نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۱ / سال ۱۴۰۱ صفحات ۶۴-۴۷

The Interactive Effects of Mycorrhizal Symbiosis and Weed Management on The Chlorophyll Content and Yield of Artichoke *(Cynara scolymus)*

Zahra Rezaei[1], Majid Pouryousef[2*], Alireza yousefi[2]

Received: February 10, 2021 Accepted: July 1, 2021
1- Ph.D Student of Crop Ecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.
2- Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.
*Corresponding Author Email: pouryousef@znu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: This research was conducted in order to study the possibility of increasing yield, yield components and chlorophyll content of artichoke (*Cynara scolymus L.*) by mycorrhizal inoculation and living and non-living mulches.

Materials and Methods: Experiment was conducted during 2017 and 2018 at the research farm of the University of Zanjan. A three-replicate split plot design based on randomized complete block design (RCBD) was conducted. Two levels of inoculation (inoculation with *Rhizophagus irregularis* and non- inoculation) were considered as main plots and a variety of living mulches (*Trifolium alexandrinum, Lathyrus sativus*), non-living mulches (plastic mulch (silver external side and black internal one), wheat straw) and Complete handweeding, one-hand weeding and no-weeding were considered as sub plots.

Results: The highest of fresh weight (336.01 ton.ha^{-1}) and dry weight (34.21 ton.ha^{-1}) were recorded in plastic mulch treatment under mycorrhizal inoculation conditions. Mycorrhizal colonization increased plant height, Leaf Area Index (LAI), chlorophyll a and chlorophyll (a+b) by 2.1%, 9.1%, 6.6% and 5.2%, respectively. Highest plant height (167 cm), leaf area index (122.18), number of leaves per plant (43), chlorophyll a, b and a+b (0.697, 0.388 and 1.085 mg. g $^{-1}$ FW) were obtained in plastic mulch treatment.

Conclusion: Generally, mycorrhizal inoculation and the use of living and non-living mulches can be suggested as a solution to increase the yield of artichoke.

Keywords: Mycorrhizal Inoculation, Dry Weight, Hand Weeding, Height, Leaf Area Index, Mulch

برهمکنش همزیستی میکوریزا و مدیریت علف هرز بر محتوای کلروفیل و عملکرد کنگر فرنگی

زهرا رضائی[۱]، مجید پوریوسف[۲]*، علیرضا یوسفی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۰
۱-دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۲-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
* مسئول مکاتبه: Email: pouryousef@znu.ac.ir

چکیده

اهداف: این پژوهش به منظور مطالعه اثر تلقیح میکوریزا و کاربرد مالچ‌های زنده و غیرزنده بر افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای کلروفیل کنگر فرنگی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تلقیح با میکوریزا گونه *Rhizophagus irregularis* (تلقیح میکوریزایی و عدم تلقیح میکوریزایی) در کرت‌های اصلی و انواع مالچ‌های زنده (شبدر برسیم و خلر) و غیر زنده شامل مالچ پلاستیکی دو رنگ (مشکی-نقره ای)، کاه و کلش گندم، وجین کامل علف‌های هرز، وجین یک مرحله‌ای و بدون وجین در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

یافته ها: بیشترین میزان وزن تر (۳۳۶/۰۱ تن در هکتار) و وزن خشک (۳۴/۲۱ تن در هکتار) در تیمار مالچ پلاستیکی تحت شرایط تلقیح با میکوریزا ثبت شد. تلقیح با میکوریزا به ترتیب باعث افزایش ۲/۱، ۹/۱، ۶/۶ و ۵/۲ درصدی در ارتفاع، شاخص سطح برگ، کلروفیل a و کلروفیل کل شد. بیشترین میزان ارتفاع گیاه (۱۶۷ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ (۱۲۲/۱۸)، تعداد برگ در بوته (۴۳) و محتوای کلروفیل a، b و کل (به ترتیب ۰/۶۹۷، ۰/۳۸۸ و ۱/۰۸۵ میلی گرم در هر گرم وزن تر) در تیمار مالچ پلاستیکی مشاهده شد.

نتیجه گیری کلی: به طور کلی میتوان تلقیح با میکوریزا و کاربرد مالچ‌های زنده و غیرزنده را به عنوان راهکاری جهت افزایش عملکرد کنگرفرنگی پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، تلقیح میکوریزا، شاخص سطح برگ، مالچ، وجین دستی، وزن خشک

مقدمه

کشاورزی متداول در جهان امروز موفقیت قابل قبولی را در استفاده از مدیریت منابع نداشته و با اتکا بیش از حد به نهاده‌های مصنوعی و تزریق انرژی کمکی مانند کودها و سموم شیمیایی باعث ایجاد سیستم زراعی ناپایدار در طولانی مدت شده است (رابرتز ۲۰۰۸). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف مالچ‌های زیستی و غیرزیستی و همچنین کودهای زیستی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. بیشترین و گسترده‌ترین مطالعات مربوط به کودهای زیستی شامل همزیستی گیاه با میکروارگانیسم‌های متعلق به قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار[۱] (AMF) می-باشد که در بهبود روابط آبی گیاه، افزایش مقاومت به خشکی گیاهان میزبان و کنترل بیماری مؤثر هستند.

[۱] Arbuscular Mycorrhizal Fungi

تقریبا ۸۰ درصد گیاهان خشکی‌زی، ازجمله اکثر گونه-های زراعی و باغی قادر به برقراری این نوع همزیستی می‌باشند (تهات و سیجام ۲۰۱۲).

قارچ میکوریزا موجب گسترش سیستم هیف در اطراف ریشه و متعاقباً افزایش تماس ریشه با خاک می-شود و در نتیجه توانایی جذب آب در گیاه بیشتر می-گردد. علاوه بر این، قارچ موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی می‌گردد که عامل افزایش رشد ریشه و اندام هوایی می‌باشد (وو و همکاران ۲۰۰۹). ریسه‌های گسترش یافته این قارچ‌ها در خاک سطح وسیعی را فراهم می‌کند که از آن طریق عناصر غذایی همچون فسفر، نیتروژن، روی و مس جذب و به گیاه میزبان منتقل می‌شوند. مشخص شده است که گیاهان همزیست چه در شرایط تنش چه در شرایط بدون تنش فسفر بیشتری جذب می‌کنند و در نتیجه این گیاهان رشد بهتر و محصول بیشتری خواهند داشت (عباسپور و همکاران ۲۰۱۲).

بسیاری از گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده Asteraceae دارای میزبان‌های قارچی AM در طبیعت هستند (اپل و همکاران ۲۰۰۵). گیاه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus*) گیاهی است از خانواده Asteraceae، چند ساله با طول عمر متوسط یک تا چهار ساله که تا ده سال نیز عمر می‌کنند (تسی و همکاران ۲۰۰۴). کنگر فرنگی در بسیاری از مناطق جهان جهت مصرف کاپیتول‌ها که بخش‌های خوراکی آن هستند کشت می‌شود و به صورت سبزی تازه، کنسرو شده یا منجمد مورد مصرف قرار می‌گیرد (کاستابیل و همکاران ۲۰۱۰). این گیاه دارای ارزش تغذیه‌ای بسیاری است که مربوط به محتوای کم چربی، درصد بالای پروتئین، مواد معدنی (پتاسیم، سدیم، فسفر)، ویتامین C، فیبر، پلی فنول ها، فلاون‌ها و اینولین می‌باشد (لامباردو و همکاران ۲۰۱۵). علاوه بر این کنگرفرنگی با توجه به خصوصیات علوفه‌ای که دارد می‌تواند به صورت تازه یا سیلو شده در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد (الله دادی۲۰۱۷).

