

Evaluation of Quantity and Quality of Grass Pea (*Lathyrus Sativus* L.) Forage with Application of Humic Acid and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Under Rainfed and Supplementary Irrigation Conditions

Abdollah Javanmard^{1*} , Rahman Entezari², Mostafa Amani Machiani³, Hamid Hatami Maleki⁴

Received: September 23, 2023

Accepted: February 22, 2024

1- Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

2- MSc Student of Agroecology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

3- Graduated in Agrotechnology- Crop Ecology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

4- Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

Corresponding Author: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: The use of sustainable solutions to improve the nutrients use efficiency as well as supplementary irrigation in the sensitive growth periods of fodder plants in rainfed conditions will lead to improving the quantity and quality of fodder in these conditions. Therefore, a field experiment was conducted to evaluate the seed yield, quantity and quality of grass pea forage with separate and integrative application of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and humic acid with supplementary irrigation in rainfed conditions.

Material and methods: A field experiment was carried out as a split plot based on a randomized complete block design (RCBD) with 18 treatments and three replications at the faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran, in 2022 growing seasons. The main factor including without irrigation (rainfed conditions), one and two series of irrigation. Also, the sub-factor was four fertilizer sources including non-application of fertilizer (control), arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), humic acid and AMF+humic acid.

Results: The results demonstrated that the highest biological yield (552.39 g m⁻²), seed yield (123.64 g m⁻²) and forage yield (220.88 g m⁻²) of grass pea were obtained in two supplementary irrigation with integrative application of AMF+ humic acid. The forage yield of grass pea was enhanced by 16 and 35.7% after one and two supplementary irrigation. Additionally, application of AMF, humic acid and AMF+ humic acid enhanced the forage yield of grasspea by 16.9, 7.6 and 25.6%, respectively, when compared with control (non-application of fertilizer). The maximum content of acid detergent fiber (396.6 g kg⁻¹ dry matter) and neutral detergent fiber (483.3 g kg⁻¹ dry matter) was obtained in rainfed conditions without fertilizer application. Moreover, the maximum content of crude protein (22.7%), ash (10.42 g kg⁻¹ dry matter), water soluble carbohydrate (273.2 g kg⁻¹ dry matter), total digestible nutrients (652.9 g kg⁻¹ dry matter), digestible dry matter (671.41 g kg⁻¹ dry matter), relative feed value (170.1%) and net energy for lactation (1.57 Mcal kg⁻¹) was achieved in two supplementary irrigation with integrative application of AMF+ humic acid.

Conclusion: Generally, the results of the study showed that implementation of supplementary irrigation following application of AMF+humic acid known as one on the sustainable methods for improving forage quantity and quality of grass pea under rainfed conditions.

Keywords: Acid Detergent Fiber (ADF), Biological Fertilizer, Drought Stress, Forage Crops, Legumes



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Abdollah Javanmard Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

[https://doi.org/ 10.22034/saps.2024.58561.3120](https://doi.org/10.22034/saps.2024.58561.3120)



ارزیابی کمی و کیفی علوفه خلر (*Lathyrus sativus* L.) با کاربرد اسید هیومیک و قارچ آرباسکولار میکوریزا در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

عبدالله جوانمرد^{۱*} , رحمان انتظاری^۲، مصطفی امانی ماچیان^۳، حمید حاتمی ملکی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۳
--------------------------	-------------------------

- ۱- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۳- دانش آموخته دکتری اکوتکنولوژی- اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۴- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
مسئول مکاتبه: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

مقدمه و هدف: استفاده از راهکارهای پایدار برای بهبود کارایی عناصر غذایی و انجام آبیاری تکمیلی در دوره‌های حساس رشدی گیاهان علوفه‌ای در شرایط دیم منجر به بهبود کمیت و کیفیت علوفه خواهد شد. در این راستا، پژوهشی با هدف ارزیابی عملکرد دانه، کمیت و کیفیت علوفه خلر با کاربرد جداگانه و تلفیقی قارچ میکوریزا و هیومیک اسید در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل عدم آبیاری (شرایط دیم)، یک بار آبیاری تکمیلی و دو بار آبیاری تکمیلی بود. همچنین فاکتور فرعی منابع مختلف کودی در چهار سطح عدم مصرف کود، قارچ آرباسکولار میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید را شامل می‌شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۵۲/۳۹ گرم بر متر مربع) و عملکرد دانه (۱۲۳/۶۴ گرم بر متر مربع) و عملکرد علوفه خلر (۲۲۰/۸۸ گرم بر متر مربع) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۶ و ۳۵/۷ درصدی عملکرد علوفه خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری (دیم) گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۶/۹، ۷/۶ و ۲۵/۶ درصدی عملکرد علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید. بیشترین میزان الیاف نامحلول در شونده‌های اسیدی (۳۹۶/۶ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و خنثی (۴۸۳/۳ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در شرایط دیم و بدون مصرف کود مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین میزان پروتئین خام (۲۲/۷ درصد)، خاکستر علوفه (۱۰/۴۲ گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، کربوهیدرات محلول در آب (۲۷۳/۲ گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، ماده مغذی قابل هضم (۶۵۲/۹ گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، ماده خشک قابل هضم (۶۷۱/۴۱ گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، ارزش نسبی تغذیه‌ای (۱۷۰/۱ درصد) و انرژی ویژه شیردهی (۱/۵۷ مگا کالری بر کیلوگرم) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد.

نتیجه‌گیری: بطور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد انجام آبیاری تکمیلی به همراه کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا+ هیومیک اسید به عنوان یک روش پایدار می‌تواند به بهبود کمیت و کیفیت علوفه گیاه خلر در شرایط دیم منجر گردد.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، تنش خشکی، کود زیستی، گیاهان علوفه‌ای، لگوم.

مقدمه

افزایش عملکرد گیاهان زراعی یکی از رویکردهای مهم در راستای تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد جهان محسوب می‌شود. بخش اعظمی از اراضی کشاورزی ایران جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و گیاهان زراعی در این مناطق مبتنی بر سیستم‌های کشت دیم تولید می‌شوند. در زراعت دیم، کمبود رطوبت مهمترین عامل محدود کننده رشد بهینه گیاهان محسوب می‌شود (دوگان ۲۰۱۹). علاوه بر نوسانات بارندگی که شامل تغییر در مقدار و پراکنش نزولات جوی است، تغییر درجه حرارت و عدم وقوع بارندگی در بخشی از سال زراعی سبب افزایش ریسک تولید در این مناطق شده و به تبع آن ثبات و پایداری تولید در این مناطق کاهش می‌یابد. لذا در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاربرد شیوه‌های مناسب زراعی جهت استفاده بهینه از آب موجود و کاهش اثرات منفی حاصل از خشکی موجب افزایش بهره‌وری و عملکرد گیاهان خواهد شد. بر این اساس، شیوه‌ها و روش‌های زراعی متعددی برای حفظ ثبات و پایداری تولید در مناطق دیم توسعه یافته است. از مهم‌ترین این شیوه‌ها می‌توان به تکنیک آبیاری تکمیلی اشاره نمود. آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی در مراحل حساس رشدی گیاه است تا بدین طریق آب کافی جهت تداوم رشد و عملکرد گیاهان تأمین گردد. به طور کلی اعمال آبیاری تکمیلی در مراحل بحرانی نیاز آبی گیاه، یکی از روش‌های موثر در جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. بطور کلی آبیاری تکمیلی بر اساس سه جنبه اساسی زیر انجام می‌گردد (گودجیسو توسو و همکاران ۲۰۱۸):

۱- آب فقط جهت بهبود عملکرد گیاه زراعی بویژه در مراحل حساس رشدی در شرایط دیم بکار برده می‌شود.

۲- در شرایطی که بارندگی مهم‌ترین منبع رطوبت در زراعت دیم محسوب می‌شود، آبیاری تکمیلی موقعی انجام می‌شود که بارندگی (به دلیل نوسانات شدید در میزان و پراکنش بارندگی) نتواند رطوبت ضروری را برای بهبود عملکرد گیاه تأمین نماید.

۳- مقدار و زمان آبیاری تکمیلی طوری برنامه ریزی می‌گردد که با کاربرد کمترین مقدار آب قابل دسترس در مراحل حساس رشدی گیاه به عملکرد بهینه (به جای عملکرد حداکثر) دست یافت.

نتایج آزمایشات قبلی بیانگر تاثیر مثبت آبیاری تکمیلی در بهبود عملکرد گیاهان در مناطق دیم می‌باشد. دلفانی و همکاران (۲۰۱۸) نتیجه گرفتند که آبیاری تکمیلی در شرایط دیم منجر به افزایش عملکرد علوفه تر و کربوهیدرات غیرفیبری در دو رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L. گردید. مظلومی‌مامیندی و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش نمودند که کیفیت علوفه و دانه گندم در کشت دیم با یک بار آبیاری تکمیلی بهبود یافت. بهرامی و همکاران (۲۰۱۴) هم نتیجه گرفتند که آبیاری تکمیلی در کشت لگوم‌های علوفه‌ای بویژه خلر و نخود علوفه‌ای منجر به بهبود کمیت و کیفیت علوفه گردید.

از طرفی کارایی جذب عناصر غذایی (در مناطقی که از کودهای شیمیایی برای تولید حداکثر عملکرد استفاده می‌شود) در شرایط دیم بسیار پایین می‌باشد. پایین بودن کارایی جذب کودهای شیمیایی از یک طرف و تأثیرات منفی کاربرد آن‌ها از قبیل آلودگی‌های زیست محیطی، کاهش کیفیت محصولات تولیدی، هجوم علف‌های هرز رقابت‌کننده با گیاهان و شیوع آفات و بیماری‌ها، لزوم استفاده از روش‌های پایدار جایگزین را به حداکثر می‌رساند. بنابراین، استفاده از کودهای آلی و زیستی به عنوان جایگزین مناسب مورد توجه تولید کنندگان بخش کشاورزی قرار گرفته است. هیومیک اسید به عنوان کود آلی دوست‌دار محیط زیست نام برده می‌شود که اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی،

زیستی خاک، کلات کردن عناصر ضروری مختلف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن و منگنز، در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی و افزایش تولید و ارتقاء کیفیت محصولات کشاورزی دارد (بویری دهشیخ و همکاران ۲۰۲۰). کاربرد اسید هیومیک نقش مهمی در تولید گیاهان علوفه‌ای با ارائه محصولات پاک به منظور حذف یا کاهش قابل توجهی از کودها و مواد شیمیایی داشته و در نتیجه باعث حفظ محیط‌زیست می‌شود.

قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار^۱ (AMF)، یکی از عوامل بیولوژیک خاک‌های زراعی هستند که به علت توانایی گسترش سطح ریشه و توانایی افزایش جذب عناصر غذایی بویژه فسفر از منابع غیرمتحرک به واسطه فعالیت آنزیم فسفاتاز و ترکیب‌های آلی حل‌کننده فسفات نامحلول، موجب استفاده تجاری از این قارچ‌ها به عنوان کودهای زیستی شده است (امانی ماچانی و همکاران ۲۰۲۱). همچنین قارچ میکوریزا مقاومت گیاه در برابر تعدادی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی از قبیل خشکی، کمبود مواد غذایی، رسوب فلز سمی در زیر بوته و شوری را بهبود می‌بخشد. استفاده از کودهای زیستی نظیر قارچ‌های میکوریزا، میزان استفاده از نهاده‌های شیمیایی را کاهش و به تبع آن پایداری تولید را سبب خواهد شد (تراف و همکاران ۲۰۱۷).

خُلر (*Lathyrus sativus* L.) یکی از گیاهان علوفه‌ای متعلق به خانواده بقولات است که در پیشینه کشاورزی مناطق مختلف کشور، سابقه طولانی دارد (جوانمرد و همکاران ۲۰۲۰). خُلر را بومی نواحی شرقی دریایی مدیترانه می‌دانند. این گیاه محتمل به خشکی و مستعد تولید عملکرد بالا تحت بدترین شرایط و سازگار به فصول سرد می‌باشد. ارتفاع این گیاه زراعی بسته به شرایط رشد به ۵۰-۱۰۰ و در برخی موارد به ۲۰۰ سانتی‌متر می‌رسد و اغلب خوابیده یا بالارونده است. این گیاه در مقایسه با شبدر، یونجه، اسپرس و سایر گیاهان علوفه‌ای ارزش غذایی یکسانی داشته و پروتئین آنها با توجه به مرحله‌ای از رشد که برداشت می‌شوند بین ۱۲ تا ۲۵ درصد متغیر می‌باشد. به جهت اهمیتی که خُلر در

میان گیاهان علوفه‌ای از نظر تغذیه دام، کشت در اراضی کم‌بازده، مقاومت به سرما و کم‌آبی و همچنین نقشی که در حاصلخیزی خاک دارد، به صورت چندمنظوره مورد استفاده قرار می‌گیرد (لادها و همکاران ۲۰۲۲).

از ۶/۲ میلیون هکتار دیم‌زارهای کشور، حدود ۹۵۰۰۰ هکتار آن زیر کشت گیاهان علوفه‌ای است که کمتر از دو درصد دیم‌زارها می‌باشد. کل علوفه تولید شده در کشور (مجموع دیم و آبی) ۱۵ میلیون تن گزارش شده که ۷۸۰ هزار تن آن در اراضی دیم تولید می‌شود. با توجه به وسعت اراضی دیم در کشور و لزوم وجود محصولی جدید در تناوب زراعی دیم‌زارها، گیاهان علوفه‌ای خانواده لگومینوز می‌توانند در تولید علوفه مورد نیاز کشور، کاهش فرسایش خاک، بهبود بافت خاک، بهره‌برداری از مناطق کم‌بازده و نیز سوق دادن زراعت دیم به سمت کشاورزی پایدار نقش اساسی داشته باشند. کاشت گیاهان علوفه‌ای بویژه گونه‌های مقاوم و کم‌توقع در اراضی دیم و مراتع فقیر، ضمن جلوگیری از فرسایش خاک و هدررفت آب، کمک شایانی به تامین علوفه مورد نیاز در صنعت دامداری خواهند نمود. در این راستا، آبیاری تکمیلی در دوره‌های حساس رشدی گیاه در زراعت دیم منجر به بهبود عملکرد گیاهان در این شرایط خواهد شد. لذا، هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی عملکرد دانه، کمیت و کیفیت علوفه خُلر با کاربرد جداگانه و تلفیقی قارچ میکوریزا+هیومیک اسید در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۱۴۰۱ اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک بصورت تصادفی از قسمت‌های مختلف محل اجرای آزمایش انتخاب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین، مشخصات اقلیمی منطقه مورد آزمایش (میانگین دما و بارش ماهیانه) در جدول دو بیان شده است.

^۱- Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	نیترژن کل (%)	بافت خاک
۰/۸۸	۰/۹۱	۷/۵۳	۴۷۲	۹/۱	۰/۰۸۹	لومی رسی

جدول ۲- مشخصه‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاه مورد مطالعه

ماه	میانگین دمای ماهیانه (°C)	میانگین بارش ماهیانه (mm)
فروردین	۱۱/۸	۶۳/۳
اردیبهشت	۱۹/۱	۱۲
خرداد	۲۴/۲	۲/۶
تیر	۲۸/۱	۰/۱

(۱۹۸۷) نتیجه گرفتند که نژادهایی از این باکتری می‌توانند برای مدت طولانی در خاک به صورت فعال باقی بمانند. به طوری که سه و یا چهار سال بعد، بیشتر از ۱۰^۴ عدد از باکتری *Rhizobium leguminosarum* در هر گرم خاک زنده باقی ماندند. گونه قارچ میکوریزای مورد استفاده در این پژوهش (*Glomus intraradices*) از کلینیک گیاهپزشکی اسدآباد همدان تهیه شد. برای تلقیح بذور خلر با قارچ میکوریزا قبل از کاشت از خاکی که حاوی هیف‌های قارچ میکوریزا، بقایای ریشه و اسپور (حدود هزار اسپور در ده گرم خاک) بود، در داخل خطوط کاشت و زیر بذر به مقدار ۸۰ گرم در هر کرت ریخته شد (حقانی‌نیا و همکاران ۲۰۲۰). هیومیک اسید با نام تجاری Humax® 95-WSG شامل ۸۰ درصد هیومیک اسید، ۱۵ درصد فولیک اسید و ۱۲ درصد پتاسیم بود که با غلظت ۱۰ لیتر در هکتار در مرحله ساقه‌روی محلول‌پاشی گردید. آبیاری تکمیلی کرت‌های منتخب نیز به ترتیب در دو مرحله قبل از گلدهی و دو هفته پس از مرحله اول انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز به صورت منظم و بطور دستی انجام گردید.

در مرحله رسیدگی دانه ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از ردیف‌های میانی کرت‌های آزمایشی انتخاب و صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه، برداشت از خطوط میانی با حذف اثرات حاشیه‌ای در تاریخ ۱۵ تیرماه ۱۴۰۱ صورت گرفت. پس از تعیین عملکرد

فاکتور اصلی شامل سه سطح عدم آبیاری (شرایط دیم)، یک بار آبیاری تکمیلی و دو بار آبیاری تکمیلی بود. همچنین، فاکتور فرعی منابع مختلف کودی در چهار سطح عدم مصرف کود، کاربرد جداگانه قارچ آرباسکولار میکوریزا و هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بود. به منظور آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در پاییز ۱۴۰۰ شخم نیمه‌عمیق بوسیله گاواهن برگردان‌دار انجام و جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت به طول چهار متر با فواصل ردیفی ۲۰ سانتیمتر و فاصله روی ردیف پنج سانتیمتر در نظر گرفته شد. کاشت بذور خلر در هفته اول اسفندماه ۱۴۰۰ با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع انجام گردید. لازم به ذکر است با توجه به اینکه در طی سال‌های متمادی لگوم‌های همچون خلر، عدس، ماشک گل‌خوشه‌ای، گاودانه، باقلا، لوبیا، نخود فرنگی و نخود علوفه‌ای در زمین محل اجرای آزمایش کشت شده‌اند، لذا تلقیح بذر خلر با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) صورت نگرفت. این باکتری می‌تواند با گیاهانی همچون خلر، عدس، ماشک، نخود فرنگی و لوبیا همزیست گردد. روهلمان و اسچمایتنکه (۲۰۱۵) در پژوهشی به دلیل اینکه قبلاً در تناوب زراعی، گیاهانی همچون خلر، نخود فرنگی و ماشک کشت شده بود، اقدام به تلقیح بذور گیاهان ذکر شده با *Rhizobium leguminosarum* نکردند. در پژوهش آن‌ها، قبل از کاشت فقط بذور گیاه لوپن با *Rhizobium lupinii* تلقیح گردید. علاوه بر این، جنسن و سورنسن

بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت خلر از طریق رابطه زیر مورد محاسبه قرار گرفت:

رابطه (۱)

$$100 \times \left(\frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \right) = \text{شاخص برداشت}$$

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد علوفه گیاه خلر از سطحی معادل ۱/۸ متر مربع پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت. علوفه‌ی برداشت شده در سایه و هوای آزاد به اندازه‌ای خشک تا وزن آن‌ها در چند توزین متوالی به حالت ثابت درآمدند و مقادیر ثبت شده به عنوان عملکرد خشک علوفه لحاظ شد. پس از خشک شدن علوفه برداشت شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، از هر تیمار ۱۰۰ گرم علوفه پودر شده در سه تکرار جهت اندازه‌گیری کلیه صفات کیفی به آزمایشگاه موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور ارسال شد. صفات کیفی شامل پروتئین خام^۲ (CP)، خاکستر علوفه^۳ (ASH)، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی^۴ (NDF)، الیاف نامحلول

رابطه (۲)

رابطه (۳)

رابطه (۴)

رابطه (۵)

رابطه (۶)

$$TDN = (-1.291 \times ADF) + 101.35$$

$$DMI = 120 / \%NDF \text{ dry matter basis}$$

$$DDM = 88.9 - (0.779 \times \%ADF, \text{ dry matter basis})$$

$$RFV = \%DDM \times \%DMI \times 0.775$$

$$NE_L = [1.044 - (0.0119 \times \%ADF)] \times 2.205$$

در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و رژن ۹/۱ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته خلر به عنوان یکی از صفات مهم در برداشت مکانیزه این گیاه در نظر گرفته می‌شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته خلر تحت اثرات ساده آبیاری، کود و همچنین اثر متقابل دو فاکتور ذکر

