

Investigating the effects of six types of nitrogen fertilizers on growth, and the content of chlorophyll, protein, phosphorus, and potassium in the ornamental-medical plant *Euphorbia tirucalli* L. under pot culture conditions

Athara Zabihi¹, Aryan Sateei^{2*}, Maziar Ahmadi Golsafidi³, Mehdi Ebadi⁴

¹Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: atharehzabihi@gmail.com

²Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: arian.sateei@iau.ac.ir

³Department of Chemistry, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran,

Email: Ma.ahmadigolseidi@iau.ac.ir

⁴Department of Chemistry, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: mehdi_ebadi@iau.ac.ir

Article type:

Research article

Abstract

The present study investigates the effect of nitrogen fertilizers on growth indices, chlorophyll content, protein of the aerial parts, and the amount of potassium and phosphorus in the roots and aerial parts of *Euphorbia tirucalli*. Plants obtained from seven-month cuttings, spent four months in soil without fertilizer (control) or in twelve treatments including biofertilizer containing *Azotobacter crococom*, urea fertilizer and four common types of NPK fertilizer in two concentrations of 2 and 4 g / l in complete randomized blocks in the greenhouse of the Islamic Azad University of Gorgan from the beginning of March 2019. The growth indices including the dry and fresh weight of the plant, roots and shoots as well as the ratio of fresh and dry weight of the root to the plant have been studied. The results of the present study showed that, contrary to expectations, chemical fertilizers, especially urea, mostly reduced the growth indices and especially the growth of the root system. Biofertilizers also did not improve growth indices compared to the control. Also, the use of these fertilizers did not increase the protein content of the aerial parts. Despite the increase in root potassium in some treatments or the increase in phosphorus transfer from root to shoot in most treatments, the correlation study showed that changes in root potassium or shoot phosphorus content were not correlated with growth changes. However, an increase in shoot phosphorus showed a significant positive or negative correlation with shoot chlorophyll a and b content, respectively. Changes in chlorophyll content also had a negative correlation with root system development. The need to reconsider the cost of nitrogen fertilizer for this plant is a practical result of the present work.

Article history

Received: 12.08.2021

Revised: 16.12.2021

Accepted: 09.01.2022

Published: 21.06.2024

Keywords

Azotobacter
Chlorophyll
Nitrogen Fertilizer
Phosphorus
Potassium
Protein
Urea

Cite this article as Zabihi, A., Satei, A., Ahmadi Golsafidi, M., Ebadi, M. (2023). Investigating the effects of six types of nitrogen fertilizers on growth, and the content of chlorophyll, protein, phosphorus, and potassium in the ornamental-medical plant *Euphorbia tirucalli* L. under pot culture conditions. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(2): 151-167.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

Doi: <https://doi.org/10.71890/iper.2024.1206237>

بررسی تاثیرات شش نوع کود نیتروژن دار بر رشد، محتوای کلروفیلی، پروتئین، فسفر و پتاسیم در افوربیا تیروکالی *Euphorbia tirucalli* L. تحت شرایط کشت گلدانی

اطهره ذبیحی^۱، آرین ساطعی^{۲*}، مازیار احمدی گل سفیدی^۳، مهدی عبادی^۴

^۱ گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، رایانامه: atharehazabihi@gmail.com

^۲ گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، رایانامه: Aryan.Sateei@iau.ac.ir

^۳ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، رایانامه: Ma.ahmadigolseidi@iau.ac.ir

^۴ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، رایانامه: mehdi_ebadi@iau.ac.ir

نوع مقاله:

چکیده

مقاله پژوهشی

مطالعه حاضر به بررسی اثر انواع کود نیتروژن بر شاخص های رشد، محتوای کلروفیلی، پروتئین بخش هوایی و میزان دو عنصر پتاسیم و فسفر در ریشه و اندام هوایی گیاه افوربیا تیروکالی می پردازد. گیاهان حاصل از قلمه های هفت ماهه، یک دوره چهارماهه را در خاک بدون کود (شاهد) و یا در دوازده تیمار شامل کود زیستی حاوی آزتوباکتر کروکوکوم، کود اوره و چهار نوع از انواع رایج کود NPK در دو غلظت ۲ و ۴ گرم بر لیتر و در بلوک های کامل تصادفی را در شرایط گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی گرگان از ابتدای اسفند ۱۳۹۷ گذراندند. شاخص های رشد مورد بررسی شامل وزن خشک و تر گیاه، ریشه و اندام هوایی و نیز نسبت وزن تر و خشک ریشه به گیاه بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بر خلاف انتظار، کودهای شیمیایی به ویژه اوره، اکثراً باعث کاهش شاخص های رشد و به خصوص کاهش رشد سیستم ریشه ای شدند. کود زیستی نیز باعث بهبود شاخص های رشد در مقایسه با شاهد نشد. همچنین به کارگیری این کودها منجر به افزایش محتوای پروتئین بخش هوایی نگردید. به رغم افزایش پتاسیم ریشه در برخی تیمارها و یا افزایش انتقال فسفر از ریشه به اندام هوایی در اکثر تیمارها، مطالعه همبستگی ها نشان داد که تغییرات محتوای پتاسیم ریشه و یا فسفر اندام هوایی با تغییرات رشد همبستگی نداشته است. با این حال افزایش فسفر اندام هوایی همبستگی معنی دار مثبت و یا منفی را به ترتیب با محتوای کلروفیل a و b اندام هوایی نشان داد. همچنین تغییرات محتوای کلروفیل، همبستگی منفی با توسعه سیستم ریشه ای داشته است. لزوم بازنگری در صرف هزینه کود نیتروژن برای این گیاه، نتیجه کاربردی کار حاضر است.

واژه های کلیدی:

ازتوباکتر
اوره
پتاسیم
پروتئین
فسفر
کلروفیل
کود نیتروژن

استناد: ذبیحی، اطهره؛ ساطعی، آرین؛ احمدی گل سفیدی، مازیار؛ عبادی، مهدی. (۱۴۰۳). بررسی تاثیرات شش نوع کود نیتروژن دار بر رشد، محتوای کلروفیلی، پروتئین، فسفر و پتاسیم در افوربیا تیروکالی *Euphorbia tirucalli* L. تحت شرایط کشت گلدانی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۹(۲)، ۱۶۷-۱۵۱.

Doi: <https://doi.org/10.71890/iper.2024.1206237>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسنده گان.



مقدمه

گونه افوربیا تیروکالی یکی از شناخته شده ترین گیاهان بیابانی و زینتی می باشد (Priya and Rao, 2011). مطالعات مختلفی در مورد عوامل موثر بر رشد و نمو آن انجام شده است (Jyothi et al., 2008; Avelar et al., 2011; Yusoff et al., 2017). نقش آن در درمان بیماری ها و پزشکی سنتی نیز موضوع برخی از پژوهش ها بوده است (Gopalakrishnan and Inbathamizh and Padmini, 2012; Vadivel, 2011; Sugumar et al., 2010).

مواد آلی به علت اثرات سازنده ای که بر خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک خاک دارند به عنوان یکی از ارکان تغذیه گیاه و باروری خاک شناخته شده اند. کودهای آلی علاوه بر نقش تغذیه ای، در بهبود کیفیت محصولات، خواص فیزیکی و افزایش فعالیت بیولوژیک خاک تأثیر معنی داری دارند. استفاده از کمپوست و کودهای دامی به افزایش ماده آلی، عناصر معدنی، بهبود ساختمان خاک و رشد و نمو گیاه منتهی می شود (Mohammadi et al., 2011). نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می باشد و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد. به طوری که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد را محدود می کند. نیتروژن با اثر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می شود. افزایش نیتروژن خاک سبب افزایش شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور و رشد گیاه می گردد (Dehghani Tafti et al., 2014). نیتروژن اصلی ترین عامل محدود کننده تولیدات زراعی است و به همین علت نیز به صورت کودهای شیمیایی در سطح وسیع مورد استفاده قرار می گیرد. بهبود کارایی مصرف نیتروژن یک استراتژی کلیدی جهت پیشرفت سیستم های کشاورزی پایدار است که منجر به رسیدن

به حداکثر عملکرد در ازای مصرف حداقل نهاده ها و هدررفت نیتروژن می شود (Hosseini et al., 2013). نیتروژن عنصری پویا بوده و زمان مصرف آن ممکن است برای استفاده بهینه گیاه بحرانی باشد. همچنین این عنصر از اجزای تشکیل دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم هاست و نقش عمده ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارا می باشد (Mozaffari and Khaleghi, 2017).