در یک آزمایش مزرعه‌ای، تلقیح با میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ، تعداد برگ‌ها، وزن تر و خشک اندام هوایی کنگرفرنگی در مقایسه با تیمار بدون تلقیح شد (کامپانلی و همکاران ۲۰۱۴). در یک بررسی دیگر بر گیاه کنگرفرنگی، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر تلقیح با قارچ میکوریز، افزایش یافت (رحیمی و همکاران ۲۰۱۴). قارچ-های میکوریزای آربوسکولار می‌توانند با افزایش جذب نیتروژن که از اجزای ضروری ساختار کلروفیل است، باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ شوند (کایا و همکاران ۲۰۰۹).

استفاده از انواع مالچ بطور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند محتوای آب خاک سطحی را افزایش داده و تبخیر خاک را کاهش دهد (گائو و همکاران ۲۰۱۴). مالچ‌ها انواع متعددی دارند که شامل مالچ زنده، بقایای مواد آلی و غیرآلی می‌باشند. مالچ‌های آلی علاوه بر کنترل علف‌های هرز، دارای مزایایی مانند حفظ رطوبت، کاهش نوسانات درجه حرارت خاک و افزودن ماده آلی و عناصر غذایی به خاک هستند (قدیری و همکاران ۲۰۰۸). مالچ زنده نیز به عنوان راهکاری جدید و مناسب در مدیریت اکولوژیک علف‌های هرز به دلیل رقابت کمتر با گیاه زراعی در مقایسه با علف‌های هرز و همچنین اثر کنترلی بر علف هرز، موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌شود (آلادسانوا و آدیان ۲۰۰۸). مالچ‌ها دمای خاک را با ثبات-تر و میزان رطوبت مطلوب را حفظ می‌کنند، که منجر به شرایط مطلوب‌تری برای فعالیت موجودات زنده در خاک می‌شود (لنکا و همکاران ۲۰۱۲). این امر می‌تواند باعث ایجاد ارتباطات همزیستی قارچی مناسب و جذب مناسب آب و مواد مغذی شود (سیاکیا و همکاران ۲۰۱۵).

با توجه به خواص متعدد و همچنین موارد مصرف متعدد کنگرفرنگی و همچنین اهمیت کشاورزی پایدار بر مبنای استفاده ااز مالچ‌های زیستی و غیرزیستی و کودهای زیستی، تحقیق حاضر با هدف کلی تعیین چگونگی تأثیر مالچ‌های مختلف، وجین دستی علف‌های هرز و تلقیح قارچ میکوریزا گونه *Rhizophagus irregularis* (قبلاً با نام *Glomus intraradices* شناخته می‌شد) بر عملکرد، برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کنگر فرنگی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان واقع

در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه غربی و ارتفاع ۱۵۹۴ متر از سطح دریا اجرا شد. شرایط آب وهوایی این منطقه سرد و خشک می‌باشد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. در این آزمایش، تلقیح با میکوریزا (تلقیح میکوریزایی و عدم تلقیح میکوریزایی) در کرت‌های اصلی و انواع مالچ‌های زنده و غیر زنده (مالچ پلاستیکی دو رنگ مشکی-نقره‌ای، گیاه پوششی شبدر برسیم *(Trifolium alexandrinem)*، گیاه پوششی خلر *(Lathyrus sativus)*، کاه و کلش گندم) و تیمارهای عدم کنترل علف‌های هرز، وجین یک مرحله‌ای و کنترل کامل علف‌های هرز (تا آخر دوره رشد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

بذرهای مورد نظر از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه و قوه نامیه آن سنجیده شد. کشت بذر کنگر فرنگی در اواسط اردیبهشت در سینی‌های نشاء ضدعفونی شده انجام شد. حجم هر حفره سینی ۸۰ سی سی بود. بستر کشت شامل ۴۵ درصد کوکوپیت، ۵۰ درصد پیت ماس و ۵ درصد وزنی پرلیت بود که قبل از کاشت در اتوکلاو استریل شدند. بذور به مدت ۳۰ ثانیه در الکل اتیلیک ۹۶ درصد و سپس پنج دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد قرار داده شده و بعد از جوانه دار شدن در عمق دو سانتی‌متری کاشته شدند.

در تیمارهای میکوریزی، جهت تلقیح بذور، از مایه تلقیح تجاری قارچ *Rhizophagus irregularis* (تهیه شده از شرکت زیست فناور توران، سمنان) استفاده شد. برای کلونیزاسیون بهتر در تیمارهای میکوریزی مقدار توصیه شده از خاک تلقیح شده با میکوریزا (۲۰ گرم) به ازای هر نشا کنگر فرنگی روی بستر کشت و زیر بذرهای جوانه زده قرار داده شد (اینیوبونگ و همکاران ۲۰۱۰) و مجددا بستر کشت به ضخامت دو الی سه سانتی‌متر به طور یکنواخت روی مایه تلقیح و بذر پخش گردید. در تیمارهای بدون تلقیح از همان ابتدا مواد ترکیبی بستر کشت در حفره‌ها ریخته شد. پس از استقرار گیاهچه تعداد بوته کاهش داده شد. یک ماه بعد از کاشت بذور جهت تعیین کلونیزاسیون ریشه، از روش (فیلیپس و هیمن ۱۹۷۰) برای رنگ آمیزی ریشه‌ها و جهت اندازه گیری درصد کلونیزاسیون قارچ میکوریزا با ریشه از روش تقاطعی مشبک استفاده شد (مک گونیگل و همکاران ۱۹۹۰). پس از اطمینان از انجام تلقیح، گیاهچه‌ها به مزرعه منتقل شدند.در گیاهان تلقیح نشده هیچ کلونیزاسیونی مشاهده نشد. خاک مزرعه محل آزمایش از نوع لوم رسی بوده که برخی مشخصات آن در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	OC (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
لوم شنی	۷/۳۲	۱/۲	۱/۷۵	۰/۲۱	۸/۴	۱۵۶	۰/۴	۰/۴

در طول چهار هفته اول رشد به منظور استقرار کامل بوته‌ها در خزانه، آبیاری پس از کاشت هرروز تا زمان انتقال به مزرعه با آب شرب شهری انجام شد و پس از انتقال به مزرعه هر هفت روز یکبار انجام شد. در مزرعه طول هر کرت فرعی پنج متر و عرض آن چهار متر در نظر گرفته شد که مشتمل بر پنج ردیف با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. فواصل بوته‌ها روی ردیف ۷۰ سانتیمتر بود و در کل تراکم بوته ۱۹۰۴۸ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. برای تامین مالچ غیر زنده به مقدار یک کیلوگرم به ازای یک مترمربع در فواصل بین ردیف کنگرفرنگی، کاه و کلش گندم اضافه شد. کشت بذرهای گیاهان پوششی در تاریخ ۱۵ خرداد ماه همزمان با

انتقال نشاهای گیاه اصلی بین خطوط کشت انجام شد. میزان مصرف بذر شبدر برسیم و خلر به ترتیب برابر با ۳۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. مالچ پلاستیکی دو رنگ (مشکی-نقره‌ای) نیز بطور کامل روی سطح خاک را پوشانید، بطوریکه رنگ نقره‌ای به سمت بالا و رنگ سیاه به سمت پایین قرار گرفت و لبه-های آن زیر خاک قرار گرفت. کنترل وجین یک مرحله‌ای (یکماه بعد از کاشت در مزرعه) و کنترل کامل (تا آخر دوره رشد) علف‌های هرز نیز بصورت دستی و هفته ای یکبار انجام شد. کنگر فرنگی در مرحله‌ی سه الی چهار برگی تنک شد.

در پایان دوره آزمایش جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a، b و کل (a+b) از جوان‌ترین برگ‌ها نمونه برداری صورت گرفت و محتوی کلروفیل با کمک روابط زیر محاسبه گردید (آرنون ۱۹۴۹).

