

## The effect of using of different levels of biological, chemical and manure fertilizers on macro elements and some quantitative traits of forage cactus (*Opuntia ficus-indica* L.)

Fateme Fateminick<sup>1</sup> , Khosro Azizi<sup>1\*</sup> , Soraya Ghasemi<sup>3</sup>, Omidali Akbarpour<sup>4</sup>

1. PhD Student in Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
2. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of College of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
3. Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Research, Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of College of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

**Citation:** Fateminick, F, Azizi, Kh., Ghasemi, S., & Akbarpour, O. (2023). The effect of using of different levels of biological, chemical and manure fertilizers on macro elements and some quantitative traits of forage cactus (*Opuntia ficus-indica* L.). *Plant Productions*, 46(2), 185-198.

### Abstract

#### Introduction

The forage cactus (*Opuntia ficus-indica*) belongs to the *Cactaceae* family, which is a xerophyte plant with a rapid growth rate and is well adapted to arid climates. This cactus, which is also known as prickly pear or rocket cactus, although it produces high yields in fertile soils with sufficient water, but also produces significantly in poor soils with low water levels. Since nutrients such as nitrogen, calcium, phosphorus and potassium are very important in the diet of livestock, in this experiment, the nutritional value of this plant was investigated by evaluating these elements in forage cactus. The importance of producing fodder plants and improving their quality under the influence of nitrogen and manure fertilizers, this research with a sustainable agriculture approach to investigate the effect of different proportions of organic and chemical fertilizers especially nitrogen and their interaction on the qualitative and quantitative characteristics of forage cactus were done.

#### Materials and Methods

To investigate the effect of using biological, chemical and manure fertilizers on Separate and integrated tests were carried out on some forage cactus traits during two cropping years (2019 and 2020). The purpose of this experiment was to investigate the effect of these fertilizers on the percentage of nutrients and some

---

\* **Corresponding Author:** Khosro Azizi  
**E-mail:** azizi.kh@lu.ac.ir

quantitative characteristics of forage cactus in the form of a factorial experiment in the form of a randomized complete block design in three replications and the factors including biofertilizer treatments: MY<sub>1</sub>: use of mycorrhiza and MY<sub>0</sub>: no use of mycorrhiza and four levels of manure, respectively: M<sub>0</sub>: no use of manure, M<sub>1</sub>: use of 10 tons per hectare of manure, M<sub>2</sub>: use of 20 tons per hectare of manure, M<sub>3</sub>: use of 30 tons per hectare of manure and four levels of nitrogen chemical fertilizer (urea), respectively, including treatments N<sub>0</sub>: no use of urea, N<sub>1</sub>: use of 100 kilograms per hectare of urea, N<sub>2</sub>: use of 200 kilograms per hectare of urea, N<sub>3</sub>: use of 300 kilograms per hectare of urea and the treatment of not using mycorrhizal biofertilizer; Urea chemical fertilizer and manure were used as control treatments. The distance between rows was 50 cm and between rows was 50 cm. A distance of 1.5 meters between plots and 3 meters between repetitions was created to create an irrigation stream and a waste water outlet stream. The size of each plot was 6 square meters (4 × 1.5) with 4 crop lines and the plant density was 3.33 per square meter. The main pad for planting was prepared from a three-year base and was prepared and transferred from the research farm affiliated with ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas) in Mehran city, belonging to the Agricultural Research Center of Ilam province. The measured traits were as follows: Pad length, pad width, dry forage yield, total pad number, nitrogen percentage, phosphorus percentage, potassium percentage and calcium percentage.

### Results and Discussion

The results showed that the highest dry forage yield was obtained in the treatment at combined use of M<sub>3</sub>N<sub>3</sub> in comparison with the control treatment (no use of fertilizer) with the lowest amount. The mentioned treatment improved the dry forage yield by approximately 75%, compared to the control treatment. The best results after this treatment are in the combined M<sub>3</sub>N<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>N<sub>3</sub> and M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> obtained. The traits of Ca percentage, P percentage, K percentage, N percentage, the total number of pad and the length and width of each pad showed favorable results in the integrated application of manure and nitrogen, and the integrated application of manure and chemical was significant on all the experimental traits.

### Conclusion

The results of this research showed that the effect of using mycorrhizal biofertilizer was effective only on the amount of phosphorus and on other measured traits. It was not significant and because no significant difference was observed between treatments using mycorrhiza and not using it; because the cactus plant is perennial, it is recommended that the study regarding the use of mycorrhizal fungi and the process of quantitative and qualitative changes of this plant be further investigated in multi-year and long-term supplementary experiments.

**Keywords:** Calcium percentage, Pad length, Pad width, Total number of pads, Yield

## تأثیر کاربرد سطوح مختلف کودهای زیستی، شیمیایی و دامی بر عناصر ماکرو و برخی صفات کمی کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia ficus-indica* L)

فاطمه فاطمی نیک<sup>۱</sup>، خسرو عزیزی<sup>۲\*</sup>، ثریا قاسمی<sup>۳</sup>، امیدعلی اکبرپور<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران.
۲. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران.
۳. استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، کرج، ایران.
۴. استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران.

### چکیده

در این آزمایش با ارزیابی عناصر ماکرو نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر و پتاسیم در کاکتوس علوفه‌ای تحت تأثیر کاربرد کودهای مختلف شیمیایی، زیستی و دامی، ارزش غذایی این گیاه و برخی صفات کمی نظیر عملکرد خشک، تعداد کل پد و طول و عرض هر پد مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و دامی به صورت جداگانه و تلفیقی بر برخی صفات کاکتوس علوفه‌ای، آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل ۳ عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳۲ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهرستان خرم آباد انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کود زیستی (قارچ میکوریزا) در ۲ سطح (مصرف و عدم مصرف مایکوریزا)؛ کود دامی (گاوی) در ۴ سطح (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و کود شیمیایی نیتروژنه (اوره) در ۴ سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد علوفه خشک (۶/۷ تن در هکتار) در تیمار استفاده تلفیقی از ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۳۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) با کم‌ترین مقدار به‌دست آمد. تیمار مذکور مقدار عملکرد علوفه خشک را به میزان تقریبی ۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشید. بهترین نتایج پس از این تیمار در تیمارهای استفاده تلفیقی از ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۲۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۵۶ تن در هکتار)، استفاده تلفیقی از ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۲۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۵۴ تن در هکتار) و استفاده تلفیقی از ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۵۲ تن در هکتار) به‌دست آمد. صفات درصد کلسیم، درصد فسفر، درصد پتاسیم، درصد نیتروژن، تعداد کل پد و طول و عرض هر پد در تیمارهای کاربرد تلفیقی کودهای دامی و نیتروژنه نتایج مطلوبی نشان دادند و کاربرد تلفیقی کود دامی و شیمیایی بر همه صفات آزمایش معنی‌دار گردید. نتایج نشان داد که اثر کاربرد کود زیستی مایکوریزا تنها بر میزان فسفر مؤثر بود و بر سایر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری نداشت.

