Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Islamic Azad University Gorgan Branch
PSI انجمن جلبک شناسی ایران Phycological Society of Iran

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

Athara Zabihi[1], Aryan Sateei[2*], Maziar Ahmadi Golsafidi[3], Mehdi Ebadi[4]

[1] Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran
[2] Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: aryan.Sateei@iau.ac.ir
[3] Department of Chemistry, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: Ma.ahmadigolseidi@iau.ac.ir
[4] Department of Chemistry, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: mehdi_ebadi@iau.ac.ir

Article type:
Research article

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

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 tirucali*. Plants obtained from seven-month cuttings, spent four months in soil without fertilizer (control) or in twelve treatments including biofertilizer containing *Azotobacter crococum*, 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.

Cite this article as Zabihi, A., Sateei, 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-medicinal 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: 10.30495/iper.2022.1927370.1718

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI انجمن جلبک شناسی ایران Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

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 گل‌سفیدی[۳]، مهدی عبادی[٤]

[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
[۲] گروه زیست‌شناسی، 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
[٤] گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، رایانامه: mehdi_ebadi@iau.ac.ir

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۵/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۰/۱۹
تاریخ چاپ:۱٤۰۳/۰٤/۰۱

واژه‌های کلیدی:
ازتوباکتر
اوره
پتاسیم
پروتئین
فسفر
کلروفیل
کود نیتروژن

چکیده

مطالعه حاضر به بررسی اثر انواع کود نیتروژن بر شاخص‌های 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 قلمه‌های 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 ٤ گرم بر لیتر و در بلوکهای کامل تصادفی را در شرایط گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی گرگان از ابتدای اسفند ۱۳۹۷ گذراندند. شاخص‌های 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 شاخص‌های رشد و به خصوص کاهش رشد سیستم ریشه ای شدند. کود زیستی نیز باعث بهبود شاخص‌های 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 همبستگی‌ها 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.

استناد: ذبیحی، اطهره؛ ساطعی، آرین؛ احمدی گل‌سفیدی، مازیار؛ عبادی، مهدی. (۱٤۰۳). 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)، ۱٦۷-۱۵۱.

DOI: 10.30495/iper.2022.1927370.1718

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گونه افوربیا تیروکالی یکی از شناخته شده ترین گیاهان بیابانی و زینتی می‌باشد (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 بیماری‌ها و پزشکی سنتی نیز موضوع برخی از پژوهش‌ها 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 به‌عنوان 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 معنی‌داری 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 می‌باشد 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 می‌گردد (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 کارآیی مصرف نیتروژن یک استراتژی کلیدی جهت پیشرفت سیستم‌های کشاورزی پایدار است که منجر به رسیدن به حداکثر عملکرد در ازای مصرف حداقل نهاده‌ها 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 تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌هاست و نقش عمده ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارا می‌باشد (Mozaffari and Khaleghi, 2017).

مطالعات زیادی بر روی کاربرد کود نیتروژن در شکل‌های مختلف بر ویژگی‌های گیاهان مختلف انجام شده است. برای مثال، Khandan Mirkouhi و همکاران (۲۰۱٤) اعلام کردند که کاهش سطح نیتروژن تا ۱/۵ میلی‌مولار کیفیت گیاه شمعدانی را به صورت منفی تحت تأثیر قرار نداد، درحالیکه 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 شاخهٔ جانبی و همچنین افزایش طول دم گل انجامید. همچنین تأثیر مثبت نیتروژن در برنج (Esfahani et al., 2005)، آزالیا (Mahboub Khomami, 2006)، ذرت علوفه‌ای (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، علی‌رغم مطالعات گسترده در سطح جهان بر روی تاثیرات کودهای نیتروژن بر روی گیاهان زراعی، مطالعه این تاثیرات 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 گلخانه‌ها در حال گسترش می‌باشد. علی‌رغم استفاده