شده قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته خلر (۵۳/۷۸ سانتی متر) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی در دو بار آبیاری تکمیلی و همچنین کاربرد میکوریزا+ هیومیک اسید و کاربرد جداگانه میکوریزا در یک بار آبیاری تکمیلی نداشت. همچنین، کمترین ارتفاع بوته خلر (۳۸/۸۲ سانتی متر) در شرایط دیم و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۲/۶ و ۲۱/۳ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شرایط بدون آبیاری دیم گردید. در شرایط دیم، کمبود رطوبت با کاهش تورژسانس سلولی و ممانعت از رشد و نمو،

7- Relative feed value

8- Net energy of lactation

9- Total digestible nutrients

10- Dry matter intake

11- Digestible dry matter

2- Crude protein

3- Forage ash

4- Neutral detergent fiber

5- Acid detergent fiber

6- Water soluble carbohydrate

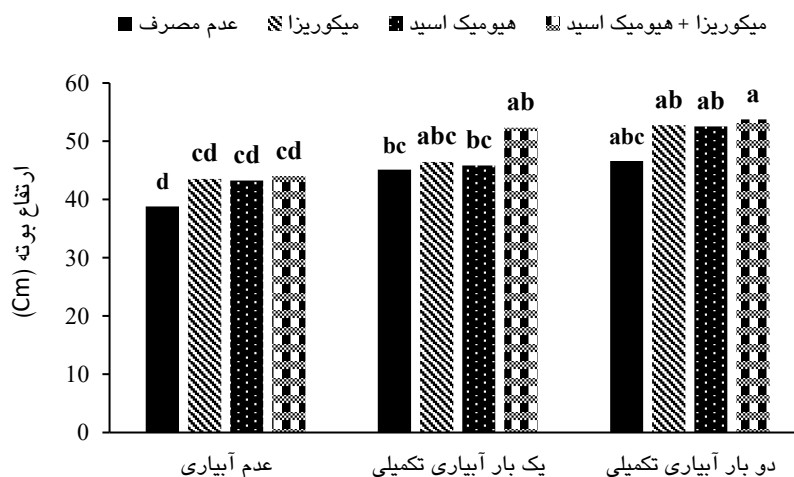
تقسیم و طولی شدن سلول‌ها باعث کاهش رشد طولی قسمت‌های هوایی گیاه خواهد شد. در چنین شرایطی احتمالاً هدایت روزنه‌ای بر اثر افزایش مقاومت در برابر انتشار گاز کربن دی‌اکسید بدلیل مهار فعالیت روبیسکو، کاهش می‌یابد (امانی ماچینی و همکاران ۲۰۲۱). در نتیجه با کاهش رشد سلول، اندازه اندام‌های گیاهی محدود شده و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کمبود رطوبت را می‌توان از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. بهرامی و همکاران (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ارتفاع بوته لگوهای علوفه‌ای از جمله خلر گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی

میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۹/۴، ۸/۵ و ۱۵ درصدی ارتفاع بوته نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱). دلیل افزایش ارتفاع بوته با کاربرد تلفیقی میکوریزا و هیومیک اسید به بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داده می‌شود که منجر به افزایش فتوسنتز، سنتز بیومولکول‌های حیاتی جهت رشد و تمایز سلول‌های گیاهی و در نهایت بهبود صفات رشدی گیاه از قبیل ارتفاع بوته خواهد شد. به طور مشابه، دائور و باخاشواین (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد هیومیک اسید از طریق افزایش عناصر غذایی در دسترس گیاه در طول دوره رشدی منجر به افزایش ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد خلر در تیمارهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۵۹/۷۸ ^{ns}	۲۲۳۱۸/۲۷ ^{ns}	۱۰۸۱/۳۶ ^{ns}	۵۸۱/۵۸ ^{ns}	۱۱۰۷/۵۲ ^{ns}
آبیاری	۲	۱۸۹/۰۷ ^{**}	۷۶۲۳۱/۶۱ ^{**}	۱۸۵۰/۴۰ ^{**}	۷۸/۷۳ ^{**}	۱۴۲۱/۵۵ [*]
خطای اول	۴	۱۱۳/۴۰	۱۵۹۴۸/۳۸	۸۸۵/۱۷	۲۰۲/۹۸	۴۶۴/۷۲
کود	۳	۲۴/۴۵ [*]	۱۱۶۸۱/۴۱ [*]	۷۹۶/۵۱ [*]	۰/۲۹ ^{ns}	۵۹۳/۲۶ [*]
آبیاری × کود	۶	۶۵/۸۰ [*]	۱۶۷۸۳/۳۹ ^{**}	۹۲۰/۳۸ [*]	۱۰/۶۱ ^{ns}	۹۴۷/۸۴ [*]
خطای کل	۱۸	۳۶۵/۳۴	۷۲۹۲/۳۵	۳۵۱/۷۵	۱۱۷/۴۸	۳۴۳/۱۰
ضریب تغییرات (%)		۹/۶۱	۱۵/۰۶	۲۰/۲۷	۱۸/۶۹	۱۴/۹۶

^{*}، ^{**} و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است.



شکل ۱- ارتفاع بوته خلر در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

عملکرد بیولوژیک و دانه

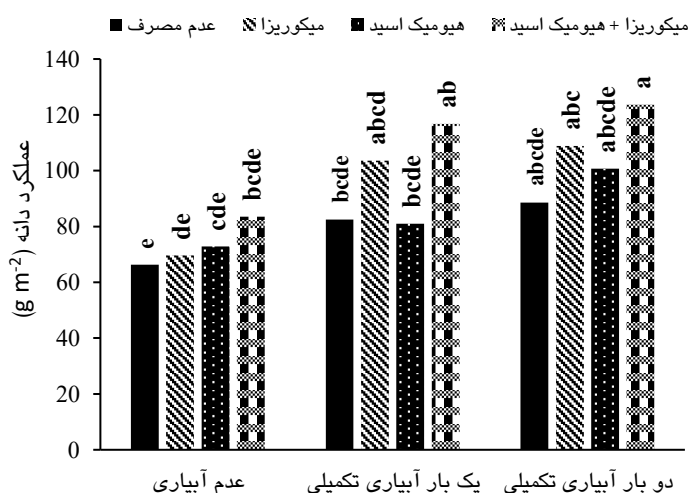
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک خلر تحت تأثیر آبیاری، کود و همچنین اثر متقابل

آبیاری × کود قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک خلر (۵۵۲/۳۹ گرم بر متر مربع) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید

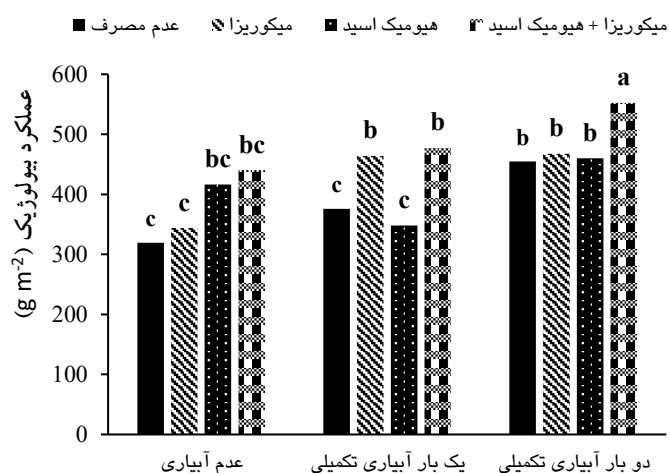
بدست آمد. همچنین، کمترین عملکرد بیولوژیک خلر (۳۱۹/۲ گرم بر متر مربع) در شرایط دیم و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۹/۶ و ۲۷/۳ درصدی عملکرد بیولوژیک خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۰/۹، ۶/۴ و ۲۷/۸ درصدی عملکرد بیولوژیک خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۲).

عملکرد دانه خلر هم تحت تأثیر آبیاری، کود و همچنین اثر متقابل آبیاری × کود قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۱۲۳/۶۴ گرم بر متر مربع) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک

اسید بدست آمد که تفاوت معنی داری با سایر تیمارهای کودی در دو بار آبیاری تکمیلی و همچنین کاربرد میکوریزا+ هیومیک اسید و کاربرد جداگانه میکوریزا در یک بار آبیاری تکمیلی نداشت. همچنین، کمترین عملکرد دانه (۶۶/۳ گرم بر متر مربع) در شرایط بدون آبیاری و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۳۱/۳ و ۴۴/۳ درصدی عملکرد دانه خلر نسبت به شرایط دیم گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۸/۸، ۷/۲ و ۳۶/۴ درصدی عملکرد دانه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۳).



شکل ۳- عملکرد دانه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.



شکل ۲- عملکرد بیولوژیک خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

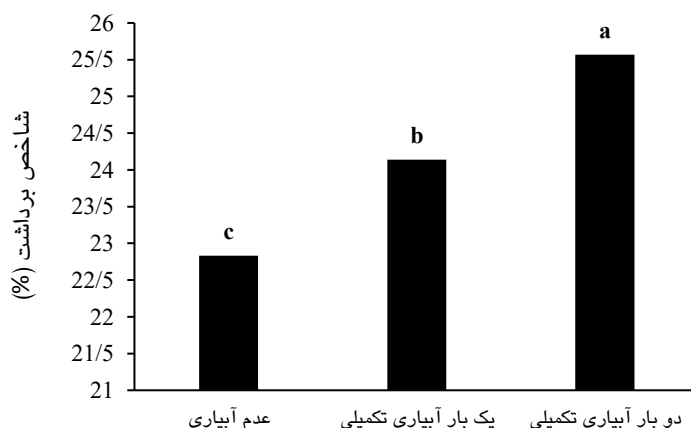
فتوسنتز می گردد (اکنلولا و همکاران ۲۰۱۷). همچنین، کمبود رطوبت به طور مستقیم می تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی دخیل در فرآیند فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی اکسیدکربن به داخل روزنه ها را که به علت شرایط کم آبی بسته شده اند، را کاهش دهد. از این رو انتقال مواد فتوسنتزی تحت تأثیر قرار گرفته و

به طور کلی نتایج نشان داد عملکرد بیولوژیک و دانه خلر با یک و دو بار آبیاری تکمیلی افزایش یافت. کمبود رطوبت قابل دسترس از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه ای، کاهش در آگیری کلروپلاست و سایر بخش های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب کاهش فرآیند

هیدرولیکی آب به داخل ریشه شده که در نهایت باعث افزایش میزان جذب آب در سلول‌های گیاهی و به تبع آن بهبود عملکرد خواهد شد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت خلر فقط تحت تاثیر اثر شرایط کشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت (۲۵/۲۷ درصد) با دو بار آبیاری تکمیلی حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۳۱/۳ و ۴۴/۳ درصدی شاخص برداشت خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید (شکل ۴). شاخص برداشت بیان‌کننده توزیع نسبی مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه می‌باشد. لذا، دلیل افزایش شاخص برداشت با آبیاری تکمیلی به افزایش فتوسنتز و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به مقصد (دانه‌ها) نسبت داد. امانی ماچپانی و همکاران (۲۰۲۱) دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط کم‌آبی را به حساسیت بیشتر دوره زایشی و کاهش شدید عملکرد دانه در شرایط نامطلوب محیطی در مقایسه با سایر دوره‌های رشدی نسبت دادند.



