



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۸

صفحه‌های ۲۰۷-۱۹۵

اثر کودهای زیستی و ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی در شرایط دیم

پیمان محمدزاده توتونچی^۱، علیرضا پیرزاد^{۲*}، جلال جلیلیان^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۰۱

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی و ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی در شرایط دیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در دانشگاه ارومیه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد، فارچ مایکوریزا (*Funneliformis mosseae*)، باکتری تیوباسیلوس (*Thiobacillus*)، مایکوریزا+ تیوباسیلوس، ورمی کمپوست، مایکوریزا+ ورمی کمپوست، تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست و مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست بودند که تأثیر آن‌ها در دو مرحله رشدی (قبل از ساقه‌رفتن و گل‌دهی کامل) بررسی شد. تیمار تلفیقی مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست عملکرد علوفه خشک، درصد هضم‌پذیری ماده خشک، عملکرد پروتئین خام و عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب را در مرحله رشدی گلدهی کامل، به ترتیب ۹۹/۷۲، ۱۴۳/۲۱، ۶۸/۵۴ و ۷۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و تیمار مذکور، در بین تمامی تیمارهای آزمایشی و در هر دو مرحله رشدی، دارای کم‌ترین میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بود. هم‌چنین، تیمار مایکوریزا+ تیوباسیلوس بیش‌ترین درصد پروتئین خام (۱۹/۷۱ درصد) را در مرحله گل‌دهی کامل، تولید نمود. به‌طورکلی، کاربرد فارچ مایکوریزا و باکتری تیوباسیلوس به‌همراه ورمی کمپوست، سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی علوفه کاسنی در شرایط بدون آبیاری گردید.

کلیدواژه‌ها: انرژی متابولیسمی، تیوباسیلوس، کلونیزاسیون، مایکوریزا، ورمی کمپوست.

Effect of Biofertilizers and Vermicompost on Yield and Forage Quality of Chicory under Rainfed Condition

Peyman Mohammadzadeh Toutounchi¹, Alireza Pirzad^{2*}, Jalal Jalilian³

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: February 20, 2019

Accepted: April 29, 2019

Abstract

In order to investigate the effect of biological and organic fertilizers on the yield (quality and quantity) of chicory forage under rainfed condition, a factorial experiment has been conducted in Urmia University based on randomized complete block design with three replications during 2016. Treatments include control, Mycorrhiza (AMF), *Thiobacillus* bacteria (Thio), AMF+Thio, Vermicompost (V), AMF+V, Thio+V, and AMF+Thio+V, whose effects have been evaluated in two growth stages (before stem elongation and full flowering). In comparison with control, the AMF+Thio+V has increased dry forage yield, dry matter digestibility, crude protein yield and water soluble carbohydrates yield by 99.72%, 143.21%, 68.54%, and 76% in full flowering stage, respectively. What is more, this treatment has had the lowest acid detergent fiber content at both growth stages among all treatments. Also, Mycorrhiza + *Thiobacillus* had the highest percentage of crude protein (19.71%) at full flowering stage. In general, the use of Mycorrhiza and *Thiobacillus* together with vermicompost helps improving the quantitative and qualitative performance of chicory forage in rainfed condition.

Keywords: Colonization, metabolism energy, mycorrhiza, *Thiobacillus*, vermicompost.

۱. مقدمه

سالیانه بارندگی و نوسان مقدار و نحوه پراکنش نزولات جوی از جمله عواملی هستند که سبب افزایش خطرپذیری در مناطق دیم می‌شوند و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری تولید محصولات کشاورزی را در چنین مناطقی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Najafzadeh et al., 2013). بنابراین، اتخاذ روش‌های مختلف مدیریتی که در کاهش خطرپذیری و ایجاد ثبات عملکرد محصولات دیم مؤثر باشند، مورد توجه روزافزون قرار دارند.

از روش‌های مدیریتی که به‌عنوان تعدیل‌کننده اثرات تنش خشکی شناخته می‌شوند، استفاده از قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد (تیوباسیلوس‌ها) می‌باشد. قارچ‌های میکوریزا از انواع کودهای زیستی هستند که جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم‌نظام‌های طبیعی محسوب می‌شوند. هم‌زیستی این قارچ‌ها با ریشه گیاه میزبان، از طریق توسعه ریشه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر کم‌مصرف، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی غیرآنزیمی، افزایش فتوسنتز و بالا بردن کارایی مصرف آب سبب بهبود رشد و نمو و عملکرد گیاهان میزبان در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Gholinezhad, 2017; Rahimzadeh & Pirzad, 2017; Wei et al., 2018). تیوباسیلوس‌ها، گروهی از باکتری‌های گرم منفی می‌باشند که انرژی مورد نیاز خود را از طریق اکسیداسیون ترکیبات غیر آلی گوگردار تأمین می‌نمایند. این باکتری‌ها نقش بسیار مهمی در جلوگیری از آبهوشی ترکیبات معدنی، به‌خصوص گوگرد دارند (Yadegari & Barzegar, 2010). قسمت اعظم گوگرد موجود در خاک، غیر معدنی است، که مستقیماً برای گیاهان قابل استفاده نمی‌باشد. استفاده از تیوباسیلوس‌ها، میزان اکسیداسیون طبیعی گوگرد را افزایش می‌دهد و سرعت تولید ترکیبات سولفات را بالا

کاسنی (*Cichorium intybus* L.) گیاهی است علفی، دوساله یا چندساله متعلق به خانواده گل‌ستاره‌ای‌ها که در بسیاری از نقاط جهان به‌عنوان علوفه دام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرا که در فصول گرم سال، علوفه‌ای با کیفیت و کمیت مطلوب، تولید می‌نماید. کاسنی، تحت شرایط مدیریتی مطلوب، عملکرد ماده‌خشک قابل‌قبولی (۷-۱۵ تن در هکتار) تولید می‌کند (Neciu et al., 2017).

از طرف دیگر، نسبت برگ به زیست‌توده در کاسنی بالا می‌باشد که این امر باعث افزایش خوش‌خوراکی و قابلیت هضم علوفه آن می‌شود. تعلیف دام‌ها با علوفه کاسنی، نفخ ایجاد نمی‌کند و هم‌چنین، بالا بودن میزان مواد معدنی، کربوهیدرات‌های محلول در آب و حضور تانن‌های متراکم و ترکیبات فنلی در کاسنی، موجب کاهش جمعیت انگل‌های روده‌ای در دام می‌گردد (Li & Kemp, 2005). فواصل بین درختان باغات میوه، عمدتاً به کشت گیاهان علوفه‌ای (مانند یونجه) اختصاص می‌یابد (Ahmadi et al., 2017). نیاز فراوان یونجه به آب باعث انجام آبیاری در فواصل بین درختان می‌شود که این عمل، علاوه بر افزایش مصرف آب در این باغات، باعث شیوع آفات و بیماری‌های این درختان می‌گردد (Monirifar, 2015). این در حالی است که سطح کل باغات کشور ایران ۲۸۷۰۰۰۰ هکتار می‌باشد که سهم استان آذربایجان غربی از این مقدار، ۱۰۹۰۰۰ هکتار است (Ahmadi et al., 2018).