مطالعات زیادی بر روی کاربرد کود نیتروژن در شکل های مختلف بر ویژگی های گیاهان مختلف انجام شده است. برای مثال، Khandan Mirkouhi و همکاران (۲۰۱۴) اعلام کردند که کاهش سطح نیتروژن تا ۱/۵ میلی مولار کیفیت گیاه شمع دانی را به صورت منفی تحت تأثیر قرار نداد، درحالی که کاهش شدید نیتروژن تا یک میلی مولار، به کاهش معنادار وزن تر و خشک شاخه و ریشه، تعداد گل آذین، محتوای کلروفیل برگ، تعداد برگ، طول شاخه جانبی و همچنین افزایش طول دم گل انجامید. همچنین تأثیر مثبت نیتروژن در برنج (Esfahani et al., 2005)، آزالیا (Mahboub Khomami, 2006)، ذرت علوفه ای (Sajedi and Adrdakani, 2008)، گیاه دارویی خرفه (Soltaninezhad et al., 2013)، ذرت (Mohammadi et al., 2015)، گندم (Ahmadinezhad et al., 2013; Khamadi et al., 2015) و اسفناج (Goodarzi et al., 2020) گزارش شده است. با این حال، علی رغم مطالعات گسترده در سطح جهان بر روی تأثیرات کودهای نیتروژن بر روی گیاهان زراعی، مطالعه این تأثیرات بر روی گیاهان زینتی با خاستگاه بیابانی چه در ایران و چه در جهان چندان کانون توجه نبوده است. این گیاه غیر بومی در ایران از نظر تجارت گیاهان زینتی مورد توجه است و کشت آن در گلخانه ها در حال گسترش می باشد. علی رغم استفاده

سانتیگراد در ماههای سرد و دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه را در ماههای گرم با رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد و دوره‌های نوری طبیعی گذراندند.

همچنین قابل توجه است که خاک مورد استفاده برای شاهد و تیمارها با عنایت به مشخصات مندرج در بسته بندیهای مورد استفاده فاقد عناصر آزاد گوگرد و فسفر است. منشاء کوکوپیت و پیت ماس الیاف گیاهان نارگیل و خزه است که به طور عمده همراه پرلیت به عنوان بستر آلی و جاذب آب برای مرطوب نگهداشتن و کمک به ریشه زایی به کار میروند. پرلیت نیز حدود ۷۵ درصد سیلیس و مابقی مخلوطی از اکسیدهای فلزی است که قابلیت تبادل یونی ناچیزی دارند.

تیمارها:

کودهای به کار رفته در این آزمایشات عبارت بودند از:

۱- کود زیستی با نام تجاری دکتر بیو (Bio) واجد آزتوباکتر کروکوکوم (با میانگین تقریبی ۱۰۰ میلیون باکتری در هر گرم کود) ۲- کود اوره ۳- کود $N_{10}P_{52}K_{10}$ ۴- کود $N_3K_0P_{52}$ ۵- کود $N_{20}P_8K_{10}$ ۶- کود $N_{20}P_{20}K_{20}$. این کودها هر یک در دو غلظت، شامل ۲ گرم بر لیتر (C2) و ۴ گرم بر لیتر (C4) در هر نوبت آبیاری اعمال شدند. اندیس‌هایی که در توصیف هر کود استفاده می‌شود نسبت‌های وزنی هریک از عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در کود مورد استفاده نشان می‌دهد. به این ترتیب ۱۲ تیمار و یک شاهد (آبیاری با آب معمولی) در بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار برای این آزمایشات لحاظ گردید. بعد از ۴ ماه کوددهی برداشت گیاهان جهت سنجش‌ها انجام شد.

سنجش پارامترهای رشد: پارامترهای رشد شامل وزن تر و خشک گیاه، ریشه و اندام هوایی و همچنین نسبت وزن تر ریشه به وزن تر گیاه و نسبت وزن

از کودهای نیتروژن دار در گلخانه‌های پرورش گیاهان زینتی، تأثیر افزودن کود نیتروژن و غنی سازی خاک برای این گونه نیز تاکنون مورد بررسی علمی قرار نگرفته است. لذا هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر افزودن غلظت‌های مختلف کودهای نیتروژن دار بر شاخص‌های رشد، محتوای پروتئین، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار دو عنصر پتاسیم و فسفر در این گیاه می باشد.

مواد و روش‌ها

کاشت و آبیاری گیاهان: در ابتدای مرداد ۱۳۹۷، گیاهان پنج ساله افوریا تیروکالی موجود در شهرک گلخانه ای فرهیختگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان برای قلمه گیری مورد استفاده قرار گرفتند.

قلمه‌هایی به طول تقریبی ده سانتی‌متر از سرشاخه‌های پایه‌های مادری تهیه و به مدت ۱۰ روز داخل روزنامه در جایی تاریک در گلخانه قرار داده شدند. بعد از بسته شدن انتهای قلمه‌ها، مرحله کاشت آنها داخل خاک گلدان شماره ۱۰ (قطر دهانه گلدان حدود ده سانتی‌متر است) انجام شد. به مدت ۷ ماه هر ۱۵ روز یکبار به مقدار ۴۰ میلی‌لیتر آبیاری هر گلدان انجام شد تا ریشه زایی قلمه‌ها و رشد نسبی گیاهان صورت گیرد. برای اطمینان از ریشه زایی، قلمه‌هایی در پایان هر ماه به‌طور تصادفی از خاک خارج و انتهای آنها مورد مطالعه قرار می‌گرفت. ریشه زایی در حدود چهار تا پنج ماه کامل شد ولی اعمال تیمار پس از هفت ماه و از ابتدای اسفند ۱۳۹۷ آغاز گردید. تیماردهی به مدت ۴ ماه همراه با آبیاری به صورت هفتگی انجام شد. خاک مورد استفاده مخلوط کوکوپیت و پیت ماس و پرلیت با نسبت برابر بود. بدین ترتیب کل دوره کشت گیاه حدود ۱۱ ماه از ابتدای مرداد ۱۳۹۷ بوده و گیاهان در طول این مدت شرایط درون گلخانه ای را در دمای ۲۳ تا ۲۷ درجه

خشک ریشه به وزن خشک گیاه اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن خشک، نمونه گیاهی شامل بخش هوایی یا ریشه ابتدا در ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون الکتریکی خشک و پس از آن توسط ترازوی دیجیتال توزین شد.

سنجش محتوای کلروفیلی: براساس روش Lichtenthaler و Buschmann (۲۰۰۱) ابتدا جهت استخراج کامل کلروفیلها از ۰/۵ گرم بخش هوایی، در چند نوبت ساییدن نمونه در استن صد درصد تا بی رنگ شدن آنها صورت گرفت. پس از صاف کردن عصاره استنی با کاغذ واتمن شماره ۱، حجم عصاره به کمک استن به ۲۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس بلافاصله جذب نوری عصاره با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل BRITE در طول موج‌های ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ تعیین گردید. پس از تعیین غلظت کلروفیل‌های a و b (Ca و Cb) از رابطه‌های زیر بر حسب میکروگرم بر میلی لیتر، با توجه به حجم عصاره استنی و وزن نمونه، مقدار کلروفیل در هر گرم نمونه تعیین شد. همچنین مقدار کلروفیل کل از حاصل جمع مقادیر دو نوع کلروفیل a و b به دست آمد:

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= 12.25 \text{ A663.2} - 2.79 \text{ A646.8} \\ \text{Cb} &= 21.50 \text{ A646.8} - 5.10 \text{ A663.2} \end{aligned}$$

سنجش محتوای پروتئین: برای سنجش مقدار کلی پروتئینهای اندام هوایی از روش Bradford (۱۹۷۶) استفاده شد. پس از تهیه عصاره صاف شده از نمونه در بافر تریس، جهت تعیین مقدار پروتئین، در یک لوله مقدار ۱۰۰ میکرولیتر نمونه و ۹۰۰ میکرولیتر آب مقطر ریخته و پس از مخلوط کردن محتویات لوله، ۵ میلی لیتر از معرف برادفورد به آن اضافه شد. پس از ۵ دقیقه، جذب نوری نمونه در طول موج ۵۹۵ نانومتر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل BRITE قرائت گردید. سپس با استفاده از نمودار استاندارد آلومین

گاوی، غلظت پروتئین نمونه مجهول به دست آمد. مقدار پروتئین با توجه به وزن نمونه و حجم عصاره اولیه به صورت میلی گرم معادل آلومین گاوی در هر گرم اندام هوایی محاسبه گردید.

