University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Effect of Integrated Application of Biological and Organic Fertilizers on Absorption and Phosphorus Physiological Efficiency in *Medicago sativa*

Hadi Keshaei Arani [1] | Mohammad Mirzakhani [2✉] | Karim Nozad Namin [3]

1. Department of Agriculture, Islamic Azad University, Naragh Branch, Naragh, Iran.
2. Corresponding Author, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Farahan Branch, Farahan, Iran. Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir
3. Department of Agriculture, Islamic Azad University, Naragh Branch, Naragh, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: December 31, 2022
Received in revised form: June 13, 2023
Accepted: July 06, 2023
Published online: December 22, 2023

Keywords:
Grain yield,
nitroxin,
phosphate barvar-2,
phosphorus percent,
sheep manure.

ABSTRACT

In order to investigate the effect of integrated application of biological and organic fertilizers on absorption and phosphorus physiological efficiency in Medicago sativa in Aran and Bidgol city in 2013, a factorial experiment was conducted in a randomized complete blocks design with three replications. Experimental factors include four biofertilizers (control, nitroxin fertilizer, fertilizer phosphate-2, and the combination of nitroxin and fertilizer phosphate-2) and four levels of organic fertilizer (control, cow manure, sheep manure, and chicken manure) at the rate of 10 tons per hectare. The results showed that the use of biological fertilizers had a significant effect on plant height, stem dry weight, leaf dry weight, leaf-to-stem ratio, grain yield, biological yield, and harvest index at a significant level of 1%. The combined application of nitroxin biofertilizer along with Fertilizer Phosphate-2 with 4746 kg.ha-1 obtained the highest amount of biological yield, which showed an increase of 20.8% compared to the control treatment. The highest physiological efficiency of phosphorus related to the treatment no inoculation with biological fertilizer+consumption of 10 tons per hectare of cow manure) with an average of 35.78 kg of grains produced per kg of phosphorus used and the lowest amount of physiological efficiency of phosphorus was belonged to the control (no biological fertilizer+no using organic fertilizer). Considering that in alfalfa cultivation, harvesting dry matter is more important than other agronomy characteristics. Therefore, the treatment (combined application of Nitroxin and Fertilizer Phosphate-2 along with the consumption of 10 tons per hectare of cow manure) was significantly superior to other treatments.

Cite this article: Keshaei Arani, H., Mirzakhani, M., & Nozad Namin, K. (2023). Effect of integrated application of biological and organic fertilizers on absorption and phosphorus physiological efficiency in *Medicago sativa*. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(4), 93-104. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.353074.654967.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.353074.654967

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

تأثیر کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های زیستی و آلی بر میزان جذب و کارآیی فیزیولوژیک فسفر در یونجه همدانی

هادی کشایی آرانی[۱] | محمد میرزاخانی[۲] ✉ | کریم نوزاد نمین[۳]

۱. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نراق، نراق، ایران.

۲. نویسنده مسئول، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان، فراهان، ایران. رایانامه: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

۳. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نراق، نراق، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
درصد فسفر، عملکرد دانه، فسفات بارور، کود گوسفندی، نیتروکسین.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و آلی بر میزان جذب و کارایی فیزیولوژیکی فسفر در یونجه همدانی (Medicago sativa L.) آزمایشی در شهرستان آران و بیدگل در سال ۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار نوع کود زیستی [بدون کود (شاهد)، کود نیتروکسین، کود فسفات بارور-۲ و ترکیب نیتروکسین و فسفات بارور-۲] و چهار نوع کود آلی [بدون کود (شاهد)، کود گاوی، کود گوسفندی، و کود مرغی] به‌میزان ۱۰ تن در هکتار بودند. نتایج نشان داد که استفاده از کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، نسبت برگ به ساقه، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی فیزیولوژیک و کارایی مصرف فسفر داشت. کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین به همراه فسفات بارور-۲ با ۴۷۴۶ کیلوگرم بر هکتار بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۲۰/۸ درصدی را از خود نشان داد. همچنین بیشترین کارایی فیزیولوژیک فسفر مربوطبه تیمار تلفیقی عدم تلقیح با کود زیستی و مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با میانگین ۳۵/۷۸ کیلوگرم دانه تولیدشده بر کیلوگرم فسفر مصرف‌شده و کمترین آن نیز متعلق‌به تیمار شاهد (عدم مصرف کود زیستی و کود آلی) بود. با توجه به اینکه در زراعت یونجه، مقدار برداشت علوفه خشک، نسبت به سایر ویژگی‌های زراعی آن از اهمیت بیشتری برخوردار است، لذا تیمار (کاربرد تلفیقی نیتروکسین و فسفات بارور-۲ به همراه مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی) نسبت به سایر تیمارها از برتری محسوسی برخوردار بود.

استناد: کشایی آرانی، ه.، میرزاخانی، م.، و نوزاد نمین، ک. (۱۴۰۲). تأثیر تغذیه تلفیقی کودهای زیستی و آلی بر عملکرد، میزان جذب و کارآیی فیزیولوژیک فسفر در یونجه همدانی. *علوم گیاهان زراعی ایران*. ۵۴(۴)، ۹۳-۱۰۴. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.353074.654967