شکل ۴- میانگین شاخص برداشت خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

هزار دانه (۱۴۶/۷۴ گرم) با دو بار آبیاری تکمیلی توأم با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد جداگانه میکوریزا در دو بار آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید

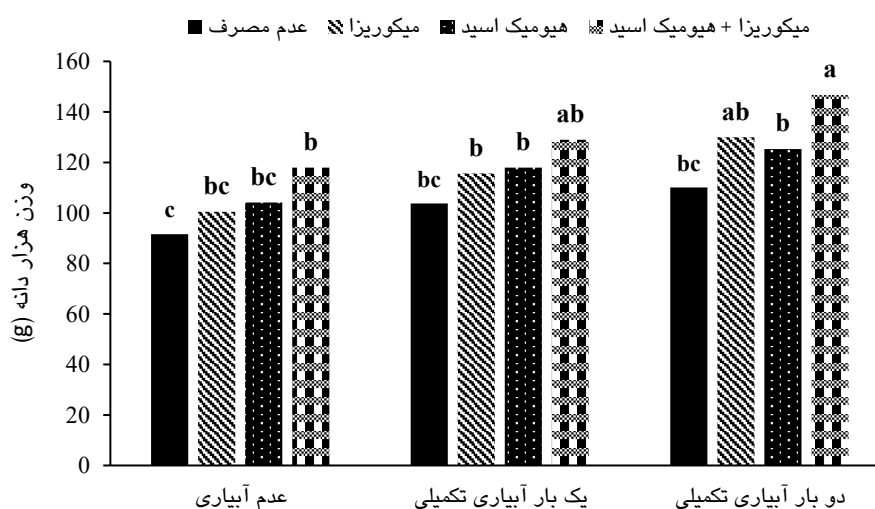
موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نمایند (گاؤ و همکاران ۲۰۲۰). بدیهی است با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد دچار نقصان می‌شود. دوگان (۲۰۱۹) گزارش کرد که آبیاری تکمیلی منجر به افزایش عملکرد (بیولوژیک و دانه) و اجزای عملکرد ماشک گل خوشه‌ای گردید. علاوه بر این، کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید نقش موثری در افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه خلر ایفا کرد. آزادسازی تدریجی عناصر غذایی توسط هیومیک اسید و همچنین کاهش اسیدیته خاک به واسطه تولید یون‌های H^+ و ترشح آنزیم‌های حل‌کننده عناصر غذایی از قبیل فسفاتاز و ... توسط میکوریزا منجر به افزایش حلالیت و دسترسی ریشه گیاهان به عناصر غذایی می‌گردد. از طرفی افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با کاربرد قارچ میکوریزا در شرایط تنش‌زا، منجر به تعدیل اثرات منفی ناشی از کم‌آبی و کاهش عملکرد بیشتر در این شرایط خواهد شد (الارجانی و همکاران ۲۰۲۰). علاوه بر این، بوتاسنیت و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که رابطه همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاهان منجر به بهبود هدایت

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شرایط کشت، کود و همچنین اثر متقابل شرایط کشت × کود اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه خلر داشتند (جدول ۳). بیشترین وزن

۲۰۱۹). علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۳/۴، ۱۳/۸ و ۲۸/۹ درصدی وزن هزار دانه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۵). دلیل افزایش وزن هزار دانه با کاربرد تلفیقی کودها به افزایش جذب آب و عناصر غذایی نسبت داده می‌شود که منجر به افزایش فتوسنتز و طول دوره پر شدن دانه و به تبع آن وزن هزار دانه خواهد شد (رحمان و همکاران ۲۰۱۶).

در یک بار آبیاری تکمیلی نداشت. همچنین، کمترین وزن هزار دانه (۹۱/۵۳ گرم) در شرایط بدون آبیاری و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۲/۶ و ۲۳/۶ درصدی وزن هزار دانه خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید. بنظر می‌رسد آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی خلر با افزایش فتوسنتز و بیشتر شدن طول دوره پر شدن دانه منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است (دوگان



شکل ۵- وزن هزار دانه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

شرایط دیم گردید. افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان با انجام آبیاری تکمیلی می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و دوام سطح برگ باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک خواهد شد (گائو و همکاران ۲۰۲۰). ماناوالان و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تنش خشکی با ایجاد تأثیرات منفی روی تقسیم و تمایز سلول‌های گیاهی منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود. همچنین، این محققین بیان نمودند که میزان افزایش طول سلول‌ها در شرایط کم‌آبی با پایین آمدن فشار تورژسانس سلول کاهش می‌یابد. در نهایت، موارد ذکر شده منجر به کاهش رشد و عملکرد تولید شده توسط گیاهان خواهد شد. دلفانی و همکاران (۲۰۲۲) بهبود عملکرد علوفه گلرنگ با انجام آبیاری تکمیلی را

عملکرد علوفه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد علوفه گیاه خلر تحت تأثیر معنی‌دار شرایط کشت، نوع کود و همچنین اثر متقابل آبیاری × نوع کود قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین عملکرد علوفه خلر (۲۲۰/۸۸ گرم بر متر مربع) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی در دو بار آبیاری تکمیلی و همچنین کاربرد میکوریزا+ هیومیک اسید و کاربرد جداگانه میکوریزا در یک بار آبیاری تکمیلی نداشت. همچنین، کمترین عملکرد علوفه خلر (۱۳۴/۵۸ گرم بر متر مربع) در شرایط بدون آبیاری (دیم) و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۶ و ۳۵/۷ درصدی عملکرد علوفه خلر نسبت به

کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش ترشح هورمون‌های رشدی از قبیل جیبرلین (تأثیر بر رشد طولی سلول و رشد میان گره‌های ساقه)، اکسین (طول شدن سلول‌ها و اندام‌ها و جلوگیری از ریزش برگ) و سیتوکنین (تأثیر بر تقسیم سلولی) در گیاه شده که در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد تولید شده خواهد شد.

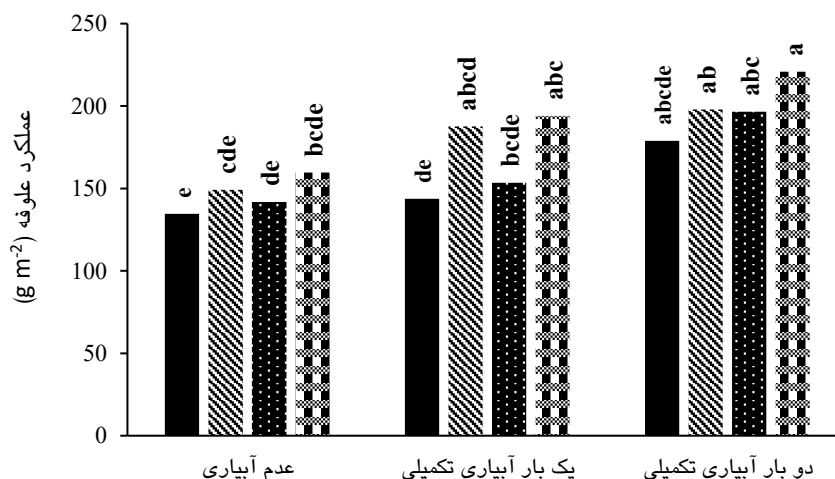
گزارش دادند. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۶/۹، ۷/۶ و ۲۵/۶ درصدی عملکرد علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۶). بهبود عملکرد علوفه گیاه با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید به افزایش فعالیت فتوسنتزی و متابولیسمی گیاه در نتیجه در دسترس گرفتن عناصر غذایی نسبت داده می‌شود. هاشم و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات کیفی علوفه خلر در شرایط مختلف کشت و با کاربرد منابع کودی

منابع تغیر	درجه آزادی	عملکرد علوفه	پروتئین خام	خاکستر علوفه	کربوهیدرات محلول در آب	دیواره سلولی بدون همی سلولز	دیواره سلولی
بلوک	۲	۴۰۴۸/۴۴*	۱۸/۵۹ ^{ns}	۲/۰۱ ^{ns}	۴۲۸۳/۷۴ ^{ns}	۷۲۸۲/۱۹ ^{ns}	۲۲۱۵/۱۴ ^{ns}
آبیاری	۲	۸۴۵۵/۲۹**	۲۱/۲۷*	۹/۵۸**	۹۷۵۰/۱۲*	۱۱۸۴۹/۸۴*	۴۳۹۸/۱۲**
خطای اول	۴	۲۶۹۷/۰۹	۴/۸۲	۴/۸۷	۳۴۶۰/۵۳	۱۰۱۷۷/۳۸	۹۵۰۸/۴۲
کود	۳	۱۴۹۳/۷۰**	۱۰/۴۸*	۴/۲۳**	۴۸۳۸/۶۰*	۳۷۶۶/۸۷*	۷۲۰۱/۰۸**
آبیاری × کود	۶	۹۵۵/۳۱*	۸/۵۷ ^{ns}	۳/۰۹**	۶۰۸۶/۳۲*	۵۸۰۸/۷۱*	۶۶۰۹/۶۴*
خطای کل	۱۸	۴۷۸/۲۸	۵/۰۸	۱/۰۳	۱۲۶۵/۶۶	۱۱۲۵/۷۸	۱۳۸۷/۸۱
ضریب تغییرات (%)		۱۲/۳۲	۱۰/۱۷	۱۱/۳۰	۱۷/۲۳	۹/۷۱	۸/۸۵

ns و *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است.

