Plant Production Technology/ Volume 24/ Issu 1/ Pages 19-34/ Spring and Summer 2024
https://doi.org/10.22084/PPT.2024.28708.2119

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Response of Growth, Yield and Forage Quality and Indices of Effectiveness and Competitiveness to Mycorrhizal Inoculation in Mixed Intercropping of Sunflower and Guar

Aalipour[1], F., Moradi-Telavat[2*], M. R., Siadat[3], S. A. and Khodaei Joghan[4], A.

1, 2, 3 and 4. Former MSc Student, Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
*: Corresponding author Email: moraditelavat@asnrukh.ac.ir

Received: 2023/12/24 Accepted:2024/07/02

Introduction
Mixed cropping is one of the ways to increase the crop yield in the form of multiculturalism on a farm in one crop season. This method of cultivation improves the efficiency of the use of environmental resources such as light, water and nutrients by plants. Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) is a plant of the legume family and is compatible with tropical regions, which due to its coexistence with nitrogen-fixing bacteria, can be an effective plant in mixing crops in warm regions. Sunflower (*Helianthus annus* L.) is an important oil crop that is also grown as a forage crop in some areas and seasons. Biological fertilizers, eco-friendly fertilizers, have beneficial effects on plant growth characteristics as well as the physical, chemical and biological characteristics of the soil. Mycorrhizal fungi increase the uptake of water and nutrients by increasing the level of adsorption of the plant's root system, and ultimately increase the growth and yield of the crop. In the present study, the cultivation of sunflower mixed with guar was investigated under the influence of mycorrhizal inoculation.

Materials and Methods
In order to evaluate the effect of planting proportions and mycorrhizal inoculation on sunflower (*Helianthus annus* L.) and guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) yield and effectiveness indices, an experiment was conducted at Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in the spring of 2018 using a factorial trial in randomized complete blocks (RCBD) with four replications. Experimental factors included five ratios of mixed planting of guar and sunflower as alternate series in inoculation conditions and non-inoculation of mycorrhiza. Mixed culture ratios included I. Pure sunflower cultivation, II. 75 percent sunflower + 25 percent guar, III. 50 percent sunflower + 50 percent guar, IV. 25 percent sunflower + 75 percent guar, and pure guar cultivation. The studied traits included plant height, number of branches, stem and leaves weight, number of leaves, dry and fresh forage yield, as well as effectiveness and competiveness indices. The Land Equality Ratio (LER) and Competitiveness Ratio (CR) were evaluated as indicators of the usefulness assessment of mixed cultivation. Both sunflower and guar plants were planted on March 15, 2018. Harvesting of sunflower and guar plants took place on June 1 and June 23, 2018, respectively.

Results and Discussion
The results of statistical analysis showed that the growth, yield and efficiency indices of mixed cropping of sunflower and guar were significantly affected. The height of the plant, the number of leaves, the weight of the leaves and stems, as well as the number of branches were significantly affected by the experimental factors, especially the planting proportions. The highest yield of fresh forage (21391 $kg.ha^{-1}$) was obtained in the treatment of pure sunflower cultivation and the highest yield of dry forage (2618 $kg.ha^{-1}$) was obtained from the treatment of 75 percent sunflower + 25 percent guar. The highest LER (1.34) was obtained from the treatment of 75 percent sunflower + 25 percent guar. The combination of 75 percent sunflower + 25 percent guar caused the lowest competition ratio for sunflower, and the combination of 75 percent guar + 25 percent sunflower caused the lowest competition ratio for guar.

Conclusion

As mentioned, the highest yield of mixed cropping was obtained when the planting composition included 75 percent sunflower and 25 percent guar. Under the conditions of this experiment, the growth of guar plants was significantly affected by the ability of the sunflower to compete. As a result, due to the lower competitiveness of guar against sunflower, it is necessary to consider other methods of mixed cropping. Including delayed mixed cropping. In general, mixed cropping flattered different growth factors and the accumulation of dry matter significantly changed forage yield and morphological traits.

Keywords: Ash, Forage, Branch, Cluster bean, Symbiosis

Citations: Aalipour, F., Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A. & Khodaei Joghan, A. (2024). Response of Growth, Yield and Forage Quality and Indices of Effectiveness and Competitiveness to Mycorrhizal Inoculation in Mixed Intercropping of Sunflower and Guar. *Plant Production Technology*, *24*(1), 19-34. https://doi.org/10.22084/ppt.2024.28708.2119

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و چهارم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱۹-۳٤/ بهار و تابستان ۱٤۰۳
https://doi.org/10.22084/PPT.2024.28708.2119

واکنش رشد، عملکرد و کیفیت علوفه و شاخص‌های سودمندی و رقابت به تلقیح مایکوریزایی در کشت مخلوط گوار و آفتابگردان

Response of Growth, Yield and Forage Quality and and Indices of Effectiveness and Competitiveness to Mycorrhizal Inoculation in Mixed Intercropping of Sunflower and Guar

فهیمه عالی‌پور[۱]، محمدرضا مرادی تلاوت[۲*]، سیدعطاءالله سیادت[۳] و آیدین خدایی جوقان[٤]

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰٤/۱۲
(مقاله پژوهشی)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر الگوهای کشت مخلوط و تلقیح مایکوریزا بر عملکرد و شاخص‌های سودمندی آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) و گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.)، یک آزمایش فاکتوریل در بهار ۱۳۹۷ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عوامل آزمایشی شامل سطوح مایکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) و نسبت‌های کاشت (۱۰۰ درصد آفتابگردان)، (۱۰۰ درصد گوار)، (۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار)، (۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار) و (۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار) بودند. اثر نسبت‌های کشت و تلقیح مایکوریزا بر صفات موردبررسی معنی‌دار بود. بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۳٤) به تیمار ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار تعلق داشت. ترکیب ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار پایین‌ترین شاخص رقابت برای آفتابگردان، و در نسبت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان پایین‌ترین شاخص رقابت برای گوار به‌دست آمد. بالاترین درصد نیتروژن علوفه (۲/۳٤ درصد) از تیمار ۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار و عدم تلقیح مایکوریزا به‌دست آمد. بیش‌ترین درصد فیبرخام آفتابگردان از تیمار عدم تلقیح مایکوریزا از نسبت ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار با میانگین ۰/٤۵ حاصل شد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد علوفه خشک به‌ترتیب از تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار (۲٦۹۹ کیلوگرم در هکتار) و تیمار ۱۰۰ درصد گوار (۸۲۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. به‌طورکلی، به‌نظر می‌رسد کشت مخلوط آفتابگردان و گوار می‌تواند سبب افزایش کمیت و کیفیت علوفه تولیدی شود که در صورت تکرار نتایج می‌توان از نسبت ۷۵ درصد آفتابگردان همراه با ۲۵ درصد گوار در این زمینه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: خاکستر، کلروفیل، فیبر، لوبیای خوشه‌ای، همزیستی

ارجاع به مقاله: عالی پور، ف.، مرادی تلاوت، م. ر.، سیادت، س. ع. وخدایی جوقان، آ. (۱٤۰۳). واکنش رشد، عملکرد و کیفیت علوفه و شاخص‌های سودمندی و رقابت به تلقیح مایکوریزایی در کشت مخلوط گوار و آفتابگردان، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲٤(۱)، ۱۹-۳٤.
https://doi.org/10.22084/ppt.2024.28708.2119

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲٤۷٦-۵٦۵۱ **شاپا چاپی:** ۲٤۷٦-٦۳۲۱

۱، ۲، ۳ و ٤. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
*: نویسنده مسئول Email: moraditelavat@asnrukh.ac.ir

۱. مقدمه

از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک کشتی به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik *et al.*, 2006). برتری اکولوژیک کشت مخلوط، نتیجه استفاده کارآمد از منابع محیطی است. هم‌چنین کشت مخلوط امکان کنترل علف‌های هرز، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و افزایش تنوع زیستی، کاهش ریسک تولید، موازنه در امر تغذیه، حاصل‌خیزی خاک و نیز افزایش مقدار تولید در واحد سطح نسبت به کشت خالص، ویژگی‌های کارکردی منحصر به فردی را فراهم می‌سازد (Mao *et al.*, 2014; Nassiri Mahallati *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015).