کلیدواژه‌ها: تعداد کل پد، درصد کلسیم، طول پد، عرض پد، عملکرد

\* نویسنده مسئول: خسرو عزیزی  
ایمانامه: azizi.kh@lu.ac.ir



### مقدمه

کاکتوس علوفه‌ای (*Opuntia spp*) متعلق به خانواده *Cactaceae* می‌باشد (Shahbazi and Yousefi, 2022) که یک گیاه زیروفیت با میزان رشد سریع بوده و به‌خوبی با مناطق خشک سازگار شده است. این کاکتوس که به گلابی خاردار یا کاکتوس راکتی هم معروف است، با آن‌که عملکرد بالایی در خاک‌های حاصلخیز با آب کافی تولید می‌کند، در خاک‌های ضعیف با میزان آب کم نیز تولید قابل توجهی دارد (Thakuria et al., 2020). این گیاه علاوه بر استفاده به‌عنوان تغذیه انسان، به عنوان سوخت، دارو، تغذیه زنبور عسل و استفاده در پروژه‌های بازسازی مراتع و کشت در زمین‌های غیرحاصل‌خیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. اهمیت کاکتوس به عنوان یک گیاه علوفه‌ای به دلیل مقاومت بالا به کم‌آبی و شوری، تولید بالای ماده خشک و خوش‌خوراکی می‌باشد. در بسیاری از مناطق خشک دنیا (نظیر تونس، مراکش، مناطق خشک در مکزیک، برزیل، آمریکا و...)، کشاورزان از گونه‌های وحشی و زراعی کاکتوس به‌طور گسترده به‌عنوان علوفه در سال‌هایی که خشک‌سالی‌های شدید و مکرر اتفاق می‌افتد استفاده می‌کنند (Nurolahi et al., 2016). از آن‌جایی که استخراج مواد مغذی یکی از دلایل کاهش حاصلخیزی خاک است، استفاده از روش‌های کوددهی متنوع به احتمال زیاد تأثیر مثبت فوری بر حاصلخیزی خاک خواهد داشت و در نتیجه تولید محصول و کیفیت آن را بهبود می‌بخشد. افزودن مستقیم مواد مغذی را می‌توان با استفاده از کودهای معدنی یا آلی یا ترکیب هر دو منبع غذایی انجام داد. کودهای آلی، علاوه بر تامین مواد مغذی گیاه، اثرات مفیدی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک زمین‌های چرای تخریب شده دارند (Bedaso et al., 2022). برخی از خاک‌ها دارای محتوای ریزمغذی بسیار کم هستند که برای تولید بهتر محصول، استفاده از کودهای بیولوژیک مانند مایکوریزا ضروری است. تلقیح مایکوریزا یک ارتباط بسیار رایج بین ریشه‌های گیاه و میکروارگانیسم‌ها است که مسؤول جذب مواد مغذی به‌ویژه فسفر و نیتروژن است. قارچ‌های مایکوریزا جذب فسفر گیاهان را در خاک‌های دارای کمبود فسفر افزایش می‌دهند. همچنین مشخص شده است که بین تلقیح مایکوریزا و تثبیت نیتروژن همبستگی قوی وجود دارد

(Ortaş, 2008). استفاده از کودهای دامی نسبت به تیمار عدم مصرف آن باعث افزایش عملکرد و تعداد پدهای کاکتوس شد (Carneiro da Silva et al., 2022). استفاده از تیمار کود دهی توأم با آبیاری نسبت به عدم استفاده از کود و آبیاری باعث افزایش عرض و طول پد کاکتوس شد (Kumar et al., 2021). استفاده از کود نیتروژن (۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (۱۹۰ کیلوگرم در هکتار) باعث بهبود خصوصیات رشدی، عملکرد و میزان عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز) کاکتوس شد (Lopes et al., 2018). تکنیک‌های کشت مورد استفاده برای کاکتوس علوفه‌ای مانند استفاده از کود ارگانیک یا کود معدنی می‌توانند رشد آن را افزایش دهند، که عملکرد توده خشک و راندمان مصرف آب این گیاه در تضاد با این ایده است که گیاهان با متابولیسم CAM بازده کمی دارند (Ledo et al., 2019). عملکرد کاکتوس علوفه‌ای در سراسر جهان متغیر است که این تفاوت تا حدی تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی یا معدنی می‌باشد که در منبع کود مصرفی، مقدار و زمان مصرف کود با هم متفاوت بودند. تأثیر تغذیه معدنی بر کیفیت میوه کاکتوس، اندازه پد، وزن تازه محصول، وزن پد، نسبت خمیر به پوست، سفتی پوست و غلظت کل مواد جامد محلول، کمتر مورد توجه قرار گرفته و نتایج در آزمایشات مختلف تا حدودی متناقض بوده است (Zegbe et al., 2014). به دلیل اینکه عناصر غذایی نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر و پتاسیم در جیره غذایی دام‌ها از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند، در این آزمایش با ارزیابی این عناصر در کاکتوس علوفه‌ای اهمیت ارزش غذایی این گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

هم‌چنین با توجه به فقر خاک‌های اکثر مناطق کشور به‌خصوص منطقه مورد مطالعه از نظر مواد آلی و اهمیت تولید گیاهان علوفه و بهبود کیفیت آن‌ها تحت تأثیر کودهای نیتروژنه و کودهای دامی این تحقیق با رویکرد کشاورزی پایدار و با هدف بررسی اثر نسبت‌های مختلف کودهای آلی و شیمیایی به‌خصوص نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر خصوصیات کیفی و کمی کاکتوس علوفه‌ای انجام شد.

## مواد و روش‌ها

سطح کود شیمیایی نیتروژنه (اوره) به ترتیب شامل تیمارهای  $N_0$ : عدم کاربرد اوره  $N_1$ : کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره،  $N_2$ : کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره،  $N_3$ : کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره انجام گردید. فاصله روی ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود. بین کرت‌ها ۱/۵ متر و بین تکرارها هم ۳ متر فاصله برای ایجاد نهر آبیاری و نهر خروجی هرزآب ایجاد شد. تعداد خطوط کشت ۴ عدد، ابعاد هر کرت ۶ مترمربع (۴×۱/۵) و تراکم بوته ۳/۳۳ در هر مترمربع بود. صفات اندازه‌گیری شده طی دو سال در این آزمایش عبارت بودند از: درصد نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، طول پد، عرض پد، تعداد کل پد و صفت یک‌ساله که در پایان دو سال آزمایش اندازه‌گیری شد عملکرد خشک بود. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش هضم تر دستگاه کجلدال، غلظت عنصر کلسیم با دستگاه جذب اتمی، میزان پتاسیم با دستگاه فلیم‌فوتومتر و میزان فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر موجود در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان استفاده شد. برای اندازه‌گیری عملکرد کمی، پس از برداشت پدهای کاکتوس بلافاصله با ترازوی دقیق توزین و سپس پدهای برداشت شده در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد و تا رفع رطوبت در حد ۹۰ درصد خشک گردید و سپس عملکرد علوفه خشک محاسبه گردید.

تجزیه کمی، داده‌های به‌دست آمده ابتدا توسط نرم-

افزار EXCEL مرتب شده و سپس توسط نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل گردیدند. ترسیم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام شد و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی‌دار ۵٪ مشخص شد.

