تأثیر دمای هوا و دمای منطقهٔ ریشه بر عملکرد و تثبیت نیتروژن سه گونه یونجهٔ یکساله

مجید امینی دهقی، سید علی محمد مدرس ثانوی*، مجید غلامحسینی و محمود پنج تن دوست[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۶/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر دمای هوا و دمای خاک بر عملکرد، اجزای عملکرد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن ۳ گونه یونجه یکساله (*Medicago polymorpha, M. radiata ,M. rigidula*) ، آزمایشی در شرایط کنترل شده (اتاقک رشد) در سال ۱۳۸۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. دمای هوا در ۳ سطح شامل ۱۵/۱۰، ۲۰/۱۵ و ۲۵/۲۰ درجه سلسیوس شب/ روز به عنوان فاکتور اصلی، دمای منطقه ریشه در ۴ سطح شامل ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس به عنوان فاکتور فرعی و ۳ گونه یونجه یک ساله به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. نتایج حاکی از آن بود که گونه‌ها از لحاظ تولید مادهٔ خشک، اجزای عملکرد و تثبیت نیتروژن تفاوت معنی‌داری داشته و گونهٔ *M. rigidula* نسبت به سایر گونه‌ها از نظر میزان مادهٔ خشک برگ، ساقه و ریشه، نسبت برگ و ساقه به ریشه و تعداد و سطح برگ برتر بوده و عملکرد بیشتری داشت. هم‌چنین دمای ۲۵/۲۰°C شب/ روز هوا (گرم‌ترین دمای هوا) بیشترین مقدار گره‌زایی (۸/۸۵ میلی‌گرم ماده خشک گره در هر گلدان) و تثبیت نیتروژن (۷/۷۰ میلی‌گرم در گرم مقدار نیتروژن در توده گیاهی) را دارا بود که در مقایسه با دمای ۱۵/۱۰°C شب/ روز هوا (سردترین دمای هوا)، افزایشی ۸ و ۲ برابری را به ترتیب در گره‌زایی و تثبیت نیتروژن نشان داد. کاهش دمای منطقه ریشه تا ۵ درجه سانتی‌گراد، تأثیر به شدت کاهشی بر عملکرد و تثبیت نیتروژن هر ۳ گونه یونجه یک ساله داشت. بررسی اثر متقابل گونه‌ها، دمای هوا و دمای منطقه ریشه نشان داد گونهٔ *M. rigidula* در دمای ۲۵°C هوا و ۱۵°C منطقه ریشه از لحاظ عملکرد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن نسبت به سایر تیمارها برتر بود. هم‌چنین گونهٔ *M. rigidula* در تمام دماهای پایین منطقه ریشه و هوا، رشد و نمو بهتری در مقایسه با سایر گونه‌ها داشت، بنابراین برای کشت در مناطق سرد و معتدل مناسب‌تر است. در مجموع می‌توان استنباط نمود که استفاده از یونجه‌های یکساله در مناطقی که در فصل رویش با افت دمای محیط به ویژه کاهش دمای خاک تا ۵°C ، مواجه هستند موفقیت آمیز نیست، ولی در مناطقی که دمای حداقل خاک بیش از ۱۰°C باشد، این گیاهان رشد خوبی داشته و از طریق موفقیت در تثبیت نیتروژن قادر به تولید عملکرد مطلوب هستند.

واژه‌های کلیدی: تثبیت نیتروژن، دمای هوا، دمای منطقه ریشه، عملکرد، اجزای عملکرد، یونجه یکساله

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و دانشجویان سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: modaresa@modares.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

مقدمه

محدودیت منابع کشاورزی در تأمین علوفه به منظور تولید محصولات دامی و فشار بیش از حد دام‌ها به مراتع کشور، سبب تخریب رو به تزاید منابع طبیعی شده و از طرف دیگر به علت مسایل اقتصادی و مقررات بازرگانی بین‌المللی امکان واردات محصولات دامی مشکل و پرهزینه است. بنابراین رفع موانع عمده تولید علوفه جهت رهایی از تنگناهای اشاره شده امری اجتناب ناپذیر است. یکی از روش‌های افزایش تولید محصولات کشاورزی و دامداری، در تناوب قرار دادن گیاهان خانواده بقولات علوفه‌ای به ویژه گونه‌های یک‌ساله آنها در آیش مزارع و نیز کشت مستقیم این گیاهان در مراتع طبیعی است. استفاده از این دسته از گیاهان این فرصت را به کشاورز می‌دهد تا بدون این که زمین خود را رها سازد میزان نیتروژن و حاصل‌خیزی خاک را افزایش دهد و هم‌زمان مقدار قابل توجهی علوفه برای دام‌های خود برداشت کند (۳۰). در بین گیاهان بقولات، یونجه‌های یکساله از جمله گیاهانی هستند که با توجه به ویژگی‌های مطلوب آنها مانند ارزش علوفه‌ای مطلوب، تأثیر مثبت بر حاصل‌خیزی خاک و توسعه وسیع آنها در مقیاس جهانی، در کانون توجه قرار گرفته‌اند (۶).

استقرار یونجه‌های یکساله در مراتع و مزارع به عوامل مختلفی بستگی دارد و یکی از مهم‌ترین آنها ایجاد همزیستی بین باکتری تثبیت کننده نیتروژن با میزبان آن می‌باشد که نتیجه این هم‌زیستی افزایش نیتروژن قابل دسترس برای گیاه (به ویژه در سیستم‌های کشاورزی پایدار که کمتر از کودهای شیمیایی استفاده می‌گردد) و در نهایت افزایش رشد گیاه و تولید محصول می‌باشد (۲۵ و ۳۰). از طرفی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ایجاد هم‌زیستی مطلوب بین گیاه و باکتری، دمای محیط و به ویژه دمای خاک است (۲۶). یونجه‌های یکساله اکثراً بومی مناطق مدیترانه با آب و هوای معتدل هستند و بنابراین تحمل آنها نسبت به سرمای زمستان کم است (۳۰). این در حالی است که بحرانی‌ترین زمان برای تولید علوفه در کشور ایران و کشورهایی با اقلیم مشابه آن، اواخر پاییز و اوائل زمستان می‌باشد، دوره‌ایی که محتوی رطوبت خاک در شرایط مطلوبی است ولی دمای پایین محیط و خاک، از رشد گیاه و تولید محصول جلوگیری می‌کند (۲۶).

گونه‌های مختلف یونجه‌های یکساله دارای مقاومت‌های متفاوتی در برابر سرما می‌باشند و از این نظر در رویشگاه‌های مختلف نیز به صورت طبیعی و با توجه به میزان مقاومت در برابر سرما و سایر تنش‌های محیطی، گونه‌های خاصی از این جنس استقرار یافته‌اند (۲۱). برای مثال نتایج تحقیقات نشان داده گونه *Medicago rigidula* بیشترین پتانسیل زنده ماندن در زمستان را نسبت به سایر گونه‌های یونجه یک‌ساله داراست (۲۱). در مقابل گونه *Medicago polymorpha* در سطح وسیعی از شرایط آب و هوایی کشور انتشار یافته و از سازگارترین یونجه‌های یک‌ساله ایران است (۵) ولی مقاومت به سرمای این گونه به صورت جدی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین ضرورت دارد گونه‌های مختلف از یونجه‌های یکساله هم از نظر مقاومت به سرما و هم از نظر تولید محصول مورد ارزیابی قرار گیرند. در آب و هوای سرد، زمانی که دمای خاک به شکل قابل توجهی افت می‌کند، یونجه‌های یک‌ساله قادر به رشد فعال نمی‌باشند و در بهترین حالت فقط سرما را تحمل کرده و زنده می‌مانند. در چنین شرایطی تولید ماده خشک گیاهی به شدت کاهش می‌یابد و بدون تردید فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (ریزوبیوم‌ها) نیز متوقف می‌گردد. مطالعات انجام شده در مورد تأثیر دمای پایین منطقه ریشه بر تثبیت نیتروژن در گیاه سویا (*Glycin max* (L.) Merr.) و سایر لگوم‌های علوفه‌ایی نیمه‌گرمسیری مشخص نمود که کاهش دما موجب کاهش گره‌بندی و کاهش فعالیت و کارائی گره‌ها می‌گردد که نتیجه این فرایند افت چشمگیر عملکرد است (۲۲). لینچ و اسمیت (۲۳) گزارش کردند که دمای نامطلوب منطقه ریشه سرایت، آلودگی و توسعه گره‌ها را در سویا محدود کرده و تثبیت نیتروژن را تقریباً ۴ تا ۶ هفته پس از تلقیح به تأخیر می‌اندازد. اندک پژوهش‌های انجام گرفته به منظور پی بردن به فیزیولوژی کاهش تثبیت نیتروژن در دماهای پایین بر کاهش سیگنال‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

مولکولی بین ریشه گیاه و باکتری تأکید داشتند (۱۷).

برای استفاده بیشتر از یونجه‌های یکساله در تناوب لازم است نسبت به کشت زود هنگام این گیاهان اقدام شود تا گیاهان دوره رویشی طولانی‌تری داشته، نیتروژن بیشتری تثبیت کنند و ضمن تولید علوفه بیشتر به حاصل‌خیزی مزارع و مراتع کشور کمک نمایند. از طرفی کشت زود هنگام مشکلات ناشی از دماهای پایین هوا و خاک را به همراه دارد بنابراین برای وصول به اهداف مطرح شده نیاز به ارقام مقاوم به سرماست که بتواند در دمای پایین هوا و خاک، جوانه زده، سریعاً سبز گردد و از طریق ایجاد همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، تولید محصول مطلوب را تضمین نماید. با توجه به حساسیت ارقام وارداتی به سرما (۵)، ضرورت تحقیقات در زمینه مسایل اکولوژیک و فیزیولوژیک ارقام یونجه‌های یکساله بومی کشور مشخص می‌شود. بنابراین ازبین گونه‌های متنوع یونجه‌های یکساله در ایران، ۳ گونه *Medicago polymorpha*، *Medicago rigidula* و *Medicago radiate* که دارای بیشترین پراکنش در مناطق معتدل و سرد کشور هستند، برای تحقیق انتخاب شدند.