یکی از موفق‌ترین سیستم‌های کشت مخلوط آن است که بقولات با یک گیاه غیربقولات کشت می‌شود و در اغلب حالات سبب برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌شود. دلیل آن توانایی تثبیت زیستی نیتروژن توسط بقولات است که مزیت‌های اکولوژیکی فراوانی به‌دنبال دارد (Siadat & Moradi-Telavat, 2014). باتوجه به پروتئین پایین علوفه غلات و نیاز دام به غذای مکمل و باارزش، اهمیت کشت مخلوط با بقولات در تأمین پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌های کافی در مقایسه با مصرف خالص مشخص می‌شود. از جمله دلایل مهم بهبود عملکرد در کشت مخلوط این است که هر یک از گیاهان این توانایی را دارند که به‌واسطه ویژگی‌های متفاوت (پهن برگ، باریک برگ، ارتفاع کم و زیاد، عمق ریشه و توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن) از منابع محیطی با کارایی بهتری استفاده کنند (Sadeghpour *et al.*, 2013). از جمله در کشت مخلوط باقلا و گندم، و کشت مخلوط جو و شنبلیله، مشاهده شده است که کشت مخلوط باعث بهبود کیفیت علوفه می‌شود. در این شیوه کشت، محتوای پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول در آب افزایش و محتوای الیاف شوینده خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) کاهش یافتند (Ghanbari Bonjar & Lee, 2003 & Ghanbari *et al.*, 2016). نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که بقولات در کشت مخلوط از لحاظ رفع نیاز به نیتروژن خودکفا هستند و قادرند مقداری نیتروژن به سایر گیاهان در کشت مخلوط نیز انتقال دهند. این موضوع یکی از ویژگی‌های مطلوب در اکوسیستم‌های پایدار زراعی محسوب می‌شود (Heichol & Henjum, 1991).

آفتابگردان (*Helianthus annuns* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی جهان است که سیستم ریشه متراکم، منشعب با قدرت گسترش ثانویه و نفوذ به اعماق بیش از دو متر در خاک سبب شده در شرایطی که زراعت‌های دیگر از کم‌آبی صدمه می‌بینند محصول رضایت بخشی تولید کند. آفتابگردان عملکرد علوفه خشک زیادی دارد و از نظر مواد معدنی، پروتئین و کلسیم غنی‌تر از ذرت است، بنابراین استفاده از این علوفه در جیره غذایی دام‌ها می‌تواند کمک شایانی برای رفع فقر مواد غذایی آن‌ها باشد (Siadat & Moradi-Telavat, 2013). گوار یا لوبیای خوشه‌ای با نام انگلیسی Guar یا Cluster bean و نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba* از خانواده بقولات (Leguminose) گیاهی یک ساله و تابستانه است که تحمل بالایی به خشکی دارد و در مناطق نیمه‌گرمسیری جهان مانند شمال‌غرب هند، پاکستان، سودان و جنوب آمریکا (تگزاس و اوکلاهما) کشت می‌شود (Whistler & Hymowitz, 1979). گوار گیاهی تابستانه و روزکوتاه است که تحمل بالایی به خشکی دارد و آب و هوای گرم را ترجیح می‌دهد. دمای مطلوب برای جوانه‌زنی این گیاه ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس است. در طول دوره رشد، روزهای بلند با هوای مرطوب و روزهای کوتاه با هوای سرد و خشک سبب تشکیل گل و غلاف در این گیاه می‌شوند (Ghulam Nabi, 2013). انتخاب اجزای کشت مخلوط مهم‌ترین بخش از مدیریت این شیوه کشت محسوب می‌شود. انتخاب گیاهی از خانواده بقولات با نیازمندی‌های اکولوژیکی متفاوت از سایر گونه‌ها سودمندی‌های قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. کشت مخلوط گوار به‌عنوان گیاهی از خانواده بقولات، کم‌تر موردتوجه قرار گرفته است. با این‌حال در یک مطالعه کشت مخلوط با حضور گوار، سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی کشت مخلوط این گیاه با گیاه دارویی نعناع فلفلی گردید (Shahbazi *et al.*, 2021).

یکی از اصلی‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در ریشه، قارچ‌های مایکوریزا[1] هستند. یکی از مهم‌ترین روابط همزیستی که طی دوره تکامل به‌وجود آمده است، همزیستی مایکوریزایی

1. Mycorrhizal fungi

است که در آن ریشه گیاه با قارچ به‌صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یک‌دیگر سود می‌برند (Ghaboli *et al.*, 2012). از مهم‌ترین منافع حاصل از همزیستی این قارچ‌ها با گیاهان می‌توان به افزایش جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌های خاک‌زاد و نیز بهبود تحمل آن‌ها به تنش‌های غیر زیستی نظیر شوری و خشکی، و هم‌چنین بهبود بافت خاک اشاره کرد (Zy *et al.*, 2006). همزیستی مایکوریزا سبب تغییر ترکیب شیمیایی ترشحات ریشه، جذب عناصر قارچی، تعاملات جامعه میکروبی و ریزوسفر از محیط‌زیست می‌شود، و همه این عوامل بر ترکیب جامعه گیاهی اثر می‌گذارد (Azul *et al.*, 2010).

مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان کشت گوار به‌عنوان یک گیاه جایگزین در منطقه به‌صورت مخلوط با آفتابگردان بود که می‌تواند علاوه بر ایجاد تنوع گیاهی در اکوسیستم‌های زراعی سبب تأمین علوفه باکیفیت در فصل تابستان که کمبود علوفه در خوزستان روی می‌دهد، گردد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۷ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ۵۳ دقیقه و ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا انجام شد. نتایج تجزیه خاک مزرعه در (جدول ۱) آمده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عوامل آزمایشی شامل سطوح مایکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) و نسبت‌های کاشت شامل (۱۰۰ درصد آفتابگردان)، (۱۰۰ درصد گوار)، (۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار)، (۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار) و (۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار) بود. بذر آفتابگردان رقم قاسم بود که در وهله اول یک رقم روغنی است و به‌دلیل تولید ماده خشک زیاد می‌تواند به‌منظور تولید علوفه نیز موردتوجه قرار گیرد. عملیات کاشت دو گونه در ۲۵ اسفند ماه ۹٦ انجام شد و تراکم بوته‌های آفتابگردان و گوار به‌ترتیب ۱۵ و ۹۵ بوته در متر مربع بود. کود فسفات آمونیوم به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به‌صورت یکنواخت با خاک مخلوط شد تا باتوجه به حضور گوار به‌عنوان بقولات در کشت مخلوط به‌طور هم‌زمان تأمین فسفر و نیتروژن موردنیاز گیاهان صورت گیرد. مساحت برداشت در ابتدای مرحله شیری– خمیری، برای هرگیاه معادل یک متر مربع، و تاریخ برداشت برای آفتابگردان در ۱۲ خرداد ماه و گوار ۳ تیر ماه در نظر گرفته شد. تجزیه آماری داده‌ها، شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در صورت معنی‌دار شدن اثر متقابل فاکتورهای موردبررسی، برش‌دهی اثر متقابل انجام شد و مقایسه میانگین‌ها براساس برش‌دهی فیزیکی صورت گرفت.