با توجه به این‌که ایران در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، استفاده از زراعت دیم در مناطق کم‌آب، امری اجتناب‌ناپذیر است. زراعت دیم با ۸۰ درصد از سطح زیر کشت کل کره زمین، حدود ۶۰ درصد از غذای اصلی مردم جهان را تأمین می‌کند. تغییرات

1. Asteraceae

اثر کودهای زیستی و ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی در شرایط دیم

می‌برد و این ترکیبات را در مراحل بحرانی رشد، در اختیار گیاه قرار می‌دهد که این امر منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Anandhama et al., 2007).

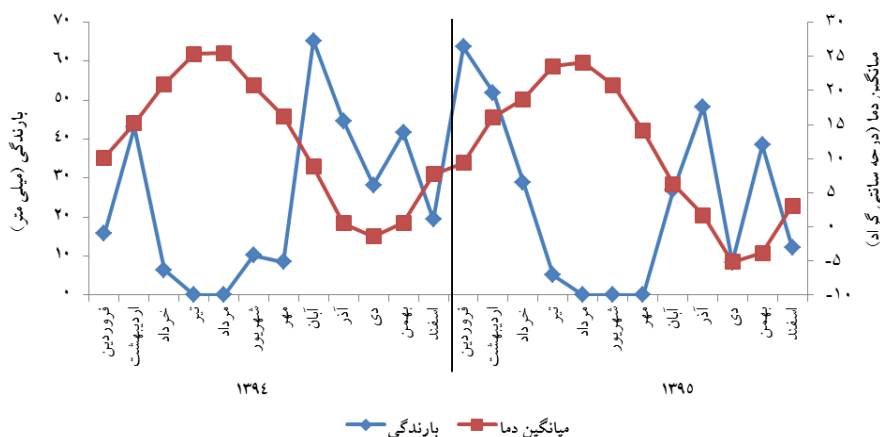
استفاده از ورمی کمپوست که در اثر عبور مداوم و آرام مواد آلی از دستگاه گوارش گونه‌هایی از کرم‌های خاکی سطحی‌زی و دفع این مواد از بدن کرم، حاصل می‌شود، راه‌کاری پایدار برای حفظ تولید و بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با ورودی کم مواد آلی است (Rahmatpour et al., 2013). کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی گردد که این امر را می‌توان به بهبود وضعیت تغذیه گیاه، تولید آنتی‌اکسیدانت‌های تنش‌زدا در ریشه و اندام هوایی و نیز وجود باکتری‌های محرک رشد گیاه در ورمی کمپوست نسبت داد (Ghasemi, 2015).

کاشت گیاهان کم‌توقع نسبت به آب مانند کاسنی در فواصل بین درختان در مناطقی که در آن‌ها مشکل کمبود آب وجود دارد، علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و افزایش بازده مصرف آب، سبب تولید علوفه و پوشش دادن فضای موجود بین درختان می‌شود و از اتلاف ذخیره رطوبتی و فرسایش خاک جلوگیری می‌کند

کاشت گیاهان کم‌توقع نسبت به آب مانند کاسنی در فواصل بین درختان در مناطقی که در آن‌ها مشکل کمبود آب وجود دارد، علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و افزایش بازده مصرف آب، سبب تولید علوفه و پوشش دادن فضای موجود بین درختان می‌شود و از اتلاف ذخیره رطوبتی و فرسایش خاک جلوگیری می‌کند

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه با ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا انجام شد. میزان بارندگی و میانگین دمای سالانه مربوط به بازه زمانی اجرای آزمایش، ارائه شده‌اند (شکل ۱). فاصله درختان آلوی سیاه (*Punus domestica plum*) در هر ردیف از هم ۴ متر و ۴ ساله بود. ارتفاع و قطر کانوپی درختان به‌ترتیب دارای میانگین ۲۴۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر بود. درختان موجود در محل آزمایش شرایط یکسانی داشتند و با استفاده از سیستم قطره‌ای، آبیاری می‌شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (جدول ۱) و برخی خواص شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده در این آزمایش (جدول ۲) قبل از انجام آزمایش مشخص شدند.



شکل ۱. بارندگی و میانگین دمای محل اجرای آزمایش در سال‌های ۹۵-۱۳۹۴

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری

بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	کربنات کلسیم (%)	اسیدته	ماده آلی (%)	کربن آلی (%)
سیلتی رسی	۳۸	۴۷	۱۵	۰/۱۴	۲۲/۷۸	۶۸۳	۴	۷/۸۴	۳	۱/۷۶

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های کود ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	رطوبت	روی	آهن	منگنز	اسیدته
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
۲۲/۱	۲/۹۶	۱/۷۲	۱/۹۸	۰/۹۲	۱۲/۸۸	۳۲	۸۹۸	۳۴۷	۴۰۸	۷/۵

تلقیح تهیه‌شده از گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه) درون هر کپه ریخته شد و سپس اقدام به بذرکاری در عمق یک تا دو سانتی متری گردید. در کرت‌هایی که حاوی ورمی کمپوست (تهیه‌شده از شرکت تک ورمی کمپوست آذربایجان) و تیوباسیلوس (تهیه‌شده از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا) بودند، پس از قرارداد ورمی کمپوست در هر شیار و ریختن مقداری از خاک مزرعه روی آن، مقداری گوگرد (بر اساس توصیه کودی شرکت فناوری زیستی مهر آسیا به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در هر شیار ریخته شد و مجدداً برای ممانعت از تماس مستقیم بذر با گوگرد، لایه‌ای بسیار نازک از خاک مزرعه ریخته شد و سپس بذور کاسنی که از قبل با باکتری تیوباسیلوس (با جمعیت 10^7 باکتری در گرم مایه تلقیح) در شرایط سایه تلقیح شده بودند، با فواصل مشخص و در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۱۳۹۴ کاشته شدند.

جهت تعیین عملکرد علوفه خشک، در مرحله ساقه‌رفتن (۸۰ روز پس از کاشت) و گل‌دهی کامل (۱۳۰ روز پس از کاشت) دو خط وسط هر کرت، با حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت، برداشت گردید. سپس، از هر کرت یک نمونه ۱۰۰۰ گرمی به‌طور تصادفی انتخاب شد و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد.

برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه، در هر مرحله رشدی، ریشه ۱۰ بوته از هر تیمار به‌طور تصادفی و با

تیمارهای کودی عبارت بودند از: شاهد (بدون تیمار) (T_۱)، مایکوریزا (*Funneliformis mosseae*) (T_۲)، تیوباسیلوس (*Thiobacillus*) (T_۳)، مایکوریزا+ تیوباسیلوس (T_۴)، ورمی کمپوست (T_۵)، مایکوریزا+ ورمی کمپوست (T_۶)، تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست (T_۷) و مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست (T_۸) که تأثیر آن‌ها بر علوفه کاسنی در دو مرحله رشدی قبل از ساقه‌رفتن و گل‌دهی کامل بررسی شد.