میکوریزا + هیومیک اسید ■ هیومیک اسید ■ میکوریزا ■ عدم مصرف



شکل ۶- عملکرد علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

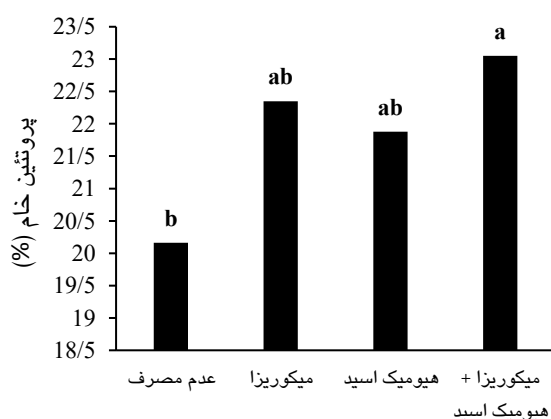
۵). بیشترین میزان پروتئین خام علوفه خلر (۲۲/۷ درصد) با دو بار آبیاری تکمیلی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با یک بار آبیاری تکمیلی نداشت. در حالی که کمترین میزان صفت ذکر شده (۲۰/۰۶ درصد) در شرایط کشت دیم حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر

پروتئین خام

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی کیفی علوفه، میزان پروتئین خام ذخیره شده در بافت‌های گیاهان علوفه‌ای می‌باشد. پروتئین خام علوفه خلر فقط تحت تاثیر اثرات ساده شرایط کشت و نوع کود قرار گرفت (جدول

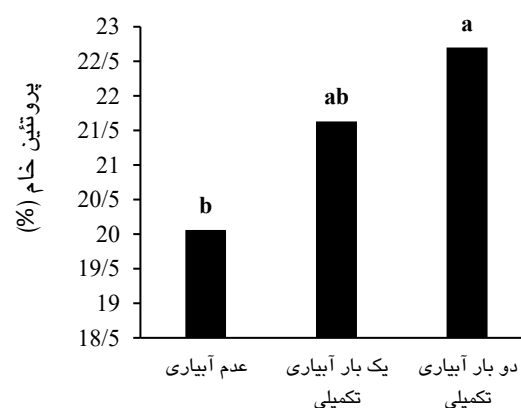
به افزایش ۷/۸ و ۱۳/۲ درصدی عملکرد دانه خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید (شکل ۷). در بین منابع مختلف کودی، بیشترین (۲۳/۰۵ درصد) و کمترین (۲۰/۱۶ درصد) میزان پروتئین خام علوفه خلر به ترتیب با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید و عدم مصرف کود حاصل شد. شایان ذکر است که کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۰/۹، ۸/۵ و ۱۴/۳ درصدی پروتئین خام علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۸). نیتروژن یکی از عناصر اصلی در ساختمان پروتئین‌ها می‌باشد. لذا، افزایش میزان پروتئین خام در تیمار ذکر شده به افزایش دسترسی عناصر غذایی بویژه نیتروژن با کاربرد تلفیقی میکوریزا+

هیومیک اسید نسبت داده می‌شود. همچنین، به نظر می‌رسد آبیاری تکمیلی در دوره‌های حساس رشدی گیاه با افزایش رطوبت قابل دسترس و حلالیت بیشتر عناصر غذایی در خاک و به تبع آن افزایش جذب عناصر منجر به افزایش میزان سنتز پروتئین خام در گیاه شده است (جوانمرد و همکاران ۲۰۲۰). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، دائور و باخاشواین (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد مقادیر مختلف هیومیک اسید منجر به افزایش ۴/۸ الی ۴۳/۸ درصدی میزان پروتئین ذرت علوفه‌ای گردید. حبیب (۲۰۲۱) نیز گزارش کرد که کاربرد هیومیک اسید و قارچ میکوریزا منجر به افزایش ۶۳/۸ و ۹۱/۵ درصدی میزان پروتئین خام علوفه ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L. گردید.



شکل ۸- پروتئین خام علوفه خلر با کاربرد منابع کودی مختلف.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.



شکل ۷- پروتئین خام علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

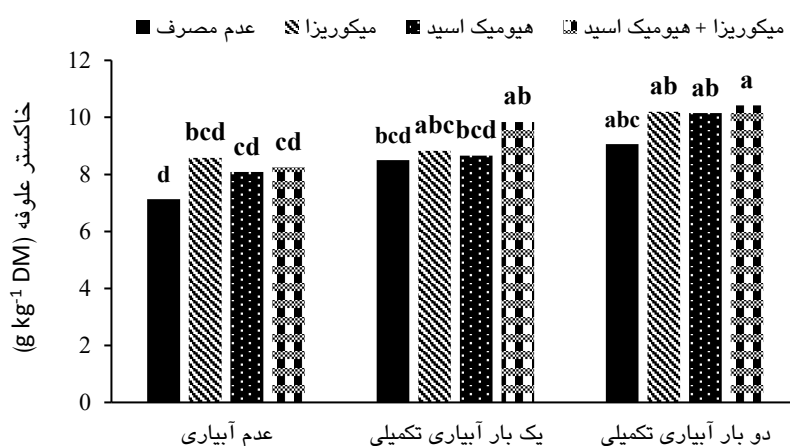
خاکستر علوفه

خاکستر علوفه بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بوده که در دسترس بودن این عناصر باعث بهبود فرآیندهای تولید ویتامین‌ها، هورمون‌ها، آنزیم‌ها و غیره می‌گردد. هر چه خاکستر علوفه بیشتر باشد گیاه مواد معدنی بیشتری در اختیار دام قرار داده و به تبع آن کیفیت علوفه افزایش می‌یابد (هایل و همکاران ۲۰۰۹). نتایج نشان داد که میزان خاکستر علوفه خلر تحت تأثیر شرایط کشت، نوع کود و همچنین اثر متقابل شرایط

کشت و نوع کود قرار گرفت (جدول ۵). بالاترین میزان خاکستر علوفه خلر (۱۰/۴۲ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی در دو بار آبیاری تکمیلی و همچنین کاربرد میکوریزا+ هیومیک اسید و کاربرد جداگانه میکوریزا در یک بار آبیاری تکمیلی نداشت. همچنین، کمترین میزان خاکستر علوفه خلر (۷/۱۳ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در شرایط بدون آبیاری و بدون مصرف

میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۸/۸، ۸/۹ و ۱۵/۴ درصدی خاکستر علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۹). به نظر می‌رسد بیشتر شدن خاکستر علوفه با کاربرد جداگانه و تلفیقی میکوریزا و هیومیک اسید به جذب مؤثرتر عناصر غذایی بواسطه کاربرد کودهای ذکر شده می‌باشد. کمائی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد جداگانه میکوریزا و کاربرد تلفیقی آن با ورمی کمپوست، نیتروکسین و کودهای شیمیایی منجر به افزایش میزان خاکستر علوفه ماشک گل خوشه‌ای گردید.

کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۱/۹ و ۲۴/۳ درصدی خاکستر علوفه خلر نسبت به شرایط دیم گردید. کاهش خاکستر علوفه در شرایط دیم به کاهش حلالیت عناصر غذایی بواسطه کمبود رطوبت موجود در خاک نسبت داده می‌شود که در نتیجه آن جذب عناصر غذایی به کمترین مقدار خود رسیده و به تبع آن میزان خاکستر علوفه نیز کاهش خواهد یافت. به طور مشابه، دلفانی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که میزان خاکستر علوفه گلرنگ با انجام آبیاری تکمیلی افزایش یافت. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی



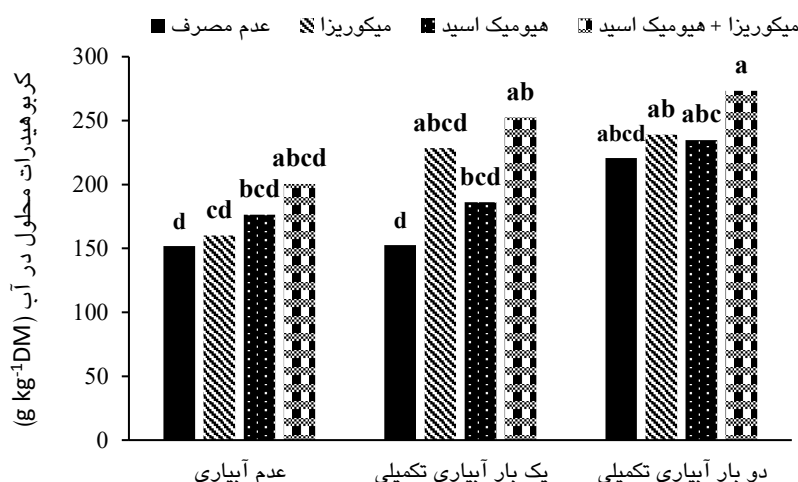
شکل ۹- خاکستر علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

کیلوگرم ماده خشک) میزان کربوهیدرات محلول در آب علوفه خلر در شرایط بدون آبیاری و بدون مصرف کود حاصل گردید. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۸/۹ و ۴۰/۵ درصدی کربوهیدرات محلول در آب خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری (دیم) گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۹/۵، ۱۳/۸ و ۳۸/۳ درصدی کربوهیدرات محلول در آب علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۰). دلیل افزایش صفت ذکر شده به افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید و افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه نسبت داده می‌شود.