سنجش محتوای فسفر: ابتدا هضم ۰/۱ گرم نمونه ریشه یا بخش هوایی خشک شده به کمک ۱۰ میلی لیتر محلول ۹ به ۱ حجمی اسید نیتریک-اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه سانتیگراد) انجام گرفت. سپس مراحل تنظیم اسیدیته به کمک آمونیاک و اسید نیتریک طی شد و در نهایت پس از تشکیل کمپلکس رنگی در مجاورت معرف فسفو مولیبدو و انادات، میزان جذب نوری در ۴۵۰ نانومتر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل BRITE تعیین گردید. برای تعیین غلظت فسفر، از محلول‌های دی‌هیدروژن فسفات پتاسیم برای تهیه محلول‌های استاندارد استفاده شد. سپس مقدار فسفر نسبت به هر گرم وزن خشک نمونه‌های مورد استفاده در تهیه عصاره تعیین گردید (Page et al., 1987).

سنجش میزان پتاسیم: از عصاره‌های اسیدی به کار رفته برای سنجش فسفر، برای تعیین غلظت، پتاسیم استفاده شد. پس از رقیق سازی عصاره‌های اسیدی با آب مقطر، به کمک دستگاه اسپکتروسکپی جذب اتمی مدل Trace 1800-Arora و با توجه به معادلات نمودار استاندارد حاصل از غلظت‌های معلوم از کلرور پتاسیم و لحاظ ضرائب رقت، تعیین غلظت محلول‌ها میسر گردید. سپس میزان این عنصر در هر گرم نمونه با عنایت به حجم هر عصاره اسیدی و وزن خشک نمونه‌های مورد استفاده در تهیه آن محاسبه گردید.

ملاحظات آماری: طرح بر اساس بلوک‌های کاملاً تصادفی و لحاظ چهار تکرار برای هر تیمار و هر سنجش انجام گرفت. بررسی معنی دار بودن اثرات تیماری با استفاده از آزمون واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) و تحقیق اختلافات بین تیمارها با به

کارگیری آزمون توکی (Tukey) در سطح ۰/۰۵ انجام شد. بررسی همبستگی ها با در نظر گرفتن آزمون همبستگی پیرسون (Pearson correlation coefficient) از طریق برنامه آماری SPSS (ویرایش ۲۳) صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با کمک نرم افزار (Microsoft Office, 2016) Excel انجام شد.

جدول ۱، نتایج مربوط به آزمون ANOVA مربوط به هر سنجش به منظور تحلیل اثرات کلی تیمار را نشان می دهد. همانطور که می توان در این جدول مشاهده نمود، اثرات کلی همه سنجش ها، به جز محتوای فسفر ریشه، در سطح ۰/۰۵ معنی دار می باشد.

نتایج

جدول ۱: نتایج آزمون آنالیز واریانس مربوط به هر سنجش برای تحلیل اثرات کلی تیمار. ضریب معنی داری کمتر از ۰/۰۵ نشانگر معنی دار بودن اثر تیماری است.

معنی داری	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات		
۰/۰۱۵	۲/۵۰۲	۱۴۷/۸۱۰	۱۲	۱۷۷۳/۷۱۷	بین گروه ها	پروتئین
		۵۹/۰۸۵	۳۹	۲۳۰۴/۲۹۶	درون گروه ها	
			۵۱	۴۰۷۸/۰۱۴	مجموع	
۰/۰۰۰	۴/۹۴۶	۷۹۹/۰۷۹	۱۲	۹۵۸۸/۹۴۳	بین گروه ها	وزن تر گیاه
		۱۶۱/۵۶۵	۳۹	۶۳۰۱/۰۴۵	درون گروه ها	
			۵۱	۱۵۸۸۹/۹۸۸	مجموع	
۰/۰۰۰	۴/۴۹۶	۱۸/۸۰۸	۱۲	۲۲۵/۶۹۸	بین گروه ها	وزن خشک گیاه
		۴/۱۸۳	۳۹	۱۶۳/۱۴۸	درون گروه ها	
			۵۱	۳۸۸/۸۴۷	مجموع	
۰/۰۰۰	۹/۸۳۸	۱۲/۰۱۲	۱۲	۱۴۴/۱۵۰	بین گروه ها	وزن تر ریشه
		۱/۲۲۱	۳۹	۴۷/۶۱۸	درون گروه ها	
			۵۱	۱۹۱/۷۶۸	مجموع	
۰/۰۰۰	۵/۷۴۲	۱/۱۵۴	۱۲	۱۳/۸۴۷	بین گروه ها	وزن خشک ریشه
		۰/۲۰۱	۳۹	۷/۸۳۸	درون گروه ها	
			۵۱	۲۱/۶۸۵	مجموع	
۰/۰۰۰	۴/۳۹۵	۶۴۵/۶۳۱	۱۲	۷۷۴۷/۵۷۰	بین گروه ها	وزن تر اندام هوایی
		۱۴۶/۸۹۹	۳۹	۵۷۲۹/۰۶۶	درون گروه ها	
			۵۱	۱۳۴۷۶/۶۳۷	مجموع	
۰/۰۰۱	۳/۷۳۳	۱۲/۰۰۳	۱۲	۱۴۴/۰۳۵	بین گروه ها	وزن خشک اندام هوایی
		۳/۲۱۵	۳۹	۱۲۵/۳۹۳	درون گروه ها	
			۵۱	۲۶۹/۴۲۸	مجموع	
۰/۰۱۷	۲/۴۶۹	۰/۰۰۹	۱۲	۰/۱۰۵	بین گروه ها	نسبت وزن تر ریشه به وزن تر گیاه
		۰/۰۰۴	۳۹	۰/۱۳۸	درون گروه ها	
			۵۱	۰/۲۴۲	مجموع	
۰/۰۰۰	۶/۷۵۵	۰/۰۱۴	۱۲	۰/۱۷۱	بین گروه ها	نسبت وزن خشک

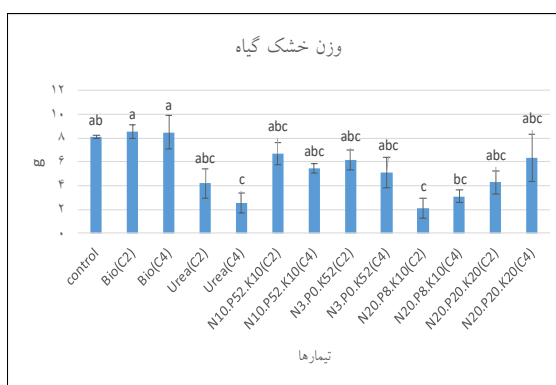
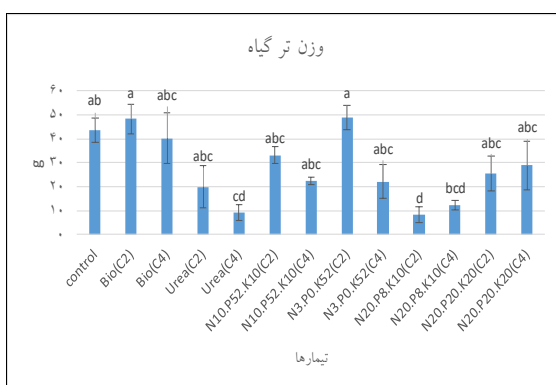
		۰/۰۰۲	۳۹	۰/۰۸۲	درون گروه‌ها	ریشه به وزن
			۵۱	۰/۲۵۴	مجموع	خشک گیاه
۰/۰۰۰	۵۷/۶۹۳	۱۵۷/۸۵۲	۱۲	۱۸۹۴/۲۲۵	بین گروه‌ها	پتاسیم ریشه
		۲/۷۳۶	۲۶	۷۱/۱۳۸	درون گروه‌ها	
			۳۸	۱۹۶۵/۳۶۲	مجموع	
۰/۳۲۲	۱/۲۲۰	۷۱/۷۹۲	۱۲	۸۶۱/۴۹۹	بین گروه‌ها	فسفر ریشه
		۵۸/۸۳۹	۲۶	۱۵۲۹/۸۱۷	درون گروه‌ها	
			۳۸	۲۳۹۱/۳۱۶	مجموع	
۰/۰۰۴	۳/۴۸۶	۰/۰۶۰	۱۲	۰/۷۲۱	بین گروه‌ها	پتاسیم اندام هوایی
		۰/۰۱۷	۲۶	۰/۴۴۸	درون گروه‌ها	
			۳۸	۱/۱۶۹	مجموع	
۰/۰۰۲	۳/۹۶۵	۰/۰۳۵	۱۲	۰/۴۱۷	بین گروه‌ها	فسفر اندام هوایی
		۰/۰۰۹	۲۶	۰/۲۲۸	درون گروه‌ها	
			۳۸	۰/۶۴۵	مجموع	
۰/۰۰۰	۱۷/۳۱۹	۱/۸۲۸	۱۲	۲۱/۹۴۱	بین گروه‌ها	کلروفیل a
		۰/۱۰۶	۳۹	۴/۱۱۷	درون گروه‌ها	
			۵۱	۲۶/۰۵۹	مجموع	
۰/۰۰۰	۵/۸۹۹	۲/۳۹۹	۱۲	۲۸/۷۸۸	بین گروه‌ها	کلروفیل b
		۰/۴۰۷	۳۹	۱۵/۸۵۹	درون گروه‌ها	
			۵۱	۴۴/۶۴۸	مجموع	
۰/۰۰۰	۱۷/۵۵۴	۸/۰۷۴	۱۲	۹۶/۸۸۵	بین گروه‌ها	کلروفیل کل
		۰/۴۶۰	۳۹	۱۷/۹۳۷	درون گروه‌ها	
			۵۱	۱۱۴/۸۲۳	مجموع	