این تحقیق در قالب آزمایش مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، در سال‌های زراعی ۹۸-۹۹، ۹۸-۹۹ اجرا گردید. جهت اجرای آزمایش پدهای سه ساله به عنوان پد پایه از مزرعه تحقیقاتی ایکاردا در شهرستان مهران متعلق به مرکز تحقیقات کشاورزی استان ایلام تهیه و منتقل شد. به‌منظور آماده‌سازی بستر کشت ابتدا زمین مورد نظر برای اجرای آزمایش شخم زده شد و نمونه مرکب خاک جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تهیه گردید. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک و کود دامی در جداول ۱ و ۲ ذکر شده است. پس از عملیات آماده‌سازی زمین نقشه آزمایش روی زمین پیاده و اجرا گردید و تیمارهای کودی طبق طرح آزمایشی اعمال گردید. زمان کاشت پدها ۵ اسفند بود. یک‌سوم تیمار کودی اوره در ابتدای رشد و مابقی به صورت سرک طی دو مرحله و در زمان‌های رشد سریع و پدزایی کاکتوس به‌کار برده شد. در سال دوم هم اعمال تیمارهای کودی در زمان رشد و پدزایی طبق نقشه طرح اعمال گردید.

هدف از این آزمایش بررسی اثر کاربرد تلفیقی کود زیستی حاوی قارچ میکوریزا، کود شیمیایی (اوره) و کود دامی (گاو) بر خصوصیات کمی و کیفی کاکتوس علوفه‌ای به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود و فاکتورها شامل تیمارهای کود زیستی:  $MY_1$ : استفاده از میکوریزا و  $MY_0$ : عدم استفاده از میکوریزا و چهار سطح کود دامی به ترتیب شامل:  $M_0$ : عدم کاربرد کود دامی  $M_1$ : کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی،  $M_2$ : کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی،  $M_3$ : کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و چهار

Table. Physical and chemical properties of farm soil

Year	Depth	EC	pH	K	P	N	O.C	Sand	Clay	Silt	Texture
	(cm)	(dS m <sup>-1</sup> )	-		(mg/kg)			(%)			
2019-2020	0-40	0.61	7.72	285	7.5	0.041	0.75	13	46.5	40.5	Silty-clay

Table 2. Results of physical and chemical analysis of the used manure

O.C	N	P	K	Fe	Mg	Mn	Zn	Cu	pH	EC
(%)					(mg/kg)				-	(mmos/cm)
8.35	2.57	0.68	2.04	12.35	0.44	43.12	23.08	54.02	8.37	6.21

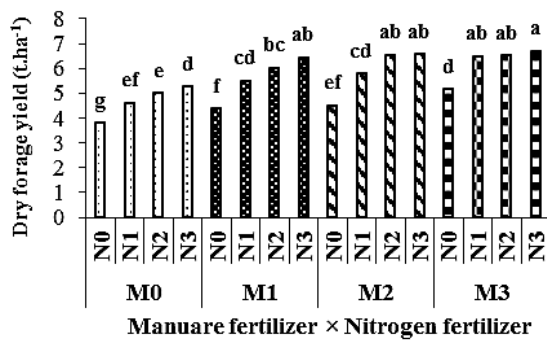


Figure 1. The interaction effect of using different levels of manure and nitrogen fertilizer on dry forage yield

دارد که در نهایت عملکرد پدهای گیاهان تیمار شده با نیتروژن، صرف نظر از سطح، به طور قابل توجهی بیش تر از گیاهان شاهد بود (Mazwi et al., 2022).

میزان کل زیست توده علوفه با استفاده از ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن توأم با ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (kg.ha<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup> N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) باعث تولید بیشترین میزان بیوماس کل علوفه در گیاه کاکتوس گردید (Lopes et al., 2021). اثرات مثبت حاصل از استفاده از کودهای نیتروژن و فسفات معدنی در تولید گونه‌های کاکتوس مانند *Opuntia lindheimeri* مشاهده شد اما این اثربخشی دو سال پس از استقرار گیاه صورت گرفت (Vazquez Mendoza et al., 2019). استفاده از ۸۰ تن در هکتار کود گاوی توأم با تراکم گیاهی (۱۶۰۰۰۰ بوته در هکتار) باعث عکس‌العمل مثبت زیست توده کاکتوس و تولید ۱۳۹ تن در هکتار عملکرد در دو سال گردید (Silva et al., 2016). استفاده از بالاترین سطح کود نیتروژن (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) در گیاه کاکتوس باعث افزایش دو برابری میزان عملکرد در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن شد (Do Nascimento Santos et al., 2020).

#### تعداد کل پد

اثرات ساده تیمارهای سال، کود دامی، کود نیتروژن و اثر متقابل کود دامی و نیتروژن در سطح احتمال آماری یک درصد بر این صفت اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده سال نشان داد که سال دوم نسبت به سال اول ۶۶/۲۰ درصد تعداد پد بیشتری داشت (شکل ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن نشان داد که کاربرد ۳۰ تن کود دامی توأم با ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن (M<sub>3</sub>N<sub>3</sub>) به میانگین ۹۵/۷۸ درصد تعداد کل پد را نسبت به تیمار شاهد

## نتایج و بحث

### عملکرد علوفه خشک

جدول تجزیه واریانس صفت عملکرد علوفه خشک نشان داد که، اثرات ساده کود دامی، کود نیتروژن و اثر متقابل کود دامی و نیتروژن بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال آماری یک درصد معنی دار بودند (جدول ۳).

Table 3. Results of analysis of variance the effect of fertilizer treatments on quantitative and qualitative traits of forage cactus

S.O.V	df	Dry forage yield
Replication	2	32.725**
Mycorrhiza(My)	1	0.011 <sup>ns</sup>
Nitrogen fertilizer(N)	3	10.847**
My × N	3	0.457 <sup>ns</sup>
Manure(M)	3	13.837**
My × M	3	0.129 <sup>ns</sup>
M × N	9	0.502**
My × N × M	9	0.122 <sup>ns</sup>
Error	62	0.223
(%) CV		8.45

\*\* .Significant at  $p \leq 0.01$ ; \* .Significant at  $p \leq 0.05$ ; ns : not significant

جدول مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن نشان داد که تیمار ترکیبی کود دامی و نیتروژن در بالاترین سطح تیماری مربوطه (M<sub>3</sub>N<sub>3</sub>) بیشترین عملکرد علوفه خشک را در بین ترکیبات تیماری با میانگین ۶/۷ تن در هکتار دارا بود، در مقابل تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) کمترین عملکرد علوفه خشک را با میانگین ۳/۸۱ تن در هکتار را حاصل کرد که نسبت به سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد (شکل ۱).