Table 1: Physical and chemical properties of experimental farm soil

Sampling depth (cm)	Organic matter (%)	K (mg.kg^{-1})	P (mg.kg^{-1})	N (%)	$pH_{(1:5)}$	EC (ds/m)	Texture
0-30	0.78	224	8.31	0.026	7.32	3.7	Clay-loam

برای ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان و گوار از شاخص نسبت برابری زمین با استفاده از [فرمول ۱] استفاده شد (Mead & Willey, 1980). در این فرمول Yab و Yba به‌ترتیب نشان‌دهنده عملکرد گونه‌های a و b در مخلوط، و Yaa و Ybb به‌ترتیب نشان‌دهنده عملکرد در کشت خالص گونه‌های a و b در تک کشتی است.

LER= (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb) [فرمول ۱]

نسبت رقابت نیز از [فرمول ۲] محاسبه گردید (Whiley & Rao, 1980). که Xba نسبت مخلوط b و Xab نسبت مخلوط a است.

CRa = (LERa/LERb)(Xba/Xab) [فرمول ۲]

به‌منظور اندازه‌گیری درصد نیتروژن، ابتدا نمونه‌های خشک شده آسیاب شد، سپس ۰/۱ گرم از نمونه آسیاب شده به همراه یک گرم کاتالیزور (سولفات پتاسیم، سولفات مس و سلنیوم) در لوله آزمایشی قرار داده و با اضافه کردن ۳/۵ میلی

لیتر اسید سولفوریک ۹۶ درصد به هر کدام از نمونه‌ها، لوله های آزمایش حاوی نمونه را در رک مخصوص قرار گرفته و در کوره الکتریکی در زیر هود با افزودن تدریجی دما به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد، هضم نمونه‌ها به‌مدت ۲ تا ۳ ساعت تا رسیدن به محلولی بی‌رنگ از نمونه‌ها ادامه یافت. پس از اتمام عملیات هضم و کاهش دمای نمونه‌ها تا رسیدن به دمای محیط، درصد نیتروژن نمونه‌ها به‌وسیله‌ی دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد (Brumner, 1998).

برای محاسبه درصد الیاف خام از روش ویلی استفاده شد. الیاف خام بخشی از کل کربوهیدرات است که بعد از جوشاندن با اسید و باز رقیق هضم نمی‌شوند و متشکل از سلولز، همی‌سلولز و لیگنین می‌باشد روش کار این گونه است که ابتدا نمونه‌ها را به بشر ۱۰۰۰ میلی‌لیتری منتقل کرده و بعد از آن ۲۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۱/۲۵ درصد را به آن افزوده تا به آرامی به‌مدت ۳۰ دقیقه بجوشد در مرحله‌ی بعد به باقی مانده‌ی نمونه ۲۰۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱/۲۵درصد اضافه شد و دوباره به‌مدت ۳۰ دقیقه اجازه داده شد تا بجوشد بعد از آن، بقایا با اسید سولفوریک یک درصد و سپس آب داغ شست‌وشو شدند. در مرحله‌ی بعد آن را به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در داخل دسیکاتور قرار داده و توزین شد. سپس نمونه‌ها در داخل کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعد آن‌ها را در داخل دسیکاتور قرار داده تا سرد شدند و وزن آن به‌دست آمد (Willey, 1979).

برای اندازه‌گیری NDF، ابتدا جهت تهیه محلول NDF 30 گرم سدیم لوریل سولفات، ۱۸/۶۱ گرم EDTA 10 میلی‌لیتر اتانول، ۶/۸۱ گرم بوراکس و ۱۱/۴۸ گرم دی‌سدیم‌هیدروژن فسفات را در یک لیتر آب حل و برای ایجاد یک محلول همگن از همزن الکتریکی استفاده شد (Van Soest *et al.*, 1991). محلول NDF و وسایل موردنیاز را آماده و میزان ۰/۲ گرم از نمونه مخلوط گیاه گوار و آفتابگردان را که در آون خشک شده را وزن کرده و داخل کیسه‌های مخصوص ریخته و درب آن‌ها را به‌وسیله دستگاه دوخت بسته شد. به ازای هر نمونه ۲۰ سی‌سی محلولNDF داخل ارلن ریخته و پس از قرار دادن کیسه‌ها در محلول NDF روی هیتر قرار داده شدند. کیسه‌ها در محلول NDF به‌مدت ۱ ساعت جوشانده و سپس چند بار با آب مقطر شسته و به‌مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌ها از آون خارج و درون دسیکاتور قرار داده شدند و پس از خنک شدن توزین، سپس مواد درون کیسه‌ها را به‌طور کامل درون بوته چینی خالی کرده و به‌مدت ۲ تا ۳ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از ۲ تا ۳ ساعت بوته‌ها از کوره خارج و پس از سرد شدن در دسیکاتور، مجددا وزن شدند. درصد NDF نمونه‌ها از فرمول زیر به‌دست آمد:

[فرمول ۳]

$$NDF\ (\text{درصد}) = \frac{(\text{وزن نمونه بعد از کوره} - \text{وزن نمونه بعد از آون})}{\text{وزن اولیه (گرم)}}$$

برای اندازه‌گیری ADF، ابتدا ۲۰ گرم ستابلن و ۲۷/۶ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ را در آب مقطر حل نموده و به حجم یک لیتر رسانده شد. برای ایجاد یک محلول همگن از همزن الکتریکی استفاده شد. ابتدا محلول ADF و وسایل موردنیاز را آماده و میزان ۰/۲ گرم از نمونه مخلوط گیاه گوار و آفتابگردان را که در آون خشک شده را وزن کرده و داخل کیسه‌های مخصوص ریخته و درب آن‌ها به‌وسیله دستگاه دوخته شد. به ازای هر نمونه ۲۰ سی‌سی محلولADF داخل ارلن ریخته و پس از قرار دادن کیسه‌ها در محلول ADF روی هیتر قرار داده شدند. کیسه‌ها در محلول ADF به‌مدت ۱ ساعت جوشانده و سپس چند بار با آب مقطر شسته و به‌مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌ها از آون خارج و درون دسیکاتور قرار داده و پس از خنک شدن توزین شدند. سپس مواد درون کیسه‌ها را به‌طور کامل درون بوته چینی خالی کرده و به‌مدت ۲ تا ۳ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از ۲ تا ۳ ساعت بوته‌ها از کوره خارج و پس از سرد شدن در دسیکاتور، مجددا وزن شدند. درصد ADF نمونه‌ها از رابطه زیر به‌دست آمد.