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

CC BY NC

۱. مقدمه

یونجه از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار بوده و طول عمر بالایی دارد و در هرسال می‌توان چند چین از آن برداشت کرد. این گیاه از سامانه ریشه‌ای عمیقی برخوردار است و سازگاری زیادی به آب و هوای سرد و گرم دارد و همچنین به‌دلیل تثبیت نیتروژن، توانایی افزایش حاصلخیزی خاک را دارد، لذا یونجه به‌عنوان ملکه گیاهان علوفه‌ای شناخته می‌شود (Ozkose, 2018). پژوهشگران تفاوت معنی‌دار بین چین‌های برداشت یونجه از نظر عملکرد علوفه تر و ماده خشک را گزارش کردند (Arnold *et al*., 2019). سایر محققان در بررسی روی یونجه گزارش کردند که تلقیح یونجه با کودهای زیستی، سنتز کلروفیل در گیاه را بهبود بخشیده و فتوسنتز گیاه را افزایش داد (Zafari *et al.,* 2017). نتایج نشان داد که گیاهان یونجه‌ای که به‌صورت تلفیقی با هر دو نوع باکتری ریزوبیومی و غیر ریزوبیومی تیمار شده بودند در شرایط تنش شوری به‌صورت معنی‌داری رشد بیشتری نسبت‌به گیاهان تلقیح‌نشده داشتند (Baha & Bekki, 2015). در پژوهش دیگری مشخص شد که بیشترین وزن زیست‌توده یونجه در زمان برداشت تحت غلظت (۱۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب) در تیمار باکتری (باکتری‌های مورد استفاده در آزمایش شامل *Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum lipoferum* و *Pseudomonas putida*) وجود داشت (Javanmard *et al.,* 2018). نتایج تحقیقی نشان داد که بالاترین عملکرد ماده خشک مربوطبه تیمار کاربرد توأم باکتری ریزوبیوم و مولیبدن به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار با عملکرد ۲۰/۲ تن بر هکتار بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد با عملکرد ۱۴ تن در هکتار داشت (Ahmadi Dana *et al.,* 2017).

قارچ میکوریزا و همزیستی آنها با گیاهان اثرات بی‌شماری در راستای بهبود رشد و نمو آنها دارند، به‌نحوی‌که قارچ میکوریزا می‌تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود پایداری به خشکی یا تحمل در گیاه میزبان شود (Habibzadeh *et al.,* 2015). نتایج تحقیقی پژوهشی نشان داد که استفاده از کود زیستی بارور-۲ سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی ریحان (*Ocimum basilicum* var. *thyrsiflorum*) درمقایسه‌با تیمار شاهد شد (Boveiri Dehsheikh *et al.,* 2017). محققان بیان داشتند که بیشترین عملکرد علوفه خشک یونجه در چین نخست به‌میزان ۱/۷ تن بر هکتار در شرایط کاربرد باکتری‌های آزادکننده فسفر و ۱/۵ تن بر هکتار با کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاس به‌دست آمد. همچنین کاربرد کودهای بیولوژیک عملکرد چین دوم را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که کاربرد کود پتاس بیولوژیک توانست میزان عملکرد علوفه خشک یونجه را از ۱/۷ تن بر هکتار در تیمار شاهد به ۲/۴ تن در هکتار افزایش دهد (Madani *et al.,* 2016).

در بین کودهای آلی، کود دامی نیز به‌عنوان جایگزینی طبیعی برای کودهای شیمیایی استفاده می‌شوند. این کودها از نظر اقتصادی به‌صرفه بوده و در بازچرخش عناصر غذایی و مواد آلی در بوم‌نظام‌های کشاورزی نقش ویژه دارند و می‌توانند سبب پایداری نظام‌های کشاورزی و بهبود ساختمان خاک، افزایش نگهداری رطوبت، بهبود فعالیت زیستی خاک و افزایش عملکرد گیاهان زراعی شوند (Kamayestani *et al.,* 2015). محققان گزارش کردند که کاربرد توأم باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و کود دامی (۲۰ و ۷/۵ تن بر هکتار کود)، موجب افزایش عملکرد اسانس در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) شد (Ghanepasand & Haj Seyed Hadi, 2016). در پژوهشی سیستم تغذیه‌ای تلفیقی (۷۵ درصد دامی+ ۲۵ درصد نیتروکسین)، با تولید بیشترین علوفه مرغوب از خلر می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی و گامی به‌سوی تحقق اهداف کشاورزی پایدار باشد (AghaAlikhani *et al.,* 2020).

در پژوهشی مصرف ۱۰ و ۲۵ تن در هکتار کمپوست کودهای مرغی و دامی در مدت سه سال، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشید و عملکرد سیب‌زمینی را تا ۶۰ درصد افزایش داد (Setiyo *et al.,* 2016). نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد کود زیستی میکوریزا در شرایط آبیاری کامل یونجه، عملکردی معادل کاربرد کود شیمیایی داشت، ولی در هر دو شرایط کم‌آبیاری به‌صورت میانگین منجر به افزایش ۱۰/۱ درصدی عملکرد علوفه درمقایسه‌با تیمار کاربرد کود شیمیایی شد. سایر تیمارهای کودی در شرایط آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تیمارهای کودی ورمی‌کمپوست، کود مرغی، شیمیایی و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (Kharazmi *et al.,* 2019). نتایج آزمایشی نشان داد که در بین کودهای آلی نیز مصرف کود مرغی نسبت‌به کود گوسفندی و گاوی، به‌ترتیب به‌میزان ۱۲/۴ و ۱۴ درصد ارتفاع بوته، ۲۱/۹ و ۲۲/۲ درصد تعداد شاخه‌های فرعی در بوته را افزایش داد (Khalili *et al.,* 2021). پژوهش حاضر به‌منظور کاهش (یا حذف) کاربرد کودهای شیمیایی در بوم‌نظام‌های زراعی و بررسی اثرات

تغذیه تلفیقی حاصلخیزکننده‌های زیستی و آلی بر میزان ویژگی‌های زراعی و کارایی مصرف جذب و عناصر غذایی در گیاه علوفه‌ای یونجه همدانی تحت شرایط آب و هوایی شهرستان آران و بیدگل انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه نصرآباد واقع در شرق شهرستان آران و بیدگل به اجرا درآمد. بذر یونجه رقم همدانی مورد استفاده از طریق جهاد کشاورزی شهرستان کاشان تهیه شد. محل آزمایش در ارتفاع ۹۷۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه و براساس تقسیم‌بندی سیستم کوپن، این شهر دارای آب و هوای گرم بیابانی است. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک.