رابطه ۱ کلروفیل a (میلی گرم در هر گرم وزن تر) = (۱۲/۲۵ (جذب در ۶۶۳ نانومتر) − ۲/۷۹ (جذب در ۶۴۵ نانومتر)) ×V/(1000× W)

رابطه ۲ کلروفیل b (میلی گرم در هر گرم وزن تر) = (۲۱/۵ (جذب در ۶۴۵ نانومتر) − ۵/۱ (جذب در ۶۶۳ نانومتر)) ×V/(1000× W)

رابطه ۳ کلروفیل کل (میلی گرم در هر گرم وزن تر) = (۱۸/۷۱ (جذب در ۶۴۵ نانومتر) − ۷/۱۵ (جذب در ۶۶۳ نانومتر)) ×V/(1000× W)

در روابط فوق V حجم نهایی نمونه استخراج شده (میلی لیتر) و W وزن تر نمونه (گرم) است.

در انتهای آزمایش در مرحله رسیدگی در اواخر مهر ماه، برخی پارامترهای مورفولوژیکی اندازه گیری شد. بدین ترتیب که پس از حذف حاشیه‌ها (نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و همچنین ردیف‌های کناری)، در هر واحد آزمایشی از مساحتی در حدود دو متر مربع نمونه‌برداری شده و بلافاصله در مزرعه وزن تر، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ نمونه‌ها اندازه گیری شد. سپس برای اندازه گیری وزن خشک نمونه‌ها از هر کرت به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلیسیوس خشک و سپس توزین شد.

پس از انجام اندازه گیری‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار آماری SAS (9/4) انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید و جهت رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel (2013) استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد گیاه (وزن تر و وزن خشک گیاه)

اثرات متقابل میکوریزا و مالچ بر روی وزن تر و وزن خشک کنگر فرنگی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان وزن تر (۳۳۶/۰۱ تن در هکتار) و وزن خشک (۳۴/۲۱ تن در هکتار) در تیمار مالچ پلاستیک در شرایط تلقیح با میکوریزا مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ۱، ۲). در آزمایشات دیگری نیز گزارش شده است که وزن گیاه کنگرفرنگی در اثر تلقیح با میکوریزا افزایش یافت (کلونا و همکاران ۲۰۱۶ و روتا و همکاران ۲۰۱۸).

تحقیقات در محصول خیار (وانگ و همکاران ۲۰۰۸) و گوجه فرنگی (سالویولی و همکاران ۲۰۱۲ و کانورسا و همکاران ۲۰۱۲) نشان داده است که تلقیح میکوریزا در مراحل اولیه رشد گیاه می‌تواند باعث بهبود ایجاد هم-زیستی میکوریزا و افزایش رشد گیاه در خزانه شده و موجب عملکرد بهتر گیاه پس از انتقال به مزرعه می‌شود. در یک بررسی، تلقیح سیب زمینی با میکوریزا در دوره تولید ریزغده در گلخانه بر مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی سیب زمینی تأثیر مثبتی داشت و با تقویت گیاهچه‌ها در طول دوره رشد سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و بهبود رشد و در نتیجه افزایش عملکرد و تولید ریزغده در آن‌ها شد (گالو و همکاران

۲۰۱۱). استفاده از میکروارگانیسم‌های مفیدی مانند AMF با جذب و جابجایی مواد مغذی معدنی فراتر از مناطق تخلیه ریزوسفر گیاه، به عنوان محرک زیستی عمل می‌کند و منجر به افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (رزی و اروکا ۲۰۱۵). ریسه‌های میکوریزا به دو دسته تقسیم می‌شوند، تعدادی از آنها وارد سیستم ریشه گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین را افزایش می‌دهند که این عمل سبب افزایش جذب آب، افزایش کارآیی فتوسنتز و گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه می‌گردد. دسته دوم از ریسه‌ها خارج از سیستم ریشه بوده، این ریسه‌ها از خود اسیدهای آلی محلول کننده فسفر نظیر اسید مالیک ترشح کرده که جذب فسفر توسط گیاه را افزایش داده و نهایتاً مجموع این عوامل دست به دست هم داده و سبب افزایش رشد و نمو گیاه، در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا می‌شوند (کاپور و همکاران ۲۰۰۱ و محمد و همکاران ۲۰۱۴).

استفاده از مالچ‌های پلاستیکی مشکی–نقره‌ای (نقره ای در قسمت فوقانی) نه تنها برای جلوگیری از مشکلات ناشی از درجه حرارت بالای سطح خاک، بلکه به علت تیرگی آن برای کنترل علف‌های هرز توصیه می‌شود (بایکسائولی و همکاران ۲۰۰۴). کاربرد مالچ باعث افزایش قابل توجه تنوع باکتریایی و قارچی شده و نقش مهمی در شکل‌دهی ترکیب جامعه میکروبی ایفا می‌کند (لی و همکاران ۲۰۰۴ و دونگ و همکاران ۲۰۱۷). در آزمایشات دیگری نیز کاربرد مالچ همراه با تلقیح میکوریزا موجب افزایش عملکرد گندم (لیو و همکاران ۲۰۱۲ و ژو و همکاران ۲۰۱۷)، ذرت (بی و همکاران ۲۰۱۸)، کدو قلیانی (محمد و همکاران ۲۰۱۷) و گیاه کاساوا (اینیوبونگ و همکاران ۲۰۱۰) نسبت به تیمار بدون تلقیح شد. در واقع مالچ رطوبت و مواد مغذی را حفظ می‌کند، بنابراین باعث بهبود شرایط خاک برای استقرار AMF می‌شود (اینیوبونگ و همکاران ۲۰۱۰ و ژو و همکاران ۲۰۱۷).

کمترین میزان وزن خشک (۱/۵۳ تن در هکتار) و وزن تر (۱۳/۴۴ تن در هکتار) در تیمار بدون وجین در شرایط عدم تلقیح با میکوریزا مشاهده شد (شکل ۱، ۲). عدم کنترل علف‌های هرز و به واسطه آن کاهش نور رسیده به گیاه زراعی به خصوص در بخش‌های زیرین کانوپی باعث می‌شود تا برگ‌های پایین کانوپی صرفا نقش مصرف کننده داشته باشند، بنابراین کاهش فتوسنتز به دلیل کاهش نور و مصرف مواد فتوسنتزی توسط بخش زیرین کانوپی، کاهش تجمع ماده خشک را به دنبال دارد (سرابی و همکاران ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد که دلیل مشاهده کمترین عملکرد در تیمار بدون وجین، در نتیجه رقابت علف‌های هرز بر سر منابع از جمله نور و جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم با گیاه زراعی باشد (مهریا و همکاران ۲۰۰۷).

در یک آزمایش بر روی گیاه کنگرفرنگی، مشاهده شد که مالچ‌های زنده موجب تکثیر ریشه های موئین و تغییرات ساختاری و افزایش جذب در ریشه‌ها شدند و همچنین تلقیح میکوریزا را در ریشه کنگر فرنگی افزایش دادند (ترینچرا و همکاران ۲۰۱۶). در بررسی حاضر نیز، در شرایط تلقیح با میکوریزا، وزن خشک و وزن تر در تیمارهای مالچ زنده شبدر برسیم (به ترتیب ۴/۹۵، ۴۶/۱۵ تن در هکتار) و مالچ زنده خلر (به ترتیب ۵/۱۱، ۴۷/۳۷ تن در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (عدم اعمال مالچ و وجین)، افزایش نشان داد. براینارد و همکاران (۲۰۱۲) کاهش آب مصرفی، افزایش درجه حرارات خاک، افزایش میزان رطوبت خاک، افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن را از جمله فواید استفاده از مالچ زنده بیان کردند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و عملکرد بیولوژیک کنگرفرنگی با اعمال مالچ‌ها و وجین دستی در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا در طی سال های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶

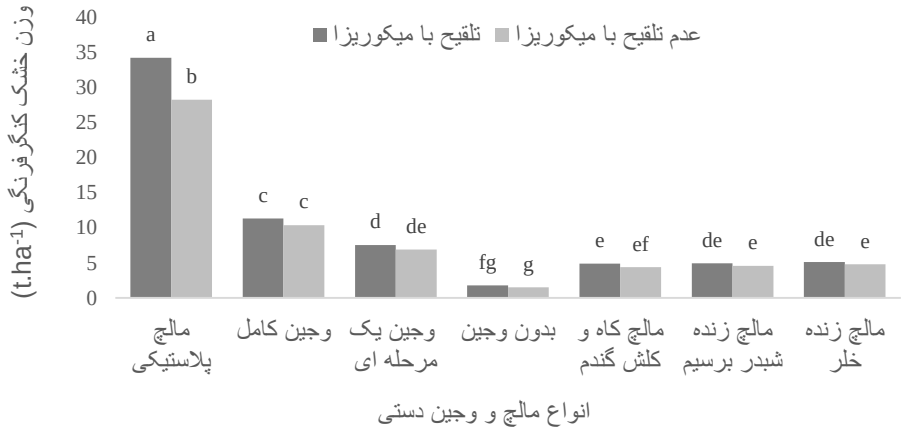
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر	وزن خشک	ارتفاع	تعداد برگ	سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل (a+b)
سال	۱	۴۸۰/۷۲^{ns}	۶/۱۳^{ns}	۱/۱۹^{ns}	۰/۰۴۸^{ns}	۱۰۰/۱۷^{ns}	۰/۰۰۹۰^{ns}	۰/۰۰۳۳^{ns}	۰/۰۰۱۴^{ns}
سال × تکرار	۴	۱۸۳۹/۶۰**	۱۹/۵۰**	۲۴/۳۱^{ns}	۲۷/۵۱^{ns}	۳۹۳/۱۹**	۰/۰۱۱۲*	۰/۰۰۴۷**	۰/۰۲۷۴**
میکوریزا	۱	۲۱۴۳/۹۲*	۳۴/۷۶**	۱۶۵/۷۶*	۲۷/۴۳^{ns}	۳۷۷/۵۵*	۰/۰۳۸۵**	۰/۰۰۲۲^{ns}	۰/۰۵۹۳*
میکوریزا × سال	۱	۵۲/۵۰^{ns}	۰/۶۶^{ns}	۴/۷۶^{ns}	۰/۷۶^{ns}	۱۳/۷۰^{ns}	۰/۰۰۴۹^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۷۲^{ns}
خطا۱	۴	۸۹/۵۵	۱/۰۷	۱۴/۵۵	۱/۵۶	۹/۶۳	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۸۱
مالچ	۶	۱۲۱۴۲۵/۵۴**	۱۲۱۳/۵۵**	۳۸۷۱/۷۳**	۱۳۱۵/۴۰**	۱۵۹۵۵/۴۸**	۰/۰۳۱۵**	۰/۰۰۵۷**	۰/۰۵۷۲**
میکوریزا × مالچ	۶	۱۲۱۹/۳۴*	۱۲/۹۲*	۸/۹۰^{ns}	۶/۸۴^{ns}	۱۰۱/۶۸^{ns}	۰/۰۰۲۱^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱۸^{ns}
مالچ × سال	۶	۱۳۹/۳۵^{ns}	۱/۶۸^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۳/۵۷^{ns}	۲۹/۱۲^{ns}	۰/۰۰۵۳^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۵۹^{ns}
مالچ × میکوریزا × سال	۶	۱۱۲/۹۶^{ns}	۱/۵۰^{ns}	۰/۴۰^{ns}	۱/۹۶^{ns}	۲۳/۷۰^{ns}	۰/۰۰۳۳^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۴۴^{ns}
خطا۲	۴۸	۵۲۸/۹۰	۵/۵۰	۳۷/۳۹	۲۸/۱۹	۸۷/۱۱	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۵۹
ضریب تغییرات(%)		۲۶/۲۶	۲۵/۱۱	۴/۵۸	۲۵/۷۸	۲۰/۹۵	۹/۷۵	۸/۵۱	۷/۸۹

ns، * و **: نشاندهنده عدم وجود تفاوت معنی دار، وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

همچنین در بررسی حاضر، در شرایط تلقیح با میکوریزا، وزن خشک و وزن تر در تیمار مالچ کاه و کلش گندم به ترتیب برابر با (۴/۸۹، ۴۰/۴۱ تن در هکتار) بود و نسبت به تیمار شاهد (عدم اعمال مالچ و وجین)، افزایش نشان داد. در یک آزمایش بر روی گیاه گندم، اثرات متقابل تلقیح با میکوریزا و استفاده از مالچ بقایای گیاهی ذرت معنی دار بود و موجب افزایش عملکرد گندم شد (هو و همکاران ۲۰۱۴). در یک بررسی دیگر بر روی گیاه کاساوا، عملکرد در تیمار تلقیح با میکوریزا و استفاده از مالچ آلی به میزان ۲۷۸-۴۰ درصد نسبت به شرایط شاهد افزایش یافت که علت آن را به بهبود ساختار خاک در اثر استفاده از مالچ و بهبود در جذب عناصر غذایی نسبت دادند (اوکان و همکاران ۲۰۱۰). بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که کاربرد مالچ آلی به بهبود نگهداری رطوبت خاک، تنظیم دمای خاک، افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها و تحرک مواد غذایی کمک می‌کند و تاثیرات مطلوبی بر عملکرد محصول می‌گذارد (چاکرابورتی و همکاران ۲۰۰۸ و نجات زاده باراندوزی ۲۰۲۰).

شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تلقیح میکوریزا با مالچ و وجین دستی برای وزن تر کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تلقیح میکوریزا با مالچ و وجین دستی برای وزن خشک کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تیمار میکوریزا و تیمار مالچ بر روی ارتفاع کنگرفرنگی معنی‌دار بود (جدول ۲). ارتفاع کنگرفرنگی در تیمار تلقیح با میکوریزا و تیمار عدم تلقیح به ترتیب برابر با ۱۳۴/۹۸ و ۱۳۲/۱۷ سانتی‌متر بود و در واقع تلقیح با میکوریزا موجب افزایش ۲/۱ درصدی در ارتفاع گیاه گردید (شکل ۳). افزایش ارتفاع کنگرفرنگی در اثر تلقیح با میکوریزا در آزمایشات دیگری نیز مشاهده شده است (مورون و همکاران ۲۰۰۴ و روتا و همکاران ۲۰۱۶ و روتا و همکاران ۲۰۱۸).

با اینکه ارتفاع بوته بیشتر تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه قرار دارد، اما در اثر تلقیح با میکوریزا، ریشه گیاه از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، سبب افزایش فتوسنتز و تولید فرآورده بیشترشده وموجب افزایش ارتفاع و ماده خشک می‌گردد (کوپتا و لینگوا گاند برتا ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد نقش دیگر میکوریزا در تحریک و توسعه رشد رویشی ناشی از تأثیر آن بر تولید و سنتز فیتوهورمون‌های گیاهی رشد و بویژه اکسین باشد. گزارش‌های زیادی از افزایش مقدار سیتوکنین، ایندول استیک اسید و جیبرلین (شائول-کینان ۲۰۰۲ و میشرا ۲۰۱۰) در گیاهان همزیست با میکوریزا ارائه شده است.