[فرمول ۴]

$$ADF\ (\text{درصد}) = \frac{(\text{وزن نمونه بعد از کوره} - \text{وزن نمونه بعد از آون})}{\text{وزن اولیه (گرم)}}$$

مقدار خاکستر با قرار دادن نمونه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۶ ساعت در کوره اندازه‌گیری شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. ارتفاع بوته، وزن برگ، و نسبت برگ به ساقه در بوته گوار

اثر نسبت‌های کشت بر ارتفاع بوته گوار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش نسبت گوار در ترکیب مخلوط، ارتفاع بوته این گیاه افزایش یافت (جدول ۳) بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار کشت خالص گوار به میزان ۲۶/۳۸ سانتی‌متر و کم‌ترین میانگین ارتفاع بوته مربوط به تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + گوار ۲۵ درصد به میزان ۱۵/۶۰ سانتی‌متر بود. با کاهش تراکم آفتابگردان و افزایش تراکم گوار و کاهش رقابت برون‌گونه‌ای، و از سوی دیگر افزایش رقابت درون‌گونه‌ای، ارتفاع بوته گوار افزایش یافت. برخی محققین بیان داشتند که با افزایش تراکم بوته به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای ، طول میان‌گره و نیز تعداد گره، و در نتیجه ارتفاع بوته کاهش یافت. در آزمایشی با بررسی چهار آرایش کاشت بر روی گیاه گوار (۱۵ × ۴۵، ۱۰ × ۴۵، ۱۵ ×۳۰ و ۱۰ × ۳۰ سانتی‌متر) بیان کردند که تراکم ۱۰ × ۳۰ سانتی‌متر باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه و برگ در مقایسه با سایر تراکم‌ها گردید (Nandini *et al.*, 2017).

اثر نسبت‌های کشت و سطوح مایکوریزا بر وزن برگ در گیاه گوار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل دو عامل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق برش‌دهی اثر متقابل (جدول ٤)، اختلاف معنی‌داری بین نسبت‌های کشت مخلوط در هر سطح مایکوریزا مشاهده شد. مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان می‌دهد که بیش‌ترین وزن برگ گوار در تیمار تلقیح مایکوریزا در تیمار کشت خالص گوار با میانگین ٤/۷۵ گرم در صورتی‌که کم‌ترین میانگین وزن برگ درتیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان با میانگین ۱/۵۱ به‌دست آمد. و بالاترین وزن برگ گوار در تیمار عدم تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت خالص گوار با میانگین ۲/۵۸ گرم در صورتی‌که کم‌ترین میانگین وزن برگ در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان با میانگین ۰/٦۲ به‌دست آمد. نسبت وزن برگ با سرعت رشد نسبی گیاه رابطه مستقیم دارد و نشان‌دهنده‌ی پربرگی گیاه است. هر چه این نسبت بالاتر باشد، سرعت رشد نسبی نیز بیش‌تر خواهد بود. نتایج بررسی توسط (Ahmadi *et al.*, 2019) بر روی گوار نشان داد بالاترین نسبت وزن برگ از تراکم ۹۵ بوته با میانگین ۰/٤۱ به‌دست آمد. این موضوع نشان داد که با افزایش تراکم، علی‌رغم نازکی برگ‌ها، تعداد و سطح برگ‌ها افزایش یافت.

اثر متقابل نسبت کاشت و تلقیح مایکوریزایی بر نسبت وزن برگ به ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین (جدول ٤) نشان می‌دهد که بالاترین نسبت برگ به ساقه گوار در تیمار تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار و با میانگین ۱/٦۵ در صورتی‌که کم‌ترین میانگین در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد آفتابکردان + ۷۵ درصد گوار با میانگین ۰/۸۷ به‌دست آمد و بالاترین میانگین نسبت برگ به ساقه گوار در تیمار عدم تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار با میانگین ۲/۳۵ درصورتی‌که کم‌ترین میانگین در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار با میانگین ۰/٤۰ به‌دست آمد.

Table 2: Analysis of variance of guar morphological traits affected by mycorrhiza and planting proportions

Source of variance	df	Sum of squares		
		Plant height	Weight of leaves per plant	Number of leaves
Replication	3	54.6	2.97*	0.07
Planting proportion (P)	3	558.68**	34.8**	1.92**
Mychorriza (M)	1	4.1	8.90**	0.16*
M×P	3	33.85	3.55*	0.74**
Error	21	223.0	5.59	0.49
CV (%)		16.8	27.55	31.48

* and **: Significant at 5 and 1 % of Probability, respectively

Table 3: Comparison of mean morphological traits of guar affected by mycorrhiza and planting proportions

Plant height (cm)	Treatments
	Mycorrhiza
19.03*	M_0
19.75*	M_1
	Planting proportions
26.38a	P_{100}
15.60b	P_{25}
16.91b	P_{50}
18.67b	P_{75}

Similar letters in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5% level

Table 4: Comparison of mean weight of sunflower leaves and stem under planting proportions and mycorrhiza based on physical slicing

Stem weight (g)	Leaves weight per plant (g)	Planting propotion	Mycorrhiza
0.93a	1.75a	P_{100}	M_1
1.37a	1.51a	P_{25}	
1.65a	1.61a	P_{50}	
0.87a	1.71a	P_{75}	
1.27a	2.58a	P_{100}	M_0
1.05a	0.62b	P_{25}	
2.35a	1.22a	P_{50}	
0.40b	0.96a	P_{75}	

Similar.letters.in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5% level

۳-۲. ارتفاع بوته، وزن برگ و وزن ساقه در آفتابگردان

اثر متقابل نسبت کشت و تلقیح مایکوریزا بر ارتفاع بوته آفتابگردان معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین ارتفاع بوته آفتابگردان مربوط به تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار (۱۱۶/۹۶سانتی‌متر) و کم‌ترین ارتفاع در تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان (۱۰۱/۸۰ سانتی‌متر) به‌دست آمد در تیمارهای مخلوط، با افزایش تراکم آفتابگردان ارتفاع بوته آفتابگردان افزایش یافت که می‌توان دلیل آن را افزایش رقابت برای کسب نور با تأمین نیتروژن توسط گوار دانست (جدول ٦). نتایج یک مطالعه با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت که افزایش ارتفاع بوته آفتابگردان را در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط گزارش کردند (Momen Keikha *et al*., 2018). در آزمایش دیگری نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا مشاهده کردند که درکشت مخلوط رقابت برون‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای افزایش یافت و رشد بوته آفتابگردان کاهش یافت (Morales-Rosales & Franco-Mora, 2009).

Table 5: Analysis of the variance of sunflower morphological traits under the influence of mycorrhiza and planting proportions

Source of variance	df	Sum of squares		
		Leaf weight per plant	Stem weight	Plant height
Replication	3	71.3ns	455.2ns	2045.4**
Planting proportion (P)	3	148.0ns	904.3*	995.8*
Mychorriza (M)	1	2978.1**	8068.2**	346.5ns
M×P	3	1450.4**	7676.6**	581.0ns
Error	21	448.5	1859.1	2032.2
CV (%)		6.7	7.9	8.9

* and **: Significant at 5 and 1 % of Probability, respectively

مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦) نشان داد که بیش‌ترین وزن برگ در هر بوته آفتابگردان در تیمار تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت خالص آفتابگردان (٦٧/٧٠ گرم) و کم‌ترین وزن برگ در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار (۵۲/٦٧ گرم) به‌دست آمد. در تیمار عدم تلقیح مایکوریزا، بیش‌ترین وزن برگ در تیمار ۲۵ درصدآفتابگردان + ۷۵ درصد گوار (۸۵/۲٦ گرم) که با سایر تیمارها در یک سطح قرار دارد و کم‌ترین میانگین در نسبت کشت خالص آفتابگردان با میانگین ٦٤/٧٠ حاصل شد.