کرت‌های آزمایشی، در فاصله بین درختان موجود در مزرعه ایجاد شدند. طول هر بلوک ۴۰ متر و عرض آن چهار متر بود و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. کرت‌های آزمایشی با فاصله دو متر از یکدیگر ایجاد شدند که هر کرت شامل شش ردیف کاشت بود که فاصله بین ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در کرت‌هایی که حاوی ورمی کمپوست و قارچ مایکوریزا بودند، ابتدا شش شیار طولی به عمق چهار تا شش سانتی‌متر ایجاد گردید و سپس لایه‌ای از ورمی کمپوست (به‌میزان ده تن در هکتار و بر اساس بروشور شرکت تولیدکننده) در شیار قرار داده شد. پس از ریختن لایه‌ای بسیار نازک از خاک مزرعه بر روی ورمی کمپوست، کپه‌هایی با فواصل مشخص در روی شیارها ایجاد گردید و قارچ مایکوریزا (*Funneliformis mosseae*)، ۱۵۰ گرم برای هر کرت و با تراکم ۵۰ تا ۵۵ اسپور قارچ در هر گرم مایه

اثر کودهای زیستی و ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی در شرایط دیم

نرم افزار MSTAT-C (نسخه ۱۰.۲) و به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، انجام شد.

۳. نتایج و بحث

اثر متقابل بین مرحله رشدی و تیمارهای کودی بر عملکرد علوفه خشک، درصد کلونیزاسیون ریشه، درصد پروتئین خام، درصد هضم پذیری ماده خشک، درصد لیاف نامحلول در شوینده اسیدی و میزان انرژی متابولیسمی، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب، درصد خاکستر کل، عملکرد پروتئین خام و عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب معنی دار بود (جدول ۳).

۳.۱. عملکرد علوفه خشک

بیشترین عملکرد علوفه خشک (۲۴۵۸/۴۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تلفیقی مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست (T_۸) بود که در مرحله گل‌دهی کامل، به دست آمد و این تیمار، سبب افزایش ۹۹/۷۲ درصدی عملکرد علوفه خشک نسبت به شاهد در مرحله یادشده گردید و تفاوت معنی داری با کلیه تیمارهای کودی در هر دو مرحله رشدی داشت. هم‌چنین، کمترین عملکرد علوفه خشک (۶۰۵/۶۶ کیلوگرم در هکتار)، متعلق به تیمار شاهد (T_۱) در مرحله قبل از ساقه‌رفتن بود. در کل، برداشت کاسنی در مرحله گل‌دهی، عملکرد علوفه بیش‌تری نسبت به مرحله قبل از ساقه‌رفتن در کلیه تیمارها به دست داد (جدول ۴). در مرحله گل‌دهی کامل، گیاه دوره رشد رویشی بیش‌تری را سپری می‌کند و با مطلوب‌شدن شرایط دمایی و تشعشع خورشیدی، تعداد و سطح برگ گیاه افزایش می‌یابد و در نتیجه، با افزایش میزان فتوسنتز، عملکرد علوفه خشک بیش‌تر می‌شود (Ahmadi Motlagh et al., 2014). هم‌زیستی مایکوریزایی با افزایش سطح جذب مؤثر ریشه گیاه، سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی، به‌ویژه فسفر و نیتروژن،

دقت کامل، برداشت گردید و پس از شستن ریشه‌ها، حدود یک گرم از ریشه‌های ظریف و ریز در محلول FAA (۱۳ میلی‌لیتر فرمالدئید غلیظ+ ۵ میلی‌لیتر اسید استیک غلیظ+ ۹۰ میلی‌لیتر اتانول ۵۰ درصد) قرار داده شدند تا نمونه‌ها تثبیت شوند. نمونه‌ها رنگ‌آمیزی شدند (Phillips & Hyman, 1970). برای تعیین درصد کلونیزاسیون، از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد (Giovannetti & Mosse, 1980).

برای تعیین فاکتورهای کیفی علوفه، مقدار ۵۰ گرم از نمونه‌های خشک و پودر شده از هر کرت استفاده گردید. صفات کیفی علوفه شامل درصد پروتئین خام^۱، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب^۲، درصد هضم‌پذیری ماده خشک^۳، درصد لیاف نامحلول در شوینده اسیدی^۴، درصد خاکستر کل^۵ به‌وسیله دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک^۶ اندازه‌گیری گردید. کالیبراسیون دستگاه با استفاده از روش Jafari et al. (2003) انجام شد. انرژی متابولیسمی^۷ با استفاده از رابطه (۱) برآورد گردید:

$$\text{رابطه (۱)} \quad ME = 0.17 \text{ DMD} - 2$$

که در آن، DMD هضم‌پذیری ماده خشک برحسب درصد و ME میزان انرژی متابولیسمی برحسب مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک است. عملکرد پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول در آب در هکتار، از حاصل ضرب عملکرد علوفه خشک در درصدهای پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول در آب، به دست آمدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها توسط

1. Crude Protein
2. Water Soluble Carbohydrates
3. Dry Matter Digestibility
4. Acid Detergent Fiber
5. Total Ash
6. Near Infrared Reflectance Spectroscopy
7. Metabolism Energy

می‌گردد که نیتروژن با شرکت در ساختمان مولکول کلروفیل، میزان فتوسنتز گیاه و رشد رویشی آن را افزایش می‌دهد (Soltanian et al., 2015; Bagheri Dehabadi et al., 2017). هم‌چنین، وجود اثر هم‌افزایی بین قارچ‌های مایکوریزا و باکتری تیوباسیلوس، باعث تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین‌ها و سایتوکینین‌ها، می‌شود و بنابراین، سرعت رشد گیاه و وزن خشک اندام هوایی، افزایش می‌یابد (Tadayyon & Soltanian, 2016). بدیهی است با کاربرد کودهای آلی نظیر ورمی‌کمپوست، مواد غذایی موجود در این کودها به تدریج و در طی دوره رشد گیاه، آزاد می‌گردند و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند (Kheiry et al., 2016). از طرف دیگر، ورمی‌کمپوست، ظرفیت نگهداری آب توسط خاک را افزایش می‌دهد و گیاه، کم‌تر با تنش خشکی مواجه می‌شود (Feli et al., 2018).