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 افوربیا 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 به‌مدت 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 ٤٠ 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 به‌مدت ٤ ماه همراه با آبیاری به صورت هفتگی انجام شد. خاک مورد استفاده مخلوط کوکوپیت و پیت ماس و پرلیت با نسبت برابر بود. بدین‌ترتیب 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 سانتیگراد در ماههای سرد و دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه را در ماههای گرم با رطوبت نسبی ٦٠ 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 $N_{10}P_{52}K_{10}$ ٤- کود $N_3K_0P_{52}$ ٥- کود $N_{20}P_8K_{10}$ ٦- کود $N_{20}P_{20}K_{20}$. این کودها هر یک در دو غلظت، شامل ۲ گرم بر لیتر (C2) و ٤ 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 ٤ 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

خشک ریشه به وزن خشک گیاه اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن خشک، نمونه گیاهی شامل بخش هوایی یا ریشه ابتدا در ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ 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 ٦٦٣/٢ و ٦٤٦/٨ 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:

$$Ca = 12.25\ A663.2 - 2.79\ A646.8$$
$$Cb = 21.50\ A646.8 - 5.10\ A663.2$$

سنجش محتوای پروتئین: برای سنجش مقدار کلی پروتئینهای اندام هوایی از روشBradford (۱۹۷٦) 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 میلی‌لیتر از معرف برادفورد به آن اضافه شد. پس از ۵ دقیقه، جذب نوری نمونه در طول موج ۵۹۵ نانومتر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل BRITEقرائت گردید. سپس با استفاده از نمودار استاندارد آلبومین گاوی، غلظت پروتئین نمونه مجهول به دست آمد. مقدار پروتئین با توجه به وزن نمونه و حجم عصاره اولیه به صورت میلی گرم معادل آلبومین 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 ۲٤ 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 وانادات، میزان جذب نوری در ٤٥٠ 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 کاملا 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 کار گیری آزمون توکی (Tukey) در سطح ۰/۰۵ انجام شد. بررسی همبستگی‌ها با درنظرگرفتن آزمون همبستگی پیرسون (Pearson correlation coefficient) از طریق برنامه آماری SPSS (ویرایش ۲۳) صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با کمک نرم‌افزار (Microsoft Excel (Office, 2016 انجام شد.

نتایج

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

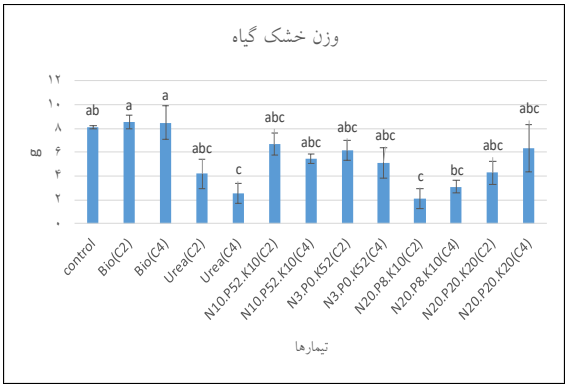
جدول ۱: نتایج آزمون آنالیز واریانس مربوط به هر سنجش برای تحلیل اثرات کلی تیمار. ضریب معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ نشانگر معنیدار بودن اثر تیماری است.