Table 6: Comparison of mean weight of sunflower leaves and stem under planting proportions and mycorrhiza based on physical slicing

Stem weight (g)	Leaves weight per plant (g)	Planting propotion	Mycorrhiza
117.6[a]	67.7[a]	P_{S100}	M_1
105.7[b]	56.7[b]	P_{50}	
109.8[b]	58.9[b]	P_{S75}	
81.2[b]	52.7[b]	P_{S25}	
109[a]	64.7[a]	P_{S100}	M_0
127.9[a]	78.2[a]	$P_{S\ 50}$	
130.7[a]	85[a]	P_{S75}	
117.2[a]	85.3[a]	P_{S25}	

Similar letters in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5 Percentage level

Table 7: Comparison of mean height of sunflower plant under influence of mycorrhiza and planting proportions

Treatments	plant height (cm)
Mycorrhiza	
M_0	114.2[a]
M_1	107.6[a]
Planting proportion	
PS_{100}	112.1[a]
P_{50}	112.8[a]
PS_{75}	117.0[a]
PS_{25}	101.8[b]

Similar letters in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5 Percentage level

مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦) نشان داد که در تلقیح مایکوریزا، بیش‌ترین وزن ساقه آفتابگردان مربوط به تیمار ۱۰۰درصد آفتابگردان (۱۱۷/٦۱ گرم) و کم‌ترین مربوط به تیمار ۲۵ درصدآفتابگردان + ۷۵ درصد گوار (۸۱/۱۹۸ گرم) بود. در تیمار عدم تلقیح مایکوریزا، بیش‌ترین وزن ساقه آفتابگردان مربوط به تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار (۱۳۰ گرم) که با سایر تیمارها در یک سطح قرار داشت و کم‌ترین میانگین در تیمار کشت خالص آفتابگردان (۱۰۹ گرم) حاصل شد. این موضوع نشان‌دهنده تأثیر رقابت بین‌گونه‌ای بر رشد ساقه و اختصاص مواد فتوسنتزی به این اندام است. این موضوع نشان می‌دهد که رقابت گیاهان در کشت مخلوط ممکن است وزن ساقه را افزایش دهد و در نتیجه ممکن است نسبت ساقه به برگ افزایش و در نتیجه ارزش علوفه‌ای گیاه کاهش یابد (Siadat & Moradi-Telavat, 2014).

۳-۳. عملکرد علوفه تر و خشک گوار

عملکرد علوفه گوار با افزایش نسبت این گیاه افزایش یافت (جدول ۸). بیش‌ترین عملکرد علوفه تر و خشک مربوط به تیمارکشت خالص گوار به‌ترتیب به میزان ۲۵۵۸ و ۸۲۷/۲۳ کیلوگرم در هکتار بود و کم‌ترین عملکرد علوفه تر و خشک مربوط به تیمار ۲۵ درصد گوار + درصد ۷۵ آفتابگردان به‌ترتیب با مقادیر ۳۷۷/۵ و ۸۱/۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. در بررسی ویژگی‌های علوفه ذرت، سورگوم و تاج‌خروس، با

افزایش تراکم بوته عملکرد علوفه ذرت افزایش، اما عملکرد علوفه گیاه تاج‌خروس با افزایش تراکم کاهش یافت (Moshaver *et al*., 2017). هم‌چنین محققان در مطالعه دیگری بیان کردند با افزایش تراکم بوته، به سبب ایجاد رقابت گیاهی ماده خشک بوته نیز کاهش می‌یابد (Ahmadi *et al*., 2019). محققان هم‌چنین نشان دادند که عملکرد علوفه ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌ها کاهش یافت. میزان کاهش عملکرد علوفه خشک ذرت در مقایسه با کشت خالص ذرت ۱۵/۸۰ درصد بود. هم‌چنین، عملکرد علوفه خشک همه لگوم‌ها در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن‌ها کاهش چشم‌گیری داشتند (Javanmard *et al*., 2015).

Table 8: Analysis of the variance of fresh and dry forage of sunflower and guar under influence of planting proportion and mycorrhiza

Source of variance	df	Sum of squares			
		Sunflower		Guar	
		Fresh forage	Dry forage	Fresh forage	Dry forage
Replication	3	14377496^{ns}	154925^{ns}	24131^{ns}	2250^{ns}
Planting proportion (P)	3	229424209**	6664398**	20974709**	2482866**
Mychorriza (M)	1	41716529*	102453^{ns}	10693^{ns}	1004^{ns}
M×P	3	36030317^{ns}	574823^{ns}	123499^{ns}	10939^{ns}
Error	21	141692064	4097153	2737299	212584
CV (%)		13.7	22.6	28.4	27.0

* and **: Significant at 5 and 1 Percentage of Probability, respectively

Table 9: Comparison of mean fresh and dry forage of guar and sunflower under influence of mycorrhiza and planting proportions

Treatments	Fresh forage (kg.ha^{-1})	Dry forage (kg.ha^{-1})	Fresh forage (kg.ha^{-1})	Dry forage (kg.ha^{-1})
Mycorrhiza				
M_0	17821^{b}	1897^{a}	1291^{a}	338^{a}
M_1	20105^{a}	2011^{a}	1255^{a}	337^{a}
Planting proportion				
P_{S100}	21391^{a}	2105^{b}	2558^{a}	827^{a}
P_{50}	14432^{b}	1410^{c}	969^{b}	239^{b}
P_{S75}	20155^{a}	2618^{a}	338^{c}	81^{c}
P_{S25}	19877^{a}	1682^{bc}	1226^{b}	341^{b}

Similar letters in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5 Percentage level

۳-٤. عملکرد علوفه تر و خشک آفتابگردان

عملکرد علوفه خشک آفتابگردان در تیمارهای مخلوط با افزایش نسبت این گیاه افزایش یافت. بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک مربوط به تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار (۲٦۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین عملکرد علوفه خشک مربوط به تیمار ۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار (۱٤۱۰/٤ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. علت افزایش عملکرد آفتابگردان را می‌توان در اثر کاهش رقابت درون گونه‌ای بوته‌های آفتابگردان و همیاری گوار در پر کردن فضاهای خالی به‌صورت تثبیت نیتروژن دانست. نتایج دیگری در ارتباط با کشت مخلوط ذرت وآفتابگردان نشان داد که کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان نسبت به تک کشتی آفتابگردان برتری دارد و ترکیب ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد آفتابگردان، ۳۲ درصد بیش‌تر از کشت خالص آفتابگردان و ۱۲ درصد بیش‌تر از کشت خالص ذرت علوفه تر به‌دست آمد (Tohidy Nejad *et al*., 2004).

در یک مطالعه با بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد علوفه ذرت، تأثیر مثبت این نوع کودها بر وزن خشک را گزارش کردند که تا اندازه‌ای با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی داشت (Baser Kouchebagh *et al*., 2012). در مطالعه دیگری نیز با بررسی عملکرد علوفه خشک جو و رازیانه بیان کردند که اثر سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود. به‌طوری‌که سطح ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک را تولید کرد که در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن ۵۳ درصد افزایش عملکرد را نشان داد و نیز با افزایش مصرف نیتروژن تجمع

ماده خشک افزایش یافت که نشان‌دهنده تأثیر نیتروژن در افزایش عملکرد علوفه است (Kiani *et al*., 2015).