Texture	Clay (%)	Silte (%)	Sand (%)	K (ppm)	P (ppm)	Organic Carbon (%)	N (%)	EC (ds/m)	pH	Soil depth
Loam sand	28	39	33	257	13.82	0.59	0.12	3.06	8.06	0-30

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای این پژوهش شامل کودهای زیستی در چهار سطح (شاهد، نیتروکسین، فسفات بارور-۲ و تلقیح با نیتروکسین+فسفات بارور-۲) و کودهای آلی در چهار سطح (با مشخصات مندرج در جدول ۲) (شاهد، ۱۰ تن در هکتار کود گاوی، ۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی) بود. باکتری حل‌کننده فسفات با نام تجاری فسفات بارور-۲ که از انواع کودهای باکتریایی فسفره با جمعیت 10^8 و *Pantoea agglomerance* strain P_5 باکتری‌های *CFU/g Pseodomonas potida* strain P_{13} بود وکود مایع نیتروکسین نیز از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه شد.

میزان بذر مصرفی در هنگام کاشت ۲۵ کیلوگرم بر هکتار در نظر گرفته شد و ابعاد کرت‌های آزمایشی ۶×۴ متر بودند و بین هر دو کرت نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. جهت افزایش کارایی مصرف و جلوگیری از هدرروی کودهای آلی و زیستی در کرت‌های آزمایشی، پس از تعیین مقدار دقیق مصرف کودهای آلی هر کرت، در طول اجرای آزمایش و متناسب با مقدار رشد یونجه و تاریخ چین‌برداری‌ها، ابتدا هر یک از انواع کودهای آلی به‌صورت جداگانه چندین روز جلوتر در ظروفی با حجم مناسب و یکسان (بشکه‌های ۲۰۰ لیتری) درون آب کاملا حل شدند و پس از یک هفته بهم‌زدن، محلول‌های یکدستی از هر کدام به‌دست آمده و به‌صورت یکنواخت در هر یک از کرت‌ها پخش شد. چنانچه مختصر مواد جامدی باقی مانده بود، نگهداری شده و به کود مرحله بعدی اضافه می‌شد (کوددهی دو مرتبه در هر چین‌برداری یونجه تکرار شد). همچنین کودهای زیستی نیتروکسین و بارور-۲ نیز متناسب با هر یک از تیمارهای کودی به ظرف محتوی محلول کودهای آلی اضافه شد. مقدار مصرف نیتروکسین ۳ لیتر و کود زیستی بارور-۲ نیز حدود ۳۰۰ گرم برای انجام آزمایش بود.

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کودهای دامی.

Manure type	EC (ds/m)	pH	Organic Carbon (%)	N (%)	K (ppm)	P (ppm)
Cow manure	15.74	7.5	70.1	2.26	0.64	2.04
Sheep manure	25.9	8	66.3	3.62	0.68	2.97
Chicken manure	43.6	7.5	68.6	3.61	1.99	1.66

این آزمایش در سال سوم مزرعه یونجه انجام شد. آبیاری به‌روش بارانی بود. در هنگام کاشت به‌ترتیب کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌میزان ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار به‌صورت خاک‌مصرف به‌عنوان کود پایه استفاده شده بود. برای تعیین میانگین عملکرد علوفه از هر کرت آزمایشی پس از حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای کرت (اثرات حاشیه‌ای)، از دو ردیف وسطی دو متر مربع از هر یک از کرت‌های آزمایشی انتخاب و علاوه‌برآن جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۲۰ بوته

انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد و ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، نسبت برگ به ساقه (طی سه مرحله چین-برداری)، عملکرد دانه (در آخرین چین‌برداری از مساحت ۲۴ متری هر کرت آزمایشی، چهار متر مربع جهت گلدهی، غلاف‌دهی و تشکیل و برداشت دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (در این مرحله رنگ غلاف‌ها کاملا قهوه‌ای شده و پس از آن ماده غذایی به دانه‌ها منتقل نمی‌شود و صرفاً رطوبت دانه‌ها در حال کاهش است) اختصاص داده شد)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر بافت گیاهی، پس از آسیاب‌کردن بافت خشک گیاه و تهیه عصاره گیاهی، دو میلی‌متر از محلول عصاره گیاهی را به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری منتقل کرده، پنج میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدو وانادات به آن افزوده شد و سپس به حجم رسانده شد. پس از گذشت نیم‌ساعت فسفر نمونه‌ها در طول موج ۶۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Chapman & Part, 1961). کارایی فیزیولوژیک فسفر و کارایی مصرف فسفر بر اساس زیست‌توده (با استفاده از روابط ۱ و ۲) محاسبه شد. پس از تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

رابطه (۱)

$$\text{Phosphorus physiological efficiency } (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{Grain yield of fertilized plots - Grain yield of the control plot}}{\text{Absorbed phosphorus in the fertilized plot - Absorbed phosphorus in the control plot}}$$

(Vennila & Jayanthi, 2006 ; Marino *et al.,* 2004)

رابطه (۲)

$$\text{Phosphorus use efficiency } (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{Grain yield}}{\text{The amount of phosphorus consumed}}$$

(Fan *et al.,* 2004)

۳. نتایج و بحث

۳-۱. ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کودهای زیستی و آلی بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). استفاده از کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود زیستی) منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته از تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین+فسفات بارور-۲ (۷۵/۰۷ سانتی‌متر) و کمترین مقدار ارتفاع بوته (۳۰/۹۵ سانتی‌متر) متعلق‌به تیمار عدم کاربرد کود زیستی بود (جدول ۴). بنابراین به نظر می‌رسد که تلقیح همزمان‌با نیتروکسین و فسفر بارور-۲ از طریق فراهمی بیشتر عناصر غذایی موجب افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها شده و رشد و نمو گیاه نسبت‌به عدم کاربرد آنها بیشتر شده است. نتایج مقایسه شش توده گزینش شده و یک رقم خارجی (بولداگ) یونجه نشان داد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. دامنه تغییرات ارتفاع بوته ۴۲/۱ تا ۶۲/۳ سانتی‌متر بود (Torabi, 2020). در تحقیقی میانگین ارتفاع ارقام یونجه مورد مطالعه (سنتتیک الف و ب) بیشتر از مقدار مربوطبه رقم شاهد بود (Monirifar & Mirmozaffari Roudsari, 2022). در تحقیقی مشخص شد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. به‌نحوی‌که اکوتیپ یونجه بمی بیشترین (۸۴/۲ سانتی‌متر) و اکوتیپ سکوئل کمترین ارتفاع بوته (۷۷ سانتی‌متر) را داشتند (Ghotbi & Moghaddam, 2021). در پژوهشی مشخص شد که بیشترین ارتفاع ساقه به‌ترتیب با کاربرد توأم تیمارهای باکتری و سوپرجاذب+باکتری (باکتری‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل *Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum lipoferum* و *Pseudomonas putida*) با ۱۷/۳ و ۷/۵ درصد افزایش نسبت‌به تیمار شاهد مشاهده شد (Javanmard *et al.,* 2018).