به نظر می‌رسد که در این آزمایش، استفاده از کودهای دامی از طریق تأمین نیازهای تغذیه‌ای و بهبود شرایط رشد و نمو باعث افزایش عملکرد علوفه شده است. مصرف ۱۲۰ یا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به طور قابل توجهی باعث افزایش تعداد پد و وزن تر آن نسبت به تیمار شاهد (۰ کیلوگرم در هکتار) گردید که منجر به افزایش بهره‌وری و عملکرد شد که علت آن را چنین بیان کردند که نیتروژن جزء عناصر ضروری کلروفیل است و نقش اساسی در فتوسنتز و رشد رویشی گیاه

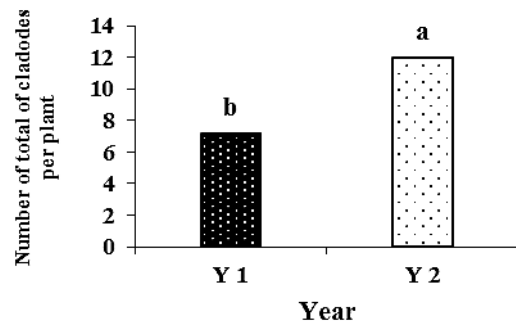
استفاده از تیمار کود شیمیایی ۱۳/۲-۱۰/۸ کیلوگرم نسبت به عدم مصرف کود باعث بیشترین تعداد پد در بوته کاکتوس (*Opuntia ficus-indica L*) با میانگین ۳/۹۲ گردید (Tavera-Cortes et al., 2018). استفاده از ۶ بار در سال کود نیتروژن در سال نسبت به ۱ و ۱۲ بار در سال باعث بیشترین تعداد پد، عملکرد علوفه تر و خشک کاکتوس شد. هم‌چنین کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به سایر فاکتورهای تیماری نیتروژن (۰، ۱۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث بیشترین تعداد پد (۱۳/۷ عدد پد در بوته) کاکتوس شد، هرچند بین سطوح تیماری اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (Do Nascimento Santos et al., 2020). با افزایش سطوح کوددهی نیتروژن باعث تفاوت‌های قابل توجهی در صفت تعداد پد در بوته کاکتوس شد که علت آن را چنین بیان کردند که نیتروژن در گیاه منجر به افزایش قدرت و تقسیم سلولی آن می‌شود که باعث افزایش رشد و نمو می‌گردد (Cunha et al., 2012).

**طول پد**

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفت طول پد تنها اثرات ساده کاربرد کود دامی و کود نیتروژن بر طول پد در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده تیمار کود دامی نشان داد که استفاده از ۳۰ تن در هکتار با میانگین ۲۷/۴۵ سانتی‌متر بیشترین طول پد و تیمار عدم مصرف کود با میانگین ۲۱/۵۵ سانتی‌متر کمترین طول پد را سبب شد (شکل ۴).

احتمالاً در دسترس بودن عناصر غذایی ریشه‌ی کاکتوس از طریق استفاده از کود دامی تسهیل یافته است که باعث بهبود خصوصیات مورفولوژیکی از جمله طول پد شده است.

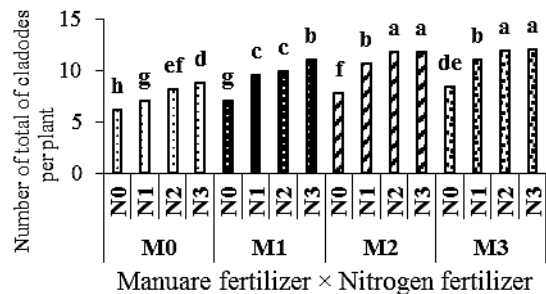
کاربرد مصرف کودهای دامی در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی در خاک‌های کشاورزی باعث افزایش کربن آلی و مواد معدنی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم، بهبود pH، افزایش توده میکروبی، افزایش فعالیت آنزیمی که منجر به دسترسی بهتر گیاه به نیتروژن و فسفر و افزایش تشکیل و پایداری آن‌ها می‌گردد که در نهایت باعث بهبود خصوصیات رشدی آن‌ها می‌شود (Tavera-Cortes et al., 2018). کاربرد ۲/۵ و ۵ تن در هکتار کود دامی نسبت به عدم مصرف کود باعث افزایش طول پد در کاکتوس شد (Naorem et al., 2022).



**Figure 2. Comparison of the simple average effect of the year on the number of total of cladodes per plant**

(عدم کاربرد کود) افزایش داد. هم‌چنین ترکیبات تیماری  $M_2N_3$  و  $M_2N_2$  و  $M_3N_2$  به ترتیب ۹۲/۵۳، ۹۱/۲۳ و ۹۰/۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش تعداد کل پد گردیدند (شکل ۳).  
احتمالاً کوددهی از طریق تأثیر مثبت بر جذب عناصر غذایی و افزایش رشد ریشه منجر به افزایش رشد رویشی گیاه گردید.

کوددهی از طریق تأثیر مثبت بر جذب عناصر غذایی و افزایش رشد ریشه و در نهایت افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد. به‌علاوه کود نیتروژن از طریق افزایش سرعت فتوسنتز در گیاهان CAM از طریق نقش این عنصر در سنتز کلروفیل و هم‌چنین به دلیل نقش آن در سنتز آنزیم‌های تثبیت کننده دی‌اکسیدکربن باعث افزایش تعداد پد در واحد سطح می‌گردد (Lopes et al., 2021). استفاده از کود دامی نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش تعداد پد در کاکتوس شد (Naorem et al., 2022).



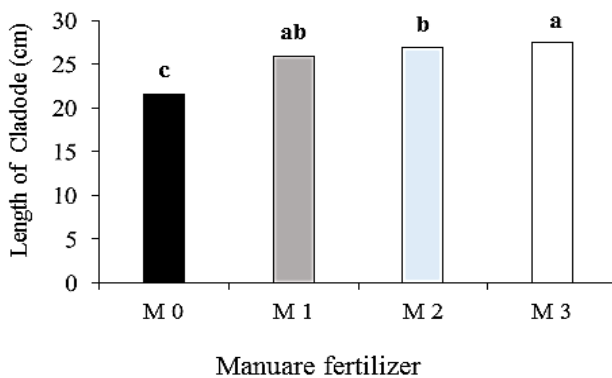
**Figure 3. Mean Comparison for the main effect of treatments for different levels of Manure fertilizer and Nitrogen fertilizer levels on total of cladodes number per plant**

**Table 4. Results of combined analysis of variance the effect of fertilizer treatments on some quantitative and qualitative traits of forage cactus**