۲.۳. درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج نشان داد بیش‌ترین درصد کلونیزاسیون ریشه

(۴۹/۹۳ درصد) از تیمار کودی مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست (T_۸) در مرحله گل‌دهی کامل حاصل شد که با تیمار مایکوریزا+ ورمی‌کمپوست در مرحله یادشده در یک گروه آماری قرار گرفتند. هم‌چنین، کم‌ترین درصد کلونیزاسیون ریشه، مربوط به تیمار شاهد در هر دو مرحله رشدی بود که با تیمارهای تیوباسیلوس (T_۳)، ورمی‌کمپوست (T_۵) و تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست (T_۷) در مرحله گل‌دهی کامل و تیمارهای T_۳ و T_۵ در مرحله قبل از ساقه‌رفتن، در یک گروه آماری قرار گرفتند. در حالت کلی، تیمارهای حاوی مایه تلقیح مایکوریزایی نسبت به سایر تیمارهای کودی در هر دو مرحله رشدی، درصد کلونیزاسیون مایکوریزایی بیش‌تری داشتند، به‌نحوی‌که درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمارهای فاقد مایه تلقیح مایکوریزایی، کم‌تر از ده درصد بود، این درحالی بود که در تیمارهای کودی حاوی مایه تلقیح مایکوریزایی، درصد کلونیزاسیون ریشه قابل‌توجه بود (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی در دو مرحله رشدی بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی

میانگین مربعات															
منبع تغییرات	درجه آزادی	کلونیزاسیون ریشه	پروتئین خام	محلول در آب	کربوهیدرات‌های محلول در آب	ماده خشک	هضم پذیری	در شوینده اسپیدی	الیاف نامحلول	خاکستر کل	انرژی متابولیسمی	عملکرد علوفه خشکی	عملکرد پروتئین خام	محلول در آب	عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب
بلوک	۲	۱/۹ns	۰/۴ns	۲۴/۰۶*	۱۱/۵۴ns	۳۶/۵۰ns	۳۱/۵۷**	۲۲/۸۹**	۰/۴۱ns	۸۹/۲۴**	۰/۳۷ns	۳۵۳/۳ns	۱۹۷/۲ns	۸۰۴۵/۶*	
مرحله رشدی (G)	۱	۲۴۸/۰**	۳۵۲/۹۵**	۱۲۸/۴۱**	۷۳۹/۴۷**	۳۶/۵۰ns	۳۱/۵۷**	۲۲/۸۹**	۰/۴۱ns	۸۹/۲۴**	۰/۳۷ns	۹۶۸۳۲۵۱/۸**	۴۳۵۷۸۲/۲**	۲۰۷۶۶۴/۴**	
تیمار (T)	۷	۱۹۹۲/۲**	۷/۴۸*	۱۶/۳۱*	۵۴۴/۲۱**	۳۱۰/۳۲**	۰/۷۱ns	۱۵/۲۱**	۰/۷۱ns	۳۱۰/۳۲**	۰/۷۱ns	۶۰۹۹۳۴/۵**	۱۶۷۱۱/۶**	۱۲۲۷۸/۶**	
T×G	۷	۵۵/۷**	۷/۵۵**	۱۶/۷۵*	۲۲۹/۵۸**	۸۵/۵۸**	۰/۸۵*	۶/۸۹**	۰/۸۵*	۸۵/۵۸**	۰/۸۵*	۸۱۳۸۷/۹**	۴۴۵۹/۳*	۷۸۳۵/۴*	
خطا	۳۰	۷/۴	۱/۸۱	۵/۷۸	۱۳/۷۵	۱۵/۶۵	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۵	۱۵/۶۵	۰/۳۹	۲۲۱۸۷/۲	۱۲۰۲/۹	۱۹۵۵/۶	
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۱۸	۱۰/۱۲	۲۴/۶۹	۸/۲۷	۷/۴۸	۷/۸۹	۱۱/۱۵	۷/۸۹	۷/۴۸	۱۱/۱۵	۱۱/۲۵	۱۸/۳۴	۳۲/۳۱	

ns، * و **: به ترتیب، غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال آماری پنج و یک درصد.

اثر کودهای زیستی و ورمی کمپوست بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی در شرایط دیم

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کودی × مرحله رشدی بر عملکرد و کیفیت علوفه کاسنی

مرحله رشدی	تیمار کودی	عملکرد علوفه (%)							عملکرد علوفه خشک (kg/ha)	تیمار کودی
		کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل	کلروفیل		
قبل از ساقه‌رفتن	T1	۶۰/۶۶h	۳۱/۰۵h	۹/۷۹f	۷/۸۹c	۴۲/۷۱d	۵۷/۸۸bcd	۷/۸۴bc	۵۹/۳۱d	۴۷/۷۸e
	T2	۸۶۴/۶۶fgh	۳۱/۴۹f	۹/۷۸f	۸/۰۱c	۴۵/۲۱cd	۵۷/۰۴cde	۷/۸۶bc	۸۴/۰۵cd	۶۹/۲۷e
	T3	۷۳۸/۸۷gh	۷/۲۷gh	۱۰/۴۹f	۸/۲۲c	۴۷/۹۶cd	۵۳/۳۴def	۸/۶۰ab	۷۷/۰۵d	۶۰/۷۷e
	T4	۱۱۱۲/۱۶def	۳۳/۰۸ef	۱۰/۸۴f	۸/۱۳c	۵۰/۸۰bc	۴۹/۶۰efgh	۸/۴۱ab	۱۲۰/۶۳cd	۹۰/۴۹de
	T5	۶۸۴/۱۶h	۴/۱۲h	۱۰/۲۷f	۸/۰۵c	۴۶/۳۲cd	۵۵/۰۳de	۸/۳۷ab	۷۰/۳۰c	۵۵/۰۹e
	T6	۹۹۲/۸۷efg	۳۶/۱۶def	۱۰/۷۰f	۸/۲۱c	۵۰/۰۵bc	۴۹/۹۴efg	۸/۳۴ab	۱۰۶/۳۰cd	۸۱/۰۴de
	T7	۷۸۷/۸۳gh	۹/۳۲g	۱۰/۸۰f	۸/۱۱c	۵۰/۳۲bc	۵۰/۲۰efg	۸/۳۵ab	۸۵/۰۷cd	۶۳/۸۶e
	T8	۱۲۱۵/۴۱de	۳۶/۵۱de	۱۰/۰۸ef	۸/۲۱c	۵۶/۲۴ab	۴۲/۳۴hi	۹/۰۵a	۱۴۶/۸۹c	۹۹/۷۹de
گل‌دهی کامل	T1	۱۲۳۰/۹۵ode	۲/۹۵h	۱۷/۹۹ab	۱۲/۷۰ab	۲۴/۸۳fg	۶۳/۷۰abc	۶/۵۳d	۲۲۱/۲۵b	۱۵۸/۱۶cd
	T2	۱۹۷۳/۷b	۳۸/۳۰cd	۱۳/۴۳de	۱۲/۴۱abc	۲۰/۵۰g	۶۶/۹۶a	۶/۹۴cd	۲۶۴/۱۲b	۲۴۲/۵۵b
	T3	۱۳۷۸/۵۸d	۳/۹۶h	۱۴/۹۹cd	۷/۸۷c	۵۰/۸۰bc	۴۶/۵۳fghi	۶/۸۱cd	۲۰۷/۱۰b	۱۰۸/۴۸de
	T4	۲۰۵۰/۲۱b	۴۲/۸۲bc	۱۹/۷۱a	۷/۷۷c	۵۶/۳۹ab	۴۴/۴۲ghi	۷/۹۲abc	۴۰۴/۴۲a	۱۵۹/۴۸cd
	T5	۱۳۷۱/۴۵d	۵/۶۶gh	۱۵/۸۲bcd	۱۴/۳۰ab	۳۰/۲۳ef	۵۶/۲۷de	۶/۰۶d	۲۲۱/۲۶b	۲۰۲/۳۱bc
	T6	۲۰۶۰/۲b	۴۵/۵۷ab	۱۷/۰۹bc	۱۶/۷۰a	۳۲/۷۴e	۶۴/۲۴ab	۶/۹۴cd	۳۵۰/۴۳a	۳۴۳/۸۱a
	T7	۱۶۶۴/۴۵c	۸/۱۳gh	۱۴/۰۳de	۷/۹۰c	۵۱/۴۳bc	۴۶/۹۵fghi	۶/۴۲d	۲۳۳/۶۵b	۱۳۰/۸۷cde
	T8	۲۴۵۸/۴۶a	۴۹/۹۳a	۱۵/۰۷cd	۱۱/۳۶bc	۶۰/۳۹a	۴۰/۷۹i	۶/۲۳d	۳۷۲/۹۰a	۲۷۵/۳۳ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. T1: شاهد، T2: مایکوریزا، T3: تیوباسیلوس، T4: مایکوریزا+تیوباسیلوس، T5: ورمی کمپوست، T6: مایکوریزا+ورمی کمپوست، T7: تیوباسیلوس+ورمی کمپوست، T8: مایکوریزا+تیوباسیلوس+ورمی کمپوست.