در تیمارهای ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد و ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار با وجود عدم معنی‌داری به‌ترتیب بالاترین و کم‌ترین میانگین حاصل شد. مقایسه میانگین (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که بالاترین میانگین درصد نیتروژن گوار در تیمار تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار و با میانگین ۲/۲۱ که با تیمار خالص گوار در یک سطح قرار دارد و کم‌ترین میانگین در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان با میانگین ۱/۵۳ که با تیمار ۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار به‌دست آمد. بالاترین درصد نیتروژن گوار در تیمار عدم تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت ۲۵ درصد آفتابگردان + ۷۵ درصد گوار و با میانگین ۲/۳٤ که با تیمار خالص گوار و ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار در یک سطح قرار دارد و کم‌ترین میانگین در نسبت کشت مخلوط ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان با میانگین ۱/۵۹ حاصل شد. بررسی‌ها توسط (Ahmadi Nouraldinvand *et al*., 2019) نشان داد که در مطالعه‌ای که (Bavi *et al*., 2016) بر روی تراکم ذرت انجام داد بیان کرد که افزایش تراکم سبب کاهش درصد نیتروژن بوته شد. هم‌چنین (Nikbakht *et al*., 2008) بیان کردند که کودهای آلی موجب تحریک تثبیت نیتروژن در خاک و انتقال آن از ریشه به اندام هوایی می‌شود.

Table 10: Analysis of variance of guar forage ash, N content, NDf and ADF affected by Mycorrhiza and planting proportion

Source of variance	df	Sum of squares			
		NDF	ADF	Ash	Plant N contents
Replication	3	0.003^{ns}	0.001^{ns}	2.04^{ns}	0.01^{ns}
Planting proportion (P)	3	0.07**	0.01^{ns}	6.51^{ns}	1.30**
Mychorriza (M)	1	0.0006^{ns}	0.03**	12.67**	0.09**
M×P	3	0.06**	0.006^{ns}	1.69^{ns}	0.87**
Error	21	0.026	0.014	11.36	.09
CV (%)		11.08	18.98	4.90	4.38

* and **: Significant at 5 and 1 Percentage of Probability, respectively

Table 11: Mean comparison of guar forage ADF and ash affected by mycorrhiza and planting proportion

Treatmentas	ADF (percent)	Ash (percent)
Mycorrhiza		
M_0	0.20^{a}	19.09^{a}
M_1	0.13^{b}	17.63^{b}
Planting proportion		
P_{100}	0.18^{a}	18.19^{ab}
P_{25}	0.18^{a}	17.77^{b}
P_{50}	0.16^{ab}	18.28^{ab}
P_{75}	0.13^{b}	19.20^{a}

Similar letters in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5 Percentage level

۳-۵. الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی در گیاه گوار (ADF)

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱۲) نشان داد که بالاترین میانگین الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی در بررسی سطوح مایکوریزا مربوط به تیمار عدم تلقیح مایکوریزا به میزان ۰/۲۰ و کم‌ترین میانگین مربوط به تیمار تلقیح مایکوریزا به میزان ۰/۱۳ مشاهده شد. کیفیت و ارزش علوفه با ADF و NDF نسبت معکوس دارد (Siadat & Moradi-Telavat, 2013).

(Najafabadi *et al*., 2017) بیان کردند که اثر الگوهای کاشت بر درصد فیبرهای نامحلول در شوینده‌های اسید در گاودانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و الگوی کشت خالص در سیستم کم‌نهاده با ۳۹/۲۵ درصد کم‌ترین مقدار ADF به‌دست آمد که با الگوهای کشت خالص ۲:۲ و ۲:۳ در سیستم پرنهاده و الگوهای ۲:۳، ۲:٤ و ۲:۵ در سیستم ارگانیک تفاوت معنی‌داری نداشت. در پژوهشی (Ghanbari *et al*., 2017) نشان داد که بیش‌ترین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی از

تیمار ۱۰۰ درصد جو با میانگین ۲۹/۱۶ درصد و کم‌ترین مقدار از تیمار ۱۰۰ درصد شنبلیله با میانگین ۲۳/۴۱ درصد به‌دست آمد.

۳-۶. الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی در گیاه گوار (NDF)

برش‌دهی اثر متقابل (جدول ۱۲) نشان داد که تیمار ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار نسبت به سایر تیمارها بیش‌ترین میانگین را به‌دست آورد. مقایسه میانگین (جدول ۱۲) نشان می‌دهد بالاترین میانگین الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی در گیاه گوار در تیمار تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت ۵۰ درصد آفتابگردان +۵۰ درصد گوار با میانگین ۰/۵۵ که با سایر تیمارها در یک سطح قرار دارد و کم‌ترین میانگین در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان با میانگین ۰/۳۱ به‌دست آمد. بالاترین میانگین الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی در گیاه گوار در تیمار عدم تلقیح مایکوریزا مربوط به تیمار کشت ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان و با میانگین ۰/۴۶ و کم‌ترین میانگین در نسبت کشت مخلوط ۲۵ درصد آفتابکردان + ۷۵ درصد گوار با میانگین ۰/۳۰ که با سایر تیمارها در یک سطح قرار دارند حاصل شد. فیبرهای نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF)، باقی‌مانده علوفه بعد از جوشاندن در شوینده خنثی است. NDF شامل اجزای دیواره‌های سلولی گیاه به‌غیر از بعضی پکتین‌ها است. این شاخص یک برآورد نزدیک از کل ترکیب فیبری خوراک دام از قبیل سلولز، لیگنین، سیلیس، تانن و کوتین است. همی‌سلولز، سلولز و لیگنین بخش عمده فیبر علوفه را نشان می‌دهند چرا که نشان‌دهنده استحکام و نقش حمایتی در رشد گیاه است. علوفه با ADF بالا قابلیت هضم کم‌تری نسبت به علوفه با ADF پایین دارد. (Najafabadi *et al.*, 2017) بیان کردند که اثر الگوهای کاشت بر درصد فیبرهای نامحلول در شوینده‌های خنثی معنی‌دار و کم‌ترین مقدار NDF در کشت خالص با میانگین ۴۱/۶۲ درصد که با الگوی کشت ۲:۵ تفاوت معنی‌داری نداشت حاصل شد. در پژوهشی توسط (Ghabnbari *et al.*, 2016) نشان داد که بیش‌ترین میانگین الیاف نامحلول در شوینده خنثی در نسبت کشت ۱۰۰ درصد جو برابر ۴۵/۷۵ و کم‌ترین میانگین در سطح شاهد و در تیمار ۱۰۰درصد شنبلیله برابر ۳۳/۵ حاصل شد. (Kiani *et al.*, 2015) در بررسی کشت مخلوط جو و لگوم‌های یک‌ساله مشاهده کردند که کم‌ترین NDF مربوط به کشت خالص نخود بود.

Table 12: Mean comparison of guar NDF and N content in terms of slicing of interaction effect

Plant N content (%)	NDF (%)	Planting proportion	Mycorrhiza
2.10[a]	0.40[b]	P_{100}	M_1
1.53[b]	0.31[b]	P_{25}	
2.21[a]	0.55[a]	P_{50}	
1.60[b]	0.32[a]	P_{75}	
1.80[a]	0.38[b]	P_{100}	M_0
1.59[b]	0.46[a]	P_{25}	
2.21[a]	0.39[b]	P_{50}	
2.34[a]	0.30[b]	P_{75}	

Similar letters in each column mean no significant difference based on the Duncan test at the 5 % level

Table 13: Land Area Ratio (LER) under influence of mycorrhiza and planting proportion of guar and sunflower

LER			Treatments
Sum	Sunflower	Guar	
1.24	1.08	0.26	M_0
1.20	0.89	0.27	M_1
–	–	–	P_{100}
1.34	1.33	0.10	P_{25}
1.14	0.81	0.30	P_{50}
1.18	0.81	0.41	P_{75}
–	–	–	Ps_{100}