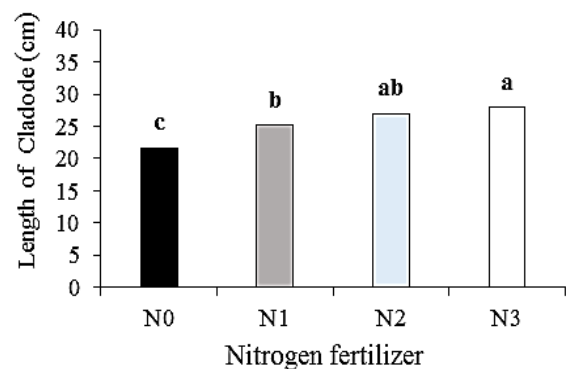
S.O.V	df	K	P	N	Ca	Wc	Lc	Tc
Year (Y)	1	7.084 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.017 <sup>ns</sup>	0.035 <sup>ns</sup>	139.605 <sup>ns</sup>	11.199 <sup>ns</sup>	1089.898*
Replication × Y	4	165.854**	0.203**	**10.996	**0.539	**66.588	253.390**	66.412**
Mycorrhiza(My)	1	0.029 <sup>ns</sup>	0.015*	0.005 <sup>ns</sup>	0.022 <sup>ns</sup>	0.174 <sup>ns</sup>	0.091 <sup>ns</sup>	0.021 <sup>ns</sup>
Y×My	1	0.009 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.053 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.000 <sup>ns</sup>
Nitrogen fertilizer(N)	3	141.329**	0.461**	**4.956	**0.787	**60.353	368.339**	106.443**
Y×N	3	0.002 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.066 <sup>ns</sup>	0.026 <sup>ns</sup>	0.621 <sup>ns</sup>
My×N	3	0.002 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.022 <sup>ns</sup>
Y×My×N	3	0.001 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.042 <sup>ns</sup>
Manure (M)	3	118.892**	0.420**	5.243**	**0.843	**65.689	343.961**	**119.102
Y×M	3	0.002 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.072 <sup>ns</sup>	0.024 <sup>ns</sup>	0.691 <sup>ns</sup>
My×M	3	0.003 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.035 <sup>ns</sup>
Y×My×M	3	0.002 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.042 <sup>ns</sup>
M×N	9	5.311**	0.009**	0.884**	*0.007	2.498**	5.561 <sup>ns</sup>	**2.447
Y×M×N	9	0.001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.109 <sup>ns</sup>
My×N×M	9	0.001 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.030 <sup>ns</sup>
Y×My×N×M	9	0.003 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.020 <sup>ns</sup>
Error	124	0.614	0.001	0.005	0.002	0.111	3.730	0.323
CV (%)		11.671	7.446	2.468	6.508	1.933	7.589	5.940

Tc: Total number of pads; Lc: Pad length; Wc: pad width; Ca: Calcium; K: Potassium; P: Phosphorus; N: Nitrogen

\*\* : Significant at  $p \leq 0.01$ ; \* : Significant at  $p \leq 0.05$ ; ns: not significant



**Figure 5. Mean comparison of the simple effect of using different levels of Nitrogen fertilizer on the length of cladode**



**Figure 4. Mean comparison of the simple effect of using different levels of Manure fertilizer on the length of cladode**

در محصولات علوفه‌ای مانند کاکتوس ویژگی‌های مورفولوژیکی به شیوه‌های مدیریتی مانند کوددهی عکس‌العمل نشان می‌دهند (Vazquez Mendoza et al., 2019). کاربرد ۶ بار در سال کود نیتروژن باعث بیشترین طول پد (۱۹/۳ سانتی‌متر) در گیاه کاکتوس شد (Do Nascimento Santos et al., 2020).

مقایسه میانگین اثر ساده تیمار کود نیتروژن نشان داد که به ترتیب با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف کود به ترتیب با میانگین‌های ۲۷/۹۳ و ۲۱/۶۶ سانتی‌متر بیش‌ترین و کم‌ترین طول پد ایجاد شد (شکل ۵).



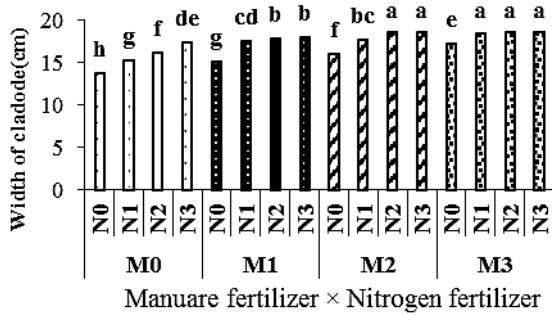


Figure 6. Mean Comparison for the main effect of treatments for different levels of Manure and Nitrogen fertilizer levels on the width of per cladode

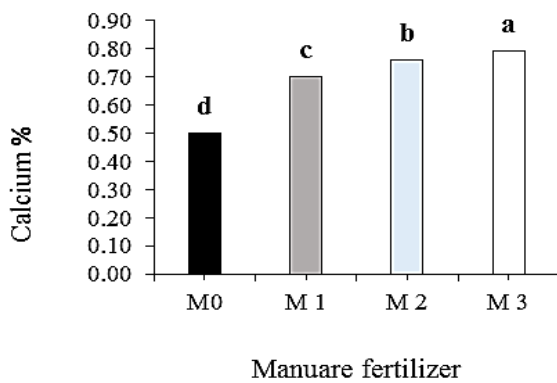


Figure 7. Mean Comparison for the main effect of treatments for different levels of manure on percentage of calcium

انتخاب بهترین میزان مصرف کود با شرایط محیطی و تراکم جمعیت گیاه متفاوت است (Saraiva et al., 2021). علی‌رغم نیاز کم کاکتوس به کود، هرگونه کمبود مواد مغذی ممکن است منجر به عملکرد پایین و کیفیت پایین شود، بنابراین استفاده از کود برای اطمینان از عملکرد با کیفیت بالا ضروری است (Mazwi et al., 2022).

مقایسه میانگین اثر ساده کود نیتروژن بر صفت درصد کلسیم نشان داد که مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف کود باعث ۰/۲۹ درصدی میزان کلسیم شد (شکل ۸). کلسیم پایداری ساختمان غشای سلولی، انتقال و انتخاب پذیری یون را به همان خوبی فعالیت‌های آنزیمی کنترل می‌کند (Shamsaddin Saied and Pourghasemian, 2022). برخلاف نتایج این آزمایش، منبع یا سطح نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلسیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر، مس، منگنز، روی و بر در سال ۲۰۱۷-۲۰۱۸ در کاکتوس نداشت (Mazwi et al., 2022).

## عرض پد

جدول تجزیه واریانس صفت عرض پد نشان داد که، اثرات ساده کاربرد کود دامی و کود نیتروژن بر عرض پد در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن در سطح احتمال آماری یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴). ترکیب تیماری ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار کود نیتروژن ( $M_3N_3$ ) بیش‌ترین مقدار عرض پد با میانگین معادل با  $M_3N_3$  ۱۸/۷۱ سانتی‌متر را حاصل نمود و ترکیبات تیماری  $M_2N_2$ ،  $M_3N_2$  و  $M_2N_3$  به ترتیب با میانگین‌های ۱۸/۶۲، ۱۸/۶۹ و ۱۸/۶۴ سانتی‌متر پس از آن بیشترین عرض پد را سبب شدند. این در حالی بود که تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) کم‌ترین عرض پد را به مقدار ۱۳/۷۵ سانتی‌متر حاصل کرد (شکل ۶).

با افزایش سطح تیماری کود دامی افزایش قابل توجهی در عرض پدهای کاکتوس مشاهده شد (Naorem et al., 2022). ۱۲ بار در سال کود نیتروژن باعث بیشترین عرض برگ (۱۲/۵ سانتی‌متر) در گیاه کاکتوس شد (Do Nascimento Santos et al., 2020). با افزایش در دسترس بودن نیتروژن، افزایش ضخامت پدها تا ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد و پس از آن کاهش یافت (Leite et al., 2018).