علی‌رغم توجه زیادی که به استفاده از یونجه‌های یکساله در سیستم‌های کشاورزی پایدار وجود دارد، متأسفانه اطلاعات زیادی در مورد تأثیر سرما (به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در رشد و تولید محصول این دسته از گیاهان) بر رشد و نمو، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن و در نهایت تولید عملکرد در بین گونه‌های مختلف یونجه‌های یکساله در اختیار نیست. بنابراین آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر دماهای مختلف هوا و خاک بر رشد، تثبیت نیتروژن و عملکرد ۳ گونه یونجه یکساله در شرایط کنترل شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی دماهای مختلف هوا و خاک (منطقه ریشه) بر عملکرد، اجزای عملکرد و تثبیت نیتروژن در ۳ گونه یونجه یکساله، آزمایشی در سال ۱۳۸۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در شرایط کنترل شده (اتاقک رشد) اجرا شد. دمای هوا در ۳ سطح شامل ۱۵/۱۰، ۲۰/۱۵ و ۲۵/۲۰ درجه سانتی‌گراد شب/ روز هر کدام در ۳ اتاقک رشد جداگانه به عنوان عامل اصلی، دمای منطقه ریشه در چهار سطح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد (برای تنظیم دمای منطقهٔ ریشه، ۳ دستگاه مبرد مشابه طراحی و ساخته شد (هر اتاقک رشد یک دستگاه مبرد). دستگاه مذکور دارای ۳ بخش مجزا با کارکردی متفاوت بود که عبارت بودند از ۱) سیستم سردکننده دستگاه که سرمای مورد نیاز را بر اساس تعداد گلدان‌ها تأمین می‌نمود، ۲) سیستم گردش آب برای یکنواختی دما در هر یک از مخازن چهارگانه دستگاه (در هر یک از مخازن خود یکی از چهار سطح دمای منطقه ریشه تولید می‌گردید) و ۳) قسمت کنترل و تنظیم دمای دستگاه تا دماهای مختلف منطقهٔ ریشه را با حساسیت $0/1^{\circ}C$ تأمین نماید (۲). به عنوان عامل فرعی و ۳ گونه یونجه یک ساله (*Medicago polymorpha cv. Santiago*، *Medicago radiate cv. Radiata* و *Medicago rigidula cv. Rigidula*) به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند.

با توجه به محدودیت در تعداد اتاقک رشد و دستگاهای تأمین کننده دمای پایین در منطقه ریشه، بعد از انجام آزمایش‌های مربوط به یک تکرار با تغییر دمای روز و شب اتاقک‌های رشد (به منظور ایجاد یک‌نواختی در بین تیمارهای آزمایشی)، آزمایش‌های تکرار بعدی به اجرا درآمد. ابتدا بذرها با الکل اتیلیک ۹۵ درصد و محلول کلرید جیوه ۰/۲ درصد ضدعفونی و با آب مقطر شسته شدند. سپس گلدان‌هایی با ارتفاع ۱۵ و قطر دهانه ۱۳ سانتی‌متر با کوارتز پر و بذرها در آنها کشت شدند (برای ضد عفونی گلدان‌ها از الکل اتیلیک ۹۸ درصد و برای ضدعفونی کوارتز از دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت استفاده شد) و آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر انجام گرفت. در داخل هر اتاقک رشد دمای روز و شب براساس تیمار دمائی مربوطه، PPFD در بالای گلدان‌ها

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

$۴۰۰\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$، طول دوره روشنایی ۱۲ ساعت و رطوبت نسبی بین ۷۰ تا ۸۰ درصد متغیر بود (۲۰). در هردستگاه مبرد ۱۲، در هر تکرار ۳۶ و در کل آزمایش ۱۰۸ گلدان مورد بررسی قرار گرفتند. پس از انتقال گلدان‌ها به اتاقک رشد و استقرار بوته‌ها، عملیات تنک به منظور حفظ ۱۰ بوته یکنواخت در هر گلدان انجام گرفت (تراکم ۱۰۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (۳۳). هنگامی‌که برگ‌های لپه‌ایی گیاهچه‌ها ظاهر شدند تغذیه با محلول غذایی هوگلند بدون نیتروژن آغاز شد.

جهت تلقیح گیاهان از باکتری *Rhizobium meliloti* که در محیط کشت سترون بدون آگار کشت داده شده بود، استفاده گردید. (برای تهیه باکتری، گره‌های فعال را از ریشه جدا و پس از شستشو، سترون کرده سپس آنها را به محیط کشت بدون آگار که در دمای $۱۲۰^{\circ}C$ به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو ضدعفونی شده بود، اضافه و برای تکثیر سریع باکتری، محیط کشت به مدت ۴ روز در دمای $۲۵^{\circ}C$ قرار داده شد. پس از سپری شدن این زمان، باکتری‌ها جهت تلقیح قابل استفاده هستند.) پس از ظهور برگ‌های لپه‌ایی به میزان یک میلی‌لیتر از محلول حاوی باکتری به ازای هر گلدان همراه با محلول غذایی، اضافه گردید.

در برداشت نهایی (۶۰ روز پس از تلقیح، هنگامی که گیاهان در حدود ۱۰ درصد گل‌دهی قرار داشتند) تمام بوته‌های هر گلدان همراه با ریشه برداشت و پس از شستشوی کامل ریشه‌ها به منظور جداسازی دانه‌های کوارتز، اقدام به جدا سازی ریشه و اندام هوایی از یکدیگر گردید. سپس کلیه برگ‌ها از ساقه جدا و تعداد و سطح برگ اندازه‌گیری شد. بعد از آن وزن ماده خشک ساقه، برگ و ریشه به تفکیک تعیین گشت (برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در آون الکتریکی با دمای $۷۵^{\circ}C$ قرار گرفتند و سپس با ترازوی دقیق (۰/۰۰۱ گرم) توزین شدند). برای تعیین سطح برگ از دستگاه Leaf Area meter (ΔT, England) استفاده گردید. هم‌چنین تعداد گره‌های تلقیح شده روی ریشه شمارش شد و بعد از جداسازی گره‌ها، وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. به علاوه برای بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار نیتروژن تثبیت شده، از هر واحد آزمایشی (هر گلدان) نمونه‌ایی از ماده خشک گیاهی (اندام‌های هوایی گیاه) تهیه و بعد از آسیاب و عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری، نمونه‌ها به روش هضم تر (۱) در لوله‌های مخصوص با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، هضم گردیده و به وسیله روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه Kjeltec Auto 1030 Analyzer,Tecator، غلظت نیتروژن کل در نمونه‌های گیاهی تعیین شد (۱). در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۷) و MSTATC انجام گرفت و مقایسهٔ میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اثرات اصلی، ۲گانه و ۳گانه تیمارهای آزمایشی بر مقدار ماده خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). گونه *M. rigidula* بیشترین ماده خشک برگ را تولید کرد، این گونه در مقایسه با ۲ گونه *M. polymorpha* و *M. radiata* به ترتیب، افزایشی ۱۹ و ۱۱۹ درصدی را در ماده خشک برگ نشان داد (جدول ۲). اگرچه گونه‌های متنوع یونجه یک‌ساله دوره زندگی مشابهی دارند، ولی از نظر صفات ظاهری و زراعی از جمله تعداد برگ با هم متفاوت هستند (۷). افزایش دمای منطقه ریشه تا سطح $۱۵^{\circ}C$ موجب افزایش ماده خشک برگ گردید اما دمای بالاتر آن باعث کاهش این صفت شد (جدول ۳). افزایش دمای محیط ریشه بیش از حد مطلوب، موجب افزایش تنفس ریشه و اختلال در جذب و انتقال عناصر غذایی به اندام‌های فتوسنتز کننده می‌گردد که این فرآیند تأثیر منفی بر تجمع ماده خشک در توده گیاهی دارد (۸). در مقابل، افزایش هر سطح دمای هوا، افزایش معنی‌دار ماده خشک برگ را به همراه داشت (جدول ۴). حداکثر ماده خشک برگ (۳۸۱/۷۳ میلی‌گرم در هر گلدان) از ترکیب بالاترین دمای هوا و دمای $۱۵^{\circ}C$ منطقه ریشه و حداقل آن با کاهشی ۲۱ برابری از سردترین دمای هوا و منطقه ریشه به دست آمد (جدول ۵). گزارش شده در دمای پایین‌تر از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۱. تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تأثیر دمای هوا، منطقه ریشه (خاک) و گونه

منابع تغییر	درجه آزادی	مادهٔ خشک برگ	مادهٔ خشک ساقه	تعداد برگ	سطح برگ	مادهٔ خشک ریشه	عملکرد بیولوژیک	نسبت برگ و ساقه به ریشه	تعداد گره	ماده خشک گره	مقدار نیتروژن در توده گیاهی
دمای هوا	۲	۱۴۱۷۵۲/۱۹**	۱۶۱۲۳/۳۱**	۴۶۹/۳۹**	۳۳۳۷/۴۴**	۱۴۶۱۲/۶۹**	۲۷۶۴۱۲/۶۷**	۱۵/۸۱**	۹۸۹/۷۹**	۵۵۴/۴۸**	۱۳۳/۹۵**
خطای A	۴	۳۷/۴۸	۴۹/۲۰	۱/۸۴	۴/۴۴	۱۳/۰۵	۱۰۹۵/۶۸	۰/۲۰	۲/۲۰	۰/۵۴	۰/۱۹
دمای منطقه ریشه	۳	۸۸۴۹۰/۳۷**	۱۴۶۲۲/۶۷**	۳۷۳/۷۰**	۲۰۰۹/۱۶**	۴۳۳۹/۴۰**	۱۸۳۲۴۲/۷۵**	۲/۹۴**	۱۴۱۴/۵۴**	۵۶۸/۹۴**	۱۲۵/۸۰**
اثر متقابل دمای هوا و منطقه ریشه	۶	۵۶۸۷۹/۰۷**	۷۹۱۱/۹۴**	۱۲۱/۴۰**	۹۱۰/۰۸**	۳۲۸۲/۵۰**	۱۱۱۶۳۵/۶۷**	۱/۸۳**	۵۴۲/۲۸**	۳۰۹/۶۵**	۶/۹۲**
خطای B	۱۸	۲۱/۸۳	۱۰/۰۴	۱/۸۰	۸/۵۶	۱۰/۳۳	۱۰۶۴/۸۲	۰/۰۸	۰/۹۲	۰/۴۳	۰/۱۹۷
گونه	۲	۵۲۴۲۳/۲۲**	۹۴۳۶/۲۲**	۴۰/۸۵**	۱۱۰۴/۲۵**	۱۹۱۳/۳۳**	۹۹۰۷۴/۲۸**	۱۶/۵۸**	۲۰۴/۶۰**	۱۰/۵۹**	۱۲۲/۷۷**
اثر متقابل گونه در دمای هوا	۴	۱۲۶۹۲/۴۵**	۲۹۷۲/۸۷**	۳۸/**۸۹	۱۷۸/۴۰**	۲۸۳/۱۱**	۲۹۵۵۸/۰۹**	۲/۰۹**	۲۷۰/۶۶**	۳۵/۲۴**	۱۲/۹۵**
اثر متقابل گونه در دمای منطقه ریشه	۶	۷۱۰۰/۹۲**	۲۴۰۴/۶۳**	۱۸/۶۴**	۱۲۶/۴۱**	۱۹۱/۵۵**	۱۷۷۳۶/۳۹**	۱/۵۹**	۶۸/۵۵**	۱۸/۶۰**	۱/۱۹**
اثر متقابل گونه، دمای هوا و منطقه ریشه	۱۲	۷۸۶۹/۲۱**	۲۱۰۲/۴۵**	۱۸/۶۰**	۱۴۶/۴۵**	۸۰۶/۴۰**	۱۸۰۸۱/۷۹**	۰/۷۷**	۱۱۵/۱۴**	۲۱/۰۲**	۳/۹۷**
خطای C	۴۸	۲۹/۵۵	۱۲/۰۷	۱/۹۳	۱۲/۰۶	۷/۰۱	۹۳۶/۵۵	۰/۰۸	۰/۶۶	۰/۳۹	۰/۱۵
ضریب تغییرات		۵/۲۱	۹/۲۹	۱۵/۸۹	۱۹/۶۹	۷/۰۵	۲۰/۸۳	۹/۲۹	۸/۳۵	۱۱/۳۶	۶/۴۰