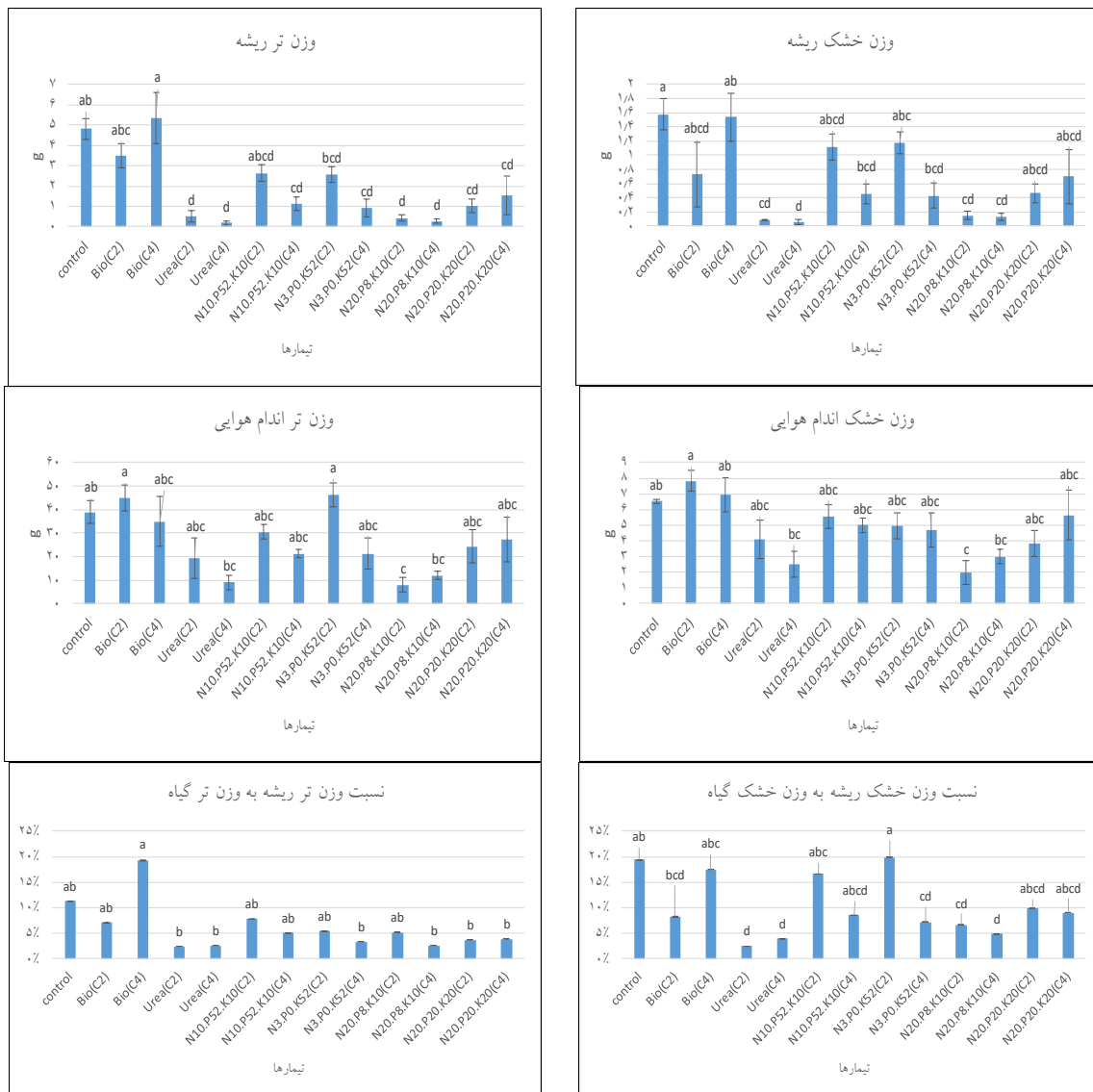
تأثیر انواع گود نیتروژنی بر روی وزن تر و خشک گیاه، ریشه و اندام هوایی و همچنین نسبت وزن خشک ریشه به گیاه و وزن تر ریشه به گیاه در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج تحقیق حاضر در مورد وزن تر گیاه نشان داد که بالاترین میزان این شاخص در تیمارهای کود زیستی دکتر Bio و $N_3P_0K_{52}$ در غلظت C2 (۲ گرم بر لیتر) مشاهده شد که اختلاف معنی داری با نمونه شاهد نداشت ($P \leq 0/05$). همچنین کمترین میزان وزن تر گیاه به ترتیب در تیمارهای $N_{20}P_8K_{10}$ (C2)، اوره در غلظت C4 (۴ گرم بر لیتر) و $N_{20}P_8K_{10}$ (C4) مشاهده شد که به طور معنی داری پایین تر از نمونه شاهد بودند. بالاترین

میزان وزن خشک گیاه در تیمار Bio در هر دو غلظت C2 و C4 (۲ و ۴ گرم بر لیتر) مشاهده نشد که اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر ($P \leq 0/05$)، به جز اوره در غلظت C4 و $N_{20}P_8K_{10}$ در هر دو غلظت C2 و C4 نداشت. همچنین پایین ترین میزان وزن خشک گیاه در تیمار (C2) $N_{20}P_8K_{10}$ مشاهده شد که اختلاف معنی داری با هیچ یک از تیمارهای آزمایش، به جز تیمار شاهد و Bio در هر دو غلظت C2 و C4 نداشت. استفاده از انواع کودهای نیتروژن باعث کاهش قابل ملاحظه ای در وزن تر ریشه در افوریا تیروکالی شد که به جز در مورد تیمار $N_{10}P_{52}K_{10}$ (C2) به طور معنی داری از نمونه شاهد پایین تر بود

اوره در غلظت C4 و N₂₀P₈K₁₀ در هر دو غلظت C2 و C4 اختلاف معنی داری نداشت. پایین ترین میزان وزن خشک اندام هوایی نیز در تیمار N₂₀P₈K₁₀ (C2) مشاهده شد که اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد و Bio و C4 در هر دو غلظت C2 و C4 داشت ولی با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری نداشت ($P \leq 0/05$). همچنین نتایج نشان داد که استفاده از انواع کودهای نیتروژنی در هر دو غلظت C2 و C4 باعث کاهش نسبت وزن تر ریشه به وزن تر گیاه شد که البته اختلاف معنی داری با تیمار شاهد و Bio (C2) نداشتند ولی با تیمار (C4) Bio اختلاف معنی داری داشتند ($P \leq 0/05$). از سوی دیگر استفاده از تیمار (C2) N₃P₀K₅₂ بالاترین نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک گیاه را داشت که اختلاف معنی داری با تیمار شاهد، Bio (C4) و N₁₀P₅₂K₁₀ (C2) نداشت ولی با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری را نشان داد ($P \leq 0/05$). همچنین پایین ترین نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک گیاه در تیمار اوره در غلظت C2 بود که به جز با تیمار شاهد، Bio (C4)، (C2) N₃P₀K₅₂ و N₁₀P₅₂K₁₀ با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری نداشت ($P \leq 0/05$).