## درصد کلسیم

جدول تجزیه واریانس صفت درصد کلسیم نشان داد که، اثرات ساده کود دامی و کود نیتروژن بر درصد کلسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده کود دامی نشان داد که بالاترین سطح مصرف کود دامی (۳۰ تن در هکتار) بیش‌ترین درصد کلسیم با میانگین ۰/۷۹ درصد حاصل شد و تیمار عدم مصرف کود (شاهد) با میانگین ۰/۵۰ درصد کم‌ترین درصد کلسیم را دارا بود (شکل ۷).

یکی از روش‌های مدیریت کلیدی برای افزایش بهره‌وری کاکتوس، استفاده از کود است. برداشت کاکتوس مقدار زیادی از مواد مغذی خاک را تخلیه نموده که جهت حفظ بهره‌وری و جلوگیری از کاهش حاصل‌خیزی خاک باید جایگزین شود. کودهای آلی مانند کود حیوانی (به عنوان مثال: بز، گوسفند، خوک، گاو) سرعت آزادسازی مواد مغذی متفاوتی دارند و تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند. علاوه بر این، ممکن است به بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک کنند.

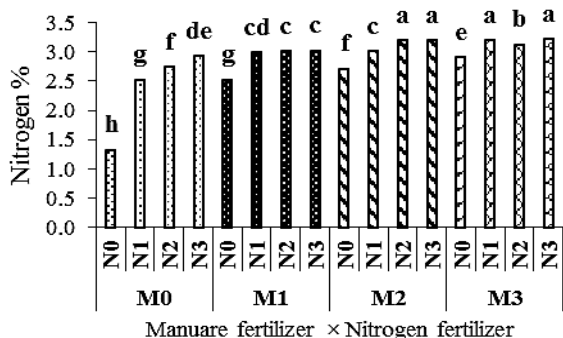


Figure 9. Mean Comparison of treatments for different levels of Manure and Nitrogen fertilizer on the percentage of nitrogen

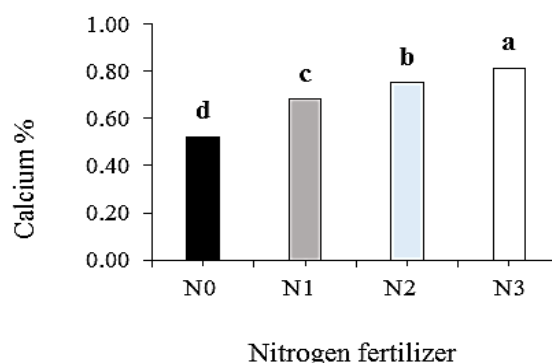


Figure 8. Mean Comparison for the main effect of treatments for different levels of Nitrogen fertilizer on percentage of calcium

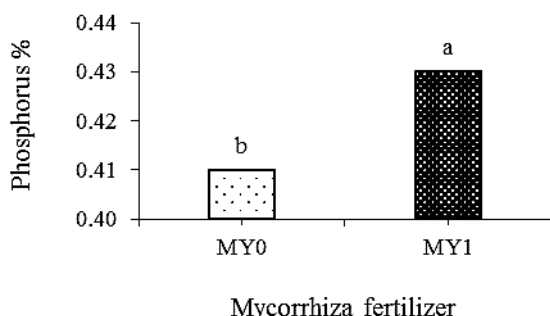


Figure 10. Mean comparison for the main effect of treatments for different levels of Mycorrhiza fertilizer levels on percentage of phosphorus

قارچ‌های میکوریزا مواد مغذی را از طریق ارتباط نزدیک با سیستم ریشه منتقل می‌کنند و سیستم رشدی آن چندین سانتی‌متر دورتر از سیستم ریشه است و شبکه متراکمی از میسلیم که به عنوان پلی بین خاک و گیاه عمل کرده و مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر را به ریشه‌های میزبان انتقال داده و در نهایت منجر به رشد و تجمع زیست توده می‌گردد (Chen et al., 2023). بیش از ۸۰ درصد از تمام گیاهان در جهان، از جمله اکثر محصولات باغی و کشت ردیفی، رابطه همزیستی با قارچ‌های میکوریزا دارند و از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای فسفر منجر به تحریک رشد گیاه می‌شوند (Gardezi et al., 2022). کاربرد قارچ میکوریزا نسبت به عدم آن باعث افزایش ۲/۳۷ درصدی فسفر در *Alhagi sparsifolia* گردید (Chen et al., 2023).

مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد کود دامی و نیتروژن نشان داد که بالاترین سطح تیماری مصرف کود دامی توأم با کود نیتروژن ( $M_3N_3$ ) بیش‌ترین درصد فسفر را در بین ترکیبات تیماری با میانگین ۰/۵۹ درصد دارا بود و سایر

### درصد نیتروژن

جدول تجزیه واریانس درصد نیتروژن نشان داد که اثرات ساده کود دامی و کود نیتروژن و اثر متقابل کود دامی و نیتروژن بر درصد نیتروژن در سطح احتمال آماری یک درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۴). بیش‌ترین درصد نیتروژن در بین تیمارهای آزمایش مربوط به مصرف توأم ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ( $M_3N_3$ ) با میانگین ۳/۲۱ درصد و تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) کم‌ترین درصد نیتروژن را با مقدار ۱/۳۳ درصد نشان دادند (شکل ۹). نیتروژن محدودترین ماده مغذی در کاکتوس‌ها است که بالاترین مقدار آن در پدهای جوان و بارور یافت می‌گردد (Nkoi et al., 2021). محصولات پوششی/کود سبز دو منظوره و کود حیوانی می‌توانند باعث بهبود در دسترس بودن نیتروژن خاک و فسفر کود حیوانی و سیکل آن‌ها در مزرعه گردند (Carr et al., 2020). افزایش محتوای نیتروژن در کاکتوس با مصرف کود نیتروژن را احتمالاً می‌توان به کود نیتروژن و فراوانی آن نسبت داد که معمولاً در دسترس بودن نیتروژن به میزان بالا باعث افزایش جذب و تجمع آن در پدها می‌شود (Mazwi et al., 2022).

### درصد فسفر

جدول تجزیه واریانس درصد فسفر نشان داد که، اثرات ساده کود میکوریزا، کود دامی و کود نیتروژن بر درصد فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن در سطح آماری یک درصد بر صفت درصد فسفر اثر معنی‌داری دارا بود (جدول ۴). اثر ساده مصرف کود میکوریزا نسبت به عدم مصرف کود باعث افزایش ۰/۲ درصد فسفر شد (شکل ۱۰).