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر ارقام یونجهٔ یکساله در هر گلدان به روش دانکن

صفات	*M. polymorpha*	*M. radiata*	*M. rigidula*
ماده خشک برگ (میلی‌گرم)	۱۱۴/۳^{b}	۶۲/۲^{c}	۱۳۶/۵^{a}
ماده خشک ساقه (میلی‌گرم)	۵۳/۹^{a}	۲۱/۶ ^{c}	۳۶/۶^{b}
تعداد برگ (هر بوته)	۹/۳^{a}	۷/۵^{b}	۹/۴^{a}
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۱۹^{b}	۱۱/۶^{c}	۲۲/۴^{a}
میزان مادهٔ خشک ریشه (میلی‌گرم)	۳۹/۳ ^{b}	۲۹/۸ ^{c}	۴۴/۲ ^{a}
عملکرد بیولوژیک (میلی‌گرم)	۱۷۳/۰۸^{a}	۸۶/۵۰^{b}	۱۸۱/۱۱^{a}
نسبت برگ و ساقه به ریشه	۴/۳^{a}	۳/۴^{b}	۴/۲^{a}
تعداد گره در ریشه	۹/۱ ^{b}	۷/۷ ^{c}	۱۲/۳۵ ^{a}
میزان مادهٔ خشک گره (میلی‌گرم)	۵ ^{b}	۵/۱ ^{b}	۶/۰۱ ^{a}
مقدارنیتروژن در گیاه (میلی‌گرم بر گرم)	۶ ^{b}	۴/۲۳ ^{c}	۷/۹۲ ^{a}

میانگین‌های ارائه شده در هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر دمای منطقه ریشه در هر گلدان به روش دانکن

صفات	۵	۱۰	۱۵	۲۰
	درجه سانتی‌گراد			
ماده خشک برگ (میلی‌گرم)	۴۳/۵^{d}	۸۲/۶^{c}	۱۷۹/۱^{a}	۱۱۲/۲^{b}
ماده خشک ساقه (میلی‌گرم)	۱۲/۳^{d}	۲۸/۷^{c}	۶۷/۵^{a}	۴۱/۱^{b}
تعداد برگ (هر بوته)	۳/۸^{d}	۸/۲^{c}	۱۲/۵^{a}	۱۰/۵^{b}
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۷/۳^{d}	۱۵/۶^{c}	۲۸/۰^{a}	۱۹/۶^{b}
میزان مادهٔ خشک ریشه (میلی‌گرم)	۲۷/۴^{d}	۳۲/۰^{c}	۵۶/۱^{a}	۳۵/۶^{b}
عملکرد بیولوژیک (میلی‌گرم)	۵۸/۵۵^{d}	۱۱۶/۷۰^{c}	۱۵۸/۱۱^{b}	۲۵۴/۲۲^{a}
نسبت برگ و ساقه به ریشه	۲/۳^{c}	۴/۲^{b}	۴/۶^{ab}	۴/۸^{a}
تعداد گره در ریشه	۰ ^{d}	۱۳/۴۱ ^{b}	۱۶/۶۶ ^{a}	۸/۸۱ ^{c}
میزان مادهٔ خشک گره (میلی‌گرم)	۰ ^{d}	۶/۲۱ ^{b}	۱۱/۰۶ ^{a}	۴/۲۷ ^{c}
مقدارنیتروژن در گیاه (میلی‌گرم بر گرم)	۳/۰۹۴ ^{d}	۶/۰۲۱ ^{c}	۶/۹۵ ^{b}	۸/۱۵۳ ^{a}

میانگین‌های ارائه شده در هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر دمای هوا در هر گلدان به روش دانکن

صفات	۱۵	۲۰	۲۵
	درجه سانتی‌گراد		
ماده خشک برگ (میلی‌گرم)	۵۰/۶^{c}	۸۹/۱^{b}	۱۷۳/۳^{a}
ماده خشک ساقه (میلی‌گرم)	۱۴/۳^{c}	۴۲/۱^{b}	۵۵/۸^{a}
تعداد برگ (هر بوته)	۵/۶^{c}	۸/۰^{b}	۱۲/۷^{a}
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۱۰/۵^{c}	۱۳/۹^{b}	۲۸/۶^{a}
میزان مادهٔ خشک ریشه (میلی‌گرم)	۱۴/۸^{c}	۵۲/۴^{a}	۴۶/۱^{b}
عملکرد بیولوژیک (میلی‌گرم)	۶۸/۲۲^{c}	۱۳۱/۱۳^{b}	۲۴۱/۳۳^{a}
نسبت برگ و ساقه به ریشه	۴/۵^{b}	۲/۵^{c}	۴/۹^{a}
تعداد گره در ریشه	۳/۷۵ ^{c}	۱۱/۸۵ ^{b}	۱۳/۵۶ ^{a}
میزان مادهٔ خشک گره (میلی‌گرم)	۱/۱۲ ^{c}	۶/۱۹ ^{b}	۸/۸۵ ^{a}
مقدارنیتروژن در گیاه (میلی‌گرم بر گرم)	۳/۹۳ ^{c}	۶/۵۳ ^{b}	۷/۷۰ ^{a}

میانگین‌های ارائه شده در هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

حد مطلوب برای رشد سویا (۷°C) مدت زمان مورد نیاز برای تشکیل برگ‌ها افزایش می‌یابد و در نهایت از طریق کاهش تعداد برگ، ماده خشک تجمع یافته در برگ‌ها کاهش پیدا می‌کند (۲۲). گونه *M. polymorpha* در دمای ۱۵°C محیط ریشه و گونه *M. rigidula* در دمای ۲۵°C هوا بیشترین ماده خشک برگ را تولید کردند (جداول ۶ و ۷). گونهٔ *M. polymorpha* با ۵۰۳/۱ میلی‌گرم در گلدان حداکثر میزان مادهٔ خشک برگ را در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد هوا و دمای ۱۵°C منطقهٔ ریشه و گونهٔ *M. radiata* با ۱۳/۷ میلی‌گرم در گلدان حداقل آن را در دمای ۱۵درجهٔ سانتی‌گراد هوا و دمای ۵°C منطقهٔ ریشه تولید نمودند. گونهٔ *M. rigidula* در کلیهٔ سطوح تیماری دمای هوا و دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد منطقهٔ ریشه مادهٔ خشک برگ بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها داشت که حاکی از مقاومت بیشتر این گونه به دمای پایین منطقهٔ ریشه می‌باشد (جدول ۸). میزان مادهٔ خشک برگ در یونجه‌های یک ساله به عوامل متعددی بستگی دارد. در آزمایشی میزان مادهٔ خشک برگ‌ها ۱۰۴ روز بعد از کاشت به بیشترین حد خود رسیده و سپس کاهش یافت، درحالی که ساقه و دمبرگ‌ها تا ۱۵۷ روز بعد از کاشت نیز افزایش مادهٔ خشک داشتند (۳۴).

تمامی اثرات اصلی و متقابل تیمارها از لحاظ مقدار ماده خشک ساقه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). گونه *M. polymorpha* و *M. radiata* با ۵۳/۹ و ۲۱/۶ میلی‌گرم در گلدان به ترتیب حداکثر و حداقل ماده خشک ساقه را دارا بودند (جدول ۲). دمای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد محیط ریشه بیشترین و دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد محیط ریشه کمترین مقدار ماده خشک ساقه را تولید کردند (جدول ۳). گرم‌ترین دمای هوا (۲۵°C) حداکثر و سردترین آن (۱۵°C) حداقل ماده خشک ساقه را حاصل نمودند (جدول ۴). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل دمای هوا و دمای منطقه ریشه نشان داد ترکیب بالاترین دمای هوا با دمای ۱۵°C محیط ریشه حداکثر ماده خشک ساقه (۱۳۳/۳۵ میلی‌گرم در گلدان) و ترکیب سردترین دمای هوا و محیط ریشه با کاهشی ۲۵ برابری، کمترین مقدار ماده خشک ساقه را تولید کردند (جدول ۵). بیشترین ماده خشک ساقه به مقدار ۸۷/۸۲ میلی‌گرم در گلدان متعلق به گونه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین‌های صفات زراعی تحت تأثیر اثر متقابل دمای هوا و دمای منطقه ریشه در هر گلدان

دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	دمای منطقه ریشه (درجه سانتی‌گراد)	ماد خشک برگ (میلی‌گرم)	ماد خشک ساقه (میلی‌گرم)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	ماد خشک ریشه (میلی‌گرم)	عملکرد بیولوژیک (میلی‌گرم)	نسبت برگ و ساقه به ریشه	تعداد گره	ماده خشک گره (میلی‌گرم)	مقدار نیتروژن در توده گیاهی (میلی‌گرم بر گرم)
۱۵	۵	۱۸/۴۳ i	۵/۵۳ j	۲/۳۶ f	۳/۵۵ e	۱۰/۳۳ g	۲۵/۱۱ f	۲/۴۳ de	۰ i	۰ g	۱/۷۵ h
	۱۰	۴۴/۳۸ h	۱۳/۶۸ i	۵/۰ de	۹/۷۷ d	۱۲/۱۱ g	۶۱/۱۱ e	۵/۰۵ b	۲/۵۳ h	۰/۹۸ f	۳/۳۸ g
	۱۵	۴۴/۲۰ h	۱۴/۸۷ i	۵/۱۶ de	۱۰/۵۵ d	۱۱/۱۱ g	۶۲/۲۲ e	۵/۷۱ a	۳/۰۶ h	۰/۷۳ f	۳/۹۲ e
	۲۰	۹۵/۵۳ e	۲۳/۰۳ g	۹/۸۵ c	۱۸/۰ c	۲۵/۶۶ f	۱۲۴/۴۴ c	۴/۹۱ b	۹/۴۰ f	۲/۷۷ e	۶/۶۶ d
۲۰	۵	۵۶/۵۵ g	۱۸/۳۳ h	۳/۹۵ e	۸/۴۴ d	۴۱/۸۸ d	۷۴/۸۹ de	۲/۰۲ e	۰ i	۰ g	۳/۰۴ g
	۱۰	۶۹/۷۷ f	۲۸/۸۸ f	۵/۵۵ d	۱۱/۱۱ d	۵۴/۱۱ c	۹۸/۶۷ cd	۱/۸۳ e	۱۸/۳۲ c	۹/۲۲ b	۶/۲۶ d
	۱۵	۱۱۱/۴۴ d	۵۴/۲۲ c	۱۰/۵۱ c	۱۸/۲۲ c	۶۱/۵۵ b	۱۶۵/۶۷ b	۲/۷۵ d	۱۶/۵۶ d	۸/۵۷ bc	۷/۸۲ c
	۲۰	۱۱۸/۵۵ c	۶۶/۷۷ b	۱۱/۲۵ c	۱۷/۶۶ c	۵۲/۲۲ c	۱۸۵/۳۳ b	۳/۵۵ c	۱۲/۵۴ e	۶/۹۶ d	۸/۹۹ a
۲۵	۵	۵۵/۴۷ g	۱۲/۹۷ i	۵/۱۵ de	۹/۸۸ d	۲۹/۸۸ e	۷۵/۶۷ de	۲/۸۳ de	۰ i	۰ g	۴/۴۷ e
	۱۰	۱۳۳/۵۵ b	۴۳/۶۰ d	۱۴/۰۲ b	۲۵/۸۸ b	۲۹/۸۸ e	۱۹۰/۳۳ b	۵/۸۱ a	۱۹/۳۷ b	۸/۴۴ c	۸/۴۱ b
	۱۵	۳۸۱/۷۳ a	۱۳۳/۳۵ a	۲۱/۰۷ a	۵۵/۳۳ a	۹۵/۶۶ a	۵۳۴/۷۸ a	۵/۳۴ ab	۳۰/۳۶ a	۲۳/۸۸ a	۹/۱۲ a
	۲۰	۱۲۲/۵۶ c	۳۳/۳۸ e	۱۰/۵۱ c	۲۳/۲۲ b	۲۸/۸۸ e	۱۶۴/۵۶ b	۵/۸۷ a	۴/۵۱ g	۳/۰۶ e	۸/۸۰ ab

میانگین‌های ارائه شده در هر ستون در هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری به روش دانکن (در سطح ۵٪) ندارند.