۳-۲. وزن خشک برگ

اثر تیمار مصرف کود زیستی و کود آلی بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با بررسی مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که تلقیح توأم کود زیستی نیتروکسین+فسفات بارور-۲ با (۷۰/۴ گرم بر متر مربع) و عدم تلقیح با کود

زیستی نیتروکسین+فسفات بارور-۲ با (۵۷ گرم بر متر مربع) به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در بین سطوح کودهای آلی نیز مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با میانگین ۷۲/۵ گرم بر متر مربع نسبت‌به سایر سطوح کود آلی برتری محسوسی داشت (جدول ۵). در تحقیقی مشخص شد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر وزن خشک علوفه تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ به‌طوری‌که یونجه بغدادی با ۱۵/۰۲ تن بر هکتار، بیشترین و رقم کیسوردای با ۱۲/۳ تن بر هکتار، کمترین (به‌ترتیب ۳۲۵، ۳۳۱ و ۳۳۲) عملکرد علوفه خشک را داشتند (Moghaddam *et al.,* 2021). محققان گزارش کردند که اثر کاربرد آهن بر وزن تر و خشک برگ یونجه، رنگیزه‌های فتو سنتزی و میزان پرولین در سطح یک در صد معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که کمترین و بیشترین وزن‌تر و خشک برگ به‌ترتیب در گیاهان شاهد (صفر آهن) و گیاهان تحت تیمار ۲۵ میکرومولار نانوذرات اکسید آهن مشاهده شد (Askary *et al.,* 2018). در تحقیقی مشخص شد که اثر میزان بذر مصرفی یونجه برای کلیه ویژگی‌های کمی مورد بررسی شامل علوفه خشک، وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (Sharifi & Ramroudi, 2022).

۳-۳. وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه یونجه تحت تأثیر تیمار مصرف کودهای زیستی، آلی و اثر برهمکنش آنها قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در بین اثرات برهمکنش کودهای زیستی و آلی، بیشترین وزن خشک ساقه (۴۵۰ گرم بر متر مربع) مربوط‌به کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین+فسفات بارور-۲+مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی و کمترین وزن خشک ساقه (۳۱۰ گرم بر متر مربع) نیز مربوط‌به تیمار عدم تلقیح با کوهای و عدم مصرف کود آلی بود (جدول ۶).

نتایج تحقیقی نشان داد که سویه‌های باکتریایی در تمام سطوح شوری، توانستند وزن خشک گیاه و پرولین را در مقایسه با گیاهان یونجه بدون تلقیح باکتریایی افزایش دهند (Noori *et al.,* 2020). نتایج پژوهشی نشان داد که با افزودن جیبرلیک‌اسید، شاخص‌های گوناگون رشد یونجه مانند وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، طول ریشه و طول اندام‌های هوایی و سطح برگ افزایش نشان داد (Najafi & Taghizadeh, 2022). نتایج آزمایشی نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه یونجه ۱۶۳۱/۷۱ کیلوگرم بر هکتار در تیمار میزان بذر مصرفی و تاریخ کاشت ۳۱ تیرماه وجود داشت (Sharafi & Ramroudi, 2022).

۳-۴. نسبت برگ به ساقه

اثر تیمار مصرف کود زیستی و تیمار کود آلی بر نسبت برگ به ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود زیستی) منجر به افزایش معنی‌دار نسبت برگ به ساقه شد. در این میان کاربرد کود زیستی نیتروکسین از طریق افزایش مقدار نیتروژن در محیط ریزوسفر ریشه منجر به جذب مقادیر بالاتری از عنصر نیتروژن توسط ریشه‌ها شده و گیاه هم با افزایش آغازنده‌های تولید برگ، توانسته است تعداد برگ در هر ساقه را افزایش دهد و در نتیجه بیشترین نسبت برگ به ساقه (۰/۳۲) در این تیمار به‌دست آمده است. کمترین نسبت برگ به ساقه نیز متعلق‌به تیمار شاهد با میانگین (۰/۲۱) بود. در بین سطوح کاربرد کود آلی نیز بیشترین نسبت برگ به ساقه متعلق‌به کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با میانگین (۰/۲۹ درصد) بود (جدول ۵).

بررسی محققان نشان داد تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک بر نسبت برگ به ساقه در گیاه یونجه تأثیر معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. به‌طور نسبی کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاس و فسفر بیولوژیک پس از کاربرد نیتروبارور توانست نسبت وزن برگ به ساقه را تا ۲/۵ برابر افزایش دهد (Madani *et al.,* 2016). مقایسه شش توده گزینش‌شده و یک رقم خارجی (بولداگ) یونجه نشان داد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر نسبت برگ به ساقه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (Torabi, 2020). مطالعات متعدد نشان داده است که در اوایل فصل رشد (بهار) به‌دلیل پایین‌بودن دما و سایه‌اندازی کم، تعداد برگ‌های بیشتری در روی ساقه تشکیل شده و موجب می‌شود که نسبت برگ به ساقه بیشتر باشد (Stavarache *et al.,* 2015). در تحقیقی نسبت برگ به ساقه بین سطوح آبیاری، ژنوتیپ‌های یونجه و سال‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان

داد. برهمکنش سال با سطوح آبیاری و ژنوتیپ‌ها نیز برای این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (Monirifar *et al.*, 2020).