کربوهیدرات محلول در آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کربوهیدرات محلول در آب علوفه خلر تحت تأثیر معنی‌دار شرایط کشت، نوع کود و همچنین اثر متقابل شرایط کشت × کود قرار گرفت (جدول ۵). بالاترین (۲۷۳/۲ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان کربوهیدرات محلول در آب علوفه خلر با دو بار آبیاری تکمیلی همراه با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی در دو بار آبیاری تکمیلی و همچنین کاربرد میکوریزا+ هیومیک اسید و کاربرد جداگانه میکوریزا در یک بار آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید در شرایط دیم نداشت. همچنین، کمترین (۱۵۱/۸۶ گرم بر

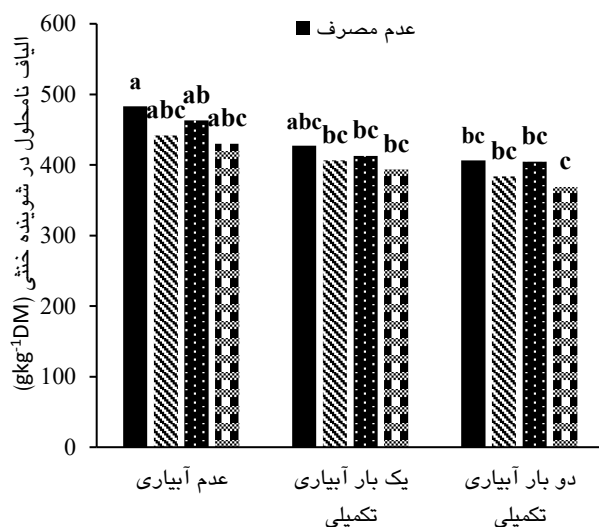


شکل ۱۰- کربوهیدرات محلول در آب علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

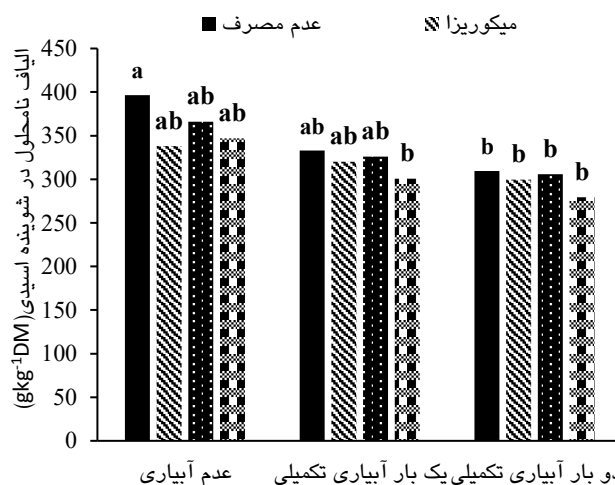
الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) علوفه خلر تحت تأثیر معنی‌دار شرایط کشت، نوع کود و همچنین اثر متقابل شرایط کشت × کود قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین ADF علوفه خلر (۳۹۶/۶ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در شرایط بدون آبیاری و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به کاهش ۱۱/۶ و ۱۷/۵ درصدی ADF خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به کاهش ۷/۸، ۴ و ۱۰/۷ درصدی ADF علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۱). همچنین میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF) علوفه خلر نیز تحت تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین NDF علوفه خلر (۴۸۳/۳ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در شرایط دیم و بدون مصرف کود حاصل شد. انجام یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به کاهش ۹/۸ و ۱۳/۹ درصدی NDF علوفه خلر نسبت به شرایط دیم گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به کاهش ۶/۵، ۲/۸ و ۹/۵ درصدی NDF علوفه خلر نسبت به عدم

مصرف کود گردید (شکل ۱۲). الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) به عنوان شاخصی برای بیان میزان دیواره سلولی گیاه شناخته شده و عاملی تأثیرگذار بر کیفیت و خوش‌خوراکی علوفه می‌باشد. افزایش میزان شاخص‌های ذکر شده موجب کاهش قابلیت هضم علوفه می‌شود (جوانمرد و همکاران ۲۰۲۰). بطور کلی با آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید، میزان ADF و NDF علوفه خلر کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بنظر می‌رسد افزایش جذب عناصر غذایی بواسطه کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید با انجام آبیاری تکمیلی سبب بهبود رشد رویشی گیاه شده و با افزایش نسبت برگ به ساقه میزان NDF و ADF با کاهش میزان مواد لیگنوسلولوزیکی کاهش یافته است. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، بهرامی و همکاران (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند میزان ADF و NDF علوفه لگوم‌های مختلف (ماشک گل‌خوشه‌ای، نخود علوفه‌ای، ماشک پانونیکا و خلر) با انجام آبیاری تکمیلی کاهش یافت. این محققین گزارش نمودند که بیشترین و کمترین میزان NDF و ADF علوفه لگوم‌های ذکر شده در شرایط عدم آبیاری و دو بار آبیاری تکمیلی بدست آمد. حقانی‌نیا و همکاران (۲۰۲۰) نیز کاهش میزان NDF و ADF علوفه جو و خلر را با کاربرد قارچ میکوریزا گزارش نمودند.



شکل ۱۲- الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.



شکل ۱۱- الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

علوفه خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۷، ۴/۷ و ۹/۳ درصدی ماده مغذی قابل هضم علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۴-۱۳). از آنجایی که میزان TDN رابطه منفی با میزان ADF و NDF دارد، چنین به نظر می‌رسد با کاهش میزان NDF و ADF در دو بار آبیاری تکمیلی با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید، میزان TDN نیز افزایش یافته است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۰۶).

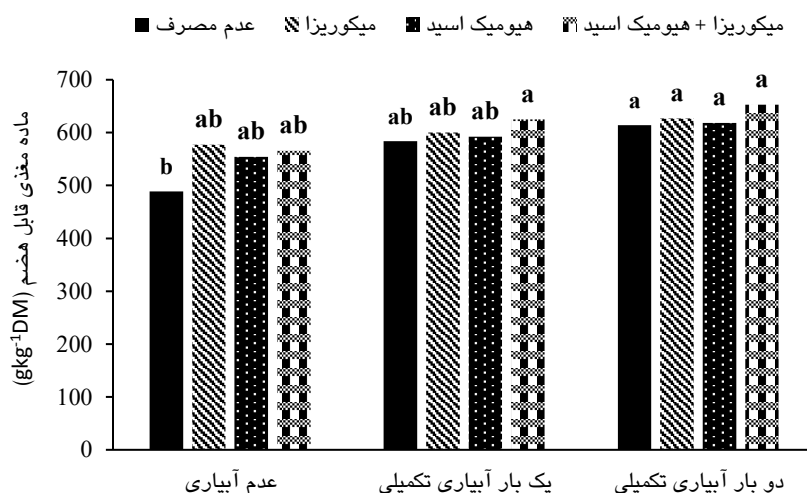
ماده مغذی قابل هضم کل

میزان ماده مغذی قابل هضم کل علوفه خلر نیز تحت تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۴-۳). بیشترین (۶۵۲/۹ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان ماده مغذی قابل هضم علوفه خلر با دو بار آبیاری با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید حاصل شد. همچنین، کمترین (۴۸۸/۶ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان ماده مغذی قابل هضم علوفه در شرایط بدون آبیاری و بدون مصرف کود حاصل شد. یک و دو بار آبیاری منجر به افزایش ۹/۹ و ۱۴/۹ درصدی ماده مغذی قابل هضم

جدول ۶- تجزیه واریانس بقیه صفات کیفی علوفه خلر با کاربرد منابع کودی در شرایط متفاوت کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	ماده مغذی قابل هضم کل	ماده خشک مصرفی کل علوفه	ماده خشک قابل هضم	ارزش نسبی تغذیه	انرژی ویژه شیردهی
بلوک	۲	۷۱۳۷/۸۸ ^{ns}	۲۱/۳۵ ^{ns}	۲۵۹۸/۸۳ ^{ns}	۱۵۰۰/۶۵ ^{ns}	۰/۰۲۹ ^{ns}
آبیاری	۲	۱۹۷۴/۲۶ ^{**}	۳۱/۸۱ [*]	۷۱۹۰/۳۷ ^{**}	۲۵۹۳/۳۶ ^{**}	۰/۰۸۱ ^{**}
خطای اول	۴	۱۸۶۲۸/۹۰	۶۷/۱۲	۸۶۰۳/۶۹	۴۳۰۲/۹۹	۰/۰۶۶
کود	۳	۷۹۴۴/۴۴ ^{**}	۳۹/۲۲ [*]	۴۳۱۱/۰۳ ^{**}	۹۷۹/۶۱ ^{**}	۰/۰۳۱ [*]
آبیاری × کود	۶	۶۳۴۷/۴۵ [*]	۲۴/۳۶ ^{ns}	۳۰۷۲/۱۳ [*]	۷۵۸/۷۸ ^{**}	۰/۰۴۶ [*]
خطای کل	۱۸	۲۳۵۹/۵۴	۱۲/۴۸	۱۵۸۷/۳۲	۳۱۱/۷۳	۰/۰۱۲
ضریب تغییرات (%)		۸/۲۱	۱۲/۰۳	۶/۲۸	۱۲/۰۹	۷/۵۸

ns و *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است.



شکل ۱۳- کل ماده مغذی قابل هضم علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

میزان دیواره سلولی (NDF) میزان DMI افزایش یافت. به عبارت دیگر وقتی که میزان NDF علوفه افزایش می یابد کیفیت و میزان ماده خشک مصرفی کاهش پیدا می کند. لذا، دلیل افزایش DMI با کاربرد آبیاری تکمیلی به کاهش میزان غلظت الیاف نامحلول در شوینده های خنثی (NDF) نسبت داده می شود.