M. polymorpha در دمای ۲۵°C هوا و کمترین آن (۱۰/۸۷ میلی‌گرم در گلدان) متعلق به گونه *M. radiata* در دمای ۱۵°C هوا بود (جدول ۶). در پایین‌ترین دمای هوا (۱۵°C) گونه‌های *M. polymorpha* و *M. rigidula* در مقایسه با گونه *M. radiata*، ماده خشک بیشتری را در ساقه دارا بودند. با توجه به این نکته که گونه‌های *M. polymorpha* و *M. rigidula* دارای عادت رشدی خوابیده هستند (۲۹) علاوه بر این که مقاومت بیشتری در مقابل سرما نشان می‌دهند، ماده خشک بیشتری را نیز در ساقه نگه‌داری می‌کنند (۲۸). حداکثر ماده خشک ساقه از گونه *M. polymorpha* در دمای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد منطقه ریشه و حداقل آن از گونه *M. radiata* در سردترین دمای منطقه ریشه به دست آمد (جدول ۷). بیشترین مقدار مادهٔ خشک ساقه در گونهٔ *M. polymorpha* در دمای ۱۵°C منطقهٔ ریشه و دمای ۲۵°C هوا و کمترین آن در گونه‌های *M. radiata*، *M. polymorpha* و *M. rigidula* در دمای ۱۵°C هوا و دمای ۵°C منطقهٔ ریشه حاصل شد (جدول ۸). روند تغییرات میزان مادهٔ خشک ساقه در گونهٔ *M. rigidula* نشان می‌دهد که در همهٔ سطوح تیمار دمای هوا و دمای ۵°C منطقهٔ ریشه مقدار مادهٔ خشک ساقه بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها دارا بود که نشان دهندهٔ مقاومت بیشتر این گونه به دمای پایین منطقهٔ ریشه می‌باشد (جدول ۸). گونه‌های یونجهٔ یک‌سالهٔ *M. sativa*، *M. polymorpha*، *M. rigidula* و *M. truncatula* از لحاظ مادهٔ خشک برگ و ساقه متفاوت بودند (۱۴). براساس همین گزارش گونه *M. rigidula* نسبت وزن خشک ساقه به برگ بیشتری در مقایسه با سایر گونه‌های یونجه‌های یکساله داشت.

اثرات اصلی ارقام، دمای هوا و دمای منطقه ریشه و نیز تمامی اثرات متقابل در تعداد برگ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). گونه‌های *M. rigidula* و *M. polymorpha* به ترتیب با ۹/۴ و ۹/۳ عدد برگ در گلدان بیشترین و گونه *M. radiata* با ۷/۵ عدد برگ در گلدان کمترین تعداد برگ را دارا بودند (جدول ۲). افزایش دمای منطقه ریشه تا ۱۵°C باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ گردید اما افزایش بیشتر آن (از ۱۵ به ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) باعث کاهش تعداد برگ شد (جدول ۳). در مقابل افزایش هر سطح دمای هوا (از ۱۵ به ۲۰ و از ۲۰ به ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد) باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ گردید (جدول ۴). روبین و همکاران (۲۶) کاهش تعداد برگ را در اثر کاهش دمای محیط، در یونجه‌های یک‌ساله گزارش کردند. حداقل تعداد برگ از ترکیب سردترین دمای منطقه ریشه و هوا و حداکثر آن در دمای ۱۵°C منطقه ریشه و ۲۵°C هوا به دست آمد (جدول ۵). گونه *M. polymorpha* در دمای ۲۵°C هوا حداکثر تعداد برگ و گونه *M. radiata* در دمای ۱۵°C هوا کمترین آن را دارا بودند (جدول ۶). بررسی اثر متقابل گونه و دمای منطقه ریشه نشان داد ترکیب گونه *M. polymorpha* در سردترین دمای منطقه ریشه کمترین تعداد برگ و همین گونه در دمای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد منطقه ریشه بیشترین تعداد برگ را حاصل کرد (جدول ۷). دمای پایین منطقه ریشه از طریق تأخیر در ایجاد آلودگی ریشه به وسیله باکتری، مانع از تثبیت نیتروژن می‌گردد و کاهش در فراهمی نیتروژن، کاهش در رشد و نمو گیاهان خانواده بقولات را به همراه دارد (۳۱). گونه *M. polymorpha* در بالاترین دمای هوا و دمای ۱۵°C منطقه ریشه بیشترین تعداد برگ (۲۹ عدد برگ در گلدان) و گونه *M. radiata* در سردترین دمای هوا و منطقه ریشه کمترین تعداد برگ (۲/۲ عدد برگ در گلدان) را دارا بودند (جدول ۸). روبین و همکاران (۲۶) کاهش تعداد برگ در اثر کاهش دمای محیط را به تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش سرعت رشد گیاه نسبت دادند.

تمامی اثرات اصلی و متقابل تیمارهای آزمایشی از لحاظ سطح برگ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). گونه *M. rigidula* با سطح برگ ۲۲/۴ (سانتی‌مترمربع در گلدان) در مقایسه با ۲ گونه *M. polymorpha* و *M. radiata* به ترتیب افزایشی ۱۸ و ۹۳ درصدی را در سطح برگ نشان داد (جدول ۲). با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار در تعداد برگ

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین‌های صفات زراعی تحت تأثیر اثر متقابل دمای هوا و گونه در هر گلدان

دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	گونه	ماده خشک برگ (میلی‌گرم)	ماده خشک ساقه (میلی‌گرم)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	ماده خشک ریشه (میلی‌گرم)	عملکرد بیولوژیک(میلی‌گرم)	نسبت برگ و ساقه به ریشه	تعداد گره	ماده خشک گره (میلی‌گرم)	مقدار نیتروژن در توده گیاهی(میلی‌گرم بر گرم)
۱۵	*M. polymorpha*	۴۸/ ۶۵^{h}	۱۶/۵۲^{f}	۶/۰۴^{d}	۱۰/۱۶^{d}	۱۴/۰۸^{e}	۶۶/۶۷^{ef}	۴/۵۰^{b}	۲/۲۵^{i}	۰/۶۴^{g}	۳/۲۷^{g}
	M. radiata	۳۵/۴۳^{i}	۱۰/۷۸^{g}	۴/۸۰^{e}	۶/۰۸^{e}	۱۰/۵۸^{f}	۴۹/۱۷^{f}	۴/۶۲^{b}	۳/۵۶^{h}	۱/۳۶^{f}	۱/۵۵^{h}
	M. rigidula	۶۷/۸۳^{f}	۱۵/۵۴^{f}	۵/۹۵^{d}	۱۵/۱۶^{c}	۱۹/۷۵^{d}	۸۸/۸۳^{de}	۴/۴۴^{b}	۵/۴۳^{g}	۱/۳۶^{f}	۶/۹۷^{d}
۲۰	*M. polymorpha*	۹۸/۵۸^{d}	۵۷/۵۰^{b}	۷/۰۲^{d}	۱۵/۶۶^{c}	۵۵/۱۶^{a}	۱۵۶/۰۸^{b}	۲/۸۳^{cd}	۱۴/۴۳^{b}	۶/۰۹^{d}	۶/۵۹^{e}
	M. radiata	۶۱/۵۰^{g}	۳۲/۰۸^{d}	۸/۴۲^{c}	۱۰/۶۶^{d}	۴۶/۵۸^{b}	۹۳/۵۸^{cd}	۲/۲۰^{d}	۱۱/۴۲^{c}	۷/۲۲^{c}	۵/۶۱^{f}
	M. rigidula	۱۰۷/۱۶^{c}	۳۶/۵۸^{c}	۸/۴۷^{c}	۱۵/۲۵^{c}	۵۵/۵۸^{a}	۱۴۳/۷۵^{b}	۲/۵۷^{d}	۹/۷۱^{e}	۵/۲۵^{e}	۷/۳۸^{c}
۲۵	*M. polymorpha*	۱۹۵/۷۵^{b}	۸۷/۸۲^{a}	۹/۳۵^{c}	۳۱/۰۸^{b}	۴۸/۷۵^{b}	۲۹۶/۵۰^{a}	۵/۵۳^{a}	۱۰/۶۴^{d}	۸/۳۸^{b}	۸/۱۵^{b}
	M. radiata	۸۹/۶۳^{e}	۲۱/۹۲^{e}	۱۳/۷۶^{b}	۱۷/۹۱^{c}	۳۲/۳۳^{c}	۱۱۶/۷۵^{c}	۳/۴۰^{c}	۸/۱۳^{f}	۶/۷۵^{c}	۵/۵۳^{f}
	M. rigidula	۲۴۳/۵۷^{a}	۵۷/۷۴^{b}	۱۴/۹۵^{a}	۳۶/۷۵^{a}	۵۷/۱۶^{a}	۳۱۰/۷۵^{a}	۵/۶۲^{a}	۲۱/۹۱^{a}	۱۱/۴۱^{a}	۹/۴۱^{a}

میانگین‌های ارائه شده در هر ستون در هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری به روش دانکن (در سطح ۵٪) ندارند.