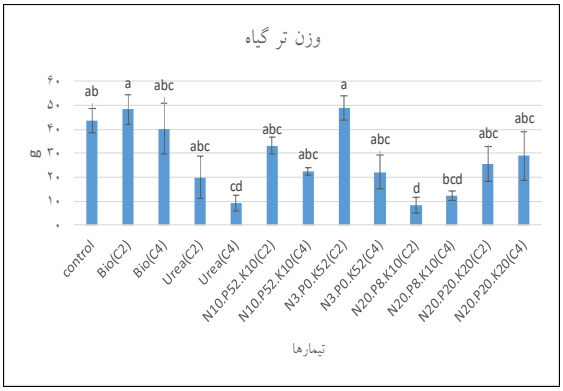
		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	معنی داری
پروتئین	بین گروه‌ها	۱۷۷۳/۷۱۷	۱۲	۱٤۷/۸۱۰	۲/۵۰۲	۰/۰۱۵
	درون گروه‌ها	۲۳۰٤/۲۹٦	۳۹	۵۹/۰۸۵		
	مجموع	٤۰۷۸/۰۱٤	۵۱			
وزن تر گیاه	بین گروه‌ها	۹۵۸۸/۹٤۳	۱۲	۷۹۹/۰۷۹	٤/۹٤٦	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	٦۳۰۱/۰٤۵	۳۹	۱٦۱/۵٦۵		
	مجموع	۱۵۸۸۹/۹۸۸	۵۱			
وزن خشک گیاه	بین گروه‌ها	۲۲۵/٦۹۸	۱۲	۱۸/۸۰۸	٤/٤۹٦	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱٦۳/۱٤۸	۳۹	٤/۱۸۳		
	مجموع	۳۸۸/۸٤۷	۵۱			
وزن تر ریشه	بین گروه‌ها	۱٤٤/۱۵۰	۱۲	۱۲/۰۱۲	۹/۸۳۸	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	٤۷/٦۱۸	۳۹	۱/۲۲۱		
	مجموع	۱۹۱/۷٦۸	۵۱			
وزن خشک ریشه	بین گروه‌ها	۱۳/۸٤۷	۱۲	۱/۱۵٤	۵/۷٤۲	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۷/۸۳۸	۳۹	۰/۲۰۱		
	مجموع	۲۱/٦۸۵	۵۱			
وزن تر اندام هوایی	بین گروه‌ها	۷۷٤۷/۵۷۰	۱۲	٦٤۵/٦۳۱	٤/۳۹۵	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۵۷۲۹/۰٦٦	۳۹	۱٤٦/۸۹۹		
	مجموع	۱۳٤۷٦/٦۳۷	۵۱			
وزن خشک اندام هوایی	بین گروه‌ها	۱٤٤/۰۳۵	۱۲	۱۲/۰۰۳	۳/۷۳۳	۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۱۲۵/۳۹۳	۳۹	۳/۲۱۵		
	مجموع	۲٦۹/٤۲۸	۵۱			
نسبت وزن تر ریشه به وزن تر گیاه	بین گروه‌ها	۰/۱۰۵	۱۲	۰/۰۰۹	۲/٤٦۹	۰/۰۱۷
	درون گروه‌ها	۰/۱۳۸	۳۹	۰/۰۰٤		
	مجموع	۰/۲٤۲	۵۱			
نسبت وزن خشک	بین گروه‌ها	۰/۱۷۱	۱۲	۰/۰۱٤	٦/۷۵۵	۰/۰۰۰