گسترش و فعالیت میکروارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌های مایکوریزا و باکتری تیوباسیلوس و انجام فرآیندهای زیستی خاک فراهم می‌کند و با افزایش ظرفیت نگهداری آب توسط خاک در اثر کاربرد ورمی کمپوست، تندش اسپور قارچ مایکوریزا و رشد هیف‌های قارچی افزایش می‌یابد و در نتیجه، درصد کلونیزاسیون ریشه بیش‌تر می‌شود (Sabrina et al., 2013; Moradi et al., 2014; Wathira et al., 2016; Osoli & Taleshi, 2018).

۳.۳. درصد پروتئین خام

اثر متقابل تیمارهای کودی × مرحله رشدی بر میزان پروتئین خام علوفه کاسنی معنی‌دار بود و بیش‌ترین میزان

به‌نظر می‌رسد با طولانی‌تر شدن دوره رشد رویشی گیاه، میزان فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی در شرایط دمایی و تشعشعی مطلوب، افزایش می‌یابد (Nazari et al., 2014; Ansori et al., 2016). بنابراین، گیاه می‌تواند کربوهیدرات بیش‌تری را صرف برقراری رابطه هم‌زیستی با قارچ‌های مایکوریزا نماید. تنش کم‌آبی سبب کاهش درصد کلونیزاسیون ریشه می‌گردد و با کاهش رطوبت خاک، کمیت و کیفیت ترشحات ریشه‌ای تغییر می‌کند و جوانه‌زنی اسپور مایکوریزا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Abolfazli et al., 2017). لذا، افزودن ورمی کمپوست به خاک به‌عنوان کود آلی با بهبود شرایط فیزیکی خاک و ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، محیط مناسبی را برای

خوش خوراکی و کیفیت علوفه، در مراحل اولیه رشد در کمترین مقدار بوده و در دوران گل‌دهی به حداکثر میزان خود می‌رسند (Dianaty Tilaky et al., 2015; Bagheri et al., 2017). گیاهانی که میزان رطوبت کمتری دریافت می‌کنند، مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب بیشتری دارند (Ehteshami et al., 2014; Moradtalab et al., 2019). افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه، ترکیبات آلی مانند کربوهیدرات‌های محلول و تنظیم‌کننده‌های فعال اسمزی، جزء راه‌کارهای مقابله با تنش کم‌آبی در گیاهان میکوریزایی است که این ترکیبات، باعث تداوم فرآیند آبیگری و حفظ تورژسانس سلول می‌شوند (Aslanpour et al., 2016). بالا بودن میزان کربوهیدرات‌های محلول، در گیاهان میکوریزایی ناشی از افزایش جذب فسفر می‌باشد، زیرا فسفر می‌تواند پیوند بین مولکول‌های درشت را بشکند و به قند محلول تبدیل کند (Jabbari & Abbasdokht, 2017). دلیل دیگر افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب در گیاهان میکوریزایی، افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز و نیز تولید هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین و هیدرولیز نشاسته به قندهای محلول است (Shaaban et al., 2015; Abdel-Fattah et al., 2016; Jabbari & Abbasdokht, 2017).

۳.۵. درصد هضم‌پذیری ماده خشک

بیشترین درصد هضم‌پذیری ماده خشک (۶۰/۳۹ درصد) از تیمار کودی میکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست در مرحله رشدی گل‌دهی کامل به دست آمد که این تیمار درصد هضم‌پذیری ماده خشک را نسبت به شاهد ۱۴۳/۲۱ درصد افزایش داد. هم‌چنین، کمترین میزان درصد هضم‌پذیری ماده خشک (۲۰/۵۰ درصد) از تیمار میکوریزا در مرحله گل‌دهی کامل به دست آمد که با تیمار شاهد در مرحله یادشده، در یک گروه آماری قرار داشتند

پروتئین خام (۱۹/۷۱ درصد)، از تیمار میکوریزا+ تیوباسیلوس (T_۴) در مرحله گل‌دهی کامل، به دست آمد که با تیمار شاهد در مرحله رشدی یادشده، تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین درصد پروتئین خام نیز مربوط به تیمار میکوریزا و در هر دو مرحله رشدی بود. به‌طور کلی، درصد پروتئین خام در مرحله گل‌دهی کامل در مقایسه با مرحله قبل از ساقه‌رفتن، بیشتر بود (جدول ۴). می‌توان چنین استدلال نمود که در مرحله رشدی گل‌دهی کامل، گیاه با برقراری رابطه هم‌زیستی با قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس، فرصت و ابزار کافی برای جذب آب و عناصر غذایی نظیر نیتروژن و گوگرد را از خاک داشته است (Aghhavana Shajari et al., 2016). افزایش جذب نیتروژن که نقش کلیدی در سنتز پروتئین‌ها دارد و گوگرد که پیش‌ساز اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد، میزان پروتئین خام را افزایش داده است (Ahmadi Motlagh et al., 2014; Dostalova et al., 2015). آزادسازی تدریجی ترکیبات نیتروژنه موجود در ورمی‌کمپوست نیز در طول فصل رشد گیاه، باعث افزایش محتوای پروتئین خام شده است (Mahmud et al., 2018).

