akbari, A., & Sardar Shahraki, A. (2020). The Effect of Climate Change on Iran's Agricultural Production: A Case Study of Wheat Crop. *Applied Field Crops Research*, *32*(04), 109-127.
Kiani Ghalehsard, S, Shahraki, J, Akbari, A, & shahraki, A.S. (2020). Investigating the Effects of climate change on food security of Iran. journal of natural environment hazards, 8(22 ), 19-40. (In Persian)
Koide, R. T., & Peoples, M. S. (2012). On the nature of temporary yield loss in maize following canola. *Plant and Soil*, *360*, 259-269.
Lagrange, A., Ducousso, M., Jourand, P., Majorel, C., & Amir, H. (2011). New insights into the mycorrhizal status of Cyperaceae from ultramafic soils in New Caledonia. *Canadian Journal of Microbiology*, *57*(1), 21-28.
Lambers, H., & Teste, F. P. (2013). Interactions between arbuscular mycorrhizal and non-mycorrhizal plants: do non-mycorrhizal species at both extremes of nutrient availability play the same game. *Plant Cell Environ*, *36*(11), 1911-1915.
Leclère, M., Lorent, A.-R., Jeuffroy, M.-H., Butier, A., Chatain, C., & Loyce, C. (2021). Diagnosis of camelina seed yield and quality across an on-farm experimental network. *European Journal of Agronomy*, *122*, 126190.
M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., & I. Leskovar, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, *12*(12), 4859.
Moarrefzadeh, N, Sharifi, R, Khateri, H, & Abbasi, S. (2020). Biological control of Fusarium oxysporum f. sp. ciceris, the causal agent of the fusarial yellowing and wilting of chickpea by mixtures of some microbial agents. Biological control of pests and plant disease, 9(1 ), 61-73. (In Persian)
Morra, M., & Kirkegaard, J. (2002). Isothiocyanate release from soil-incorporated Brassica tissues. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*(11), 1683-1690.
Mosse, B. (1981). Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture.
Munyanziza, E. (2001). Afforestation of Semiarid Areas of Tanzania: Focusing on the Root Compartment. *Combating Desertification with Plants*, 241-248.
Olsson, P. A., & Tyler, G. (2004). Occurrence of non-mycorrhizal plant species in south Swedish rocky habitats is related to exchangeable soil phosphate. *Journal of Ecology*, *92*(5), 808-815.
Olsen, SR and Sommers, LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403‑430. In Page AL, Miller RH and KeeneyDR (eds). Methods of Soil Analysis, part 2. ASA and SSSA, Medison, Wisconsin
Pakpour, S., & Klironomos, J. (2015). The invasive plant, Brassica nigra, degrades local mycorrhizas across a wide geographical landscape. *Royal Society Open Science*, *2*(9), 150300.
Parker, A. (2014). Camelina sativa: success of a temperate biofuel crop as intercrop in tropical conditions of Mhow, Madhya Pradesh, India. *Current Science*, *107*(3), 359.
Parvizi, Y., Bayat, R., Arabkhedri, M., & Fatehi, S.. (2020). Determination of Main Agents Affecting Soil Erosion in Rainfed Land of Kermanshah Province Using Rainfall Simulator. Iranian journal of watershed management science and engineering, 14(49 ), 70-82. (In Persian)
Pellerin, S., Mollier, A., Morel, C., & Plenchette, C. (2007). Effect of incorporation of Brassica napus L. residues in soils on mycorrhizal fungus colonisation of roots and phosphorus uptake by maize (Zea mays L.). *European Journal of Agronomy*, *26*(2), 113-120.
Phillips, J., & Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British mycological Society*, *55*(1), 158-IN118.
Playsted, C. W., Johnston, M. E., Ramage, C. M., Edwards, D. G., Cawthray, G. R., & Lambers, H. (2006). Functional significance of dauciform roots: exudation of carboxylates and acid phosphatase under phosphorus deficiency in Caustis blakei (Cyperaceae). *New Phytologist*, *170*(3), 491-500.
Putnam, D., Budin, J., Field, L., & Breene, W. (1993). Camelina: a promising low-input oilseed. *New crops*, *314*, 322.
Ranji, Z.E, Mesbah, M, Amiri, R, & Vahedi, S. (2005). Study on the efficiency of ammi method and pattern

analysis for determination of stability in sugar beet varieties. Iranian journal of crop science, 7(1), 1-20. (In Persian)

Righini, D., Zanetti, F., Martínez-Force, E., Mandrioli, M., Toschi, T. G., & Monti, A. (2019). Shifting sowing of camelina from spring to autumn enhances the oil quality for bio-based applications in response to temperature and seed carbon stock. *Industrial Crops and Products*, *137*, 66-73.

Rinaudo, V., Bàrberi, P., Giovannetti, M., & van der Heijden, M. G. (2010). Mycorrhizal fungi suppress aggressive agricultural weeds. *Plant and Soil*, *333*, 7-20.

Roper, M., Ward, P., Keulen, A., & Hill, J. (2013). Under no-tillage and stubble retention, soil water content and crop growth are poorly related to soil water repellency. *Soil and Tillage Research*, *126*, 143-150.

Scavo, A., & Mauromicale, G. (2020). Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy*, *10*(4), 466.

Shane, M. W., & Lambers, H. (2005). Cluster roots: a curiosity in context. *Plant and Soil*, *274*, 101-125.

Sharifi,M., Karimi, F., & Khanpour Ardestani, N. (2010). *Mycorrhiza (Physiology and Biotechnology)*. Tehran: House of Biology. (In Persian).

Smith, S., & Read, D. (2008). Mycorrhizal symbiosis third edition introduction. *Mycorrhizal Symbiosis*, 1-9.

Solis, A., Vidal, I., Paulino, L., Johnson, B. L., & Berti, M. T. (2013). Camelina seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Industrial Crops and Products*, *44*, 132-138.

Takato (2017). Applied Research and Development center. Https://takato.ir. (In Persian).

Tester, M., Smith, S., & Smith, F. (1987). The phenomenon of" nonmycorrhizal" plants. *Canadian journal of botany*, *65*(3), 419-431.

Veiga, R. S., Jansa, J., Frossard, E., & van der Heijden, M. G. (2011). Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce the growth of agricultural weeds? *PloS one*, *6*(12), e27825.

Vetsch, J. A., & Randall, G. W. (2002). Corn production as affected by tillage system and starter fertilizer. *Agronomy Journal*, *94*(3), 532-540.

Vierheilig, H., & Ocampo, J. (1990). Effect of isothiocyanates on germination of spores of G. mosseae. *Soil Biology and Biochemistry*, *22*(8), 1161-1162.

Walia, M. K., Zanetti, F., Gesch, R. W., Krzyżaniak, M., Eynck, C., Puttick, D., Alexopoulou, E., Royo-Esnal, A., Stolarski, M. J., & Isbell, T. (2021). Winter camelina seed quality in different growing environments across Northern America and Europe. *Industrial Crops and Products*, *169*, 113639.

Yuan, L., & Li, R. (2020). Metabolic engineering a model oilseed Camelina sativa for the sustainable production of high-value designed oils. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 11.