($P \leq 0/05$). همچنین، بالاترین وزن تر ریشه در تیمار (C4) Bio مشاهده شد که اختلاف معنی داری با غلظت پایین تر خود و همچنین نمونه شاهد نداشت. روند تقریباً مشابهی در مورد وزن خشک ریشه نیز مشاهده شد به طوری که استفاده از انواع کود نیتروژنی باعث کاهش قابل ملاحظه در وزن خشک ریشه گردید که در بیشتر تیمارها اختلاف معنی داری با نمونه شاهد داشت ($P \leq 0/05$). باز هم بالاترین میزان وزن خشک ریشه در تیمارهای شاهد و Bio (C4) مشاهده شد که البته اختلاف معنی داری با یکدیگر و همچنین با تیمارهای (C2) Bio، (C2) N₁₀P₅₂K₁₀، (C2) N₃P₀K₅₂ و N₂₀P₂₀K₂₀ در هر دو غلظت C2 و C4 نداشتند. بالاترین وزن تر اندام هوایی در تیمار (C2) N₃P₀K₅₂ مشاهده که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارهای آزمایش به جز تیمارهای اوره در غلظت C4 و N₂₀P₈K₁₀ در هر دو غلظت C2 و C4 نداشت. پایین ترین وزن تر اندام هوایی هم در تیمار (C2) N₂₀P₈K₁₀ مشاهده شد که به جز تیمارهای شاهد، Bio (C2) و (C2) N₃P₀K₅₂ اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر نداشت ($P \leq 0/05$). بالاترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار Bio (C2) مشاهده شد که با هیچ یک از تیمارهای آزمایش به جز تیمارهای





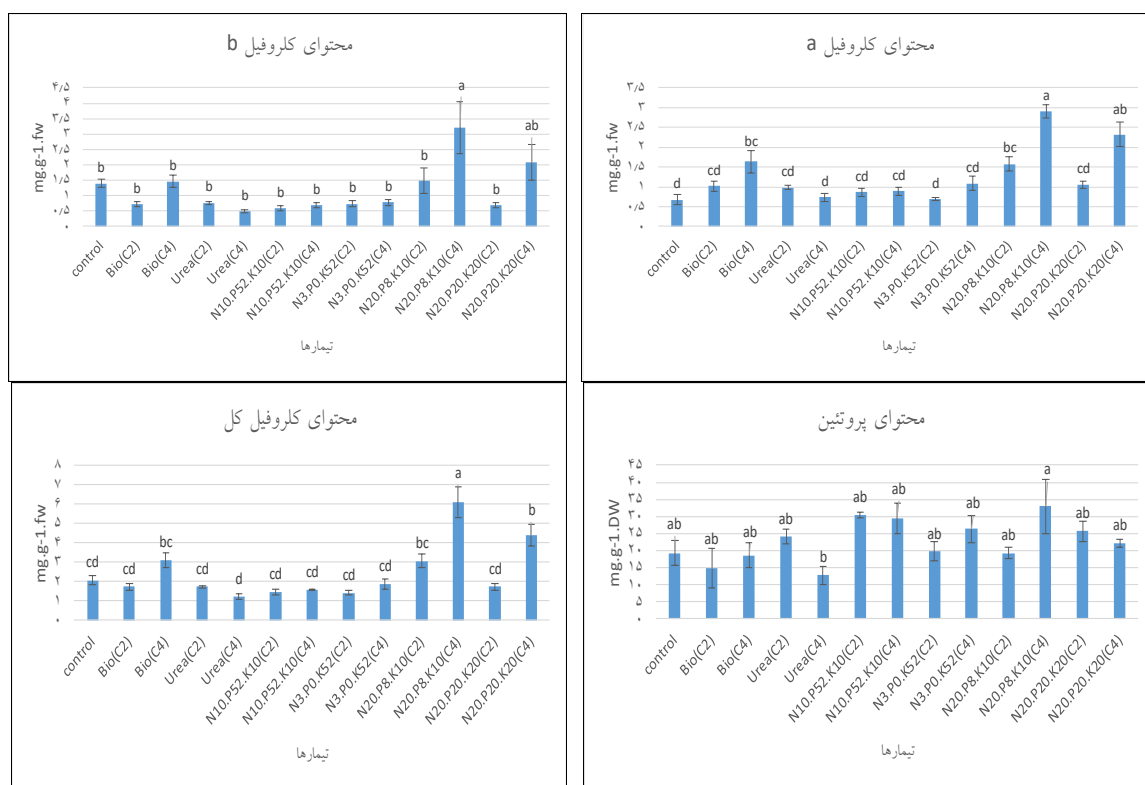
شکل ۱: پارامترهای رشد در افوربیا تیروکالی تحت تأثیر کودهای نیتروژن در غلظت‌های متفاوت ۲ و ۴ گرم بر لیتر (به ترتیب C2 و C4). حروف لاتین متفاوت نشان دهنده تغییرات معنی دار بین نمونه‌ها بر اساس آزمون توکی می باشد ($p < 0.05$).

تیمارهای $N_{20}P_8K_{10}$ در هر دو غلظت C2 و C4، $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C4) و Bio (C4) نداشت. مثل کلروفیل a، بالاترین میزان کلروفیل b نیز در تیمار $N_{20}P_8K_{10}$ (C4) مشاهده شد که به طور معنی داری از همه تیمارهای دیگر به جز تیمار $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C4) بالاتر بود. بین دیگر تیمارهای آزمایش از نظر میزان کلروفیل b اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($P \leq 0.05$). بالاترین میزان کلروفیل کل هم متعلق به تیمار $N_{20}P_8K_{10}$ (C4) بود که این بار با همه تیمارهای

شکل ۲، مقادیر کلروفیل a، b و کل و همچنین میزان پروتئین گیاه افوربیا تیروکالی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف چند نوع کود نیتروژن دار را نشان می دهد. همانطور که می توان در این شکل مشاهده نمود، بالاترین میزان کلروفیل a در تیمار $N_{20}P_8K_{10}$ (C4) مشاهده شد به طور معنی داری بالاتر از همه تیمارهای دیگر به جز تیمار $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C4) بود. همچنین پایین ترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد بود که البته اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها به جز

دیگر اختلاف معنی داری را نشان داد ($P \leq 0/05$). بعد از این تیمار، بالاترین میزان کلروفیل کل در تیمار (C4) $N_{20}P_{20}K_{20}$ مشاهده شد که البته اختلاف معنی داری با تیمارهای (C2) $N_{20}P_{8}K_{10}$ و (C4) Bio نداشت ولی با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری نشان داد قابل ذکر است که پایین ترین میزان کلروفیل کل نیز در تیمار اوره در غلظت C4 بود که فقط با تیمارهای (C4) $N_{20}P_{8}K_{10}$ ، (C4) $N_{20}P_{20}K_{20}$ ،

ولی اختلاف آن با تیمارهای دیگر مورد آزمایش، معنی دار نبود ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان پروتئین نیز در تیمار (C4) $N_{20}P_{8}K_{10}$ مشاهده شد که البته با هیچ یک از تیمارهای آزمایش، به جز تیمار اوره در غلظت C4 اختلاف معنی داری نداشت. بین دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری از نظر میزان پروتئین مشاهده نشد ($P \leq 0/05$).