۳.۴. درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب

بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب (۱۶/۷۰ درصد)، از تیمار میکوریزا+ ورمی‌کمپوست در مرحله گل‌دهی کامل حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد، میکوریزا و ورمی‌کمپوست در مرحله یادشده، نداشت. تیمار میکوریزا+ تیوباسیلوس در مرحله گل‌دهی کامل، کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب (۷/۷۷ درصد) را در بین تمامی تیمارهای کودی، دارا بود (جدول ۴). میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب یا کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در اندام‌های گیاهی، به‌عنوان یکی از فاکتورهای اصلی و تعیین‌کننده

نامحلول در شوینده اسیدی را وجود همبستگی منفی ($R^2 = -0.86^*$) میان میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و هضم‌پذیری ماده خشک دانست. هم‌چنین، با افزایش رطوبت قابل دسترس گیاه در تیمارهای واجد مایکوریزا، درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاهش می‌یابد که این امر به‌نوبه خود باعث افزایش خوش‌خوراکی و کیفیت علوفه می‌گردد (Ehteshami *et al.*, 2014).

۷.۳. خاکستر کل

کم‌ترین مقدار خاکستر کل از تیمار ورمی کمپوست در مرحله گل‌دهی کامل به‌دست آمد و بیش‌ترین میزان خاکستر کل (۹/۰۵ درصد) مربوط به تیمار T_۸ در مرحله قبل از ساقه‌رفتن بود که این تیمار، سبب افزایش ۱۵ درصدی خاکستر کل، نسبت به شاهد گردید و با تیمارهای T_۳ تا T_۷ قبل از ساقه‌رفتن و تیمار مایکوریزا+ تیوباسیلوس (T_۴) در مرحله گل‌دهی کامل، در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). درصد خاکستر علوفه، از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت علوفه است که میزان مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی را نشان می‌دهد (Dolatmand Shahri & Tahmasbi, 2016). می‌توان دلیل افزایش خاکستر کل را به جذب بیش‌تر و بهتر عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و نیتروژن، نسبت داد که این عناصر سبب رشد بهتر ریشه و گسترش بیش‌تر آن در خاک می‌گردند که این امر سبب جذب بیش‌تر مواد معدنی می‌شود (Bagheri Dehabadi *et al.*, 2017). از طرف دیگر، سن گیاه بر میزان جذب مواد معدنی تأثیر دارد و معمولاً بالاترین سرعت جذب مواد معدنی در مرحله رشد رویشی می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که با پیشرفت مراحل رشد گیاه، میزان مواد معدنی کاهش یابد (Izadi *et al.*, 2013). دلیل افزایش خاکستر کل

(جدول ۴). یکی از فاکتورهای مهم تعیین‌کننده قابلیت هضم علوفه، محتویات داخل سلولی است که عمدتاً از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های محلول تشکیل شده‌اند و قابلیت هضم بالایی دارند (Ahmadi Motlagh *et al.*, 2014). لذا می‌توان محتویات درون سلولی را کاملاً هضم‌پذیر دانست که حتی با پیشرفت مراحل رویشی گیاه، تغییری در آن به‌وجود نمی‌آید (Izadi Yazdanabadi *et al.*, 2013). با توجه به افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب و نیز پروتئین خام در تیمار کودی T_۸ (جدول ۴)، و این‌که در مرحله گل‌دهی، بیش‌ترین قابلیت هضم و کم‌ترین دیواره سلولی مربوط به برگ‌های گیاه است و از طرف دیگر، قابلیت هضم برگ، بیش‌تر از ساقه است، لذا چنین استنباط می‌شود که با افزایش نسبت برگ به ساقه، قابلیت هضم علوفه افزایش می‌یابد (Motamedi *et al.*, 2013; Dianaty Tilaky *et al.*, 2015).

۶.۳. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

کم‌ترین میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۴۰/۷۹ درصد) از تیمار کودی مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی کمپوست (T_۸) در هر دو مرحله رشدی به‌دست آمد. هم‌چنین، بین تیمارهای شاهد، مایکوریزا، تیوباسیلوس و ورمی کمپوست (T_۵) در مرحله قبل از ساقه‌رفتن و تیمار T_۵ در مرحله گل‌دهی کامل، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). الیاف نامحلول در شوینده اسیدی معرف مقدار لیگنین و سلولز گیاه می‌باشد. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با هضم‌پذیری ماده خشک و میزان پروتئین خام رابطه منفی دارد. افزایش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی منجر به کاهش قابلیت هضم علوفه و در نتیجه، کاهش کیفیت آن می‌شود (Ahmadi Motlagh *et al.*, 2014). با توجه به بالا بودن هضم‌پذیری ماده خشک در تیمار کودی T_۸، می‌توان دلیل کاهش میزان الیاف

کمترین مقدار عملکرد پروتئین خام (۵۹/۳۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد در مرحله قبل از ساقه‌رفتن، به‌دست آمد که با تیمارهای T_1 ، T_2 ، T_3 ، T_4 ، T_6 و T_7 در مرحله یادشده، تفاوت معنی‌داری نداشت. در کل، میزان عملکرد پروتئین خام در هکتار، در مرحله گل‌دهی کامل در مقایسه با مرحله قبل از ساقه‌رفتن، بیش‌تر بود (جدول ۴). عملکرد پروتئین خام در هکتار که برآیندی از درصد پروتئین خام و عملکرد ماده‌خشک است، اهمیت زیادی در تعیین ارزش کیفی گیاهان علوفه‌ای دارد (Ehteshami *et al.*, 2014). درصد پروتئین و عملکرد ماده‌خشک بالا در تیمارهای حاوی کودهای زیستی و آلی سبب افزایش عملکرد پروتئین شده است.

۳.۱۰. عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب

بالترین عملکرد کربوهیدرات‌های محلول به‌ترتیب از تیمارهای مایکوریزا+ ورمی‌کمپوست و مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست با ۳۴۳/۸۱ و ۲۷۵/۳۳ کیلوگرم در هکتار در مرحله گل‌دهی کامل به‌دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب (۴۷/۷۸ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار شاهد در مرحله قبل از ساقه‌رفتن، حاصل شد که با سایر تیمارهای کودی در مرحله یادشده و همچنین با تیمارهای تیوباسیلوس و تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست در مرحله گل‌دهی کامل، در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب در هکتار تابعی از درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب و عملکرد ماده‌خشک می‌باشد، لذا هر چه میزان عملکرد ماده‌خشک در هکتار و درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب بیش‌تر باشد، عملکرد کربوهیدرات‌های محلول در آب در هکتار نیز بیش‌تر خواهد بود (El-Khateeb *et al.*, 2011).

در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست را می‌توان به آزادشدن کندتر و جذب تدریجی عناصر غذایی موجود در آن توسط گیاه نسبت داد (Karimi *et al.*, 2017).