۳-۵. عملکرد دانه

طبق نتایج اثر کودهای زیستی و آلی بر عملکرد دانه در سطح آماری یک در صد معنی‌دار بود (جدول ۳). باتوجه‌به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و فسفر بارور-۲ به‌طور محسوسی منجر به افزایش عملکرد دانه یونجه شد. تیمارکاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و فسفر بارور-۲ با میانگین ۱۸۴/۴ کیلوگرم بر هکتار نسبت‌به شاهد با میانگین (۸۵/۲ کیلوگرم بر هکتار) افزایش ۲۱۶/۴۳ درصدی را نشان داد (جدول ۴). کود زیستی فسفربارور-۲ از طریق افزایش حلالیت فسفر خاک و کود زیستی نیتروکسین که حاوی باکتری‌های آزادزی است، با افزایش فراهمی نیتروژن در اطرف ریشه گیاه منجر به بهبود شرایط رشد و نمو یونجه شده و به‌واسطه افزایش تعداد گل‌های بارور موجب ارتقای عملکرد دانه شده‌اند. در بین سطوح کود آلی نیز کمترین عملکرد دانه (۸۳/۶۹ کیلوگرم بر هکتار) متعلق‌به تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن نیز (۱۹۴/۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی به‌دست آمد (جدول ۵).

نتایج پژوهشی نشان داد که عملکرد دانه یونجه در دو سال آزمایش به‌ترتیب با میانگین ۷۳۶/۲ و ۷۱۵/۵ کیلوگرم بر هکتار تفاوت معنی‌داری نداشتند (Rahmani & Esmaeili Aftabdari, 2017). در تحقیقی کاربرد تلفیقی فسفر و عناصر کم‌مصرف بر دو اکوتیپ یونجه مطالعه شد و نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه تولیدی، ۶۸۹ کیلوگرم بر هکتار بود. عملکرد دانه دو اکوتیپ همدانی و رهنانی به‌ترتیب ۴۹۸ و ۴۸۷ کیلوگرم بر هکتار و اختلاف معنی داری نداشتند (Torabi & Heidarisoltanabadi, 2020).

۳-۶. عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار کودهای زیستی و آلی در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). در این میان کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین به‌همراه فسفات بارور-۲ (۴۷۴۶ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (۳۹۲۹ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در بین سطوح کاربرد کود آلی نیز مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با میانگین ۴۷۱۶ کیلوگرم در هکتار از برتری معنی‌داری نسبت‌به سایر سطوح مصرف کود آلی برخوردار بود. تیمار مصرف کود گوسفندی و مرغی نیز در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۵).

در تحقیقی مشخص شد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر عملکرد علوفه خشک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (Ghotbi & Moghaddam, 2021). نتایج تجزیه واریانس پژوهشی با مقایسه شش توده گزینش شده، شش توده اولیه و یک رقم خارجی (بولداگ) نشان داد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر عملکرد علوفه تر و خشک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (Torabi, 2020). در تحقیقی مشخص شد که در شرایط کم‌آبیاری (آبیاری در ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) بالاترین میزان عملکرد علوفه در تیمارهای کودی میکوریزا و نیتروکسین به‌دست آمد. شرایط آبیاری در ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در گیاهان تحت تیمار کود میکوریزا به‌ترتیب منجر به افزایش نه درصدی عملکرد ۱۱/۰۷ و ۹/۳۰ درصدی علوفه در مقایسه با تیمار کاربرد کود شیمیایی شد (Kharazmi *et al.*, 2019). در تحقیقی به‌طور میانگین در طی سه سال بررسی، چین‌های دوم و سوم بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک را تولید کردند (Monirifar & Mirmozaffari Roudsari, 2022). در پژوهشی تیمار تغذیه تلفیقی (۷۵ درصد دامی+۲۵ درصد نیتروکسین)، بیشترین عملکرد علوفه خشک خلر (۳۰۰۵/۳ کیلوگرم بر هکتار) را تولید کرد (AghaAlikhani *et al.*, 2020). در تحقیقی نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تلقیح با ریزوبیوم در چین یونجه نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه با مقدار ۶۷/۷۵ تن بر هکتار در کاربرد *ریزوبیوم لگومیناسارم* و چین سوم و کمترین آن در حالت تلقیح با باکتری *ریزوبیوم ملیلوتی* مربوطبه چین اول با مقدار ۴۵/۶۳ تن بر هکتار بود (Safari Kamalabadi *et al.*, 2019).

جدول ۳. تجزیه واریانس ویژگی‌های زراعی یونجه تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی و آلی.

Sources of variance	d.f.	Plant height	Leaf dry weight	Stem dry weight	Leaf to stem ratio	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Phosphorus percent	Phosphorus use efficiency	Phosphorus physiological efficiency
Replication	2	156.58 ns	215.02 ns	786.44 *	0.80 **	6751.14 **	1039049.53 **	45.45 **	0.005 **	9.79 *	0.51 ns
Biofertilizers	3	4137.30 **	365.81 **	20856.85 **	0.016 **	20869.59 **	1646180.37 **	324.91 **	0.034 **	44.01ns	82.10 ns
Organic manures	3	319.55 **	564.69 **	6587.70 **	0.019 **	25363.98 **	663885.94 **	373.96 **	0.006 **	533.19 **	2009.96 **
Biofertilizer × Organic manure	9	101.21 ns	3.67 ns	1022.42 **	0.001 ns	417.15 ns	43270.26 ns	23.21 **	0.001 **	9.11 **	26.48**
Error	30	55.85	4.83	188	0.001	415.21	51104.67	2.326	0.0001	1.28	5.74
Coefficient of Variation (%)	-	13.45	3.42	3.57	5.37	15.06	5.06	8.98	2.03	14.46	13.29

ns ,*, ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های زراعی یونجه همدانی.

Treatments	Plant height (cm)	Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	Stem dry weight ($g.m^{-2}$)	Leaf to stem ratio	Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	Harvest index (%)
Control	30.95 d	57.08 c	322.9 c	0.21 c	85.2 d	3229 c	11.36 d
Nitroxin	62.32 b	65.67 b	401.9 b	0.32 a	123.6 c	4512 b	14.98 C
Barvar-2	53.97 c	64.00 b	393.8 b	0.24 b	147.9 b	4671 b	17.92 b
Nitroxin+Barvar-2	75.07 a	70.42 a	416.7 a	0.25 b	184.4 a	4746 a	23.67 a

ستون‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کاربرد کودهای دامی بر ویژگی‌های زراعی یونجه همدانی.