مقادیر پتاسیم و فسفر در ریشه و اندام هوایی افوربیا تیروکالی تحت تاثیر غلظت های مختلف کودهای نیتروژن دار در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که می توان در این شکل مشاهده نمود، بالاترین میزان پتاسیم ریشه در تیمارهای $N_{3}P_{0}K_{52}$ در هر دو غلظت C2 و C4 و همچنین تیمار $N_{20}P_{8}K_{10}$ (C2) مشاهده شد که به طور معنی داری بالاتر از

تیمارهای دیگر آزمایش بود ($P \leq 0/05$). بعد از این سه تیمار، بالاترین میزان پتاسیم ریشه در تیمارهای (C4) $N_{10}P_{52}K_{10}$ ، (C4) $N_{20}P_{8}K_{10}$ و (C4) $N_{20}P_{20}K_{20}$ مشاهده که اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر آزمایش داشتند. میزان پتاسیم ریشه در تیمارهای دیگر آزمایش پایین بود و اختلاف معنی داری بین آنها دیده نشد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان پتاسیم اندام هوایی در

تیمارهای دیگر آزمایش بود ($P \leq 0/05$). بعد از این سه تیمار، بالاترین میزان پتاسیم ریشه در تیمارهای (C4) $N_{10}P_{52}K_{10}$ ، (C4) $N_{20}P_{8}K_{10}$ و (C4) $N_{20}P_{20}K_{20}$ مشاهده که اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر آزمایش داشتند. میزان پتاسیم ریشه در تیمارهای دیگر آزمایش پایین بود و اختلاف معنی داری بین آنها دیده نشد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان پتاسیم اندام هوایی در

ندارد اما فسفر اندام هوایی در تیمارهای Bio (C2)، N₁₀P₅₂K₁₀ و N₂₀P₂₀K₂₀ (C2) در هر دو غلظت C2 و C4 به طور معنی داری بالاتر از فسفر اندام هوایی در تیمار شاهد بود اما فسفر اندام هوایی در تیمار شاهد با دیگر تیمارها اختلاف معنی داری را نشان نداد ($P \leq 0.05$).

تیمار (C4) N₃P₀K₅₂ مشاهده نشد که به جز تیمارهای Bio (C4)، N₂₀P₈K₁₀ و N₃P₀K₅₂ (C2) در هر دو غلظت C2 و C4 ($p < 0.05$)، با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که هیچ اختلاف معنی داری بین هیچ یک از تیمارهای آزمایش از نظر میزان فسفر ریشه وجود



شکل ۳: محتوای عناصر در ریشه و اندام هوایی افوریا تیروکالی تحت تأثیر کودهای نیتروژن در غلظت‌های متفاوت ۲ و ۴ گرم بر لیتر (به ترتیب C4 و C2). حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده تغییرات معنی دار بین نمونه‌ها بر اساس آزمون توکی می‌باشد ($P \leq 0.05$).

همبستگی منفی محتوای کلروفیل‌ها با شاخص‌های رشد ریشه (به استثنای همبستگی مثبت کلروفیل b با نسبت وزن خشک ریشه به گیاه) و نیز همبستگی منفی پتاسیم اندام هوایی با وزن تر اندام هوایی و وزن تر گیاه، از موارد معنی دار در سطح ۰/۰۱ و یا ۰/۰۵ هستند.

نتایج مربوط به ضریب همبستگی پیرسون بین فاکتورهای مورد بررسی در مطالعه حاضر در دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در جدول ۲ نشان داده شده است. همبستگی مثبت بین پارامترهای رشد و نیز همبستگی مثبت تغییرات فسفر اندام هوایی با کلروفیل a و همبستگی منفی آن با تغییرات محتوای کلروفیل b،

جدول ۲: نتایج بررسی آزمون همبستگی پیرسون بین فاکتورهای مختلف مورد بررسی در افوربیا تیروکالی.

اعداد نشانگر سطح معنی داری به درصد و مثبت یا منفی بودن همبستگی هستند.

پروتئین	کلروفیل a	کلروفیل b	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه به گیاه	وزن خشک ریشه به گیاه	پتاسیم ریشه	پتاسیم اندام هوایی	فسفر ریشه	فسفر اندام هوایی
پروتئین														
کلروفیل a		-۱			-۵	-۵				-۵				+۵
کلروفیل b					-۵	-۵				+۵				-۵
وزن تر گیاه				+۱	+۱	+۱	+۱	+۱	+۱			-۵		
وزن خشک گیاه					+۱	+۱	+۱	+۱	+۱	+۱				
وزن تر ریشه						+۱	+۱	+۱	+۱	+۱				
وزن خشک ریشه							+۱	+۱	+۱	+۱				
وزن تر اندام هوایی								+۱		+۱		-۵		
وزن خشک اندام هوایی									+۱	+۱				
وزن تر ریشه به گیاه										+۱				
وزن خشک ریشه به گیاه														
پتاسیم ریشه														
پتاسیم اندام هوایی														
فسفر ریشه														
فسفر اندام هوایی														

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که به طور کلی استفاده از کودهای نیتروژن دار NPK و اوره باعث کاهش شاخص‌های رشد در افوربیا تیروکالی نسبت به نمونه‌های شاهد و کود زیستی دکتر Bio شد که در برخی موارد این کاهش از لحاظ آماری به ویژه در مورد سیستم ریشه ای و نسبت آن به کل گیاه معنی دار بود ($P \leq 0/05$). همچنین، بین شاخص‌های رشد مورد بررسی در مطالعه حاضر در بیشتر موارد همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ دیده شد که میتواند

نشانگر همه جانبه بودن کاهش پارامترهای رشد در

صورت تاثیرات منفی کود باشد.

این یافته‌ها با نتایج Sadegh و همکاران (۲۰۱۸) بر روی گیاه رزماری همخوانی ندارد. این محققین بیان کردند که افزودن مواد آلی نیتروژن دار به خاک باعث افزایش میزان دسترسی گیاه به عناصر می شود و در نتیجه افزایش این دسترسی، شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک نیز بهبود قابل ملاحظه ای پیدا کرده و بستر مناسبی برای رشد ریشه و اندام هوایی و افزایش طول و وزن این بخش‌ها ایجاد می شود.

همچنین Al Kathir و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که افزودن اوره به محیط کشت گندم منجر به بهبود ویژگی‌های رشد در گیاه شد. این محققین بیان کردند که این تأثیر مثبت اوره از طریق نقش تشدیدکنندگی رشد با اضافه شدن میزان نیتروژن در محیط کشت گیاه بوده است. Rahmani و همکاران (۲۰۲۱) و Jokar و همکاران (۲۰۲۱) (مقالات در نوبت انتشار) نیز اثرات مثبت کودهای نیتروژن دار را به ترتیب بر رشد و نمو گیاهان زیتنی- دارویی زامیفولیا و آگاو آمریکایی گزارش کردند که با نتایج کار حاضر همخوانی ندارد.

همچنین، نتایج حاصل از سنجش میزان پروتئین در نمونه‌های مورد آزمایش نشان داد که میزان پروتئین در نمونه کوددهی شده با $N_{20}P_8K_{10}$ در غلظت ۴ گرم بر لیتر هرچند بالاتر از نمونه‌های دیگر بود ولی اختلاف آن تنها با تیمار غلیظتر اوره که کمترین میزان پروتئین را نشان می‌دهد معنی دار بوده و نمیتواند نشان دهنده تأثیر مثبت این کود غنی از نیتروژن در افزایش میزان پروتئین در نمونه مورد آزمایش باشد. قابل ذکر است که محاسبه ضریب همبستگی پیرسون نیز نشان داد که مقدار پروتئین در افوربیا تیروکالی با هیچ یک از شاخص‌های دیگر مورد بررسی در مطالعه حاضر، از جمله شاخصهای رشد، همبستگی معنی داری در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ ندارد. این نتایج نیز با نتایج بسیاری دیگر از محققین همخوانی ندارد.

در واقع محققینی چون Klikocka و همکاران (۲۰۱۶) و Jokar و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کرده اند که استفاده از کودهای غنی از نیتروژن باعث بهبود محتوای پروتئین در گیاه می شود. نتایج بسیاری دیگر از پژوهشها نیز نشان داده است که نیتروژن یکی از عوامل اصلی سازنده پروتئین می باشد و میزان کافی نیتروژن اهمیت بسزایی برای بازدهی سطح بهینه ای از محصول دارد (Dostálová et al., 2015). در واقع

افزایش مقادیر نیتروژن موجب شدت یافتن مسیرهای بیوستنز آمینو اسیدها و سنتز پروتئین می شود. Rathke et al., 2005, Rains and Bledose, 2007, Elhanafi et al., 2019). نتایج حاصل از آنالیز میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت غلظت‌های مختلف کود نیتروژن نشان داد که کوددهی با کودهای غنی از نیتروژن $N_{20}P_8K_{10}$ در غلظت ۴ گرم بر لیتر باعث افزایش قابل ملاحظه در میزان کلروفیل a و کلروفیل b و در نتیجه کلروفیل کل گردید. افزایش در میزان کلروفیل در زمان استفاده از کود نیتروژن با نتایج مطالعه Rocha و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد که شاهد افزایش معنی دار در میزان کلروفیل در میزان استفاده از کود نیتروژن بودند. همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج Flórez-Velasco و همکاران (۲۰۱۵) نیز همخوانی دارد زیرا این محققین نیز بیان کردند که افزودن نیتروژن به گیاه باعث افزایش هر دو نوع کلروفیل a و b می شود.