در بین تیمارهای مالچ، بیشترین ارتفاع کنگرفرنگی (۱۶۷ سانتی‌متر) در تیمار مالچ پلاستیک مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین ارتفاع (۱۰۹/۱۷ سانتی متر) نیز در تیمار بدون وجین مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴). ارتفاع گیاه در تیمارهای مالچ پلاستیک، مالچ زنده شبدر برسیم، وجین کامل، وجین یک مرحله‌ای، مالچ زنده خلر و کاه و کلش نسبت به تیمار شاهد (بدون اعمال مالچ و وجین) به ترتیب افزایش ۳۴/۶، ۲۱/۳، ۲۰/۴، ۱۹، ۱۲/۱و ۱۱/۸ درصدی یافت (شکل ۴).

در آزمایشی که بر روی کشت گواوا با گیاهان پوششی شنبلیله، یونجه و لوبیای علوفه‌ای انجام شد، نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه گواوا از کشت مخلوط این گیاه با شنبلیله حاصل شد (القریشی عادل ۲۰۰۵). در کل چنین به نظر می‌رسد که در کشت گیاهان پوششی با افزایش رقابت درون و بین گونه‌ای، نور به قسمت‌های پایینی بوته نمی‌رسد. در این حالت هورمون اکسین تجزیه نمیشود در نتیجه غلظت اکسین بالا رفته و نهایتاً باعث افزایش طول بوته خواهد شد (کروز و سینوکت ۲۰۰۳). در شرایط سایه با کاهش نسبت نور

قرمز به مادون قرمز افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (یانگ و همکاران ۲۰۱۴). آتور رحمان و همکاران (۲۰۰۵) رابطه مثبت و معنی‌داری را بین کاربرد مالچ کاه و افزایش رشد و ارتفاع گیاه بیان کردند. افزایش ارتفاع گیاه زراعی در شرایط کاربرد مالچ کلشی ممکن است به علت نگهداری بهتر رطوبت خاک در زمین دارای مالچ باشد که در نتیجه فتوسنتز و جذب مواد غذایی بهبود می‌یابد (هودو و همکاران ۲۰۰۲). کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان، به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد و کاهش ارتفاع گیاه در تیمار شاهد (بدون وجین) به دلیل تراکم زیاد علف هرز می‌باشد که موجب محدودیت ساخت مواد فتوسنتزی، مواد معدنی، آب، رقابت بین بوته‌ها و بالاخره کمبود شدید نور در کانوپی سویا می-شود (موسوی و همکاران ۲۰۱۲). این یافته‌ها با نتایج آزمایشلت ما مطابقت دارد.

شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر تلقیح میکوریزا بر ارتفاع کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند

شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر مالچ و وجین دستی بر ارتفاع کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند

تعداد و شاخص سطح برگ

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر اصلی تلقیح با میکوریزا در سطح پنج درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. همچنین اثر اصلی تیمار مالچ در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ و تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). سطح برگ کنگرفرنگی در تیمار تلقیح با میکوریزا و تیمار عدم تلقیح به ترتیب

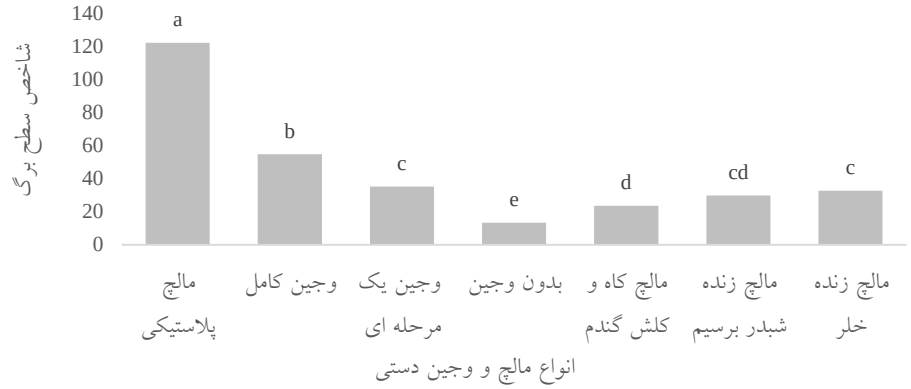
برابر با ۴۶/۶۶ و ۴۲/۴۲ بود و در واقع تلقیح با میکوریزا موجب افزایش ۹/۱ درصدی در سطح برگ گیاه گردید (شکل ۵). افزایش سطح برگ کنگرفرنگی در اثر تلقیح با میکوریزا در آزمایشات دیگری نیز مشاهده شده است (روتا و همکاران ۲۰۱۶ و روتا و همکاران ۲۰۱۸).

اصلانی و همکاران (۲۰۱۱) افزایش معنی‌دار سطح برگ در گیاهان ریحان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی را به افزایش جذب عناصر غذایی نسبت دادند. کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار می‌تواند موجب جذب انتخابی عناصر معدنی و افزایش فعالیت آنزیم احیاکننده‌ی نیترات یعنی نیترات ردوکتاز و سنتز پروتئینی شود که در نهایت موجب گسترش سطح برگ می‌شود (گیری و همکاران ۲۰۰۳). قارچ‌های میکوریزا با انحلال فسفات نامحلول خاک و همچنین از طریق مکانیسم‌های هورمونی قادرند طول و عمق نفوذ ریشه را گسترش دهند، که در نتیجه افزایش در میزان جذب آب و عناصر فسفر، نیتروژن، گوگرد، پتاسیم، کلسیم، روی، آهن و مس موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی وسطح برگ می‌شود (بومسا و وین ۲۰۰۸ و سایکز و همکاران ۲۰۱۴). فسفر با افزایش سرعت فتوسنتز و تحریک سنتز فیتوهورمون-های گیاهی و بخصوص سیتوکنین نقش اساسی در افزایش سطح برگ در شرایط تلقیح با میکوریزا دارد (لودویگ مولر ۲۰۰۰).

در بین تیمارهای مالچ، بیشترین سطح برگ (۱۲۲/۱۸) و تعداد برگ (۴۳) در تیمار مالچ پلاستیک مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان دادند. کمترین سطح برگ (۱۳/۴۲) و تعداد برگ (۱۳) نیز در تیمار بدون وجین مشاهده شد (شکل ۶ و ۷). سطح برگ گیاه در تیمارهای مالچ پلاستیک، وجین کامل، وجین یک مرحله‌ای، مالچ زنده خلر، مالچ زنده شبدر برسیم و کاه و کلش گندم نسبت به تیمار شاهد (بدون اعمال مالچ و وجین) به ترتیب افزایش ۸۹، ۷۵/۵، ۶۲، ۵۸/۸، ۴۴/۹ و ۴۳/۳ درصدی یافت (شکل ۶). مالچ پلاستیکی می‌تواند با افزایش رشد ریشه و جذب آب و مواد مغذی، موجب افزایش سطح برگ شود (هلالی و همکاران ۲۰۱۷ و ژو و فنگ ۲۰۲۰). نور از جمله منابع رقابتی برای همه گیاهان است. شاخص سطح برگ گیاهان در توان رقابتی آنها ازنظر دریافت نور از اهمیت بسیاری برخوردار است. وجین دستی موجب افزایش شاخص سطح برگ و نور دریافتی گیاهان زراعی می‌شود (کیانی و همکاران ۲۰۱۲). تداخل علف‌های هرز باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ می‌شود (یعقوبی ۲۰۰۹ و سرابی و همکاران ۲۰۱۰) که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