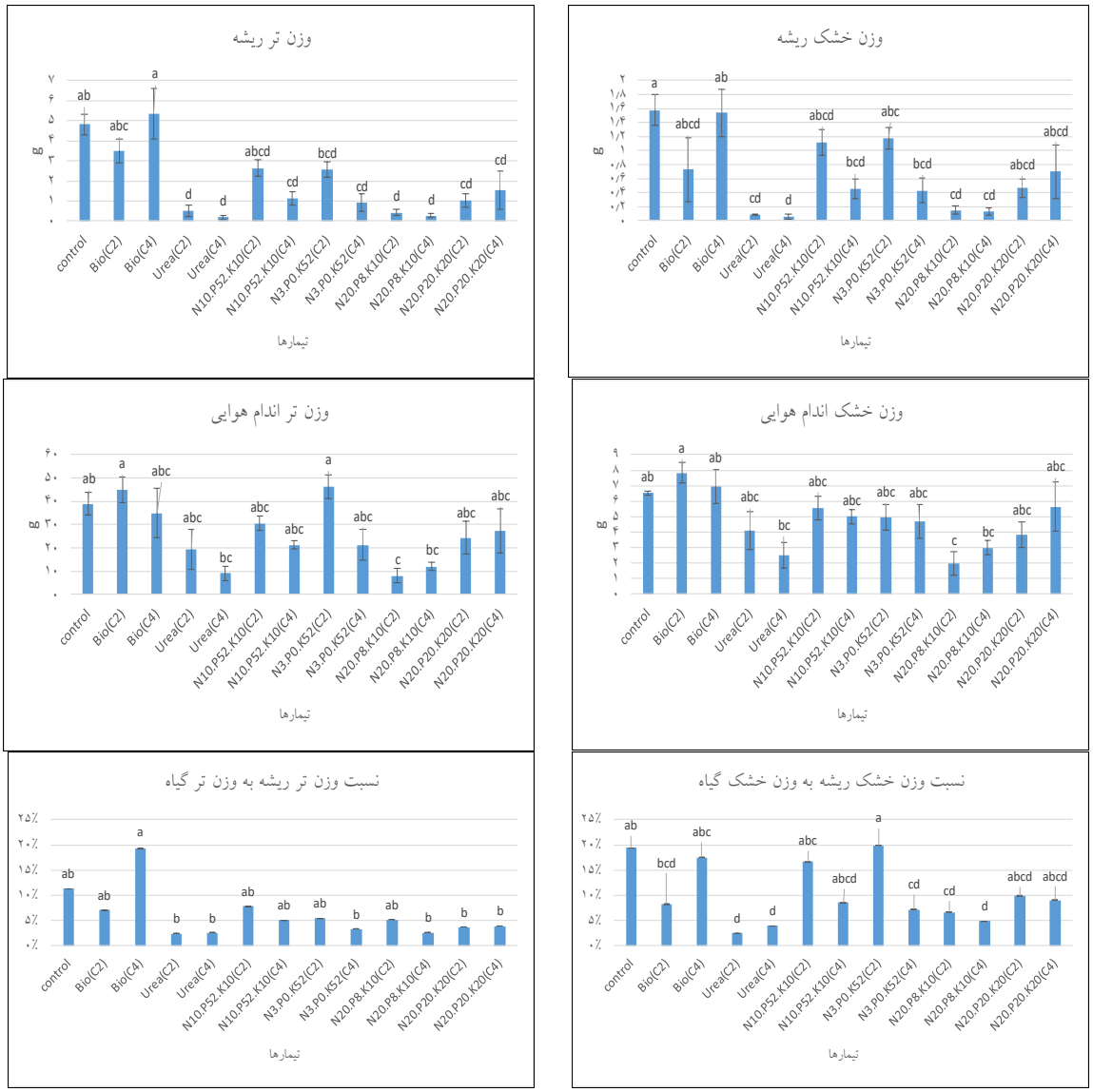
ریشه به وزن خشک گیاه	درون گروه‌ها	۰/۰۸۲	۳۹	۰/۰۰۲		
	مجموع	۰/۲۵٤	۵۱			
پتاسیم ریشه	بین گروه‌ها	۱۸۹٤/۲۲۵	۱۲	۱۵۷/۸۵۲	۵۷/٦۹۳	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۷۱/۱۳۸	۲٦	۲/۷۳٦		
	مجموع	۱۹٦۵/۳٦۲	۳۸			
فسفر ریشه	بین گروه‌ها	۸٦۱/٤۹۹	۱۲	۷۱/۷۹۲	۱/۲۲۰	۰/۳۲۲
	درون گروه‌ها	۱۵۲۹/۸۱۷	۲٦	۵۸/۸۳۹		
	مجموع	۲۳۹۱/۳۱٦	۳۸			
پتاسیم اندام هوایی	بین گروه‌ها	۰/۷۲۱	۱۲	۰/۰٦۰	۳/٤۸٦	۰/۰۰٤
	درون گروه‌ها	۰/٤٤۸	۲٦	۰/۰۱۷		
	مجموع	۱/۱٦۹	۳۸			
فسفر اندام هوایی	بین گروه‌ها	۰/٤۱۷	۱۲	۰/۰۳۵	۳/۹٦۵	۰/۰۰۲
	درون گروه‌ها	۰/۲۲۸	۲٦	۰/۰۰۹		
	مجموع	۰/٦٤۵	۳۸			
کلروفیل a	بین گروه‌ها	۲۱/۹٤۱	۱۲	۱/۸۲۸	۱۷/۳۱۹	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	٤/۱۱۷	۳۹	۰/۱۰٦		
	مجموع	۲٦/۰۵۹	۵۱			
کلروفیل b	بین گروه‌ها	۲۸/۷۸۸	۱۲	۲/۳۹۹	۵/۸۹۹	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۵/۸۵۹	۳۹	۰/٤۰۷		
	مجموع	٤٤/٦٤۸	۵۱			
کلروفیل کل	بین گروه‌ها	۹٦/۸۸۵	۱۲	۸/۰۷٤	۱۷/۵۵٤	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۷/۹۳۷	۳۹	۰/٤٦۰		
	مجموع	۱۱٤/۸۲۳	۵۱			