Treatments (10 $T.ha^{-1}$)	Plant height (cm)	Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	Stem dry weight ($g.m^{-2}$)	Leaf to stem ratio	Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	Harvest index (%)	Phosphorus use efficiency ($kg.kg^{-1}$)	Phosphorus physiological efficiency ($kg.kg^{-1}$)
Control	47.85 b	56.08 d	356.7 c	0.17 c	83.69 d	4154 c	11.75 d	0 d	0 d
Cow manure	58.51 a	72.50 a	413.2 a	0.29 a	194.2 a	4716 a	24.69 a	0.522 a	30.58 a
Sheep manure	57.77 a	62.50 c	377.9 b	0.20 b	122.0 c	4447 b	14.40 c	0.211 c	19.22 c
Chicken manure	58.18 a	66.08 b	387.5 b	0.20 b	141.3 b	4541 b	17.08 b	0.260 b	22.34 b

ستون‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

۳-۷. درصد فسفر

درصد فسفر تحت تأثیر تیمار کودهای زیستی، کود آلی و برهمکنش آنها قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). باتوجه‌به نتایج مقایسه میانگین اثرات برهمکنش، بالاترین میزان درصد فسفر یونجه (۱/۵۰ درصد) مربوط‌به تیمار (کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین+فسفات بارور-۲+مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی) و پایین‌ترین میزان آن (۰/۴۶ درصد) مربوط‌به تیمار عدم مصرف کودهای زیستی و آلی بود (جدول ۶). بنابراین می‌توان گفت که با افزایش فراهمی فسفر در ریزوسفر ریشه و جذب مقادیر بیشتری از آن توسط گیاه میزان فسفر موجود در بافت‌های مختلف گیاهی افزایش خواهد یافت.

پژوهشگران اظهار داشتند که اثرات تیمارتلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ *پیریفورمواسپورا ایندیکا* و اثرات شوری و نیز اثر سه‌گانه تیمارها بر میزان فسفر یونجه معنی‌دار بود (Karami & Zarea, 2014). نتایج آزمایشی روی نوع نهاده تغذیه‌ای که شامل کود شیمیایی (اوره+سوپرفسفات تریپل)، کود تلفیقی (کود زیستی نیتروکسین+کود زیستی بارور-۲+۵۰ درصد شیمیایی) و کود آلی (ورمی‌کمپوست) و کشت مخلوط یونجه نشان داد که اثر تیمار نوع تغذیه بر درصد فسفر یونجه معنی‌دار نبود و درصد فسفر یونجه به‌ترتیب با میانگین ۰/۴۲، ۰/۴۲ و ۰/۴۳ درصد مربوط‌به تغذیه شیمیایی، تلفیقی وکود آلی بود (Garshasbi *et al.*, 2022).

جدول ٦. مقایسه میانگین برهمکنش کاربرد کودهای زیستی و آلی بر برخی از خصوصیات یونجه همدانی.

	Treatments	Stem dry weight ($g.m^{-2}$)	Harvest index (%)	Phosphorus percent	Phosphorus use efficiency ($kg.kg^{-1}$)	Phosphorus physiological efficiency ($kg.kg^{-1}$)
Control	Control	310.0 ^{f}	7.23 ^{g}	0.46 ^{f}	0 ^{h}	0 ^{e}
	Cow manure	323.3 ^{ef}	14.80 ^{de}	1.10 ^{b}	2.17 ^{c}	35.78 ^{a}
	Sheep manure	335.0 ^{e}	11.23 ^{f}	0.73 $^{c-e}$	0.35 ^{g}	19.44 ^{d}
	Chicken manure	323.3 ^{ef}	12.17 ^{ef}	0.80 ^{cd}	1.34 ^{e}	31.10 ^{b}
Nitroxin	Control	376.7 ^{d}	11.43 ^{f}	0.56 ^{ef}	0 ^{h}	0 ^{e}
	Cow manure	436.0 ^{ab}	22.17 ^{c}	0.76 $^{c-e}$	3.02 ^{b}	28.63 ^{bc}
	Sheep manure	406.7 ^{c}	12.27 ^{ef}	0.73 $^{c-e}$	0.54 ^{g}	19.83 ^{d}
	Chicken manure	388.3 ^{cd}	14.03 $^{d-f}$	0.70 ^{cd}	1.68 ^{d}	20.52 ^{d}
Barvar-2	Control	336.70 ^{e}	12.57 ^{ef}	0.63 $^{d-f}$	0 ^{h}	0 ^{e}
	Cow manure	443.30 ^{a}	25.83 ^{b}	1.10 ^{b}	3.27 ^{b}	31.23 ^{b}
	Sheep manure	395.00 ^{cd}	13.27 $^{d-f}$	0.93 ^{bc}	0.65 ^{fg}	19.81 ^{d}
	Chicken manure	400.00 ^{cd}	20.03 ^{c}	1.00 ^{b}	2.25 ^{c}	20.88 ^{d}
Nitroxin + Barvar	Control	403.30 ^{c}	d۱۵/۷۷	0.80 ^{cd}	0 ^{h}	0 ^{e}
	Cow manure	450.00 ^{a}	a۳۵/۹۷	1.50 ^{a}	3.66 ^{a}	26.67 ^{c}
	Sheep manure	413.30 ^{bc}	c۲۰/۸۳	1.10 ^{b}	0.91 ^{f}	17.77 ^{d}
	Chicken manure	400.00 ^{cd}	c۲۲/۱۰	1.10 ^{b}	3.06 ^{b}	16.87 ^{d}