۳.۸. انرژی متابولیسمی

بالترین انرژی متابولیسمی (۸/۲۶ مگاژول بر کیلوگرم علوفه خشک) مربوط به تیمار کودی مایکوریزا+ تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست (T_8) در مرحله گل‌دهی کامل بود که با تیمار مایکوریزا+ تیوباسیلوس در یک گروه آماری قرار داشت، این در حالی بود که تیمار کودی T_8 در مرحله قبل از ساقه‌رفتن نیز دارای بیش‌ترین میزان انرژی متابولیسمی (۷/۵۶ مگاژول بر کیلوگرم علوفه خشک) بود. از نظر انرژی متابولیسمی بین تیمارهای کودی T_1 تا T_7 در مرحله قبل از ساقه‌رفتن و تیمارهای تیوباسیلوس و تیوباسیلوس+ ورمی‌کمپوست در مرحله گل‌دهی کامل اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). کیفیت علوفه با محتوای پروتئین خام، هضم‌پذیری ماده‌خشک و انرژی متابولیسمی نسبت مستقیم و با الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت عکس دارد. هرچه هضم‌پذیری ماده‌خشک علوفه، بیش‌تر باشد، مقدار انرژی متابولیسمی آن نیز بیش‌تر خواهد بود. بنابراین، مصرف علوفه‌هایی با محتوای انرژی متابولیسمی پایین نمی‌تواند نیاز غذایی دام را تأمین کند، لذا این کمبود بایستی با مصرف بافت‌های بدن حیوان، جبران شود (Motamedi *et al.*, 2013).

۳.۹. عملکرد پروتئین خام

بالترین عملکرد پروتئین خام (۴۰۴/۴۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار مایکوریزا+ تیوباسیلوس (T_4) در مرحله گل‌دهی کامل به‌دست آمد که این تیمار عملکرد پروتئین خام را در مقایسه با شاهد، ۶۸/۵۴ درصد افزایش داد.

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hoseinpour, R., Abd-Shah, H., Kazemian, A., & Rafei, M. (2017). *Agricultural statistics: Field crops*. Tehran, Iran: Ministry of Agriculture Press, 125 p. (In Persian).
- Ahmadi Motlagh, G., Majidian, M., Mohsenabadi, G., Fooman, A., & Alami, A. (2014). Effects of nitrogen fertilizer on yield and quality of three forage sorghum cultivars in Rasht region. *Journal of Crop Production and Processing*. 3(10), 1-11. (In Persian).
- Anandhama, R., Sridarb, R., Nalayinic, P., Poonguzhalia, S., Madhaiyana, M., & Tongmin, S. (2007). Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and *Rhizobium*. *Microbiological Research*. 162(2), 139-153. DOI: 10.1016/j.micres.2006.02.005.
- Ansori, A., Shahgholi, H., Makarian, H., & Gholipour, M. (2016). The effect of planting date on the growth and yield of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) in Shahrood conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(1), 37-47. (In Persian).
- Aslanpour, M., Dolati Baneh, H., Tehranifar, A., & Shoor, M. (2016). The effect of mycorrhizal fungi on the amount of glycine betaine, soluble sugar, proline, leaf water content and leaf chlorophyll of the white seedless grape under drought stress conditions. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 7(3), 1119-1133.
- Bagheri Dehabadi, M., Moghadam, H., Chaichi, M. R., & Zilouie, N. (2017). The mycorrhiza and iron and zinc foliar application on quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Crop Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*. 19(3), 799-815. (In Persian).
- Dianaty Tilaki, G., Salehi, S., & Sadati, E. (2015). Effect of salinity stress (Na_2SO_4) on forage quality of *Medicago polymorpha* and *Medicago scutellata*. *Watershed Management Research*. 107, 57-65. (In Persian).
- Dolatmand Shahri, N., & Tahmasebi, I. (2016). Effect of nitrogen and plant density on silage yield and quality of maize c.v MV500 as second crop. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture)*. 18(1), 173-182. (In Persian).
- Dostalova, Y., Hrivna, L., Kotkova, B., Buresova, I., Janeckova, M., & Sotnikova, V. (2015). Effect of nitrogen and sulphur fertilization on the quality of barley protein. *Plant, Soil and Environment*. 61(9), 399-404. DOI: 10.17221/262/2015-PSE.

۴. نتیجه گیری

نتایج نشان داد که کاربرد توأم کودهای زیستی (قارچ مایکوریزا و باکتری تیوباسیلوس) و ورمی کمپوست در شرایط بدون آبیاری، سبب بهبود ویژگی های کمی و کیفی علوفه کاسنی گردید و عملکرد ماده خشک، عملکرد پروتئین خام و عملکرد کربوهیدرات های محلول در آب در هکتار در مرحله رشدی گل دهی کامل نسبت به مرحله ساقه رفتن، نسبت به تیمار شاهد، افزایش یافت. در واقع، کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم های خاکری، جذب حداکثری عناصر غذایی و بهبود ویژگی های خاک می گردد. از طرف دیگر، استفاده از کودهای زیستی و ورمی کمپوست، می تواند از طریق کاهش مصرف نهاده های شیمیایی، از بروز آلودگی های زیست محیطی جلوگیری نماید و هزینه های تولید را نیز کاهش دهد.

۵. منابع

- Abdel-Fattah, G. M., Hassan Rabie, G., Shaaban Lamis, D., & Metwally Rabab, A. (2016). The impact of the arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiological parameters of cowpea plants grown under salt stress conditions. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 4(3), 372-379. DOI: 10.3126/ijasbt.v4i3.15775.
- Abolfazli, B., Alikhani, H. A., & Rejali, F. (2017). Evaluating synergistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi on symbiotic nitrogen fixation in lentil plant under water stress conditions. *Journal of Soil Biology*. 4(2), 123-134. DOI: 10.22092/SBJ.2017.109307. (In Persian).
- Aghavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Nasiri Mahallati, M. (2016). Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Horticultural Science*. 29(4), 486-500. (In Persian).
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hoseinpour, R., & Abd-Shah, H. (2018). *Agricultural Statistics: Garden products*. Tehran, Iran: Ministry of Agriculture Press, 241 p. (In Persian).