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 ($P \leq ۰/۰۵$). همچنین کمترین میزان وزن تر گیاه به ترتیب در تیمارهای $N_{20}P_8K_{10}$ (C2)، اوره در غلظت C4 (٤ 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 ٤ گرم بر لیتر) مشاهده نشد که اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر ($P \leq ۰/۰۵$)، 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 $N_{20}P_8K_{10}$ (C2) 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 افوربیا 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

($P \leq ۰/۰۵$). همچنین، بالاترین وزن تر ریشه در تیمار Bio (C4) مشاهده شد که اختلاف معنی داری با غلظت پایین تر خود و همچنین نمونه شاهد نداشت. روند تقریبا 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 ($P \leq ۰/۰۵$). 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 Bio (C2)، $N_{10}P_{52}K_{10}$ (C2)، $N_3P_0K_{52}$ (C2) و $N_{20}P_{20}K_{20}$ در هر دو غلظت C2 و C4 نداشتند. بالاترین وزن تر اندام هوایی در تیمار $N_3P_0K_{52}$ (C2) مشاهده که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارهای آزمایش به جز تیمارهای اوره در غلظت C4 و $N_{20}P_8K_{10}$ در هر دو غلظت C2 و C4 نداشت. پایین ترین وزن تر اندام هوایی هم در تیمار $N_{20}P_8K_{10}$ (C2) مشاهده شد که به جز تیمارهای شاهد، Bio (C2) و $N_3P_0K_{52}$ (C2) اختلاف معنی داری با تیمارهای دیگر نداشت ($P \leq ۰/۰۵$). بالاترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار Bio (C2) مشاهده شد که با هیچ یک از تیمارهای آزمایش به جز تیمارهای اوره در غلظت C4 و $N_{20}P_8K_{10}$ در هر دو غلظت C2 و C4 اختلاف معنی داری نداشت. پایین ترین میزان وزن خشک اندام هوایی نیز در تیمار $N_{20}P_8K_{10}$ (C2) مشاهده شد که اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد و Bio در هر دو غلظت C2 و C4 داشت ولی با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری نداشت ($P \leq ۰/۰۵$). 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 Bio (C4) اختلاف معنی داری داشتند ($P \leq ۰/۰۵$). از سوی دیگر استفاده از تیمار $N_3P_0K_{52}$ (C2) بالاترین نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک گیاه را داشت که اختلاف معنی داری با تیمار شاهد، Bio (C4) و $N_{10}P_{52}K_{10}$ (C2) نداشت ولی با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری را نشان داد ($P \leq ۰/۰۵$). 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)، $N_3P_0K_{52}$ (C2) و $N_{10}P_{52}K_{10}$ (C2) با دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی داری نداشت ($P \leq ۰/۰۵$).