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین‌های صفات زراعی تحت تاثیر اثر متقابل دمای منطقه ریشه و گونه در هر گلدان

دمای منطقه ریشه (درجه سانتی‌گراد)	گونه	ماد خشک برگ (میلی‌گرم)	ماده خشک ساقه (میلی‌گرم)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	ماده خشک ریشه (میلی‌گرم)	عملکرد بیولوژیک(میلی‌گرم)	نسبت برگ و ساقه به ریشه	تعداد گره	ماده خشک گره(میلی‌گرم)	مقدار نیتروژن در توده گیاهی(میلی‌گرم بر گرم)
۵	*M. polymorpha*	۳۸/۵۴ f	۱۱/۵۷ d	۲/۹۵ e	۶/۴۴ d	۲۸/۵۵ cde	۵۱/۰۰ f	۲/۰۴ e	۰ h	۰ f	۱۸/۳۸ gh
	M. radiata	۲۴/۹۲ f	۹/۴۴ d	۳/۸۷ de	۳/۸۸ d	۱۷/۷۷ e	۳۶/۰۰ f	۲/۲۳ e	۰ h	۰ f	۱۰/۵۵ h
	M. rigidula	۶۷/۰ e	۱۵/۸۲ d	۴/۶۴ cde	۱۱/۵۵ cd	۳۵/۷۷ bcd	۸۸/۶۷ e	۲/۵۶ de	۰ h	۰ f	۲۸/۶۲ efg
۱۰	*M. polymorpha*	۸۲/۳۳ de	۳۷/۲۳ c	۸/۹۷ abcde	۱۶/۱۱ cd	۳۱/۲۲ bcd	۱۲۵/۶۷ d	۴/۸۵ abc	۱۳/۵۶ d	۵/۶۱ de	۳۷/۶۸ cde
	M. radiata	۳۹/۵۷ f	۱۳/۵۲ d	۶/۴۶ bcde	۷/۶۶ d	۲۶/۷۷ de	۵۴/۴۴ f	۳/۱۳ d	۸/۹۸ f	۵/۵۵ de	۲۵/۲۸ fg
	M. rigidula	۱۲۷/۷۶ b	۳۵/۴۰ c	۹/۱۳ abcde	۲۳/۰۰ abc	۳۸/۱۱ bcd	۱۷۰/۰۰ c	۴/۷۶ abc	۱۷/۶۷ b	۷/۴۸ cd	۴۹/۰۲ bc
۱۵	*M. polymorpha*	۲۲۳/۳۳ a	۱۰۸/۵۳ a	۱۵/۰۷ a	۳۴/۵۵ a	۶۳/۷۷ a	۳۴۲/۱۱ a	۴/۹۷ ab	۱۴/۸۲ c	۱۰/۸۱ ab	۴۴/۰۱ bcd
	M. radiata	۹۴/۳۳ cd	۳۴/۰۷ c	۹/۶۰ abcd	۱۷/۸۸ bcd	۴۲/۳۳ b	۱۳۲/۳۳ d	۴/۲۰ bc	۱۲/۷۲ e	۹/۱۱ bc	۳۱/۷۰ ef
	M. rigidula	۲۱۹/۷۱ a	۵۹/۸۴ b	۱۲/۷۰ a	۳۱/۶۶ ab	۶۲/۲۲ a	۲۸۸/۲۲ b	۴/۶۳ abc	۲۲/۴۵ a	۱۳/۲۷ a	۵۳/۶۵ b
۲۰	*M. polymorpha*	۱۳۱/۱۱ bc	۵۸/۴۵ b	۱۰/۳۵ abc	۱۸/۷۷ bcd	۳۳/۷۷ bcd	۱۷۳/۵۶ c	۵/۳۶ a	۸/۰۴ g	۳/۷۳ e	۴۸/۹۱ bc
	M. radiata	۸۹/۹۲ cde	۲۹/۳۲ c	۱۰/۱۵ abc	۱۶/۷۷ bcd	۳۲/۴۴ bcd	۱۳۲/۲۲ d	۴/۰۷ c	۹/۱۲ f	۵/۷۸ de	۳۷/۴۴ de
	M. rigidula	۱۳۳۳/۶۲ b	۳۵/۴۲ c	۱۱/۱۱ ab	۲۳/۳۳ abc	۴۰/۵۵ bc	۱۷۷/۵۶ c	۴/۹۰ ab	۹/۲۸ f	۳/۲۸ e	۶۵/۲۹ a

میانگین‌های ارائه شده در هر ستون در هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری به روش دانکن (در سطح ۵٪) ندارند.

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین‌های صفات زراعی تحت تأثیر اثر سه جانبه دمای هوا، دمای منطقه ریشه و گونه در هر گلدان

دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	دمای منطقه ریشه (درجه سانتی‌گراد)	گونه	ماده خشک برگ (میلی‌گرم)	ماده خشک ساقه (میلی‌گرم)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	ماده خشک ریشه (میلی‌گرم)	عملکرد بیولوژیک (میلی‌گرم)	نسبت برگ و ساقه به ریشه	تعداد گره	ماده خشک گره (میلی‌گرم)	مقدار نیتروژن در توده گیاهی (میلی‌گرم بر گرم)
		M. polymorpha	۱۶/۶ tu	۵/۸ r	۲/۳ l	۳/۳ rs	۹/۷ rstu	۲۳/۳۳ st	۲/۴ ijklmn	۰ l	۰ n	۱/۲ m
	۵	*M. radiata*	۱۳/۷ u	۵/۶ r	۲/۲ l	۲/۰۰ s	۸/۳ tu	۲۰/۰۰ t	۲/۴ ijklmn	۰ l	۰ n	۰/۱۴ n
		M. rigidula	۲۵/۱ st	۵/۲ r	۲/۶ kl	۵/۳ prqs	۱۳/۰۰ pqrst	۳۲/۰۰ rst	۲/۵ ijklmn	۰ l	۰ n	۳/۹ j
		M. polymorpha	۴۳/۷ op	۱۷/۴ lmno	۵/۵ ij	۱۰/۳ lmnopq	۱۲/۳ pqrst	۶۳/۳۳ nopqrs	۵/۲ bcde	۲/۶ k	۰/۸۳ mn	۲/۸ k
۱۵	۱۰	*M. radiata*	۳۱/۰۰ rs	۹/۴ qr	۵/۰۰ jk	۵/۳ pqrs	۹/۳ stu	۴۳/۳۳ qrst	۴/۷ de	۲/۳ k	۱/۳ m	۲/۱ l
		M. rigidula	۵۸/۴ n	۱۴/۳ mnopq	۶/۰۰ jk	۱۳/۷ ijklmn	۱۴/۷ pqrs	۷۶/۶۷ mnopqrs	۵/۳ bcde	۲/۶ k	۰/۸۰ mn	۵/۲ i
		M. polymorpha	۴۲/۳ opq	۱۵/۷ lmnopq	۵/۶ ij	۹/۷ lmnopqr	۱۱/۳ qrstu	۶۰/۰۰ opqrst	۵/۳ bcde	۲/۰۰ k	۰/۴ mn	۳/۷ j
	۱۵	*M. radiata*	۲۹/ ۵ rs	۱۱/۳ opqr	۴/۵ jkl	۶/۰۰ opqrs	۷/۰۰ u	۴۳/۳۳ qrst	۶/۳ abc	۲/۲ k	۰/۴۶ mn	۱/۰۰ m
		M. rigidula	۶۰/۸ n	۱۷/۶ lmno	۵/۳ ji	۱۶/۰۰ hijkl	۱۵/۰۰ pqr	۸۳/۳۳ lmnopqrs	۵/۵ bcd	۵/۰۰ i	۱/۳ m	۷/۰۰ g
		M. polymorpha	۹۲/۰۰ j	۲۷/۱ hij	۱۰/۸ def	۱۷/۳ ghijk	۲۳/۰۰ mn	۱۲۰/۰۰ ijklmn	۵/۲ bcde	۴/۳ ij	۱/۳ m	۵/۳ i
	۲۰	*M. radiata*	۶۷/۶ mn	۱۶/۸ lmnop	۷/۹ ghi	۱۱/۰۰ jklmno	۱۷/۷ op	۹۰/۰۰ klmnopqr	۵/۱ cde	۹/۸ h	۳/۷ l	۳/۰۰ k
		M. rigidula	۱۲۷/۰۰ fg	۲۵/۲ ijk	۱۰/۹ def	۲۵/۷ e	۳۶/۳ jk	۱۶۳/۳۳ fghij	۴/۵ defg	۱۴/۱ f	۳/۳ l	۱۱/۷ a
		M. polymorpha	۶۵/۰۰ mn	۱۸/۷ klmn	۲/۵ kl	۸/۷ mnopqr	۵۵/۳ def	۸۳/۶۷ mnopqr	۱/۵ mn	۰ l	۰ n	۲/۵ kl
	۵	*M. radiata*	۳۱/۷ rs	۱۳/۷ mnopq	۴/۲ jkl	۴/۷ qrs	۱۶/۳ opq	۴۵/۳۳ qrst	۲/۸ ijklm	۰ l	۰ n	۱/۹ l
		M. rigidula	۷۳/۰۰ lm	۲۲/۷ jkl	۴/ ۹jk	۱۱/۰۰ jklmno	۵۴/۰۰ ef	۹۶/۶۷ klmnopq	۱/۸ lmn	۰ l	۰ n	۴/۷ i
		M. polymorpha	۷۳/۷ lm	۳۷/۰۰ g	۴/۵ jkl	۱۲/۳ jklmno	۵۲/۷ ef	۱۱۰/۶۷ jklmnop	۲/۱ jklmn	۲۳/۲ c	۹/۳ fg	۶/۲ h
	۱۰	*M. radiata*	۴۹/۰۰ o	۱۹/۳ klm	۶/۱ ij	۹/۷ lmnopqr	۵۶/۳ cde	۶۸/۳۳ nopqrs	۱/۲ n	۱۹/۳ d	۱۲/۳ e	۵/۰۰ i
۲۰		*M. rigidula*	۸۶/۷ jk	۳۰/۳ hi	۵/۵ c	۱۱/۳ klmnop	۵۳/۳ ef	۱۱۷/ ۰۰ijklmno	۲/۲ jklmn	۱۲/۴ g	۶/۰۰ jk	۷/۵ ef
		M. polymorpha	۱۲۴/۷ fgh	۷۲/۳ d	۱۰/۶ def	۲۲/۷ efg	۶۰/۳ c	۱۹۷/۰۰ def	۳/۳ ghij	۱۹/۷ d	۷/۷ hi	۷/۹ e
	۱۵	*M. radiata*	۸۳/۳ jk	۴۶/۰۰ f	۱۱/۵ de	۱۴/۳ hijkl	۶۹/۳ b	۱۲۹/۳۳ ijklm	۱/۹ klmn	۱۴/۱ f	۸/۲ h	۷/۷ ef
		M. rigidula	۱۲۶/۳ fg	۴۴/۳ f	۱۱/۳ def	۱۷/۷ ghij	۵۵/۰۰ def	۱۷۰/۶۷ efghi	۳/۱ hijk	۱۵/۹ e	۹/۸ f	۷/۹ e
		M. polymorpha	۱۳۱/۰۰ f	۱۰۲/۰۰ c	۱۰/۰۰ efg	۱۹/۰۰ fghi	۵۲/۳ ef	۲۳۳/۰۰ d	۴/۵ defg	۱۴/۸ e f	۷/۳ hi	۹/۷ c
	۲۰	*M. radiata*	۸۲/۰۰ kl	۴۹/۳ f	۱۱/۷ de	۱۴/۰۰ hijklm	۴۴/۳ hi	۱۳۱/۳۳ hijklm	۳/۰۰ hijkl	۱۲/۳ g	۸/۴ gh	۷/۸ e
		M. rigidula	۱۴۲/۷ e	۴۹/۰۰ f	۱۲/۱ de	۲۰/۰۰ efgh	۶۰/۰۰ cd	۱۹۱/۶۷ defg	۳/۲ ghij	۱۰/۵ h	۵/۲ k	۹/۵ c
		M. polymorpha	۳۴/۱ qrs	۱۰/۳ pqr	۴/۱ jkl	۷/۳ nopqrs	۲۰/۷ no	۴۶/۰۰ qrst	۲/۲ ijklmn	۰ l	۰ n	۵/۲ i
	۵	*M. radiata*	۲۹/۴ rs	۹/۰۰ qr	۵/۰۰ jk	۵/۰۰ qrs	۲۷/۸ l	۴۲/۶۷ qrst	۱/۵ mn	۰ l	۰ n	۳/۰۰ k
		M. rigidula	۱۰۲/۹ i	۱۹/۶ klm	۶/۴ hij	۱۷/۳ ghijk	۴۰/۳ ij	۱۳۸/۳۳ ghijkl	۳/۴ fghi	۰ l	۰ n	۵/۲ i
		M. polymorpha	۱۲۹/۶ fg	۵۷/۳ e	۱۶/۴ c	۲۵/۷ e	۲۸/۷ l	۲۰۳/۰۰ def	۷/۱ a	۱۴/۸ ef	۶/۷ ij	۹/۲ cd
۲۵	۱۰	*M. radiata*	۳۸/۷ pqr	۱۱/۹ nopqr	۸/۸ fgh	۸/۰۰ mnopqrs	۱۴/۷ pqrs	۵۱/۶۷ pqest	۳/۵ fghi	۵/۳ I	۳ l	۵/۱ i
		M. rigidula	۲۳۲/۲ c	۶۱/۶ e	۱۶/۹ c	۴۴/۰۰ c	۴۶/۳ gh	۳۱۶/۳۳ c	۶/۸ a	۳۸/۰۰ b	۱۵/۷ d	۱۰/۹ b
		M. polymorpha	۵۰۳/۱ a	۲۳۷/۵ a	۲۹/۰۰ a	۷۱/۳ a	۱۱۹/۷ a	۷۶۹/۳۳ a	۶/۴ ab	۲۲/۸ c	۲۴/۳ b	۹/۶ c
	۱۵	*M. radiata*	۱۷۰/۲ d	۴۴/۹ f	۱۲/۸ d	۳۳/۳ d	۵۰/۷ fg	۲۲۴/۳۳ de	۴/۴ defg	۲۱/۹ c	۱۸/۷ c	۶/۶ gh
		M. rigidula	۴۷۲/۰۰ b	۱۱۷/۶ b	۲۱/۴ b	۶۱/۳ b	۱۱۶/۷ a	۶۱۰/۶۷ b	۵/۲ bcde	۴۶/۴ a	۲۸/۷ a	۱۱/۱ ab
		M. polymorpha	۱۱۶/۳ h	۴۶/۲ f	۱۰/۳ defg	۲۰/۰۰ efgh	۲۶/۰۰ lm	۱۶۷/۶۷ efghij	۶/۴ ab	۴/۹ i	۲/۵ l	۸/۶ d
	۲۰	*M. radiata*	۱۲۰/۲ gh	۲۱/۸ jkl	۱۰/۹ def	۲۵/۳ e	۳۵/۳ k	۱۴۸/۳۳ fghij	۴/۲ efgh	۵/۳ i	۵/۳ k	۷/۳ ef
		M. rigidula	۱۳۱/۲ f	۳۲/۱ gh	۱۰/۳ defg	۲۴/۳ ef	۲۵/۳ lmn	۱۷۷/۶۷ defgh	۷/۰۰ a	۳/۲ jk	۱/۳ m	۱۰/۵ b