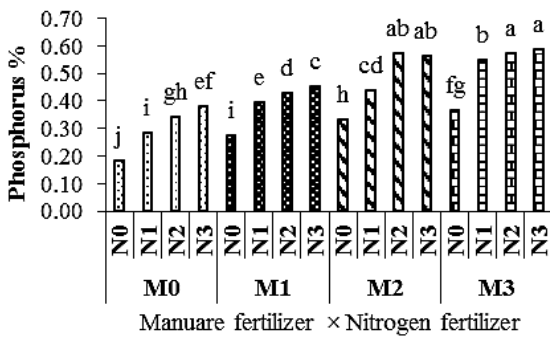


Figure 11. Mean Comparison of treatments for different levels of Manure and Nitrogen fertilizer on the percentage of phosphorus

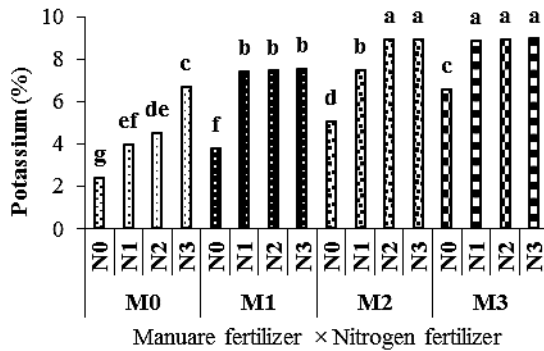


Figure 12. Mean Comparison of treatments for different levels of Manure and Nitrogen fertilizer on the percentage of potassium

### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر کاربرد کود زیستی مایکوریزا تنها بر میزان فسفر مؤثر بود و بر سایر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به چندساله بودن گیاه کاکتوس توصیه می‌شود که مطالعه در خصوص کاربرد قارچ‌های مایکوریزا و روند تغییرات کمی و کیفی این گیاه در آزمایش‌های تکمیلی چندساله و طولانی‌مدت، مورد بررسی بیشتر قرار بگیرد. بهترین نتیجه عملکرد علوفه خشک (۶/۷) تن در هکتار) در تیمار استفاده تلفیقی از ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۳۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد، سپس تیمارهای استفاده تلفیقی از ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۲۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۵۶) تن در هکتار)، استفاده تلفیقی از ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + ۲۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۵۴) تن در هکتار) و استفاده تلفیقی از ۲۰۰ کیلوگرم کود

ترکیبات تیماری  $M_2N_3$ ،  $M_2N_2$  و  $M_3N_2$  به ترتیب دارای بیش‌ترین درصد کلسیم با میانگین ۰/۵۷، ۰/۵۷ و ۰/۵۶ تن در هکتار را دارا بودند و تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) کم‌ترین درصد فسفر با میانگین ۰/۱۹ درصد را حاصل کرد (شکل ۱۱). کود دامی دارای خواص فیزیکی و شیمیایی خاصی (هوادهی خاک و کاهش قطع آب) و همچنین از طریق آزادسازی مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به صورت تدریجی در طول دوره رشد گیاه، ممکن است بر رشد و نمو کاکتوس تأثیر مثبت بگذارد (Naorem et al., 2022).

### درصد پتاسیم

جدول تجزیه واریانس صفت درصد پتاسیم نشان داد که اثرات ساده کود دامی و کود نیتروژن بر درصد پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. همچنین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن نیز در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد کود دامی توأم با نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین درصد پتاسیم ترکیبات تیماری  $(M_3N_3)$  با میانگین ۸/۹۵ درصد دارا بود و سایر ترکیبات تیماری  $M_3N_2$ ،  $M_2N_2$  و  $M_2N_3$  به ترتیب دارای بیش‌ترین درصد پتاسیم با میانگین ۸/۹۴، ۸/۹۳ و ۸/۹۲ را دارا بودند و تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) کم‌ترین درصد پتاسیم با میانگین ۲/۳۹ درصد را نشان داد (شکل ۱۲). کودها یکی از روش‌های مدیریتی و ضروری عوامل افزایش دهنده تولیدات گیاهی است که به عنوان منبع مواد مغذی گیاهی به خاک اضافه می‌گردد که سبب تقویت رشد و نمو گیاهان از نظر کمی و کیفی می‌شود (Kwon et al., 2019). افزایش جذب عنصر پتاسیم رابطه‌ی مستقیمی با جذب سایر عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر دارد که با استفاده از کودهای دامی موجب بهبود فراهمی و جذب نیتروژن و فسفر می‌گردد که به دنبال آن جذب، انتقال و ذخیره پتاسیم در بخش‌های مختلف گیاه افزایش خواهد یافت (Kumleh et al., 2022). تأثیر مثبت کاربرد کودهای نیتروژنه و کودهای دامی بر درصد پتاسیم و بهبود مقدار آن در کاکتوس توسط محققان تأیید شده است (Amro et al., 2021; Naorem et al., 2022).

باشد، بنابراین توصیه به کاربرد تلفیقی کود دامی و شیمیایی در جهت توسعه و بهبود رشد این گیاه علوفه‌ای مفید می‌شود.

### سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه لرستان که هزینه‌های اجرای این پایان‌نامه را تأمین نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نیتروژنه + ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۵۲ تن در هکتار) به‌دست آمد که با توجه به اینکه تفاوت معنی‌داری بین نتایج صفات این تیمارها مشاهده نگردید تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی+۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن که از نظر اقتصادی به‌صرفه‌تر و از جنبه زیست‌محیطی پایدارتر به‌نظر می‌رسد، توصیه می‌گردد. در نهایت، به‌نظر می‌رسد مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی می‌تواند در بهبود کیفیت علوفه و جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد کاکتوس علوفه‌ای مؤثر

### References

- Amro, S., Salama, M., Sahar, A., Farid, A., Osama, H., & El Gammal, M. (2021). Effect of nitrogen and potassium fertilization rates on vegetative growth and cladodes nutrients content of cactus pear. *Current Science International*, 10(4), 585-598.
- Bedaso, N.H., Bezabih, M., Zewdu Kelkay, T., Adie, A., Khan, N.A., Jones, C.S., & Woldemeskel, E. (2022). Effect of fertilizer inputs on productivity and herbage quality of native pasture in degraded tropical grasslands. *Agronomy Journal*, 114(1), 216-227.
- Carneiro da Silva, J.L., Costa Batista, M., de Oliveira Santos, J.P., de Almeida Cartaxo, P.H., Eraldo Souza Araújo, J.R., Barbosa da Silva, J.H., & Duarte Pereira, D. (2022). Performance of forage cactus submitted to different levels of irrigation and organic fertilization in the semi-arid region of Paraíba. *Colloquium Agrariae*, 18(1), 35-45.
- Carr, P.M., Cavigelli, M.A., Darby, H., Delate, K., Eberly, J.O., Fryer, H.K., Gramig, G.G., Heckman, J.R., Mallory, E.B., Reeve, J.R., & Silva, E.M. (2020). Green and animal manure use in organic field crop systems. *Agronomy Journal*, 112(2), 648-674.
- Chen, X., Yilinuer, A., Ma, X., Wang, H., & Maigepiretiguli, D. (2023). Mycorrhizal fungal colonization promotes apparent growth and physiology of *Alhagi sparsifolia* seedlings under salt or drought stress at vulnerable developmental stage. *Plant Growth Regulation*, 1-12.
- Cunha, D.D.N.F.V.D., Gomes, E.D.S., Martuscello, J.A., Amorim, P.L.D., Silva, R.C., & Ferreira, P.S. (2012). Morphometric and biomass accumulation in small forage cactus grow under nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13, 1156-1165.
- Do Nascimento Souza, A.F., Leal de Araújo, G.G., Santos, E.M., Sergio de Azevedo, P., Silva de Oliveira, J., Perazzo, A.F., Martins Araujo Pinho, R., & De Moura Zanine, A. (2020). Carcass traits and meat quality of lambs fed with cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) silage and subjected to an intermittent water supply. *PLoS ONE*, 15(4), e0231191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231191>
- Gardezi, A.K., Berber, S.R.M., Magdaleno, H.F., Flores-Gallardo, H., de la Cruz, M.F.S., Buenfil, J.A.L., Escobar, H.M.O., Martinez, H.G., Maurice, M.J.E., Maldonado, N.M., & Saavedra, M.U.L. (2022). Effect of endomycorrhiza (*Glomus intrarradices*) and organic matter on the growth of cactus pear (*Opuntia albicarpa*) in two soil types. *Nova Scientia*, 14(29).
- Kumar, S., Louhaichi, M., Dana Ram, P., Tirumala, K.K., Ahmad, S., Rai, A.K., Sarker, A., Hassan, S., Liguori, G., Probir Kumar, G., & Govindasamy, P. (2021). Cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) productivity, proximal composition and soil parameters as affected by planting time and agronomic management in a semi-arid region of India. *Agronomy*, 11(8), 1647.