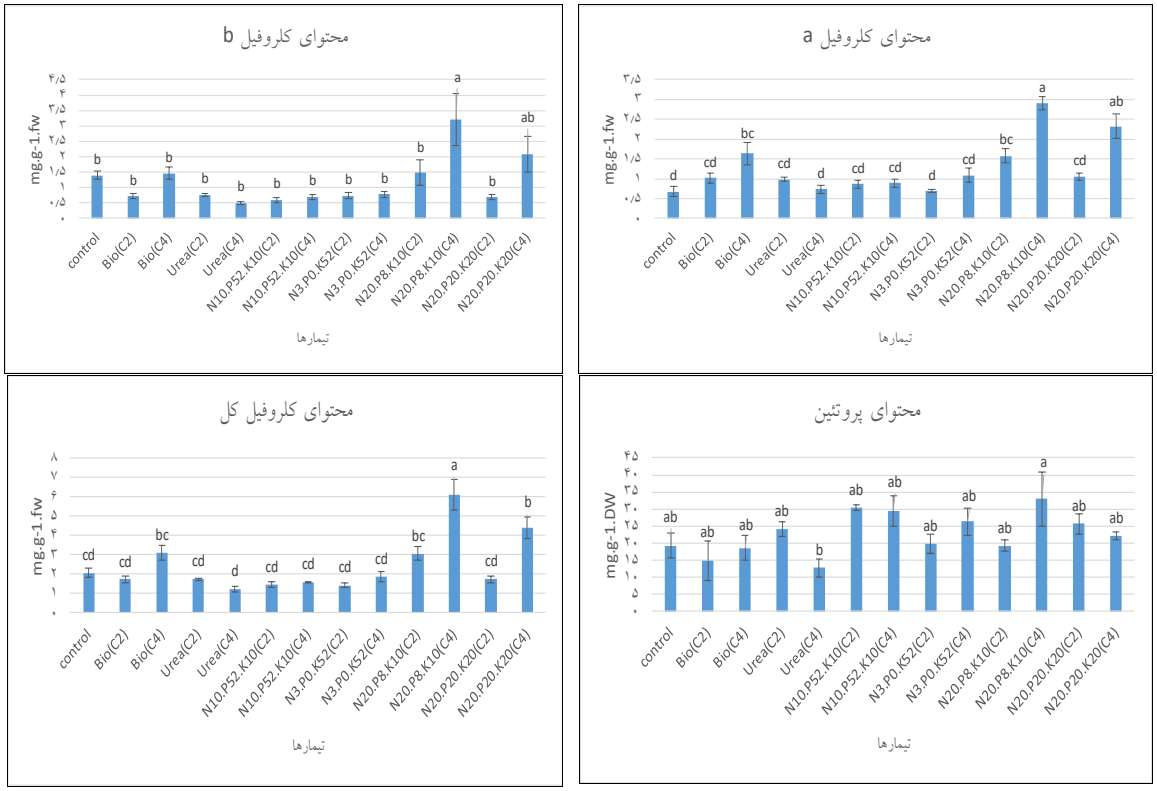




شکل ۱: پارامترهای رشد در افوربیا تیروکالی تحت تأثیر کودهای نیتروژن در غلظت‌های متفاوت ۲ و ٤ گرم بر لیتر (به‌ترتیب C2 و C4). حروف لاتین متفاوت نشان دهنده تغییرات معنی دار بین نمونه‌ها بر اساس آزمون توکی می باشد ($p<۰/۰۵$).

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 به‌طور 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 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 ($P\leq۰/۰۵$). بالاترین میزان کلروفیل کل هم متعلق به تیمار $N_{20}P_8K_{10}$ (C4) بود که این بار با همه تیمارهای

دیگر اختلاف معنی داری را نشان داد ($P \leq ۰/۰۵$). بعد از این تیمار، بالاترین میزان کلروفیل کل در تیمار $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C4) مشاهده شد که البته اختلاف معنی داری با تیمارهای $N_{20}P_{8}K_{10}$ (C4) و Bio (C2) 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 $N_{20}P_{8}K_{10}$ (C4)، $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C4)، Bio (C4) و $N_{20}P_{8}K_{10}$ (C2) اختلاف معنی دار داشت ولی اختلاف آن با تیمارهای دیگر مورد آزمایش، معنی دار نبود ($P \leq ۰/۰۵$). بالاترین میزان پروتئین نیز در تیمار $N_{20}P_{8}K_{10}$ (C4) 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 ($P \leq ۰/۰۵$).



شکل ۲: محتوای کلروفیل و پروتئین در افوربیا تیروکالی تحت تأثیر کودهای نیتروژن در غلظت‌های متفاوت ۲ و ٤ گرم بر لیتر (به‌ترتیب C2 و C4). حروف لاتین متفاوت نشان دهنده تغییرات معنی دار بین نمونه‌ها بر اساس آزمون توکی می باشد ($P \leq ۰/۰۵$).