میانگین‌های ارائه شده در هر ستون در هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری به روش دانکن (در سطح ۵٪) ندارند.

بین ۲ گونه *M. rigidula* و *M. polymorpha* (جدول ۲) مشخص می‌شود افزایش سطح برگ در گونه *M. rigidula* ناشی از تولید برگ‌های بزرگ‌تر است. حداقل سطح برگ در دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد منطقه ریشه و حداکثر آن با افزایشی حدود ۴ برابری در دمای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد منطقه ریشه به دست آمد (جدول ۳). افزایش دمای هوا از ۱۵ به ۲۰ و از ۲۰ به ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب موجب افزایش ۳۲ و ۱۰۶ درصدی سطح برگ شد (جدول ۴). افزایش سطح برگ در یونجه‌های یکساله در اثر افزایش دمای محیط توسط هکنبی و همکاران (۲۰) گزارش شده است. کاهش در توان فتوسنتزی گیاه ناشی از عدم هم‌زیستی مناسب بین گیاه و باکتری در دمای پایین محیط، به عنوان مهم‌ترین عامل برای کاهش تعداد و متعاقبا در سطح برگ یونجه‌های یکساله گزارش شده است (۲۰).

تمامی آثار اصلی و متقابل تیمارهای اعمال شده بر میزان مادهٔ خشک ریشه اثر معنی‌داری داشتند (جدول۱). گونهٔ *M. rigidula* با ۴۴/۱ میلی‌گرم در گلدان حداکثر و گونهٔ *M. radiata* با ۲۹/۸ میلی‌گرم در گلدان حداقل میزان مادهٔ خشک ریشه را دارا بودند (جدول ۲). بیشترین مقدار ماده خشک ریشه (۹۵/۶ میلی‌گرم در گلدان) در دمای ۲۵°C هوا و ۱۵°C منطقه ریشه و کمترین آن در دمای ۱۵°C هوا و ۵°C محیط ریشه به دست آمد (جدول ۵). گونه *M. rigidula* در دمای ۲۵°C هوا بیشترین مقدار ماده خشک ریشه را دارا بود، در مقابل کمترین آن از گونه *M. radiata* در دمای ۱۵°C هوا به دست آمد (جدول ۶). در تمامی گونه‌ها افزایش دمای منطقه ریشه تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش ماده خشک ریشه شد، در این بین واکنش ۲ گونه *M. polymorpha* و *M. rigidula* در مقایسه با گونه *M. radiata* به این افزایش دما شدیدتر بود به نحوی که افزایش دما از ۱۰ به ۱۵°C در منطقه ریشه باعث افزایش ۱۰۴و ۶۳ درصدی ماده خشک ریشه به ترتیب در ۲ گونه یاد شده گردید. ولی این افزایش دما در گونه *M. radiata* تنها ۵۸ درصد ماده خشک ریشه را افزایش داد (جدول۷).

مقایسه میانگین اثرات ۳ گانه نشان داد که گونه *M. polymorpha* در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هوا و ۱۵ درجه سانتی‌گراد منطقه ریشه بیشترین ماده خشک ریشه (۱۱۹/۷ میلی‌گرم در گلدان) را تولیدکرد. در مقابل گونه *M. radiata* در پایین‌ترین دمای هوا و منطقه ریشه، کمترین ماده خشک ریشه (۷ میلی‌گرم در گلدان) را حاصل نمود (جدول ۸).

بین آثار اصلی و متقابل تیمارهای آزمایشی در عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) مشاهده شد (جدول ۱). حداکثر ماده خشک گیاهی از گونه *M. rigidula* (۱۸۱/۱۱ میلی‌گرم در گلدان) و حداقل آن با کاهشی ۵۲ درصدی از گونه *M. radiata* به دست آمد (جدول ۲). افزایش دمای منطقه ریشه تا ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد، ولی سطح بالاتر آن (۲۰°C) نه تنها عملکرد بیولوژیک را افزایش نداد، بلکه موجب کاهش معنی‌دار آن گردید (جدول ۳). به طور کلی، اثر دما بر تخصیص زیست توده به نحوی است که سرمایه‌گذاری نسبی ماده خشک به ریشه، در دمای مطلوب (در این آزمایش در محدوده ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد) کاهش و در دماهای پایین‌تر و بالاتر افزایش می‌یابد (۹). تحقیقات نشان داده است که افزایش دمای ریشه بالاتر از حد مطلوب، نیاز تنفسی ریشه را افزایش می‌دهد و غلظت کربوهیدرات‌ها را در کل گیاه و یا در اندام‌های هوایی، کاهش می‌دهد (۱۰). حداکثر عملکرد بیولوژیک از بالاترین دمای هوا (۲۵°C) به دست آمد که در مقایسه با دمای ۲۰ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب افزایشی حدود ۲ و ۳/۵ برابری را نشان داد (جدول ۴). دمای ۲۰°C هوا در ترکیب با دمای ۱۵°C منطقه ریشه موجب تولید بیشترین عملکرد بیولوژیک گردید، در حالی که سردترین دمای هوا و منطقه ریشه کمترین عملکرد بیولوژیک را حاصل کرد (جدول ۵). با کاهش دمای هوا و محیط ریشه، به دلیل کاهش تشکیل گره بر ریشه و کاهش فراهمی نیتروژن، سرعت رشد گیاه کم شده و این امر موجب افت عملکرد بیولوژیک گردید. نتایج تحقیقات سلطان و همکاران (۳۰) نیز منطبق با یافته‌های این بخش از آزمایش بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

حداکثر عملکرد بیولوژیک از گونه *M. polymorpha* در دمای ۲۵°C هوا و ۱۵°C منطقه ریشه و حداقل آن از گونه *M. radiata* در دمای ۱۵°C و ۵°C هوا و منطقه ریشه به دست آمد (جدول ۸). اکارد و فرانکس (۱۵) گزارش کردند در گیاهان چاودار و شبدر سفید و در دمای مطلوب محیط، دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر شده و این امر موجب طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه و در نهایت تجمع ماده خشک بیشتر در توده گیاهی می‌گردد.

بین ارقام و سطوح مختلف دمای هوا و منطقه ریشه و اثرات متقابل آنها در نسبت برگ و ساقه به ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). دو گونه *M. polymorpha* و *M. rigidula* از لحاظ نسبت برگ و ساقه به ریشه در گروه آماری برتر و گونه *M. radiata* در گروه آماری پایین‌تر قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل دمای هوا و منطقه ریشه نشان داد بیشترین مقدار نسبت برگ و ساقه به ریشه از گرم‌ترین دمای هوا و منطقه ریشه (۵/۸۷) و کمترین آن از دمای ۲۰°C هوا و ۱۰°C منطقه ریشه (۱/۸۳) به دست آمد (جدول ۵). هکنبی و همکاران (۲۰) گزارش کردند در اثر سرما و به دلیل تجمع مواد محلول در ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش می‌یابد و با افزایش دما و در اثر افزایش سرعت فتوسنتز اندام هوایی و تجمع ماده خشک در برگ‌ها و ساقه، این نسبت افزایش می‌یابد. بیشترین نسبت برگ و ساقه به ریشه از گونه *M. rigidula* در گرم‌ترین دمای هوا و منطقه ریشه و کمترین آن از دو گونه *M. polymorpha* و *M. radiata* در سردترین دمای هوا و منطقه ریشه به دست آمد (جدول ۸).