۳-۷. خاکستر علوفه در گیاه گوار

مقایسه میانگین (جدول ۱۱) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد خاکستر علوفه مربوط به عدم تلقیح مایکوریزا به میزان ۱۹/۰۹ و کم‌ترین میانگین مربوط به تیمار تلقیح مایکوریزا به میزان ۱۷/۶۳ بود. هر چه خاکستر علوفه بیش‌تر باشد، گیاه مواد معدنی بیش‌تر و ارزش غذایی علوفه بیش‌تری برای دام دارد. در پژوهشی (Kalatenu *et al.*, 2014) بیان کردند خاکستر کنجاله سویا با اختلاف معنی‌داری کم‌تر از خاکستر کنجاله‌های گوار، آفتابگردان، پنبه و کلزا بود و بین خاکستر کنجاله‌های گوار، آفتابگردان و پنبه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در پژوهشی (Najafabadi *et al.*, 2017) بر روی کشت مخلوط گلرنگ و گاودانه بیان داشتند که درصد خاکستر گاودانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در پژوهشی توسط (Ghanbari *et al.*, 2016) بیان کرد که بیش‌ترین درصد خاکستر علوفه در سطح شاهد برابر با ۱۱/۸ و در تیمار ۱۰۰درصد شنبلیله و کم‌ترین میزان خاکستر علوفه در سطح ۲٤ تن در هکتار کود دامی و در تیمار ۱۰۰ درصد جو برابر ٦/٦۲ درصد به‌دست آمد.

۳-۸. نسبت برابری زمین[1] (LER)

عملکرد نسبی آفتابگردان در تیمارهای مخلوط بالاتر از گوار بود که این مطلب نشان‌دهنده غالب بودن آفتابگردان نسبت به گوار بود. کم‌ترین نسبت برابری زمین ۱/۱٤ =LER متعلق به تیمار ۵۰درصد گوار + ۵۰ درصد آفتابگردان و بیش‌ترین نسبت برابری زمین با ۱/۳٤ =LER متعلق به تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار بود. در این تیمار (۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵درصد گوار) از سطح زمین با کارایی بیش‌تری می‌توان استفاده کرد.

در بررسی کشت مخلوط آفتابگردان – گوار بیان کردند که نسبت برابری زمین تحت‌تأثیر نسبت کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری نشان داد و بالاترین نسبت برابری زمین از تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان معادل ۲/۷۳ حاصل شد، که با نتایج آزمایش حاضر مغایرت داشت (Momen keykha *et al.*, 2018). در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد نسبت برابری زمین در همه تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از ۱ بود که این مطلب نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط بود (Dahmardeh *et al.*, 2010). در بررسی دیگری مشاهده شد که بیش‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۱٦) متعلق به تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد رازیانه با سطح نیتروژن ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (Kiani *et al.*, 2014). در بررسی دیگری بیش‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۱۸) متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیله در سطح کودی ۳٦ تن کود دامی در هکتار و کم‌ترین مقدار نسبت برابری زمین به میزان ۰/۵٤۷ از تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیله در سطح شاهد بود (Ghanbari *et al.*, 2016).

۳-۹. نسبت رقابت[2] (CR)

بیش‌ترین نسبت رقابت برای آفتابگردان در تیمار ۵۰ درصد آفتابگردان + ۵۰ درصد گوار به میزان ۷/۰۳ و بیش‌ترین نسبت رقابت برای گوار مربوط به تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار به میزان ۰/۱۵ حاصل شد. در پژوهشی بیش‌ترین نسبت رقابت برای جو در ترکیب ۱۰۰ درصد جو + ۱٦/٦ درصد شنبلیله با سطح کود دامی ۳٦ تن در هکتار برابر ۲/۱۸ به‌دست آمد (Ghanbari *et al.*, 2016). در بررسی کشت مخلوط جو و رازیانه، بیش‌ترین نسبت رقابت برای جو تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد رازیانه (۳/۳۱۷)، و بیش‌ترین نسبت رقابت برای رازیانه در تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد رازیانه (۰/۹۸٤) به‌دست آمد که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی داشت (Kiani *et al.*, 2014).

1. Land Equality Ration

1. Competition Ration

Table 14: Competition Ratio (CR) under influence of planting proportions and mycorrhiza

(CR)		Treatments
Guar	Sunflower	
0.06	6.26	M_0
0.08	6.20	M_1
–	–	P_{100}
0.15	5.45	P_{25}
0.05	7.03	P_{50}
0.02	6.21	P_{75}
–	–	P_{S100}

٤. نتیجه‌گیری

بیشینه عملکرد علوفه (۲۶۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار) و نیز بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۳٤) از تیمار ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان حاصل شد. ترکیب ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار پایین‌ترین شاخص رقابت برای آفتابگردان، و نسبت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان پایین‌ترین شاخص رقابت برای گوار به‌دست آمد. در تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان + ۲۵ درصد گوار از سطح زمین با کارایی بیش‌تری استفاده می‌شود و سودمندی کشت مخلوط را در این تیمار نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد باتوجه به توان رقابت پایین‌تر گوار در برابر آفتابگردان نیاز به بررسی سایر روش‌های کشت مخلوط شامل کشت مخلوط تأخیری خواهد بود. به‌طورکلی نسبت‌های کشت مخلوط باعث تحت‌تأثیر قرار دادن عوامل مختلف رشد و تجمع ماده خشک باعث تغییر معنی‌دار عملکرد علوفه و بهبود صفات مورفولوژیکی شدند.

٥. منابع

Ahmadi Nouraldinvand, F., Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A. & Moshattati, A. (2019). Effect of different concentrations of humic acid on guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) yield and nutrients uptake in different sowing densities. *Journal of Crop Production and Processing*, *9*(1), 33-49. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.29252/jcpp.9.1.33

Akhtar, L. H., Bukhari, S., Salah-ud-Din, S. & Minhas, R. (2012). Response of new guar strains to various row spacing. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, *49*(4), 469-471.

Amini, R., Shamayeli, M. & Dabbagh MohammadI Nasab, A. (2015). Yield and relative advantage of sunflower intercropping at different patterns with soybean and corn. *Journal of Agroecology*, *6*(3), 529-541. (in Persian). https://doi.org/10.22067/jag.v6i3.23249

Amossé, C., Jeuffroy, M. H. & David, C. (2013). Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. *Field Crops Research 145*, 78-87. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.02.010

Azul, A. M., Ramos, V. & Sales, F. (2010). Early effects of fire on herbaceous vegetation and mycorrhizal symbiosis in high altitude grasslands of Natural Park of Estrela Mountain (PNSE). *Symbiosis 52*, 113-123. https://doi.org/10.1007/s13199-010-0103-1

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K. & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, *24*(4), 325-332. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010

Baser Kouchebagh, S., Mirshekari, B. & Farahvash, F. (2012). Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. *World Applied Sciences Journal*, *16*(9), 1239-1242.