ستون‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

۳-۸. کارایی فیزیولوژیک فسفر

در نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار کودهای آلی و اثر برهمکنش کودهای زیستی و آلی بر کارایی فیزیولوژیک فسفر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین مقایسه میانگین‌های اثر برهمکنش بیشترین کارایی فیزیولوژیک فسفر مربوط‌به تیمار عدم تلقیح باکود زیستی+مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با میانگین ۳۵/۷۸ کیلوگرم دانه تولیدشده بر کیلوگرم فسفر مصرف‌شده و کمترین مقدار کارایی فیزیولوژیک فسفر نیز متعلق‌به تیمار (عدم مصرف کود زیستی+عدم مصرف کود آلی بود (جدول ۶). کارایی فیزیولوژیک فسفر مبین این نکته است که گیاه متناسب با میزان فسفر جذب‌شده، چقدر می‌تواند عملکرد دانه تولید کند. آیا متناسب با افزایش جذب فسفر می‌تواند به همان نسبت‌به عملکرد دانه خود بیفزاید. برای تولید بیشتر عملکرد دانه، تنها جذب یک عنصر نمی‌تواند کافی باشد، بلکه لازم است سایر عناصر نیز به‌مقدار کافی جذب شوند و از طرفی سایر عوامل محیطی موثر بر رشد نیز به‌صورت بهینه در اختیار گیاه باشند. در این تحقیق مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی از طریق تأمین بخش عمده‌ای از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه، بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، تهویه و دمای خاک شده و نهایتاً بیشترین مقدار کارایی فیزیولوژیک فسفر را به همراه داشته است. نتایج تحقیقی نشان داد که کارایی فیزیولوژیکی فسفر تحت تأثیر میزان فسفر

جذب‌شده در گیاه است و مقدار جذب این عنصر نیز تحت تأثیر میزان فراهمی فسفر در مجاورت ریشه‌ها می باشد. زیرا با افزایش مصرف کودهای شیمیایی فسفره مقدار فراهمی و جذب فسفر در محیط ریزوسفر ریشه‌ها نیز افزایش می‌یابد و باعث ارتقای کارایی فیزیولوژیکی فسفر در گیاه می‌شود (Mirzakhani *et al.,* 2009).

۳-۹. کارایی مصرف فسفر

کارایی مصرف فسفر تحت تأثیر تیمار کودهای آلی و اثر برهمکنش کودهای زیستی و آلی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری‌که در نتایج مقایسه میانگین اثرات برهمکنش، بیشترین کارایی مصرف فسفر مربوطبه تیمار (تلقیح با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفر بارور-۲+مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی) با میانگین ۳/۶۶ کیلوگرم دانه تولیدشده به کیلوگرم فسفر مصرف‌شده وکمترین میزان کارایی مصرف فسفر نیز متعلق‌به تیمار (عدم مصرف کودهای زیستی و آلی بود (جدول ۶). معمولاً با افزایش مصرف کودهای شیمیایی کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد و علت آن هم هدرروی و آبشویی و یا تشکیل کمپلکس کود با ذرات خاک است. نتایج این تحقیق هم نشان داد که با روند افزایش مصرف کود شیمیایی کارایی مصرف کود کاهش یافت.

۴. نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که کاربرد کودهای زیستی و آلی به‌صورت توأم منجر به بهبود وضعیت رشد و نمو گیاه شده و تأثیر مثبت محسوسی را بر اکثر ویژگی‌های مورد بررسی به همراه داشت. به‌طوری‌که کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین توأم با فسفات بارور (۴۷۴۶ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (۳۹۲۹ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند. در بین سطوح کاربرد کود آلی نیز مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاوی با میانگین ۴۷۱۶ کیلوگرم در هکتار از برتری معنی‌داری نسبت‌به سایر سطوح مصرف کود آلی برخوردار بود.

۵. منابع

Agha Alikhani, M., Shomali Zadeh, Z., & Ghalavand, A. (2020). Effect of different nutrition systems (chemical, organic and biological) on forage yield and quality of three grasspea (*Lathyrus sativus* L.) lines. *Iranian Journal of Field Crop Science, 51*(1), 115-126. (In Persian).

Ahmadi Dana, F., Gheibi, M.N., Ardakani, M.R., & Paknejad, F. (2017). Evaluation of *Sinorhizobium meliloti* efficiency and qualitative traits of alfalfa under application of molybdenum. *Iranian Journal of Field Crops Research, 15*(3), 536-545. (In Persian).

Arnold, A.M., Cassida, K.A., Albrecht, K.A., Hall, M.H., Min, D., Xu, X., Orloff, S., Undersander, D.J., van Santen, E., & Sulc, R.M. (2019). Multistate evaluation of reduced-lignin alfalfa harvested at different intervals. *Crop Science*, *59*(4), 1799-1807.

Askary, M., Amini, F., Talebi, S.M., & Shafiei Gavari, M. (2018). Effects of Fe-chelate and iron oxide nanoparticles on some of the physiological characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Environmental Stress in Agricultural Sciences*, *11*(2), 449-458. (In Persian).

Baha, N., & Bekki, A. (2015). An approach of improving plant salt tolerance of lucerne (*Medicago sativa*) grown under salt stress: Use of bio-inoculants. *Journal of Plant Growth Regulation*, *34*(1), 169-182.

Boveiri Dehsheikh, A., Mahmoodi Sourestani, M., Zolfaghari, M., & Enayatizamir, N. (2017). The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* var. *thyrsiflorum*). *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 26*(4), 129-142. (In Persian).

Chapman, H.D., & Part, P.F. (1961). Method of analysis for soils, plants and waters. University of California. Division of Agriculture Sciences, pp. 309.

Fan, X., Lin, F., & Kumar, D. (2004). Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition, 25*, 853-865.

Garshasbi, M., Rafieiolhossaini, M., Fallah, S., Jafari, A.A., & Rezazadeh, S. (2022). Comparison of quantitative and qualitative yield of replacement ratios of chicory mixed cultivation with annual medic at different nutrient levels. *Journal of Crops Improvement*, *24*(2), 449-464. (In Persian).

Ghanepasand F., & Haj Seyed Hadi, M.R. (2016). Effects of nitrogen fixing bacteria and manure application on seed yield and essential oil content of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *32*(4), 716-727. (In Persian).

Ghotbi, V., & Moghaddam, A. (2021). Assessment of combining ability and comparison of selected selfed and open pollinated generations clones of alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *22*(4), 365-375. (In Persian).

Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., & Eini, O. (2015). Some morphophysiological characteristics of mung bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. *Journal of Plant Nutrition, 38*(11), 1754-1767.

Javanmard, H., Mokhtari, H., & Gholami, A. (2018). Effect of super absorbent polymer, humic acid and bacteria on physiological traits of annual alfalfa (*Medicago scutellata*) in lead-contaminated soils. *Crop Physiology Journal, 10*(37), 119-138. (In Persian).

Kamayestani, N., Rezvani Mogpaddam, P., Jahan, M., & Rejali, F. (2015). Effects of separated and integrated application of bio and organic fertilizers on some quantitative and qualitative characteristics of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *13*(1), 62-70. (In Persian).

Karami, A., & Zarea, M.J. (2014). Physiological and nutritional responses of inoculated alfalfa (*Medicago sativa* cv. *hamedani*) with the fungus *Piriformospora indica* and bacterium *Azospirillum* spp. under salt stress. *Electronic Journal of Crop Production*, *7*(1), 109-129. (In Persian).

Khalili, M., Chaeichi, M., Tavassoli, A., & Naghavi, M.R. (2021). Effect of manure types on quantitative and qualitative characteristics of rapeseed in the irrigation condition with treated municipal wastewater. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *52*(3), 55-65. (In Persian).

Kharazmi, K., Amirnia, R., Jalilian, J., & Tajbakhsh, M. (2019). Investigating the impact of different fertilizer sources on forage, yield, osmolites, photosynthetic pigments, and some antioxidant enzymes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under low irrigation condition. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*, *20*(4), 801-815. (In Persian).

Madani, H., Sajedi, N.A., & Gholipoor Fadashk, H. (2016). Improvement of quality and quantity of alfalfa forage yield by using chemical and bio-fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology, 9*(4), 583-598. (In Persian).

Marino, M.A., Mazzanti, A., Assuero, S.G., & Gastal, F. (2004). Nitrogen dilution curves and nitrogen efficiency during winter–spring of annual rye grass. *Agronomy Journal*, *96*, 601-607.

Mirzakhani, M., Ardekani, M.R. Aeene Band, A., Rejali, F., & Shirani Rad, A.H. (2009). Response of spring safflower to co–inoculation with *Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* under different level of nitrogen and phosphorus. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *4*(3), 255-261.

Moghaddam, A., Kharazmi, K., & Mofidian, S.M.A. (2021). Determination of fall dormancy score of Iranian alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes in cold and temperate climates. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *23*(3), 237-252. (In Persian).

Monirifar, H., & Mirmozaffari Roudsari, A. (2022). Investigation of the response of new improved alfalfa cultivars to salinity in field conditions. *Environmental Stress in Agricultural Sciences, 15*(3), 709-718. (In Persian).

Monirifar, H., Moradiyan, P., Ahmadi, R., & Moghaddam, A. (2020). Identification of suitable alfalfa cultivars for deficit irrigation conditions in Tabriz plain. *Sustainable Agricultural and Production Science*, *30*(4), 249-264. (In Persian).

Najafi, F., & Taghizadeh, Z. (2022). The effects of gibberellic acid on certain physiological parameters in alfalfa (*Medicago sativa* L.) under cadmium stress. *Journal of Plant Environmental Physiology, 65*(2), 163-175. (In Persian).

Noori, F., Etesami, H., Najafi Zarini, H., Khoshkholgh Sima, N.A., & Ranjbar, G.H. (2020). The feasibility of using the plant growth promoting bacteria isolated from the nodules to increase the alfalfa (*Medicago sativa* L.) plant resistance to salinity stress. *Environmental Stress in Agricultural Sciences, 13*(1), 225-235. (In Persian).

Ozkose, A. (2018). Effect of environment cultivar interaction on protein and mineral contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in central Anatolia, Turkey. *Sains Malaysiana, 47*, 551-562.

Rahmani, M., & Esmaeili Aftabdari, M. (2017). Determination of the most suitable planting pattern fora dual-purpose cropping of seed and forage alfalfa stand based on economic values in Zanjan. *Journal of Crops Improvement, 19*(2), 493-503. (In Persian).

Safari Kamalabadi, H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., Heydari Sharifabad, H., & Baghizade, A. (2019). The effect of foliar application of micronutrients on quality traits and yield of bam population of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Crop Ecophysiology, 13*(2), 305-320. (In Persian).

Setiyo, Y., Gunadnya, B., Gunam, B., Permana, I., Susrusa, I., & Triani, L. (2016). Improving physical and chemical soil characteristic on potatoes (*Solanum tuberosum* L.) cultivation by implementation of leisa system. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *9*, 525-531.

Shabani, G., Chaichi, M.R., Ardakani, M.R., Khavazi, K., & Friedel, J.K. (2014). The effect of different fertilizing systems on seed yield and phosphorous absorption in annual medic var. Robinson. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, *104*, 87-95. (In Persian).

Sharafi, S., & Ramroudi, M. (2022). Evaluation of quantitative and qualitative of *Medicago scutellata* affected by sowing date, sowing depth, and seeding rate. *Journal of Agroecology*, *13*(4), 689-704. (In Persian).

Stavarache, M., Samuil, C., Popovici, C.I., Tarcau, D., & Vantu, V. (2015). The productivity and quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Romanian forest steppe. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *43*, 179-185.

Torabi, M. (2020). Evaluation and selection for salinity stress tolerance in Iranian promising alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences, 22*(3), 252-262. (In Persian).

Torabi, M., & Heidarisoltanabadi, M. (2020). Investigating the application of phosphorus and spraying of micronutrients on forage and seed yield in alfalfa ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research, 18*(1), 61-70. (In Persian).

Vennila, C., & Jayanthi, C. (2006). Effect of integrated nitrogen management on nitrogen use efficiency in wet seeded rice + daincha dual cropping system. *Madras Agricutural Journal, 93*(7-12), 274-277.

Zafari, M., Ebadi, A., & Jahanbakhsh Godehkahriz, S. (2017). Effect of seed inoculation on alfalfa tolerance to water deficit stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *45*(1), 82-88.