- Ehteshami, S., Abbasi, M., Khavazi, K., & Zand, B. (2014). Effect of phosphate solubilizing bacteria strains (*Pseudomonas putida*) on forage quality and quantity of sorghum cultivars in Varamin. *Journal of Plant Process and Function*. 2(6), 1-11. (In Persian).
- El-Khateeb, M.A., El-Leithy, A.S., & Aljemaa, B.A. (2011). Effect of mycorrhizal fungi inoculation and humic acid on vegetative growth and chemical composition of *Acacia saligna* Labill. seedlings under different irrigation intervals. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*. 3(3), 283-289.
- Feli, A., Maleki Farahani, S., & Besharati, H. (2018). The impact of chemical urea fertilizer and different organic and biofertilizers on both quantitative and qualitative yield and some soil properties in cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Crop Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*. 20(2), 345-356. DOI: 10.22059/JCI.2017.60472. (In Persian).
- Ghasemi, S. (2015). Effect of vermicompost on salinity tolerance and iron and zinc absorption capacity of tomato in a calcareous soil. *Water and Soil Science*. 25(2), 271-283. (In Persian).
- Gholinezhad, E. (2017). Effect of two species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 15(1), 150-167. (In Persian).
- Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*. 84, 489-500. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x.
- Izadi Yazdanabadi, F., Esmailpor Akhلامad, U., Omid, A., & Behdani, M. A. (2013). Evaluation of fox tail millet (*Setaria italica*) forage quality in different growth stages. *Agroecology*. 5(3), 282-288. DOI: <https://doi.org/10.22067/jag.v5i3.29000>. (In Persian).
- Jabbari, R., & Abbasdokht, H. (2017). The effect of mycorrhizae symbiosis, soil and foliar spray of Flomix on forage yield and some qualitative characteristics of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*. 48(2), 351-364. DOI: 10.22059/ijfcs.2017.134469.653964. (In Persian).
- Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E. I. (2003). A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of agricultural and food research*. 42, 293-299.
- Karimi, A. R., Behdani, M. A., Fathi, M. H., & Eslami, S. V. (2017). Effect of vermicompost and micronutrient application on forage quantity and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*. 9(3), 862- 877. DOI: 10.22067/jag.v9i3.56280. (In Persian).
- Kheiry, A., Arghavani, M., & Khastoo, M. (2016). Effects of organic fertilizers application on morphophysiological characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 31(6), 1047-1057. (In Persian).
- Li, G., & Kemp, P. D. (2005). Forage chicory (*Cichorium intybus* L.): A review of its agronomy and animal production. *Advances in Agronomy*. 88, 187-222. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88005-8.
- Mahmud, M., Abdullah, R., & Syafawati Yaacob, J. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy*. 8(183), 1-17. DOI:10.3390/agronomy8090183.
- Monirifar, H. (2015). *Alfalfa (Planting, Growing, Harvesting)*. Alborz, Iran. Agricultural Training Press. 248 p. (In Persian).
- Moradi, H., Fahramand, M., Sobhkhizi, A., Adibian, M., Noori, M., Abdollahi, Sh., & Rigi, Kh. (2014). Effect of vermicompost on plant growth and its relationship with soil properties. *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 3(3), 333-338.
- Moradtalab, N., Hajiboland, R., Aliasgharzad, N., Hartmann, T. E., & Neumann, G. (2019). Silicon and the association with an arbuscular-mycorrhizal fungus (*Rhizophagus clarus*) mitigate the adverse effects of drought stress on strawberry. *Agronomy*. 9(41), DOI:10.3390/agronomy9010041.
- Mortazaeinezhad, F., & Jazizadeh, E. (2017). Effects of water stress on morphological and physiological indices of *Cichorium intybus* L. for introduction in urban landscapes. *Journal of Plant Process and Function*. 6(21), 279-290. (In Persian).
- Motamedi, J., Arzani, H., Sheidaye Karkaj, E & Alijapour, A. (2013). Forage quality of 25 important species from summer rangelands of Nazlo Chai Basin in Urmia. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 20(4), 653-668. DOI: 10.22092/IJRDR.2014.5805. (In Persian).
- Najafzadeh, R., Rahmati, M., & Arzani, K. (2013). Management and productivity of rainwater in rainfed agriculture. First National Conference on

- Rainwater Catchment Systems. Mashhad. Iran.* (In Persian).
- Nazari, Sh., Zaeifrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., & Azimi Sooran, S. (2014). Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(2), 237-245. DOI: 10.22067/gsc.v12i2.39155. (In Persian).
- Neciu, F.C., Saplacan, Gh., Rechitean, D., & Dragomir, N. (2017). Forage chicory (*Cichorium intybus* L.)-Pretability in crops and effects in ruminants feeding: Review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 50(1), 170-175.
- Osofi, N., & Taleshi, K. (2018). Evaluation the effects of biological fertilizers and vermicompost on some of biological characteristics and essential oil quality of fennel plant (*Foeniculum vulgare* L.) in Khoramabad. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*. 4(2), 123-138. (In Persian).
- Phillips, J. M., & Hayman, D.S. (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. DOI: 10.1016/S0007-1536(70)80110-3.
- Rahimzadeh, S., & Pirzad, A. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and Pseudomonas in reduce drought stress damage in flax (*Linum usitatissimum* L.): a field study. *Mycorrhiza*. 27(6), 537-552. DOI: 10.1007/s00572-017-0775-y.
- Rahmatpour, S., Alikhani, H. A., & Mir-Seyyed Hoseini, H. (2013). The effect of foliar application of vermiwash on growth and yield indices of wheat and absorption of zinc, iron and phosphorus in wheat grain. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 44(2), 203-211. (In Persian).
- Sabrina, D. T., Hanafi, M. M., Gandahi, A. W., Muda Mohamed, M. T., & Abdul Aziz, N. A. (2013). Effect of mixed organic-inorganic fertilizer on growth and phosphorus uptake of setaria grass (*Setaria splendida*). *Australian Journal of Crop Science*. 7(1), 75-83.
- Shaaban, L. D., Rabi, G. H., & Metwally, R. A. (2015). Role of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation of *Zea mays* on heavy metals tolerance. *The Egyptian Journal of Botany*. 55(2), 297-306.
- Soltanian, M., Tadayyon, A., & Falah, S. (2015). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on some vegetative traits and yield of linseed under water deficit stress conditions. *Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture)*. 17(3), 621-634. DOI: 10.22059/JCI.2015.54374. (In Persian).
- Tadayyon, A., & Soltanian, M. (2016). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on root colonization and phosphorus uptake of linseed (*Linum usitatissimum* L.) under drought stress conditions. *Journal of Plant Process and Function*. 5(15), 147-156. (In Persian).
- Wathira, N. L., Wachira, P., & Okoth, Sh. (2016). Enhancement of colonisation of soybean roots by arbuscular mycorrhizal fungi using vermicompost and biochar. *Agriculture, Forestry and Fisheries*. 5(3), 71-78. DOI: 10.11648/j.aff.20160503.17.
- Wei, X., Zhipeng, H., Xiaofu, Zh., Xuelian, J., Lijiao, X., Songlin, W., Aihua, Zh., Zhang, X & Baodong, Ch. (2018). Arbuscular mycorrhiza facilitates the accumulation of glycyrrhizin and liquiritin in *Glycyrrhiza uralensis* under drought stress. *Mycorrhiza*. 28(3), 285-300. DOI: 10.1007/s00572-018-0827-y.
- Yadegari, M., & Barzegar, R. (2010). The effect of sulphur and *Thiobacillus* on nutrient absorption, growth and essential oil in lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Herbal Drugs*. 1, 35-40. (In Persian).