گونه‌ها، دمای هوا و دمای منطقه ریشه و نیز اثرات متقابل آنها از نظر تعداد گره در ریشه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). گونهٔ *M. rigidula* با ۱۲/۳۵ عدد گره در گلدان حداکثر و گونهٔ *M. radiata* با ۷/۷ گره در گلدان کمترین تعداد گره در ریشه را تولید کردند (جدول ۲). دماهای ۵°C و ۱۵°C منطقه ریشه به ترتیب با ۰ و ۱۶/۶۶ کمترین و بیشترین تعداد گره را دارا بودند (جدول ۳). نتایج حاصله با نتایج ژانگ و همکاران (۳۱) که مشخص نمودند در دمای پایین منطقهٔ ریشه، تعداد گره ریشه سویا با افزایش دما افزایش می‌یابد مطابقت دارد. دمای ۲۵°C هوا با ۱۳/۵۶ گره در گلدان بیشترین و دمای ۱۵°C با ۳/۷۵ گره در گلدان کمترین تعداد گره ریشه را دارا بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد گره در ریشه با ۳۰/۳ گره در گلدان در دمای ۲۵°C هوا و دمای ۱۵°C منطقهٔ ریشه و کمترین آن با تعداد ۰ عدد در تمام دماهای هوا و در دمای ۵°C منطقهٔ ریشه مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین تعداد گره در ریشه (۲۲/۵ عدد) در گونهٔ M. rigidula در دمای ۱۵°C و کمترین آن (بدون تشکیل گره) در هر ۳ گونه، در دمای ۵°C منطقه ریشه مشاهده شد (جدول ۷). اثرات متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد گره در ریشه (۴۶/۶ عدد در گلدان) در گونه M. rigidula در دمای ۲۵°C هوا و دمای ۱۵°C منطقهٔ ریشه و کمترین تعداد گره در ریشه (صفر عدد) در هر ۳ گونه در دماهای مختلف هوا و دمای ۵°C منطقه ریشه حاصل شد (جدول ۸).

اثر اصلی گونه‌ها، دمای هوا و دمای منطقه ریشه و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر میزان ماده خشک گره ریشه داشتند ($P\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۱). گونه *M. rigidula* با ۶/۰۱ میلی‌گرم در گلدان بیشترین و گونه *M. polymorpha* با ۵ میلی‌گرم در گلدان کمترین میزان ماده خشک گره ریشه را دارا بودند (جدول ۲).

گونه‌های مختلف یونجه‌های یکساله توان متفاوتی در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن دارند (۱۳). دمای ۵°C منطقه ریشه با ۰ میلی‌گرم گره ریشه در گلدان کمترین و دمای ۱۵°C با ۱۱/۰۶ میلی‌گرم در گلدان بیشترین میزان ماده خشک گره ریشه را دارا بودند (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج ژانگ و همکاران (۳۱) در خصوص تأثیر دمای پایین منطقهٔ ریشه در کاهش وزن خشک گره در گیاه سویا مطابقت دارد. دمای ۲۵°C هوا با ۸/۸۵ میلی‌گرم در گلدان بیشترین و دمای ۱۵°C با ۱/۱۲ میلی‌گرم در گلدان کمترین میزان ماده خشک گره ریشه را دارا بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

حداکثر میزان ماده خشک گره با ۲۳/۸ میلی‌گرم در گلدان در دمای ۲۵°C هوا و ۱۵°C منطقهٔ ریشه و حداقل آن با ۰ میلی‌گرم در گلدان در تمام دماهای هوا در دمای ۵°C منطقهٔ ریشه به دست آمد (جدول ۵).

همانند بقولات مناطق معتدل، یونجه‌های یک‌ساله به دمایی در حدود ۲۰ تا ۲۵°C برای فعالیت همزیستی متعادل نیاز دارند. زمانی که دمای خاک به پایین‌تر از حد مطلوب کاهش می‌یابد، بر تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در بقولات تأثیر منفی دارد. گزارش شده است که کاهش دمای منطقه ریشه به زیر ۲۵°C منجر به رشد کم گره و کاهش کل فعالیت تثبیت نیتروژن سویا شد (۳۱). در آزمایشی دیگر با افت دمای محیط تا ۱۵°C ، فعالیت خالص نیتروژناز گیاه، ۲۵ درصد کاهش یافت (۲۴)، تشکیل گره در ریشه گیاهان در دمای پایین‌تر از ۱۰°C منطقه ریشه به مقدار زیادی مختل گردید (۲۶). اثرات متقابل سه جانبه نشان داد که بیشترین میزان ماده خشک گره در گونه *M. rigidula* در دمای ۲۵°C هوا و دمای ۱۵°C منطقهٔ ریشه (۲۸/۷ میلی‌گرم در گلدان) و کمترین آن (۰ میلی‌گرم در گلدان) در هر سه گونه بدون توجه به دمای هوا، در دمای ۵°C منطقه ریشه به دست آمد (جدول ۸). آزمایش‌های مربوط به انتقال گونه‌های مختلف گیاهان خانواده بقولات، بین دمای مطلوب و نا مطلوب منطقه ریشه نشان می‌دهد که فرآیندهای آلودگی، رشد سریع و استقرار باکتری در گیاه به دمای پایین منطقه ریشه حساس هستند (۳۲).

ارقام، دمای هوا و دمای منطقه ریشه و نیز اثرات متقابل آنها بر مقدار نیتروژن در پیکرهٔ گیاه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول۱). گونهٔ *M. rigidula* با ۷/۹۲ میلی‌گرم در گرم بیشترین و گونهٔ *M. radiata* با ۴/۲۳ میلی‌گرم در گرم کمترین مقدار نیتروژن درگیاه را دارا بودند (جدول ۲). دمای ۲۰°C منطقه ریشه با ۸/۱۵۳ میلی‌گرم در گرم بیشترین و دمای ۵°C منطقه ریشه با ۴/۲۳ میلی‌گرم در گرم کمترین مقدار نیتروژن گیاه را تولید کردند (جدول ۳). نتایج آزمایش‌هایی که در آنها مشاهده شد دمای منطقه ریشه کمتر از حد مطلوب بر تشکیل گره‌ها در ریشه سویا و سایر لگوم‌های علوفه‌ای نیمه گرمسیری تأثیر منفی داشته و در نهایت از طریق کاهش تثبیت نیتروژن، فراهمی این عنصر غذایی برای گیاه کاهش می‌یابد با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (۲۲ و ۲۳). دمای ۲۵°C هوا با ۷/۷۰۲ میلی‌گرم در گرم بیشترین مقدار نیتروژن و دمای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد هوا با ۹۳/۳ میلی‌گرم در گرم کمترین مقدار نیتروژن را دارا بودند (جدول ۴). بیشترین مقدار نیتروژن گیاه در دمای ۲۵/۱۵°C منطقهٔ ریشه/ هوا و کمترین مقدار نیتروژن در دمای ۱۵°C هوا و دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد منطقهٔ ریشه مشاهده گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌جانبه نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن در توده گیاهی در گونه *M. rigidual* در دمای ۱۵°C منطقه ریشه و ۲۵°C درجه هوا به میزان ۱۱/۱ میلی‌گرم در گرم و کمترین آن با کاهشی حدود ۷۹ برابری (۰/۱۴ میلی‌گرم در گرم) از گونه *M. radiata* در سردترین دمای منطقه ریشه و هوا (۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) به دست آمد (جدول ۸).

بحث و نتیجه‌گیری

گونه‌ها از لحاظ تولید ماده خشک، اجزای عملکرد، گره‌زایی و در نهایت تثبیت نیتروژن تفاوت معنی‌داری داشتند و گونه *M. rigidula* در اکثر صفات مورد بررسی برتر بود و عملکرد ماده خشک بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها داشت.

دمای ۵°C منطقهٔ ریشه تأثیر شدیداً کاهنده‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و تثبیت نیتروژن ارقام یونجهٔ یک‌ساله مورد مطالعه گذاشت. افزایش دمای منطقهٔ ریشه تا ۱۵°C موجب افزایش میزان مادهٔ خشک ریشه، ساقه و برگ، اختصاص مواد خشک بیشتری به بخش‌های هوایی، افزایش تعداد شاخه (داده‌ها ارائه نشده است)، گره ساقه (داده‌ها ارائه نشده است)، تعداد برگ و سطح برگ در ارقام یونجهٔ یکساله شد که مشابه نتایج به دست آمده توسط پژوهشگران دیگر در مورد سایر بقولات می‌باشد (۳۱ و ۳۲).

نتایج حاصله از تأثیر دماهای هوا نشان داد که دمای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

۲۵/۲۰°C شب و روز، بیشترین میزان تثبیت نیتروژن و گره‌زایی را داشت و در مقابل سردترین دمای هوا در شب/ روز (۱۵°C روز و ۱۰°C شب) کمترین میزان تثبیت نیتروژن و گره‌زایی را دارا بود. اگرچه کاهش دمای هوا و منطقه ریشه موجب کاهش تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در هر سه گونه مورد مطالعه شد اما تأثیر منفی کاهش دمای منطقه ریشه شدیدتر بود. استقرار یک گره کارآمد، ناشی از یکسری رخدادها، شامل کلنی شدن باکتری در ریزوسفر، جذب ریزوبیوم به تارهای کشنده ریشه، خمیدگی تار کشنده و تشکیل رشته تلقیح در درون تارهای کشنده حاصل می‌شود (۱۹). بررسی‌های روبین و همکاران (۲۶) نشان داد دمای پایین محیط به ویژه دو مرحله ابتدایی تشکیل گره (کلنی شدن باکتری در ریزوسفر و جذب ریزوبیوم به تارهای کشنده ریشه) را متوقف کرده مانع از تلقیح مناسب ریشه با باکتری می‌گردد.

افزایش دمای هوا تا ۲۵°C تأثیر مثبت و فزاینده‌ای بر رشد و نمو بخش‌های رویشی گونه‌های یونجهٔ یکسالهٔ مورد مطالعه به استثنای ریشه داشت. این ناشی از این واقعیت است که دمای مطلوب رشد ریشه در مقایسه با دمای مطلوب اندام‌های هوایی غالباً کمتر است (۳). در مقابل دمای ۲۰°C هوا، طول ریشه (داده‌ها ارائه نشده است) و مادهٔ خشک ریشه را نسبت به سایر دماها افزایش داد. در دمای ۲۰°C سرعت رشد شاخساره گیاه نسبت به دمای ۲۵°C هوا کاهش یافت. این امر موجب شد مادهٔ خشک بیشتری به ریشه‌ها اختصاص یابد که نهایتاً باعث افزایش طول و وزن خشک ریشهٔ گیاهان گردید. تحمل یونجه‌های یکساله نسبت به سرمای زمستان کم بوده و نمی‌توانند یخبندان‌های شدید و طولانی را تحمل کنند. دمای مطلوب دورهٔ رشد رویشی این گیاهان ۲۱ تا ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد و در مرحلهٔ گل‌دهی ۱۵ تا ۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد (۱۲). گزارش شده است که دمای ۱۰-۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد خاک و ۱۵-۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد هوا برای جوانه‌زنی و رشد اولیه مناسب است. یونجه‌های یک‌ساله دمای صفر درجهٔ سانتی‌گراد را حداکثر تا ۸ ساعت به طور ممتد تحمل می‌کنند و سپس از بین می‌روند (۱۶).