ماده خشک قابل هضم

شرایط کشت، نوع کود و همچنین ترکیب تیماری شرایط کشت و نوع کود اثر معنی داری بر میزان ماده خشک قابل هضم علوفه گذاشتند (جدول ۶). بیشترین (۶۷۱/۴۱ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان ماده خشک قابل هضم علوفه خلر با دو بار آبیاری و با کاربرد تلفیقی

ماده خشک مصرفی کل علوفه

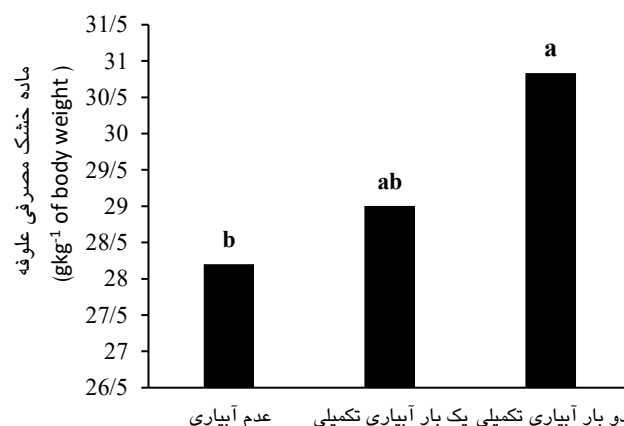
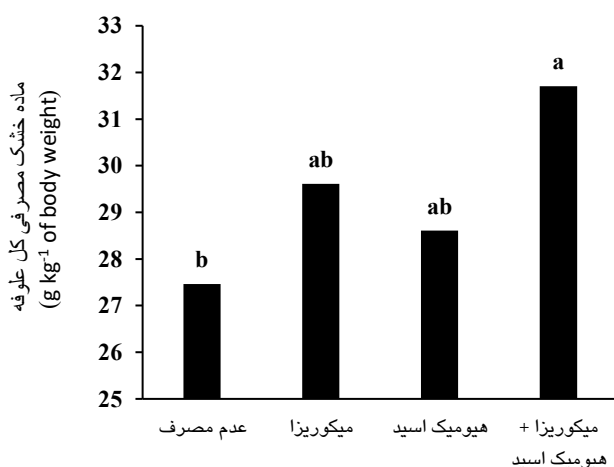
ماده خشک مصرفی کل علوفه خلر فقط تحت تاثیر اثرات ساده شرایط کشت و نوع کود قرار گرفت (جدول ۶). در بین شرایط کشت، بیشترین (۳۰/۸ گرم بر کیلوگرم) میزان ماده خشک مصرفی کل علوفه با دو بار آبیاری حاصل شد. یک و دو بار آبیاری منجر به افزایش ۲/۸ و ۹/۲ درصدی ماده خشک مصرفی کل علوفه خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید (شکل ۱۴). در بین

منابع مختلف کودی، بیشترین (۳۱/۷۱ گرم بر کیلوگرم) و کمترین (۲۷/۴۶ گرم بر کیلوگرم) میزان ماده خشک مصرفی کل علوفه خلر به ترتیب با کاربرد تلفیقی میکوریزا+هیومیک اسید و عدم مصرف کود حاصل شد. شایان ذکر است که کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+هیومیک اسید منجر به افزایش ۵/۹، ۲/۳ و ۱۳/۴ درصدی ماده خشک مصرفی کل علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۵). جوانمرد و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که میزان DMI همبستگی منفی با میزان NDF دارد و با کاهش

میکوریزا+هیومیک اسید منجر به افزایش ۳/۸، ۲/۶ و ۵/۱ درصدی ماده خشک قابل هضم علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۶). از آنجایی که میزان DDM رابطه معکوسی با میزان ADF دارد، چنین به نظر می رسد با کاهش میزان NDF و ADF در دو بار آبیاری با کاربرد تلفیقی میکوریزا+هیومیک اسید، میزان DDM افزایش یافته است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۰۶).

میکوریزا+هیومیک اسید حاصل شد. همچنین، کمترین (۵۷۲/۲۵ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان ماده خشک قابل هضم علوفه در شرایط بدون آبیاری و عدم مصرف کود حاصل شد. یک و دو بار آبیاری منجر به افزایش ۵/۴ و ۶/۹ درصدی ماده خشک قابل هضم علوفه خلر

نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی

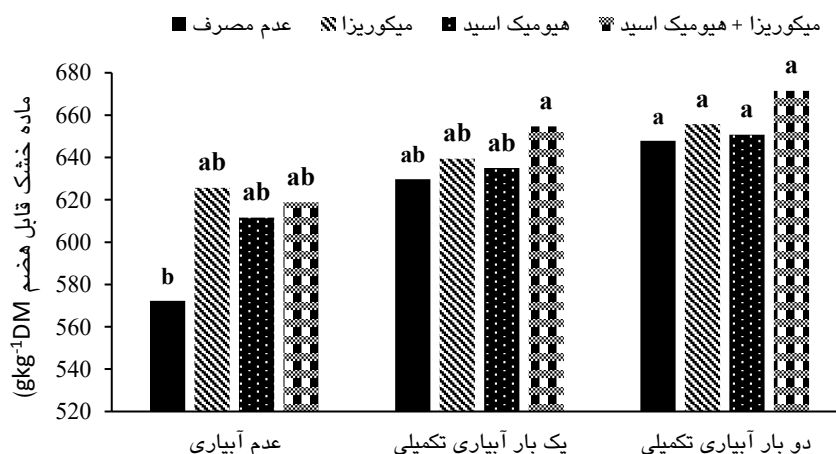


شکل ۱۵- ماده خشک مصرفی کل علوفه خلر با کاربرد منابع مختلف کودی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

شکل ۱۴- ماده خشک مصرفی کل علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.



شکل ۱۶- ماده خشک قابل هضم علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

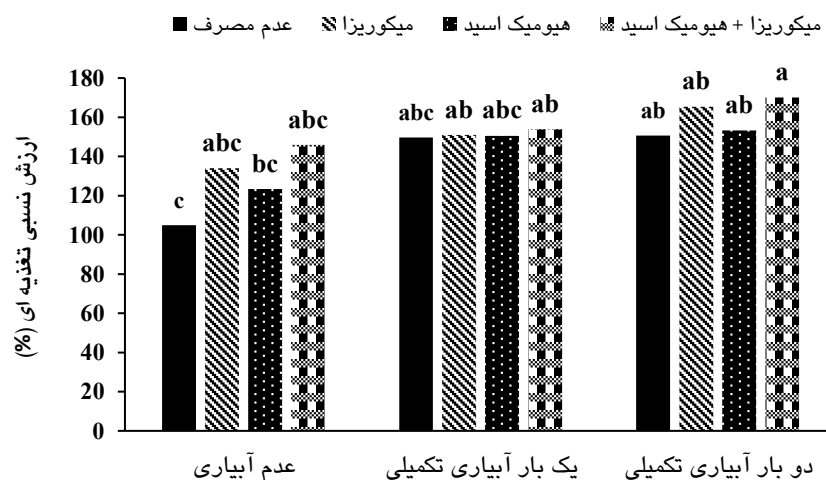
(۱۰۴/۹ درصد) ارزش نسبی تغذیه ای علوفه خلر در شرایط بدون آبیاری (دیم) و عدم مصرف کود مشاهده شد. یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۱۹/۱ و ۲۵/۸ درصدی ارزش نسبی تغذیه ای علوفه خلر نسبت به شرایط بدون آبیاری گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۱۱/۱، ۵/۴ و ۱۵/۹

ارزش نسبی تغذیه ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارزش نسبی تغذیه ای علوفه خلر تحت تأثیر شرایط کشت، نوع کود و همچنین ترکیب تیماری شرایط کشت و نوع کود قرار گرفت (جدول ۶). بیشترین (۱۷۰/۱ درصد) ارزش نسبی تغذیه ای علوفه خلر در دو بار آبیاری با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید حاصل شد. همچنین، کمترین

درصدی ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۷). قابلیت هضم، یک شاخص مهم از ارزش نسبی تغذیه گیاهان علوفه‌ای برای دام است که علاوه بر ژنتیکی بودن (تفاوت لاین‌ها)، از باروری خاک نیز تأثیر می‌پذیرد. از آنجا که لیگنینی شدن، فاکتور عمده محدودکننده قابلیت هضم پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی گیاه می‌باشد و با توجه به اینکه بر اثر تنش‌های محیطی، بافت‌های تشکیل دهنده برگ و ساقه لیگنینی می‌شوند و بنابراین قابلیت هضم آنها کاهش می‌یابد، به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک، با بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک، شرایط رطوبتی مناسب‌تری را برای گیاه فراهم کرده است و باعث بهبود قابلیت هضم شده است. به طور کلی با افزایش مقادیر ADF و NDF در تیمارهای آزمایشی از میزان RFV علوفه کاسته شده است. با توجه به اینکه DMI و DDM به ترتیب همبستگی منفی با NDF و ADF علوفه دارند (جوانمرد و

همکاران ۲۰۲۰) و با توجه به کاهش معنی‌دار این شاخص‌های علوفه با اجرای آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید، افزایش RFV در این ترکیب تیماری قابل انتظار است. یلماز و همکاران (۲۰۱۴) دلیل افزایش ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه جو را به افزایش ماده خشک قابل هضم (DDM) و ماده خشک مصرفی کل علوفه (DMI) و کاهش میزان NDF و ADF نسبت دادند. علوفه‌هایی با $RFV > 151$ از لحاظ کیفی علوفه ممتاز محسوب می‌شوند (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۰۶). در این پژوهش، RFV علوفه خلر در تیمارهای دو بار آبیاری+ اسید هیومیک+ میکوریزا، دو بار آبیاری+ اسید هیومیک، دو بار آبیاری+ میکوریزا و یک بار آبیاری+ اسید هیومیک+ میکوریزا به ترتیب ۱۷۰/۰۷، ۱۵۳/۲۳، ۱۶۵/۳۴ و ۱۵۳/۹۴ بود که از لحاظ کیفی در سطح ممتاز و عالی قرار می‌گیرند.