با این حال در پژوهش حاضر، سایر کودهای نیتروژن به جز تیمار غلیظتر $N_{20}P_8K_{10}$ افزایش قابل ملاحظه در مقادیر کلروفیل را موجب نشدند و از سوی دیگر نتایج بررسی همبستگی بین مقادیر کلروفیل با شاخص‌های دیگر نشان داد که مقدار کلروفیل a و b همبستگی منفی در سطح ۰/۰۵ با وزن تر و خشک ریشه دارد. حتی در تیمار نامبرده نیز سیستم ریشه ای به شدت تضعیف شده است. در واقع نتایج پژوهش حاضر در مغایرت با پژوهشهایی است که بهبود رشد و نمو را همراه با بهبود محتوای کلروفیلی گیاه می دانند. برای مثال Taiz و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که افزایش در میزان کلروفیل در زمان استفاده از کود نیتروژن نشان دهنده کارایی استفاده از این نوع کود در تنظیم نمو گیاه است. Rocha و همکاران (۲۰۱۹) نیز اثبات کردند که افزایش میزان کلروفیل در اثر کوددهی با کود نیتروژن

می تواند مربوط به نقش نیتروژن در سنتز سیتوکینین باشد که اهمیت بسزایی برای افزایش سنتز کلروفیل و تعویق پیری در گیاه دارد. در تحقیق حاضر، تغییرات محتوای کلروفیل b همبستگی مثبت با نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک گیاه در سطح ۰/۰۵ دارد. با عنایت به اثرات منفی کود نیتروژن بر توسعه سیستم ریشه ای در این پژوهش، این همبستگی احتمالاً نشانگر تضعیف شدیدتر اندام هوایی در برابر ریشه و تلاش گیاه در تعدیل فتوسنتز از طریق تقویت رنگیزه کمکی یعنی کلروفیل b می باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از کودهای نیتروژن دار باعث افزایش در پتاسیم ریشه افوریا تیروکالی شد ولی تغییر قابل ملاحظه ای در میزان پتاسیم اندام هوایی نسبت به نمونه شاهد ایجاد نکرد. همگام با نتایج این تحقیق، Akbarinia و همکاران (۲۰۰۴) نیز اعلام کردند که استفاده از کود نیتروژن دار در محیط کشت گیاه دارویی آجوا این تغییر معنی داری در محتوای پتاسیم اندام هوایی ایجاد نکرد. اما، بر خلاف یافته های تحقیق حاضر، Mohammadi (۲۰۱۷) بیان کرد که افزودن نیتروژن به محیط کشت بادام باعث افزایش معنی دار میزان پتاسیم در اندام هوایی این گیاه شده است. وی توضیح داد که افزایش میزان نیتروژن، نیاز گیاه به دیگر عناصر را نیز افزایش می دهد و در نتیجه میزان پتاسیم در اندام هوایی نیز افزایش پیدا می کند. با این حال، به نظر می رسد که میزان پتاسیم در ریشه و اندام هوایی تابع عوامل دیگری نیز باشد چرا که این تفسیر در برخی از مطالعات، از جمله مطالعه حاضر، اثبات نشده است. Rahmani و همکاران (۲۰۲۱) (مقاله در نوبت انتشار) نیز همانند کار حاضر، افزایش پتاسیم ریشه تحت اثر کودهای نیتروژن و برخلاف پژوهش حاضر، کاهش آن در بخش هوایی تحت اثر این کودها را گزارش کردند. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که

استفاده از کود حاوی آزتوباکتر کروکوکوم باعث افزایش معنی دار محتوای فسفر در اندام هوایی شد که با نتایج Rahimi و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. این محققین نیز به این نتیجه رسیدند که آزتوباکتر کروکوکوم می تواند از طریق تثبیت نیتروژن باعث افزایش دسترسی به فسفر در اندام هوایی گردد. افزودن کود نیتروژن دار شیمیایی تغییر معنی داری در میزان فسفر ریشه نسبت به نمونه شاهد و کود زیستی دکتر Bio ایجاد نکرد اما میزان فسفر اندام هوایی با افزودن کودهای نیتروژن دار بالاتر از نمونه شاهد بود که در برخی موارد اختلاف معنی داری نیز مشاهده شد. در مطالعه ای بر روی تأثیر کود نیتروژن بر غلظت برخی عناصر در ذرت شیرین، Nezafat و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که افزودن کود نیتروژن تأثیر معنی داری بر میزان فسفر در اندام هوایی این گیاه نداشته است و حتی Rahmani و همکاران (۲۰۲۱) کاهش فسفر برگهای زامیفولیا تحت تأثیر کودهای نیتروژن دار را گزارش کردند. بنابر این نمی توان یک قاعده کلی در مورد تأثیر کود نیتروژن بر میزان فسفر در اندام هوایی گیاه تعیین کرد چرا که انواع مختلف کود نیتروژن در مطالعه حاضر و سایر پژوهش ها اثرات متفاوتی بر روی این شاخص داشتند. نتایج بررسی همبستگی ها همچنین نشان داد که فسفر اندام هوایی به ترتیب با میزان کلروفیل a و b در سطح ۰/۰۵ همبستگی مثبت و منفی دارد. بنابراین در مواردی مانند تیمار کود زیستی که تغییر محتوای فسفر اندام هوایی معنی دار بوده است میتوان انتظار تغییر در ترکیب آنتن فتوسنتزی را نیز داشت. همچنین، بین پتاسیم اندام هوایی و وزن تر گیاه و اندام هوایی نیز همبستگی منفی در سطح ۰/۰۵ مشاهده شد ولی با توجه به معنی دار نبودن افزایش پتاسیم در اندامهای هوایی تحت اثر کودهای به کار

رفته در این پژوهش، نمیتوان تاثیر احتمالی آن در کاهش وزن تر گیاه و اندام هوایی را مهم ارزیابی کرد.

نتیجه گیری نهایی

در یک نگاه کلی به کارگیری کودهای نیتروژن دار منجر به افزایش معنی دار در رشد گیاه و محتوای پروتئین آن نشده است. از سوی دیگر در بین کودهای به کار رفته، کودهای اوره و اکثر کودهای NPK بیشترین اثر منفی را بر رشد و به ویژه بر رشد سیستم ریشه ای و کاهش نسبت جرم ریشه به جرم کل گیاه نشان دادند. بنابراین نتایج منفی ناشی از کود به ویژه با تضعیف سیستم ریشه ای در تقابل با نیازهای این

گیاه بیابانی به توسعه سیستم ریشه ای و جذب آب قرار دارد. افزایش محتوای پتاسیم ریشه و یا فسفر اندام هوایی نیز که در برخی تیمارها مشاهده می شود با افزایش رشد همراه نبوده است. از نظر اکوفیزیولوژی و سازگاری های تکاملی، عدم تحریک رشد تحت اثر کودهای نیتروژن با نیازهای اندک این گیاه بیابانی که بومی خاک های فقیر از نظر مواد معدنی است قابل انتظار است ولی برای یافتن مکانیسم های فیزیولوژیکی نتایج این گزارش اولیه، انجام تحقیقات تکمیلی ضروری است. از نظر کاربردی، این پژوهش میتواند در تجدید نظر در صرف هزینه مربوط به کود نیتروژن برای پرورش افوربیا تیروکالی ارزشمند باشد.