Bavi, H., Moradi-Telavat, M. R., Siadat, M. R. & Koochakzadeh, A. (2016). Effects of plant density on sweet and baby corn (hybrid KSC 403) yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *14*(1), 100-108. https://doi.org/10.22067/gsc.v14i1.34172

Brummer, E. C. (1998). Diversity, stability and sustainable. *American Journal of Agriculture Agronomy*, *90*, 1-2. https://doi.org/10.2134/agronj1998.00021962009000010001x

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Siahsar, B. & Ramroudi, M. (2010). Effect of Planting Ratio and Harvest Time on Forage Quality of Maize in Maize-Cowpea Intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *41*(3), 635-644. (in Persian with English abstract)

Ghaboli, M., Shahriary, F., Sepehri, M., Marashi, H. & Hosseini Salekdeh, G. (2012). An Evaluation of the impact of the endophyte fungus *Piriformospora indica* on some traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) in drought stress. *Journal of Agroecology*, *3*(3), 328-336. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v3i3.13558

Ghanbari Bonjar, A. & H. C. Lee. (2003). Inter cropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and been (*Vicia faba* L.) as whole- crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. *Grass and forage Science*, *58*, 28-36. https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2003.00348.x

Ghanbari, S., Moradi-Telavat, M. R. & Siadat, S. A. (2016). Effect of manure application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *17*(4), 315-328. (in Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.15625540.1394.17.4.5.3

Ghosh, P. K., Ajay, K. K., Bandyopadhyay, M. C., Manna, K. G., Mandal, A. K. & Hati, K. M. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology*, *95*, 85-93. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.012

Ghosh, P. K., Tripathi, A. K., Bandyopadhyay, K. K. & Manna, M. C. (2009). Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy*, *31*(1), 43-50. https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.03.002

Ghulam Nabi, A. (2013). Cluster bean (guar) Cultivation in Pakistan. Valley irrigation Pakistan (PRIVATE) limited. Available from: http://www.valleyirrigationpakistan.com/wp-content/uploads/2012/09/Guar-Cultivation-in-Pakistan.pdf.

Heichol, G. H. & K. I. Henjum. (1991). Dinitrogen fixation, nitrogen transfer and productivity of forage legume - grass communities. *Crop Science*, *31*, 202-208.https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100010045x

Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Nasiri, Y. & Shekari, F. (2015). Evaluation of Forage Yield and Some Useful Indicators in Mixed Corn with Multiple Legumes in Double Cropping. *Journal of Crop Production and Processing*, *4*(12), 39-52. (in Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.22518517.1393.4.12.4.0

Kalatenu, M. M., Torbatinejad, N. M., Zerehdaran, S., Moslemipour, F. & Samiei, R. (2014). Utilize of guar meal instead common oil seeds meal in nutrition of Mazandaran male Zel fattening lambs. *Journal of Ruminants Research*, *2*(1), 51-66.

Kiani, S., Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A., Abdali Mashhadi, A. R. & Sari, M. (2015). Evaluation of qualitative and quantitative of forage yield in intercropping of barley and fennel at different levels of nitrogen. *Journal of Crops Improvement*, *16*(4), 973-986. https://doi.org/10.22059/jci.2015.53591

Kiani, S., Siadat, S. A., Moradi-Telavat, M. R., Abdali Mashhadi, A. R. & Sari, M. (2014). Effect of nitrogen fertilizer application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. *Iranian Journal of Crop Sciences* *16*(2), 77-90. (in Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.15625540.1393.16.2.1.8

Lithourgidis, A. S., I. B. Vasikoglou, K. V. Dhima, C. A. Dordas & M. D. Yiakoulaki. (2011). 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

Mao, L., Zhang, L., Zhao, X., Liu, S., Werf, W. V., Zhang, S., Spiertz, H. & Li, Z. (2014). Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. *Field Crops Research*, *155*, 67-76. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.021

Mariotti M., Masoni, A., Ercoli, L. & Arduini, I. (2009). Above- and below-ground competition between barley, wheat, lupin and vetch in a cereal and legume intercropping system. *Grass and Forage Science*, *64*(4), 401-412. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00705.x

Mead, R. & Willey, R. W. (1980). The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, *16*(3), 217-228. https://doi.org/10.1017/S0014479700010978

Momen Keikha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M. & Forozandeh, M. (2018). Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsiste tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Journal of Agroecology*, *9*(4), 1050-1069. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v9i4.51084

Morales-Rosales, E. J. & Franco-Mora, O. (2009). Biomass, yield and land equivalent ratio of Helianthus annus L in sole crop and intercropped with Phaseolus vulgaris L. in high valleys of Mexico. *Tropical and Subtropical Agro Ecosystems*, *10*(3), 431-439.

Moshaver, E., Emam. Y., Madani, H., Nourmohammadi, G. & Heidari Sharifabad, H. (2017). Comparison of yield and some forage qualitative characteristics of corn, sorghum and amaranth in response to density and sowing date in Fars province. *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science) 10*(1), 103-120. (in Persian with English abstract)

Najafabadi, A., Jalilian, J. & Zardoshti, M. R. (2017). The effect of intercropping patterns on quantitative and qualitative characteristics of safflower and bitter vetch in high-input and low-input farming systems. *Journal of Crops Improvement*, *19*(2), 445-460. https://doi.org/10.22059/jci.2017.60427

Nandini, K. M., Sridhara, S., Patil, S. & Kumar K. (2017). Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, *5*(1), 320-328. https://doi.org/10.18782/2320-7051.2499

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H. & Amirmoradi, S. (2015). Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production*, *106*, 343-350. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.099

Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M. & Xia, Y. P. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrients uptake and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, *31*, 2155-2167. https://doi.org/10.1080/01904160802462819

Ross, S. M., King, J. R. & Spaner, D. (2004). Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat, or triticale. *Agronomy Journal 96*(4),1013-1020. https://doi.org/10.2134/agronj2004.1013

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaeili, A., Hosseini, M. B. & Hashemi, M. (2013). Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, *148*, 43-48. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.03.021

Shahbazi, M., Khodaei-Joghan, A., Moradi-Telavat, M. R. & Moshattati, A. (2021). Effect of simultaneous and overlapped intercropping ratios on essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita* L.) and forage quality of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *23*(2), 127-141. (in Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.15625540.1400.23.2.3.9

Siadat, S. A., & Moradi-Telavat, M. R. (2014). Forage Crops Cultivation. Nashr-e-Daneshgahi Press, Tehran, Iran, 344 Pp.

Tohidy Nejad, E., Mazaheri, D., Koocheki, A. & Ghalavand, A. (2004). Study of maize and sunflower intercropping. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, *64*, 39-45.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. (1991). Methods of fiber, nutreal detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*, 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Vrignon-Brenas, S., Celette, F., Amossé, C. & David, C. (2015). Effect of spring fertilization on ecosystem services of organic wheat and clover relay intercrops. *European Journal of Agronomy 73*, 73-82. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.011

Wang, Z., Zhao, X., Wu, P., He, J., Chen, X., Gao, Y. & Cao, X. (2015). Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology 204*, 58-66. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.02.004

Whistler, R. L. & Hymowitz, T. (1979). Guar Agronomy, Production, Industrial Use and Nutrition. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana.124 pp.

Willey, R. W. & Rao, M. R. (1980). A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, *16*(2), 117-125. https://doi.org/10.1017/S0014479700010802

Willey, R.W. (1979). Intercropping: its importance and its needs pt. 2 agronomic relationships, *Field Crop Abstract 32*, 73-85.

Zeinali, E., Soltani, A., Kadempir, M., Tourani, M. & Sheikh, F. (2014). Studying the response of yield components, grain and green pod yield of two faba bean cultivars to inter-row spacing in normal and late seeding dates. *Journal of Crops Improvement*, *15*(4), 195-210. (Persian with English abstract) https://doi.org/10.22059/jci.2013.51376

Zy, S., Feng, G., Christie, P. & Li, X. L. (2006). Arbuscular mycorrhizal status of spring ephemerals in the desert ecosystem of Junggar Basin, China. *Mycorrhiza*, *16*,269-275.https://doi.org/10.1007/s00572-006-0041-1