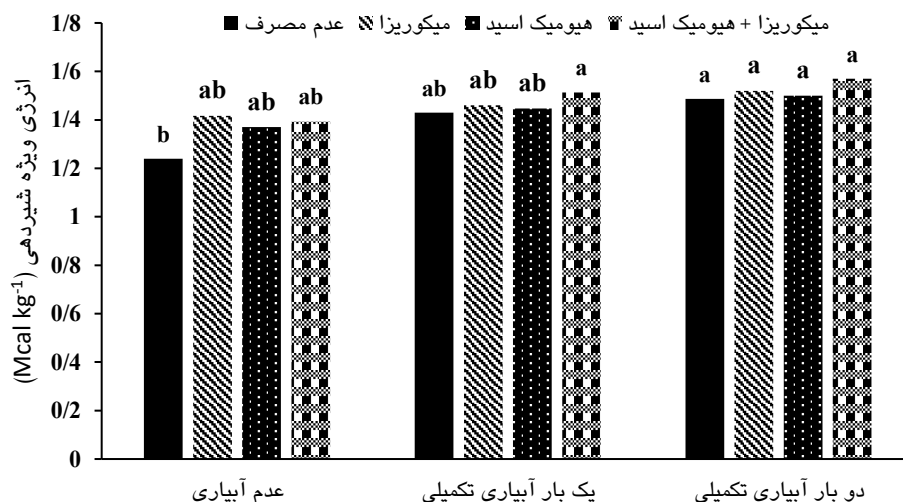
شکل ۱۷- ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

شرایط بدون آبیاری و عدم مصرف کود تعلق داشت. یک و دو بار آبیاری تکمیلی منجر به افزایش ۷/۴ و ۱۱/۸ درصدی انرژی ویژه شیردهی علوفه خلر نسبت به شرایط دیم گردید. علاوه بر این، کاربرد جداگانه میکوریزا، هیومیک اسید و کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید منجر به افزایش ۵/۸، ۳/۶ و ۷/۲ درصدی انرژی ویژه شیردهی علوفه خلر نسبت به عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۸). افزایش انرژی ویژه شیردهی به

انرژی ویژه شیردهی

اثر شرایط کشت، نوع کود و همچنین ترکیب تیماری شرایط کشت و نوع کود بر انرژی ویژه شیردهی علوفه خلر معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین (۱/۵۷) مگا کالری بر کیلوگرم) میزان انرژی ویژه شیردهی علوفه خلر در دو بار آبیاری با کاربرد تلفیقی میکوریزا+ هیومیک اسید مشاهده شد. همچنین، کمترین (۱/۲۴) مگا کالری بر کیلوگرم) میزان انرژی ویژه شیردهی علوفه خلر به

بهبود دسترسی بیشتر به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و کاهش میزان ADF با کاربرد تلفیقی میکوریزا و هیومیک اسید نسبت داده می‌شود (Tang et al., 2018).



شکل ۱۸- ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه خلر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد منابع مختلف کودی. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به عملکرد پایین گیاهان علوفه‌ای در شرایط دیم بدلیل نوسانات بارندگی و کاهش کارایی جذب عناصر غذایی، استفاده از راهکارهای پایدار جهت افزایش راندمان تولید و در کنار آن بهبود کیفیت علوفه کمک شایانی به تامین علوفه در صنعت دامپروری خواهد نمود. به طور کلی نتایج حاصل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، کمیت و کیفیت علوفه گیاه خلر با دو بار آبیاری تکمیلی توأم با کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا + هیومیک اسید حاصل شد. به طوری که عملکرد علوفه در تیمار ذکر شده نسبت به شرایط بدون آبیاری و عدم مصرف کود ۶۴/۱ درصد افزایش یافت. با این حال، با توجه به

اینکه در اکثر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی در شرایط یک بار آبیاری و دو بار آبیاری مشاهده نشد، لذا می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف آب و سایر نهاده‌ها، یک بار آبیاری تکمیلی به همراه کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا + هیومیک اسید در شرایط دیم را برای تولید علوفه‌ای با کمیت و کیفیت مطلوب پیشنهاد نمود.

سپاسگزاری

از شبکه آزمایشگاهی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور بابت انجام آزمایش‌های کیفیت علوفه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Al-Arjani ABF, Hashem A and Abd Allah EF. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi modulate dynamics tolerance expression to mitigate drought stress in *Ephedra foliata* Boiss. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(1): 380–394. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.10.008>.
- Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR, Aghaee A and Maggi F. 2021. *Funneliformis mosseae* inoculation under water deficit stress improves the yield and phytochemical characteristics of thyme in intercropping with soybean. Scientific reports, 11: 15279. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94681-9>.

- Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR, Janmohammadi M and Maggi F. 2021. *Funneliformis mosseae* Application Improves the Oil Quantity and Quality and Eco-physiological Characteristics of Soybean (*Glycine max* L.) Under Water Stress Conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21: 3076–3090. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00590-1>.
- Bahrani S, Weisany W and Afshari A. 2014. Quantitative and Qualitative Evaluation of Forage Legumes Rainfed and Supplemental Irrigation Conditions. Research in Crop Ecosystems, 1(3): 71-82.
- Bilal M, Ayub M, Tariq M, Tahir M and Nadeem M.A. 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 16 (3): 236-241. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.08.002>.
- Boutasknit A, Baslam M, Ait-El-mokhtar M, Anli M, Ben-Laouane R, Douira A, Modafar C, Mitsui T, Wahbi S and Meddich A. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi mediate drought tolerance and recovery in two contrasting carob (*Ceratonia siliqua* L.) ecotypes by regulating stomatal, water relations, and (in) organic adjustments. Plants, 9(1): 1-19. <https://doi.org/10.3390%2Fplants9010080>.
- Boveiri Dehsheikh A, Mahmoodi Sourestani M, Zolfaghari M and Enayatizamir N. 2020. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of Thai basil as response to biofertilizers and humic acid. Journal of Cleaner Production, 256: 120439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120439>.
- Daur I and Bakhashwain AA. 2013. Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. Pakistan Journal of Botany, 45(1): 21-25.
- Delfani M, Hatami A, Pourdad S, Tahmasebi Z, Fattahnia F and Jahansooz M. 2018. Effect of planting density and supplementary irrigation on quality and quantity of forage yield of two safflowers (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Iranian Dryland Agronomy Journal, 6(2): 147-164. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2046032>.
- Delfani M, Akbari M, Vafa P, MalekMaleki F and Masoumi A. (2022). The Effect of Plant Density and Supplementary Irrigation on Nutritional Value of Two Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Forage Crops. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 53(11): 1355-1378. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2046032>.
- Dogan E. 2019. Effect of supplemental irrigation on vetch yield components. Agricultural Water Management, 213: 978-982. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.013>.
- Gadédjisso-Tossou A, Avellán T and Schütze N. 2018. Potential of deficit and supplemental irrigation under climate variability in northern Togo, West Africa. Water, 10(12): 1803. <https://doi.org/10.3390/w10121803>.
- Gao S, Wang Y, Yu S, Huang Y, Liu H, Chen W and He X. 2020. Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. Scientia Horticulturae, 259: 108795. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108795>.
- Habib A. 2021. Response of pearl millet to fertilization by mineral phosphorus, humic acid and mycorrhiza under calcareous soils conditions. Egyptian Journal of Soil Science, 61(4): 399-411. <https://doi.org/10.21608/ejss.2021.104285.1474>.
- Haghaninia M, Javanmard A and Mollaaliabasiyan S. 2020. Effect of Arbuscular Mycorrhiza Fungus on Forage Quality in Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Journal of Crop Production and Processing, 9(4) :47-64. <https://doi.org/10.47176/jcpp.9.4.25227>.
- Hail Y, Daci M and Tan M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. Journal Animal Advance, 8(7): 1337-1342.
- Hashem A, Alqarawi AA, Radhakrishnan R, Al-Arjani ABF, Aldehaish HA, Egamberdieva D and Abd Allah EF. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi regulate the oxidative system, hormones and ionic equilibrium to trigger salt stress tolerance in *Cucumis sativus* L. Saudi Journal of Biological Sciences, 25(6): 1102–1114. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.03.009>.

- Javanmard A, Amani Machiani M and Eskandari, H. 2019. Evaluation of Forage Quantity and Quality of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.) Intercropping System in Maragheh Rainfed Conditions. Journal Of Agroecology, 11(2): 435-452. <https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.65105>.
- Javanmard A, Amani Machiani M, Lithourgidis A, Morshedloo MR and Ostadi A. 2020. Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. Cleaner Engineering and Technology, 1: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100003>.
- Jensen E. S and Sorensen L. H. 1987. Survival of *Rhizobium leguminosarum* in soil after addition as inoculant. FEMS Microbiology Ecology, 45: 221-226.
- Kamaei R, Parsa M, Jahan M, Rajari Sharifabadi H and Naserian AA. 2017. The Effects of Biological Fertilizers, Chemical Fertilizers and Manure Application on Some Qualitative Characteristics of *Vicia villosa* Roth Forage under Greenhouse Condition. Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4): 699-710. <https://doi.org/10.22067/gsc.v14i4.43338>.
- Ladha JK, Peoples MB, Reddy PM, Biswas .C, Bennett A, Jat ML and Krupnik, TJ. 2022. Biological nitrogen fixation and prospects for ecological intensification in cereal-based cropping systems. Field Crops Research, 238: 108541. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108541>.
- Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dhima KV, Dordas CA and Yaikoulaki MD. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research, 99: 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008>.
- Liu R and Lal R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment, 514: 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.104>.
- Manavalan LP, Guttikonda SK, Phan Tran LS and Nguyen HT. 2009. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. Plant and Cell Physiology, 50(7): 1260-1276. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcp082>.
- Mazlomi Mamyandi M, Pirzad A and Jalilian, J. 2016. Effect of mycorrhizal symbiosis and supplementary irrigation on wheat grain yield and quality under variable end-season rainfall conditions. Iranian Dryland Agronomy Journal, 5(2): 203-224. <https://doi.org/10.22092/idaj.2016.109668>.
- Nakhzari Moghaddam A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. Journal of Agroecology, 8(1): 47-58. <https://doi.org/10.22067/jag.v8i1.12534>.
- Okunlola GO, Olatunji OA, Akinwale RO, Tariq A and Adelusi AA. 2017. Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum* spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. Scientia Horticulturae, 224: 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.020>.
- Rahman MA, Kang S, Nagabhatla N and Macnee R. 2017. Impacts of temperature and rainfall variation on rice productivity in major ecosystems of Bangladesh. Agriculture & Food Security, 6: 10-24. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0089-5>.
- Rühlemann L and Schmidtke K. 2015. Evaluation of monocropped and intercropped grain legumes for cover cropping in no-tillage and reduced tillage organic agriculture. European Journal of Agronomy, 65: 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.01.006>.
- Tang CH, Yang X, Chen X, Ameen A & Xie G. 2018. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. Field Crops Research, 215: 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.031>.
- Tarraf W, Ruta C, Tagarelli A, De Cillis F and De Mastro G. 2017. Influence of arbuscular mycorrhizae on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of *Salvia officinalis* L. Industrial Crops and Products, 102: 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.010>.

- Yilmaz Ş, Özel A, Atak M and Erayman M. 2014. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern Mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39: 135–143. <https://doi.org/10.3906/tar-1406-155>.