- Kumleh, A.S.H., Seyedi, S.R., & Foroughi, M. (2022). Effects of Manure Application on Nutrient Uptake in Two Rice Varieties and Some Post-harvest Soil Chemical Properties. *Journal of Land Management (Soil and Water sci.)*, 10(2), 235-258. [In Persian]
- Kwon, S.J., Kim, H.R., Roy, S.K., Kim, H.J., Boo, H.O., Woo, S.H., & Kim, H.H. (2019). Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on growth characteristics of two species of bellflower (*Platycodon grandiflorum*). *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 22, 481-487.
- Ledo, A.A., Donato, S.L., Aspiazu, I., Silva, J.A.D., Donato, P.E., & Carvalho, A.J.D. (2019). Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, 413-418.
- Leite, J.R.A., Sales, E.C.J.D., Moncao, F.P., Guimaraes, A.D.S., Rigueira, J.P.S., & Gomes, V.M. (2018). Nopalea cactus pear fertilized with nitrogen: morphometric, productive and nutritional characteristics. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 40(1), e38325.
- Lopes, M.N., Cândido, M.J.D., Gomes, G.M.F., Maranhão, T.D., Gomes, E.D.C., Soares, I., Pompeu, R.C.F.F., & Silva, R.G.D. (2021). Forage biomass and water storage of cactus pear under different managements in semi-arid conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50.
- Lopes, M.N., Cândido, M.J.D., Silveira, W.M., Maranhão, T.D., Soares, I., Pompeu, R.C.F.F., Silva, R.G.D., & Carneiro, M.S.D.S. (2018). Accumulation and export of nutrients in cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*) under different managements in the Brazilian Semiarid. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47.
- Mazwi, Q., Coetzer, G.M., Fouche, H.J., & Ceronio, G.M. (2022). The role of nitrogen fertilizer on A MoradoA cactus pear as a potential fodder crop. *International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus the New Green Revolution in Drylands*, 1343, 87-96.
- Mohammadi, H., Heidari, Gh., & Sohrabi, Y. (2020). The Effects of biological and chemical nitrogen fertilizers and iron micronutrient on forage quality and yield of maize (*Zea mays* L.). *Plant Productions*, 43(2), 185-198. [In Persian]
- Naorem, A., Patel, S., Hassan, S., Louhaichi, M., & Sarker, A. (2022). September. Response of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) to boron and farmyard manure application under arid soils conditions in Kutch, Gujarat. In *X International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus the New Green Revolution in Drylands*, 1343, 187-196.
- Nkoi, V., Wit, M.D., Fouche, H., Coetzer, G., & Hugo, A. (2021). The Effect of Nitrogen Fertilization on the Yield, Quality and Fatty Acid Composition of *Opuntia ficus-indica* Seed Oil. *Sustainability*, 13, 10123. <https://doi.org/10.3390/su131810123>.
- Nurollahi, H., Salahjo, A.A., Karimi, A.H., Safdarian, M., & Hashemi, M. (2016). The effects of different levels of fodder cactus (*Opuntia ficus-indica*) in the diet on fattening performance and carcass characteristics of Turkish Qashqai male lambs of Fars. *Animal Science Science and Research Journal*, 21, 77-86. [In Persian]
- Ortas, I. (2008). The effect of mycorrhizal inoculation on forage and non-forage plant growth and nutrient uptake under field conditions. *Options Mediterraneennes. Sustainable Mediterranean Grasslands and their Multi-functions. CIHEAM, Zaragoza*, 463-469.
- Saraiva, F.M., Dubeux Jr, J.C.B., Cunha, M.V.D., Menezes, R.S.C., Santos, M.V.F.D., Camelo, D., & Ferraz, I. (2021). Manure Source and Cropping System Affect Nutrient Uptake by Cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). *Agronomy*, 11(8), 1512.
- Shahbazi, K., & Yousefi, B. (2022). Investigating the planting of fodder cactus (*Opuntia ficus indica* L.) in reviving and improving degraded tropical pastures (case study: Qasrshirin pastures in Kermanshah province). *Iranian Journal of Natural Resources*, 74(3), 583-571. [In Persian]

- Shamsaddin Saied, M., & Pourghasemian, N. (2022). Investigation of the growth and physiological reactions of kochia plant to simultaneous stress of salinity and cadmium. *Plant Productions*, 44(4), 459-474. [In Persian]
- Silva, N.G.D.M.E., Santos, M.V.F.D., Dubeux Junior, J.C.B., Cunha, M.V.D., Lira, M.D.A., & Ferraz, I. (2016). Effects of planting density and organic fertilization doses on productive efficiency of cactus pear. *Revista Caatinga*, 29, 976-983.
- Tavera-Cortes, M.E., Escamilla-Garcia, P.E., & Perez-Soto, F. (2018). Impacts on productivity through sustainable fertilization of nopal (*Opuntia ficus-indica*) crops using organic compost. *Journal of Agricultural Science*, 10(4), 297.
- Thakuria, A., Datt, C., Shambhvi, K., Gajender, D., Thamizhan, P., & Yadav, R.K. (2020). Edible spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*): A promising alternative forage source for livestock. *Indian Journal of Dairy Science*, 73(3), 185-191.
- Vazquez Mendoza, P., Sousa, T.C.D., Santos, M.V.F.D., Vazquez Mendoza, O.V., Batista Dubeux Junior, J.C., & Lira, M.D.A. (2019). Organic matter fertilization improves morphological variables in *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck cv. Miuda grown as forage in Pernambuco, Brazil. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3), 756-766.
- Zegbe, J.A., Serna-Perez, A., & Mena-Covarrubias, J. (2014). Mineral nutrition enhances yield and affects fruit quality of 'Cristalina' cactus pear. *Scientia Horticulturae*, 167, 63-70.