References

- Ahmadinejad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N. and Oustan, S. (2013). Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). *Water and Soil Science*. 23(2): 177-194.
- Akbarinia, A., Ghalavand, A., Tahmasebi Sarvestani, Z., Sharifi Ashourabadi, E. and Banej Shafiei, S. (2004). Effect of different fertilization systems on soil properties and elements absorption and concentration by the medicinal plant Ajwain and its performance. *Pajouhesh and Sazandegi*. 17(1): 11-19.
- Al Kathir, A., Babaeinejad, T. and Gholami, A. (2019). Investigating the effects of various amounts of urea fertilizer and sugar cane filter on yield and functional parameters of wheat bread. *Quarterly Journal of Plant Production Science*. 8(2): 121-134.
- Avelar, B.A., Lélis, F.J.N., Avelar, R.S., Weber, M., Souza-Fagundes, E.M., Lopes, M.T.P., Martins-Filho, O.A. and Brito-Melo, G.E.A. (2011). The crude latex of *Euphorbia tirucalli* modulates the cytokine response of leukocytes, especially CD4⁺ T lymphocytes. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21(4): 662-667.
- Bradford M.M., (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*. 72:248-250.
- Dehghani Tafti, A.R., Alahdadi, I., Najafi, F. and Kianmehr, M.H. (2014). Studying the effects of different rates of pelleted animal manure and urea levels and some micronutrients on yield and yield components of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* var. styriaca). *Journal of Horticultural Science*. 28(1): 62-70.
- Dostálová, Y., Hřivná, L., Kotková, B., Burešová, I., Janečková, M. and Šottníková, V. (2015). Effect of nitrogen and sulphur fertilization on the quality of barley protein. *Plant, Soil and Environment*. 61(9): 399-404.
- Elhanafi, L., Houhou, M., Rais, Ch., Mansouri, I., Elghadraoui, L. and Greche, H. (2019). Impact of excessive nitrogen fertilization on the biochemical quality, phenolic compounds, and antioxidant power of *Sesamum indicum* L seeds. *Journal of Food Quality*. 2019: 9428092.
- Esfahani, M., Sadrzadeh, S.M., Kavosi, M. and Dabagh-Mohammadi-Nasab, A. (2005). Study the effect of different levels of nitrogen and potassium fertilizers on growth, grain yield,

- yield components of rice (*Oryza sativa*) cv. Khazar. Iranian Journal of Crop Sciences. 7(3): 226-241.
- Flórez-Velasco, N., Balaguera-López, H.E. and Restrepo-Díaz, H. (2015). Effects of foliar urea application on lulo (*Solanum quitoense* cv. septentrionale) plants grown under different waterlogging and nitrogen conditions. Scientia Horticulturae. 186: 154-162.
- Goodarzi, F., Delshad, M., Soltani, F. and Mansouri, H. (2020). Changes in some growth and yield indices of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) under nitrogen fertilization and plant density. Iranian Journal of field Crop Science. 51(2): 183-198.
- Gopalakrishnan, S. and Vadivel, E. (2011). GC-MS analysis of some bioactive constituents of *Mussaenda frondosa* Linn. International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2(1): 313-320.
- Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., Kalateh, M. and Zahed, M. (2013). The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research. 11(2): 300-306.
- Inbathamizh, L. and Padmini, E. (2012). Gas chromatography-mass spectrometric analyses of methanol extract of *Moringa oleifera* flowers. International Journal of Analytical Chemistry. 3(5): 1394-1397.
- Jokar, E., Sateei, A., Ebadi, M., Ahmadi Golsefidi, M. (2021). Comparative study of the effect of some types of nitrogen fertilizers on growth, alkaloid content and some physiological traits of the ornamental-medicinal plant Agave Americana cv marginata under greenhouse cultivation, Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, (), pp. -.
- Jyothi, T.M., Shankariah, M.M., Prabhu, K., Lakshminarasu, S., Srinivasa, G.M., and Ramachandra, S.S. (2008). Hepatoprotective and antioxidant activity of *Euphorbia tirucalli*. Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics. 7(1): 25-30.
- Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, P., Enaiat, N. and Farzaneh, M. (2015). The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticumaestivum*). Applied Field Crop Research. 28(4): 149-157.
- Khandan Mirkouhi, A., Kazemi, F., Babalar, M. and Naderi, R. (2014). Effect of different concentrations of nitrogen in nutrition solution on qualitative and quantitative characteristics of garden geranium (*Pelargonium hortorum* cv. Bulles eye). Journal of Crops Improvement. 16(1): 157-168.
- Klikocka, H., Cybulska, M., Barczak, B., Narolski, B., Szostak, B., Kobialka, A., Nowak, A. and Wojcik, E. (2016). The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat. Plant, Soil and Environment. 62(5): 230-236.
- Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and Carotenoids - Extraction, Isolation and Purification. Current Protocols in Food Analytical Chemistry (CPFA), (Supplement 1), Unit F4.2.1-F4.2.6 (John Wiley, New York).
- Mahboub Khomami, A. (2006). Effects of Nitrogen Fertilizer and Application of Compost on Azalea Growth Indices. Seed and Plant. 22(1): 129-140.
- Mohammadi, G., Safari-Poor, M., Eghbal Ghobadi, M. and Najaphy, A. (2015). The effect of green manure and nitrogen fertilizer on corn yield and growth indices. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 25(2): 105-124.
- Mohammadi, K., Pasari, B., Rokhzadi, A., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M. and Eskandari, M. (2011). Response of grain yield and canola quality to different resources of farmyard manure, compost and biofertilizers in Kurdistan region. Journal of Crop Production. 4(2): 82-101.
- Mohammadi, M. (2017). Effect of Rate and Time of Nitrogen Application on Quantitative and Qualitative Yield of Almond (*Prunus dulcis*). Iranian Journal of Soil Research. 31(1): 33-45.
- Mozafari, V. and Khaleghi, F. (2017). Effects of gibberellic acid and nitrogen on some physiology parameters and micronutrients concentration in pistachio under salt stress. Journal of Water and Soil Science. 30(3): 955-967.

- Nezafat, M.H., Mahmoudi, I., Fereidooni, M.J. and Fallah, M.H. (2019). Effects of nitrogen fertilization and municipal waste compost on yield, yield components and some of the grain macronutrients of sweet corn (*Zea mays* Var. *Saccharata*). *Journal of Crop Production and Processing*. 9(2): 201-214.
- Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (1987). *Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties*. SSSA, ASA, Madison, Wisconsin, USA.
- Priya, C.L. and Rao, K.V.B. (2011). A review on phytochemical and pharmacological profile of *Euphorbia tirucalli*. *Pharmacology Online*. 2: 384-390.
- Rahimi, L., Aliasgharzad, N. and Oustan, S.H. (2012). Effect of native *Azotobacter chroococcum* strains on growth and uptake of nitrogen and phosphorus by wheat plant in greenhouse conditions. *Journal of Water and Soil Science*. 15(58): 159-171.
- Rahmani, A., Sateei, A., Ebadi, M., Ahmadi Golsefid, M. (2021). Investigation of growth, nitrate reductase activity, total content of flavonoids, anthocyanins and some elements in *Zamioculcas zamiifolia* Engl. under the influence of three types of nitrogen fertilizers in greenhouse conditions, *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, (), pp. -.
- Rains, K.D. and Bledsoe, C.S. (2007). Rapid uptake of ¹⁵N-ammonium and glycine-¹³C, ¹⁵N by arbuscular and ericoid mycorrhizal plants native to a Northern California coastal pygmy forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 39(5): 1078-1086.
- Rathke, G.W., Christen, O. and Diepenbrock, W. (2005). Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research*. 94(2-3): 103-113.
- Rocha, L.C., Teixeira, F.A., Pedreira, M.d.S., Fries, D.D., Dias, D.L.S., Costa, E.G.L., Figueiredo, A.J.D., Seixas, A.A., Pacheco, C.C. and Santiago, B.M. (2019). Plant growth regulator and soil fertilizer improve production and growing stage of *Brachiaria decumbens*. *Japanese Society of Grassland Science*. 66(2): 102-109.
- Sadegh, M., Zafarian, F., Akbarpour, V. and Emadi, M. (2018). Effect of fertilizer sources on physiological and biochemical traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in competition with weeds. *Journal of Plant Prod Research*. 25(4): 67-84.
- Sajedi, N.A. and Ardakani, M.R. (2008). Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 6(1): 99-110.
- Soltaninejad, F., Fallah, S. and Heidari, M. (2013). Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). *Journal of Crop Production*. 6(3): 125-143.
- Sugumar, S., Karthikeyan, S. and Gothandam, K.M. (2010). Preliminary phytochemical and antibacterial investigations of *Euphorbia tirucalli* stem extracts. *Pharmacology Online*. 3: 937-943.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. and Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6th ed.). Porto Alegre, Brazil: Artmed.
- Yusoff, E., Ahmad, A., Mohamad, S. and Muhammad, N.F. (2017). GC-MS analysis of some volatile constituents extracted from stem of *Euphorbia tirucalli* Linn. *Archives of Orofacial Sciences*. 12(1): 36-44.