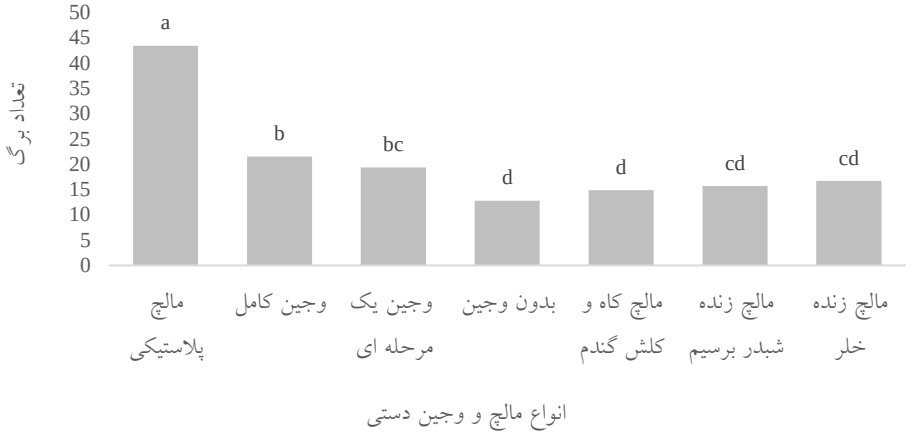
شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر تلقیح میکوریزا بر شاخص سطح برگ کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۶- نتایج مقایسه میانگین اثر مالچ و وجین دستی بر شاخص سطح برگ کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر مالچ و وجین دستی بر تعداد برگ کنگرفرنگی

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند

محتوای کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر محتوای کلروفیل معنی‌دار نبود. اثر اصلی میکوریزا بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل کل (a+b) معنی‌دار بود. همچنین اثر تیمار مالچ بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کل (a+b) در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). محتوای کلروفیل a در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا به ترتیب برابر با ۰/۶۴۸ و ۰/۶۰۵ میلی گرم در هر گرم وزن تر بود و تلقیح با میکوریزا موجب افزایش ۶/۶ درصدی آن شد. همچنین محتوی کلروفیل (a+b) در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا به ترتیب برابر با ۱/۰۰۳ و ۰/۹۵۱ میلی گرم در هر گرم وزن تر بود و تلقیح با میکوریزا موجب افزایش ۵/۲ درصدی آن شد (جدول ۳). تاثیر مثبت میکوریزا بر محتوای کلروفیل کنگرفرنگی در آزمایشات دیگری نیز گزارش شده است(کامپانلی و همکاران ۲۰۱۴ و روتا و همکاران ۲۰۱۸).

میکوریزا از طریق ایجاد روابط همزیستی با گیاه در جذب کارآمد برخی عناصر مانند فسفر که به عنوان عنصر کلیدی در انتقال انرژی طی فرآیند فتوسنتز مطرح است، افزایش محتوای کلروفیل و به دنبال آن فتوسنتز را به دنبال دارد (زارع و همکاران ۲۰۱۲ و کادیان و همکاران ۲۰۱۳). همچنین، گزارش شده است که میکوریزا با تسهیل روند جذب عناصری مانند نیتروژن (تانگ و همکاران ۲۰۰۹ و پری و همکاران

۲۰۱۱)، منیزیم (کادیان و همکاران ۲۰۱۳) و روی (سوبرامانی و همکاران ۲۰۱۸ و ویسانیا و همکاران ۲۰۱۵) به افزایش محتوای کلروفیل کمک می‌کند.

در این بررسی، اعمال تمام تیمارهای مالچ و و جین دستی منجر به افزایش محتوای کلروفیل a، b و کل نسبت به شرایط شاهد (عدم اعمال مالچ و وجین دستی) گردید. بیشترین محتوی کلروفیل a (۰/۶۹۷ میلی گرم در هر گرم وزن تر)، b (۰/۳۸۸ میلی گرم در هر گرم وزن تر) و کل (a+b) (۱/۰۸۵ میلی گرم در هر گرم وزن تر) در تیمار مالچ پلاستیک مشاهده شد. کمترین میزان محتوای کلروفیل a، b و کل در تیمار بدون وجین مشاهده گردید (جدول ۳). فاطمی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که محتوای کلروفیل *Cucurbita pepo* هنگام رشد با مالچ پلی اتیلن رنگی افزایش یافت و رنگ روشن مالچ تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات فیزیولوژیکی از جمله میزان کلروفیل a و b داشت. در این بررسی، اعمال وجین دستی علف‌های هرز، موجب کاهش رقابت بین گیاهان شد. کاهش رقابت علف‌های هرز، منجر به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (ضیائی ۲۰۰۷).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی مالچ و میکوریزا بر محتوی کلروفیل کنگرفرنگی

	میانگین		
تیمار	کلروفیل a ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیلa+b ($mg.g^{-1}$ FW)
مالچ پلاستیکی	۰/۶۹۷ a	۰/۳۸۸a	۱/۰۸۵a
وجین دائم	۰/۶۴۳b	۰/۳۶۹ab	۱/۰۱۲b
یکبار وجین	۰/۶۱۵b	۰/۳۳۶d	۰/۹۵۲b
بدون وجین	۰/۵۲۹c	۰/۳۳۱d	۰/۸۵۸ c
کاه و کلش گندم	۰/۶۱۴ b	۰/۳۴۱ cd	۰/۹۵۴ b
مالچ زنده شبدر برسیم	۰/۶۳۶ b	۰/۳۵۸ bc	۰/۹۹۴ b
مالچ زنده خلر	۰/۶۵۱ ab	۰/۳۳۳d	۰/۹۸۳b
تلقیح با میکوریزا	۰/۶۴۸a	_	۱/۰۰۳a
عدم تلقیح با میکوریزا	۰/۶۰۵b	_	۰/۹۵۱b

میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند

تیونیسن و همکاران (۲۰۱۰) دلیل افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد مالچ زنده را بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه اصلی گزارش کردند. در این بررسی نیز افزایش محتوای کلروفیل کنگرفرنگی کشت شده به صورت مخلوط با مالچ‌های زنده خلر و شبدر برسیم در مقایسه با تیمار شاهد طبیعی به نظر می‌رسد (جدول ۳). زو و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر مالچ کلش بر روی سویا به این نتیجه رسیدند که محتوای کلروفیل برگ با کاربرد مالچ کلش به دلیل فراهم بودن رطوبت مورد نیاز افزایش می‌یابد که با نتایج بررسی ما نیز مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تلقیح با میکوریزا و اعمال مالچ‌ها و وجین دستی، عملکرد، ارتفاع، تعداد و سطح و همچنین کلروفیل برگ کنگرفرنگی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. بیشترین میزان این صفات در تیمار مالچ پلاستیک در شرایط تلقیح با میکوریزا مشاهده شد. به طور کلی تلقیح با

میکوریزا سبب افزایش در جذب آب و مواد معدنی شده و این روش را به عنوان روشی جهت بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌توان پیشنهاد داد، همچنین انواع مالچ‌ها با کاهش میزان تابش خورشید به سطح خاک و جلوگیری از تبخیر آب از سطح زمین موجب افزایش عملکرد می‌شوند. مالچ با حفظ رطوبت و مواد مغذی باعث بهبود شرایط خاک برای استقرار AMF می‌شود. بنابراین تلقیح گیاه به همراه اعمال مالچ شرایط را برای رشد و توسعه گیاه مطلوب می‌سازد. با این حال دستیابی به اطلاعاتی جامع در زمینه تأثیرات مثبت AMF و همچنین مالچ‌ها، نیازمند مطالعه در شرایط مختلف آب و هوایی می‌باشد.

سپاسگزاری

به این وسیله از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه زنجان به دلیل تأمین هزینه‌های پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abbaspour H, Saeidi-Sar S, Afshari H and Abdel-Wahhab MA. 2012. Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia Vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. Journal of Plant Physiology, 169(7): 704-709.

Aladesanwa RD and Adian AW. 2008. Evalution of sweet potato (*Ipomea batatas*) live mulch at different spacings for weed suppression and yield response of maize (*Zea mays* L.) in southwestern Nigeria. Crop Protection, 27: 967-975.

Allahdadi M. 2017. Effect of different nutritional treatments (chemical, biological and integrated fertilizers) on medicinal forage yield of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). PhD thesis, Department of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian).