بیشترین میزان مادهٔ خشک برگ و ساقه در گونهٔ *M. polymorpha* در دمای ۲۵°C هوا و ۱۵°C منطقهٔ ریشه مشاهده گردید که نشان‌دهندهٔ نیاز حرارتی بالای این گونه در مقایسه با سایر گونه‌هاست. افزایش مادهٔ خشک برگ و ساقه به دلیل افزایش تعداد شاخه، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ در اثر افزایش دمای هوا و خاک بود. دماهای پایین‌تر منطقهٔ ریشه تأثیر کاهنده‌ای بر صفات مذکور در گونهٔ *M. polymorpha* داشت و در نتیجه میزان مادهٔ خشک برگ و ساقه آن کاهش یافت. نتایج تحقیقی در سویا نشان داد که وزن گیاه، تعداد برگ و سطح برگ با کاهش دمای منطقهٔ ریشه، کم می‌شود (۳۱). ذخیرهٔ مادهٔ خشک ریشهٔ سویا تحت تأثیر دمای پایین منطقهٔ ریشه قرار گرفت و به نسبت زیادی کاهش یافت (۳۲). به علاوه نسبت برگ و ساقه به ریشهٔ سویا عموماً با افزایش دمای منطقهٔ ریشه زیاد گردید (۳۱). آزمایش‌های سایر محققین نشان داد، افزایش دمای خاک تا ۱۵°C، باعث بیشتر شدن تعداد گره در ریشه سویا شد. تعداد و سطح برگ سویا در دمای بالاتر منطقهٔ ریشه در مقایسه با دماهای پایین‌تر، بیشتر بود (۳۱). نتایج مذکور با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج این آزمایش نشان داد که در دمای پایین هوا و منطقهٔ ریشه، گونهٔ *M. rigidula* ماده خشک برگ و ساقه بیشتری نسبت به دو گونه دیگر دارا بود و این امر حاکی از مقاومت به سرمای بیشتر این گونه بود. بنابراین این گونه برای کشت در مناطق سرد و معتدل مناسب‌تر است. احتمالاً گونهٔ *M. rigidula* نیز مانند *M. rotata* (از جمله ارقام مقاوم به سرما) می‌تواند تعداد زیادی اکوتیپ در نواحی سردسیر داشته باشد (۴). گونهٔ *M. rigidula* در مناطق شمال غرب، جنوب غرب، شمال شرق و غرب کشور در ارتفاعات ۲۰۰ تا ۲۴۰۰ متری از سطح دریا رویش دارد و یکی از امید بخش‌ترین گونه‌ها در نواحی سرد ایران به نظر می‌رسد (۱۸). گونه‌های استرالیایی مقاومت زیادی در برابر سرمای شدید نداشته و در نواحی سرد دورنمای قابل ملاحظه‌ای برای توسعهٔ اکوتیپ‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

محلی وجود دارد. تحمل در برابر سرما در گونـه *M. rigidula*، مورد تأیید قرار گرفته است (۱۱).

در اکثر مناطق ایران وجود دماهای پایین به ویـژه در اوایـل فصل رشد، باعث محدودیت گسترش گونـه‌هـای یونجـهٔ یـک ساله استرالیایی شده است و فقط مناطق گرگان و خـرم‌آبـاد بـه دلیل بارندگی و دمای مناسب برای کشت این گونه‌های مـساعد می‌باشد. به نظر می‌رسد در نواحی بـا زمـستان سـرد و مرتفـع، گونه‌ایی مانند *M. rigidula* احتمالاً گونه موفقی خواهد بود.

با توجه به نتایج این آزمایش استفاده از یونجه‌هـای یکـساله حتی گونه‌های مقاوم به سرما در مناطقی کـه در فـصل رویـش، دمای خاک به $5^{\circ}C$ و یا کمتر می‌رسد موفقیت‌آمیز نمی‌باشد، این امر ناشـی از عـدم تلقـیح ریـشه و کـاهش در تثبیـت نیتـروژن می‌باشد، بنابراین، در منـاطقی کـه دمـای خـاک بیـشتر از $10^{\circ}C$ باشد این گیاهان رشد و محـصول مناسـبی در صـورت فـراهم بودن سایر شرایط خواهند داشت و در این مناطق سیستم تناوبی غله- مرتع می‌تواند جایگزین مناسبی برای سیستم‌هـای تنـاوبی رایج آیش- غله باشد.

منابع مورد استفاده

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه فنی شماره ۹۸۲. مؤسسه خاک و آب، تهران.

۲. امینی دهقی، م. ۱۳۸۵. تأثیر دماهای مختلف هوا و خاک بر رشد، نمو، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در گونه‌هـای یونجـه یـک‌سـاله. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳. پوستینی، ک.، ع. سی و سه مرده، م. زواره و ش. مداح حسینی. ۱۳۸۴. *عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولـوژی و فراینـدها* (*ترجمـه*). چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. ترک‌نژاد، ا. ۱۳۷۸. بررسی پتانسیل‌های اکولوژیکی یونجه‌های یک‌ساله ایران. رساله دکتری زراعت، دانشکده کـشاورزی، دانـشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵. سندگل، ع. و ب. ملک‌پور. ۱۳۷۳. مروری بر تحقیقات انجام شده و در حال اجرا در رابطه بـا یونجـه‌هـای یـک‌سـاله در ایـران و تدوین برنامه کاری آینده. نشریه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.

6. Blondel, J. and J. Aronson. 1999. Biology and Wildlife in the Mediterranean Region. Oxford Univ. Press., Oxford.
7. Bounejmate, M., A. D. Robson and P. E. Beale. 1992. Annual *Medicago* species in Morocco. II. Distribution in relation to soil and climate. Aust. J. Agric Res. 43: 739-749.
8. Brandsaeter, L. O., H. Heggen, H. Riley, E. Stubhaug and M. T. Henriksen. 2008. Winter survival, biomass accumulation and N mineralization of winter annual and biennial legumes sown at various times of year in northern temperate region. Eur. J. Agron. 28: 437-448.
9. Browen, G. D. 1991. Soil temperature, root growth and plant fuction. PP. 309-330. *In*: Waisel, Y., A. Eshel and U. Kafkaki, (Eds.), Plant Root: The Hidden Half. Marcel Dekker, NewYork.
10. Clarkson, D. T., M. J. Earnshaw, P. J. White and H. D. Cooper. 1988. Temperature dependent factors influencing nutrient uptake. An analysis of responses at different levels of organization. PP: 281-309. *In*: Long, S. P. and Woodward, F. I. (Eds.), Plant and Temperature. Company of Biologists, Cambridge.
11. Cocks, P. and T. A. M. Ehrman. 1987. The effect of geographic origin on frost tolerance of pasture legumes in Syria J. Appl. Ecol. 24: 673-683.
12. Del Pozo, A., C. Ovalle, J. Aronson and J. Avendano. 2000. Development responses to temperature and photoperiod in ecotype of *Medicago polymorpha* L. along an environmental gradient in central Chile. Ann. Bot. 85: 809-814.
13. Denton, M. D., C. R. Hill, W. D. Bellotti and D. R. Coventry. 2007. Nodulation of Medicago truncatula and M. polymorpha in two pasture of contrasting soil pH and rhizobial population. Appl. Soil Ecol. 35: 441-448.
14. Derkaoui, M., J. L. Caddel and L. L. Romman. 1991. A forst tolerance screening of annual *Medicago* spp. Agric. Mediterranea 121: 213-218.
15. Eckard, R. J. and D. R. Franck. 1998. Strategic nitrogen fertilizes uses on perennial ryegrass and white clover pasture in north-western Tasmania. Aust. J. Exp. Agric. 38:155-160.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]

16. Ehrman, T and P. S. Cocks. 1996. Reproductive patterns in annual legume species on an aridity gradient. Vegetatio 122: 47-59.
17. Feng, Z. 1996. Soybean symbiotic signal exchange, nodulation and nitrogen fixation under suboptimal rootzone temperature. PhD. Thesis, Department of Plant Science, McGill University, Montreal, Quebec.
18. Francis, C. M. 1988. Selection and agronomy of medics for dryland pasture in Iran. Project Tcp/IRAN/6652.
19. HeidarI, S. A. H. 1994. Variation in the sensivity of nodulation and nitrogen fixation to nitrate in annual Medicago species. PhD. Thesis, Adelide University, Australia.
20. Hekenby, M., M. Carmen Antolin and M. Sanchez-Diaz. 2006. Frost resistance and biochemical changes during cold acclimation in different annual legumes. Env. Exp. Bot. 55:305-314.
21. Krall, J., R. W. Groose and J. Sobels. 1996. Winter survival of Austrian winter pea and annual medic on the western high plains. PP. 237-240. *In*: J. Janick (Eds.), Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria, VA.
22. Legros, P and D. L. Smith. 1994. Root zone temperature sensitivity of nitrogen fixing and nitrate supplied soybean [*Glycine max* (L.) *Merr*.] and lupin (*Lupinus albus* L.) plants. Environ. Experim. Bot. 34:117-124.
23. Lynch, D. H. and D. L. Smith. 1993. Soybean [*Glycine max* (L.) *Merr*.] nodulation and N2 fixation as affected by period of exposure to a low root zone temperature. Physiol. Plant 88:212-223.
24. Materon, L. A. 1994. Delayed inoculation and competition of Rhizobium meliloti in annual Medicago species. Appl. Soil Ecol. 1: 225-260.
25. Obaton, M., L. Materon, M. Zaklouta and G. Gintzburger. 1996. Effect of low temperature on the nitrogen nutrition of annual medics: Preliminary results. *In*: Genier, G. and J. M. Prosperi. (Eds.), FAO/CIHEAM. Option Mediterraneennes 18:103-112.
26. Robin, G., K. Sulta-Tubeileh, M. Obaton and A. Guckert. 2005. Nitrogen fixation and growth of annual Medicago-Sinorhizobium associations at low termperature. Eur. J. Agron. 15:221-229
27. SAS Institute Inc. 1997. SAS User's Guide. Statistical Analysis Instituite Inc. Cary, North Carolin.
28. Sheaffer, C. C., D. K. Barnes, D. D. Warnes, W. E. Lueschen, H. J. Ford and D. R. Swanson. 1992. Seeding year cutting affects winter survival and its association with fall growth score in alfalfa. Crop Sci. 32:225-231.
29. Shrestha, A., J. W. Fisk, P. Jeranama, J. M. Squire and O. B. Hesterman. 2001. Annual medics. Departmant of Crop and Soil Science. Michigan State University, USA.
30. Sultan, k., G. Gintzburger, M. Obaton, C. Robin, H. Touchane and A. Guckert. 2001. Growth and nitrogen fixation of annual Medicago-Rhizobium associations during winter in Mediterranean region. Eur. J. Agron. 15:221-229.
31. Zhang, F., D. H. Lynch and D. L. Smith. 1995. Impact of low root temperatures on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] on nodulation and nitrogen fixation. Env. Exp. Bot. 35: 276-285.
32. Zhang, F., N. Dashti, R. K. Hynes and D. L. Smith. 1996. Plant growth promoting rhiobacteria and soybeab [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and nitrogen fixation at suboptimal root temperatures. Ann. Bot. 35:279-285.
33. Zhu, Y., C. C. Sheaffer and D. K. Barnes. 1996. Forage yield and quality of six annual Medicago species in north-central USA. Agron. J. 88: 955-960.
34. Zhu, Y., C. C. Sheafer, M. P. Russel and C. P. Vance. 1998. Dry matter accululation and dinitrogen fixation of annual Medicago species. Agron. J. 90:103-108

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.48.35.0]