مقادیر پتاسیم و فسفر در ریشه و اندام هوایی افوربیا تیروکالی تحت تأثیر غلظت‌های 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 $N_3P_0K_{52}$ 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 ($P \leq ۰/۰۵$). بعد از این سه تیمار، بالاترین میزان پتاسیم ریشه در تیمارهای $N_{10}P_{52}K_{10}$ (C4)، $N_{20}P_{8}K_{10}$ (C4) و $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C4) 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 ($P \leq ۰/۰۵$). بالاترین میزان پتاسیم اندام هوایی در

تیمار $N_3P_0K_{52}$ (C4) مشاهده نشد که به جز تیمارهای Bio (C4)، Bio (C2) و $N_{20}P_8K_{10}$ در هر دو غلظت C2 و C4 ($p<۰/۰۵$)، 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 ندارد اما فسفر اندام هوایی در تیمارهای Bio (C2)، $N_{20}P_{20}K_{20}$ (C2) و $N_{10}P_{52}K_{10}$ 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 ($P \leq ۰/۰۵$).

شکل ۳: محتوای عناصر در ریشه و اندام هوایی افوربیا تیروکالی تحت تأثیر کودهای نیتروژن در غلظت‌های متفاوت ۲ و ٤ گرم بر لیتر (به‌ترتیب C2 و C4). حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده تغییرات معنی دار بین نمونه‌ها بر اساس آزمون توکی می‌باشد ($P \leq ۰/۰۵$).

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، 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.

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 اماری به ویژه در مورد سیستم ریشه ای و نسبت آن به کل گیاه معنی دار بود ($P \leq ۰/۰۵$). 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 زینتی- 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 ٤ 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 (۲۰۱٦) 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 بیوسنتز آمینو اسیدها و سنتز پروتئین می‌شود. 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 ٤ 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 معنی‌دار 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 شخص‌های 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 نیتروژنه 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 باشدکه 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 افوربیا 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 (۲۰۰٤) نیز اعلام کردند که استفاده از کود نیتروژن دار در محیط کشت گیاه دارویی آجواین تغییر معنی‌داری در محتوای پتاسیم اندام هوایی ایجاد نکرد. اما، بر خلاف یافته‌های تحقیق حاضر، Mohammadi (۲۰۱۷) بیان کرد که افزودن نیتروژن به محیط کشت بادام باعث افزایش معنی‌دار میزان پتاسیم در اندام هوایی این گیاه شده است. وی توضیح داد که افزایش میزان نیتروژن، نیاز گیاه به دیگر عناصر را نیز افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان پتاسیم در اندام هوایی نیز افزایش پیدا می‌کند. با این حال، به نظر می‌رسد 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 معنی‌دار 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 تاثیر 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 پژوهش‌ها اثرات متفاوتی بر روی این شاخص داشتند.

نتایج بررسی همبستگی‌ها 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 پـژوهش، نمیتـوان تـاثیر احتمـالی آن در کاهش وزن تر گیاه و اندام هوایی را مهم ارزیابی کرد.

نتیجه‌گیری نهایی

در یک نگاه کلی به کارگیری کودهای نیتروژن دار منجر به افزایش معنـی دار در رشـد گیـاه و محتـوای پروتئین آن نشده است. از سوی دیگر در بین کودهای بـه کـار رفتـه، کودهـای اوره و اکثـر کودهـای NPK بیشترین اثر منفی را بر رشد و به ویژه بر رشد سیستم ریشه ای و کاهش نسبت جرم ریشه به جرم کل گیـاه نشان دادند. بنابراین نتایج منفی ناشی از کود به ویـژه با تضعیف سیستم ریشه ای در تقابل با نیازهـای ایـن گیاه بیابانی به توسعه سیستم ریشـه ای و جـذب آب قرار دارد. افزایش محتوای پتاسیم ریشـه و یـا فسـفر اندام هوایی نیز که در برخی تیمارها مشاهده می شود بـا افـزایش رشـد همـراه نبـوده اسـت. از نظـر اکوفیزیولوژی و سازگاری‌های تکاملی، عدم تحریـک رشد تحت اثر کودهای نیتروژن با نیازهای اندک ایـن گیاه بیابانی که بومی خاک‌های فقیر از نظر مواد معدنی است قابل انتظار است ولی برای یافتن مکانیسـم‌هـای فیزیولوژیکی نتایج این گزارش اولیه، انجام تحقیقـات تکمیلی ضروری است. از نظر کاربردی، این پـژوهش میتواند در تجدید نظر در صرف هزینه مربوط به کـود 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., Hřivna, 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., Kavoosi, 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 Golsefidi, 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., Zaefarian, 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.

Soltaninejhad, 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.