Al-qurashi-Adel DS. 2005. Growth and leaf nutrients content of guava seedling (*Psidium guajava* L.) Intercropped with some legume cover crops. Assiut Journal of Agricultural Science, 36 (3): 109-119.

Apple ME, Thee CI, Smith-Longozo VL, Cogar CR, Wells CE and Nowak RS. 2005. Arbuscular mycorrhizal colonization of *Larrea tridentata* and *Ambrosia dumosa* roots varies with precipitation and season in the Mojave Desert. Symbiosis, 39: 131-136.

Arnon DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology.,24(1): 1-15.

Aslani Z, Hassani A, Rasooli Sadaghiyani M, Sefidkon F and Barin M. 2011. Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosseae* and *G. intraradices*) on growth, chlorophyll contents and P concentration in basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iran. J. Medicinal and Aromatic Plants, 27: 3. 471-486. (In Persian).

Ataure Rahman M, Chikushi J, Saifizzaman M and Lauren JG. 2005. Rice straw mulching and nitrogen of notill wheat following rice in Bangladesh. Field Crops Researc,. 91:71-81.

Baixauli C, Giner A, Aguilar JM, Miguel A, Maroto JV and Lopez S. 2004. Effects of Different Plastic mulching films on seed propagated artichoke (*Cynara scolymus*) production. Proceedings of the Vth International Congress on Artichoke, (660): 323-326.

Bi Y, Qiua L, Zhakypbekc Y, Jianga B, Caia Y and Suna H. 2018. Combination of plastic film mulching and AMF inoculation promotesmaize growth, yield and water use efficiency in the semiarid region of Northwest China. Agricultural Water Management. 201: 278-286.

Boomsma CR and Vyn TJ. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through Arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Research. 108: 14–31.

Brainard DC, Bakker J, Noyes DC and Myers N. 2012. Rye living-mulch effects on soil moisture and weeds in asparagus. Horticultural Science, 47: 58-63.

Campanelli A, Claudia R, Tagarelli A, Morone-Fortunato I and De Mastro G. 2014. Effectiveness of mycorrhizal fungi on globe artichoke (*Cynara cardunculus L. var. scolymus*) micropropagation. Journal of Plant Interaction, 9 (1):100-106.

Conversa G, Lazzizera C, Bonasia A and Elia A. 2012. Yield and phosphorus uptake of a processing tomato crop grown at different phosphorus levels in a calcareous soil as affected by mycorrhizal inoculation under field conditions. Biol Fert Soils. 49:691–703.

Chakraborty D, Nagarajan S, Aggarwal P, Gupta VK, Tomar RK, Sarkar A, Chopra UK, Sundara Sarma KS and Kalra N. 2008. Effect of mulching on soil and plant water status, and the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semi-arid environment. Agricultural Water Management. 95:1323-1334.

Ciaccia C, Kristensen HL, Campanelli G, Bavec F, von Fragstein P, Robacer M, Testani E and Canali S. 2015. Living mulch and vegetable production: Effect on crop/weed competition. Pp. 717-720. In Rahmann G and Aksoy U (eds.). Proceedings of the 4th International Society of Organic Agriculture Research Scientific Conference 'Building Organic Bridges' at the Organic World Congress 2014.

Colonna E, Rouphael Y, Pascalea SD and Barbieri G. 2016. Effects of mycorrhiza and plant growth promoting rhizobacteria on yield and quality of artichoke. Acta Horticulture, 1147: 43–50.

Copetta A, Lingua G and Berta G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L.var. Genovese. Mycorhiza, 16: 485-494.

Costabile A, Kolida S, Klinder A, Gietl E, Bauerlein M, Frohberg C, Landschutze V and Gibson GR. 2010. A double-blind, placebocontrolled, cross-over study to establish the bifidogenic effect of a very-long-chain inulin extracted from globe artichoke (*Cynara scolymus*) in healthy human subjects. British Journal of Nutrition, 104: 1007-1017.

Cruz PA and Sinoquet H. 2003. Competition for light and nitrogen during a regrowth cycle in a tropical forage mixture. Field Crops Research. 36: 21-30.

Dong W, Si P, Liu E, Yan C, Zhang Z and Zhang Y. 2017. Infuence of film mulching on soil microbial community in a rainfed region of northeastern China. Scientific Reports. 7: 8468.

Fatemi H, Aroiueer H, Azizi M and Nematizizi H. 2013. Influenced of quality of light reflevted of colored mulch on *Cucurbita pepo* var. Rada under field condition, International Journal of Agriculture: Research and Review. 3 (2): 374-380.

Gallou A, Mosquerab HPL, Cranenbrouckc S, Suarezb JP and Declerck S. 2011. Mycorrhiza induced resistance in potato plantlets challenged by Phytophthora infestans. Physiological and Molecular Plant Pathology.76: 20-26.

Gao YH, Xie YP, Jiang HY, Wu B and Niu JY. 2014. Soil water status and root distribution across the rooting zone in maize with plastic film mulching. Field Crops Research. 156: 40–47.

Ghadiri AR, Farrokh AR and Safarzadeh vishkai MN. 2008. Study of kind of mulch efficiency in order to cutting sow bed cover in production of mulberry sapling. Pajouhesh & Sazandeg. 79: 18-25. (In Persian).

Giri B, Kapoor R and Mukerji KG. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of Acacia auriculiformis. Biology and Fertility of Soils. 38: 170–175.

Helaly AA, Goda Y, Abd El-Rehim AS, Mohamed AA and El-Zeiny OAH. 2017. Effect of polyethylene mulching type on the growth, yield and fruits quality of physalis pubescens. Advances in Plants & Agriculture Research. 6(5): 154-160.

Hudu AI, Futules KN and Gworgwor NA. 2002. Effect of mulching intensity on the growth and yield of irrigated tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and weed infestation in semiarid zone of Nigeria. Journal of Sustainable Agriculture. 21(1): 37-48.

HU J, CUI X, DAI J, WANG J, CHEN R, Yin R and LIN X. 2014. Interactive Effects of Arbuscular Mycorrhizae and Maize (*Zea mays* L.) Straws on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Growth and Organic Carbon Storage in a Sandy Loam Soil. Soil & Water Research. 9 (3): 119–126.

Iniobong E, Okon M, Solomon G and Osonubi O. 2010. The Effects of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation and mulch of contrasting chemical composition on the yield of cassava under humid tropical conditions. The Scientific World Journal. 10: 505–511.

Kadian N, Yadav K, Badda N and Aggarwal A. 2013. AM fungi ameliorates growth, yield and nutrient uptake in *Cicer arietinum L*. under salt stress. Russian Agricultural Sciences. 39: 321-329.

Kapoor R, Giri B and Mukerji G. 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture. 82:(4) 339-342.

Kaya C, Ashraf M, Sonmez O, Aydemir S, Tuna AL and Cullu MA. 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants growth at high salinity. Scientia Horticulturae. 121: 1-6.

Kiani S, Alizadeh O, Bazr Afshan F and Zaker Nejad S. 2012. Effect of weeding time on the species composition, plant density, dry weight and physiological characteristics of sweet corn weeds in Ahvaz. Crop Physiology. 4 (15): 99-112. (In Persian).

Lenka NK, Dass A, Sudhishri S and Patnaik US. 2012. Soil carbon sequestration and erosion control potential of hedgerows and grass filter strips in sloping agricultural lands of eastern India. Agriculture, Ecosystems and Environment. 158: 31–40.

Li FM, Song QH, Jjemba PK and Shi YC. 2004. Dynamics of soil microbial biomass C and soil fertility in cropland mulched with plastic film in a semiarid agro-ecosystem. Soil Biology and Biochemistry. 36: 1893–1902.

Liu Y, Mai L, He X, Cheng G, Ma X, An L and Feng H. 2012. Rapid change of AM fungal community in a rain-fed wheat field with short-term plastic film mulching practice. Mycorrhiza. 22: 31–39.

Lombardo S, Restuccia C, Pandino G, Licciardello F, Muratore G and Mauromicale G. 2015. Influence of an O3-atmosphere storage on microbial growth and antioxidant contents of globe artichoke as affected by genotype and harvest time. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 27: 121-128.

Ludwig-Müller JL. 2000. Hormonal balance in plants during colonization by mycorrhizal fungi. Pp. 263-285. In: Kapulnik M and Douds J (eds). "Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function". Kluwer Publishers, Netherlands.

McGonigle T, Miller M and Swan J. 1990. A new method that gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscalar mycorrhizal fungi. New Phytologist. 115: 495-501.

Mehriya ML, Yadav RS, Jangir RP and Poonia BL. 2007. Critical period of crop-weed competition and its effect on nutrients uptake by cumin (*Cuminum cyminum*) and weeds. Indian Journal of Agricultural Sciences. 77: 849-852.

Mishra RH. 2010. Soil Microbiology. Cbs Publishers and Distributors. 187 pp.

Mohammad M, Abrishamchi A, Khoshbakht K and Niknam V. 2014. Plant hormones as signals in arbuscular mycorrhizal symbiosis. Critical Reviews in Biotechnology. 34(2): 123-133.

Mohammed SA, Emad AS and Alaaeldin AH. 2017. Impact of Mycorrhizae and Polyethylene Mulching on Growth, Yield and Seed Oil Production of Bottle Gourd (*Lagenaria siceraria*). Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. 9 (1): 28-38.

Moosavi SG, Seghatoleslami MJ and Moazeni A. 2012. Effect of planting date and plant density on morphological traits, LAI and forage corn (Sc. 810) yield in second cultivation. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 8(8): 91-28.

Morone I, Ruta C, Tagarelli A and Marzi V. 2004. The influence of mineral and organic fertilization on the survival of mycorrhiza in artichoke roots. Acta Horticulturae. 660:429-435.

Nejatzadeh-Barandozi F . 2020. Effects of different levels of mulch and irrigation on growth traits and essential oil content of basil. Italian Journal of Agronomy. volume 15:1247.

Okon E, Solomon MG and Osonubi O. 2010. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation and Mulch of Contrasting Chemical Composition on the Yield of Cassava under Humid Tropical Conditions. The ScientificWorld JOURNAL. 10: 505–511.

Perry TW, Rhykerd CL, Holt DA and Mayo HH. 2011. Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage. Journal of Animal Science. 34: 642-646.

Phillips JM and Hayman DS. 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. 55:158-161.

Rahimi Tanha S, Ghasemnezhad A and Babaeizad V. 2014. A Study on the Effect of endophyte fungus, *Piriformospora Indica*, on the yield and phytochemical changes of globe artichoke (*Cynara Scolymus* L.) leaves under water stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2(6): 1907-1921.

Roberts TL. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture. 32: 177-182.

Ruta C, Tagarelli A, Campanelli A and De Mastro G. 2018. Field performance of micropropagated and mycorrhizal early globe artichoke plants. European Journal of Agronomy. 99: 13–20.

Ruta C, Tagarelli A, Vancini C and De Mastro G. 2016. Evaluation of commercial arbuscular mycorrhizal inoculants on micropropagated early globe artichoke during the acclimatization stage. Acta Horticulturae. 1147: 369-374.

Ruzzi M and Aroca R. 2015. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae. 196: 124–134.

Salvioli A, Zouari I, Chalot M and Bonfante P. 2012. The arbuscular mycorrhizal status has an impact on the transcriptome profile and amino acid composition of tomato fruit. BMC Plant Biol. 12:44

Sarabi V, Nassiri Mahallati M, Nezami A and Rashed Mohassel MH. 2010. The effect of relative emergence time and density of common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) on corn (*Zea mays* L.) grain and biological yield. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(5): 862-870. (In Persian).

Shaul-Keinan O, Gadkar V, Ginzberg I, Grünzweig JM, Chet I, Elad Y, Wininger S, Belausov E, Eshed Y, Atzmon N, Ben-Tal Y and Kapulnik Y. 2002. Hormone concentrations in tobacco roots change during arbuscular mycorrhizal colonization with *Glomus intraradices*. New Phytologist. 154: 501–508.

Sikes BA, Maherali H and Klironomos JN. 2014. Mycorrhizal fungal growth responds to soil characteristics, but not host plant identity, during a primary lacustrine dune succession. Mycorrhiza. 24: 219–226.

Subramanian KS, Tenshia V, Jayalakshmi K and Ramachandran V. 2018. Role of arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) – (fungus aided) in zinc nutrition of maize. Advances in Agricultural Biotechnology. 2(4): 094-103.

Tahat MM and Sijam K. 2012. Mycorrhizal fungi and abiotic environmental conditions relationship. Research Journal of Environmental Sciences. 6: 125-133.

Tang M, Chen H, Huang JC and Tian ZQ. 2009. Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of (*Zea mays* L.) seedlings under diesel stress. Soil Biology Biochemistry. 41: 936-940.

Tesi R, Lombardi P and Lenzi A. 2004. Nursery production of rooted offshoots of globe artichoke (*Cynara Scolymus* L.). Acta Horticulturae. 660: 399–403.

Theunissen J, Ndakidemi PA and Laubscher CP. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of Physical Sciences. 5(13): 1964-1973.

Trinchera A, Testani E, Ciaccia C, Campanelli G, Leteo F and Canali S. 2016. Effects induced by living mulch on rhizosphere interactions in organic artichoke: The cultivar's adaptive strategy. Renewable Agriculture and Food Systems. 32(3): 214-223.

Wang C, Li X, Zhon J, Wang G and Dong Y. 2008. Effects of AM fungi on the growth and yield of cucumber plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 39: 499–509.

Weisanya W, Raeia Y and Pertotb I. 2015.Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethumgraveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization andcropping system. Industrial Crops and Products. 77 (2015): 295–306.

Wu QS, Zou YN, Xia RX and Wangi MY. 2009. Mycorrhiza has a direct effect on reactive oxygen metabolism of drought-stressed citrus. Soil, Environmental and Atmospheric Sciences, 55(10): 436–442.

Xue L, Anjum S, Wang LC and Faisal Bilal M. 2011. Influence of straw mulch on yield, chlorophyll contents, lipid peroxidation and antioxidant enzymes activities of soybean under drought stress. Journal of Food, Agriculture and Environment. 9 (2): 699-704.

Yaghobi SR. 2009. Corn leaf canopy changes in different layers of natural populations of weed interference period. Journal of Modern Science of Sustainable Agriculture. 5(14): 81-88.

Yang F, Huang S, Gao R, Liu W, Yong T, Wang X, Wu X and Yang W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Field Crops Research. 155: 245-253.

Zarea MJ, Hajinia S, Karimi N, Mohammadi Goltapeh E, Rejali F and Varma A. 2012. Effect of piriformospora indica and azospirillum strains from saline or non-saline soil on mitigation of the effects of NaCl. Soil Biology and Biochemistry. 45: 139-146.

Ziaei A. 2007. Effect of water deficit stress and nitrogen deficiency on photosynthesis of maize hybrids (*Zea mays* L.). Master's thesis (Agriculture). Graduate University of Shiraz. (In Persian).

Zhou L and Feng H. 2020. Plastic film mulching stimulates brace root emergence and soil nutrient absorption of maize in an arid environment. Journal of the Science of Food and Agriculture. 100(2): 540-550

Zhu Y, Lv GC, Chen YL, Gong XF, Peng YN, Wang ZY, Ren AT and Xiong YC. 2017. Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi with plastic mulching in rainfed wheat: A promising farming strategy. Field Crop Research, 204: 229-241.