



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

Alireza Rahmani¹, Aryan Sateei^{2*} , Mehdi Ebadi³, Maziar Ahmadi Golsafidi⁴

¹ Department of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. Email: alireza.rahmani.1960@gmail.com

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: mehdi_ebadi@iau.ac.ir

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

Article type:

Research article

Abstract

In the present study, the effect of nitrogen fertilizers, including urea, NPK, and biofertilizer containing *Azotobacter* with the trade name Dr. Bio, on growth, content of some elements, and content of flavonoid compounds and total anthocyanins in the ornamental-medicinal plant *Zamioculcas zamiifolia* Engl. was investigated. In the greenhouse of Farhikhtegan at Islamic Azad University of Gorgan, plants were planted in pots and arranged in random blocks under the influence of different concentrations of fertilizer, specifically at levels of 0, 2, and 4 g/l. Urea and biofertilizer treatments had more significant effects on growth factors, such as the fresh and dry weights of roots and leaves, compared to NPK fertilizer. Although the flavonoid content of leaves was not affected by fertilizer, biofertilizer had a significant positive effect on the anthocyanin content of them. Concentrations of 2 g/l of NPK or urea negatively affected the total anthocyanin content of leaves, while a concentration of 4 g/l of urea had a positive effect. All treatments positively increased the nitrogen content in roots. The total nitrogen in leaves was unaffected by the biofertilizer, but showed some increases with other treatments. Both biofertilizer and urea had significant positive effects on increasing the nitrate reductase activity in leaves. The effect of NPK fertilizer on this enzymatic activity was increased at a concentration of 4 g/l but decreased at a concentration of 2 g/l. All treatments significantly reduced phosphorus and potassium levels in leaves while increasing them in the roots. Both biofertilizer and NPK significantly reduced the iron content in both leaves and roots. However, with urea, this decrease was only observed in the roots at a concentration of 2g/l. In contrast, the 4 g/l treatment increased the iron content in both the roots and leaves.

Article history

Received:23.10.2020

Revised:19.12.2020

Accepted:30.12.2020

Published:22.06.2025

Keywords

Anthocyanin

Fertilizer

Medicinal Plant

Nitrate Reductase

Ornamental Plant

Zamioculcas Zamiifoli Engl

Introduction: *Zamioculcas zamiifolia* is a popular ornamental and medicinal plant due to its aesthetic appeal and high tolerance to adverse conditions. Nitrogen nutrition plays a critical role in improving plant growth and physiological performance; however, the effects of different nitrogen sources on this species have not been fully elucidated. This study aimed to evaluate the effects of three nitrogen-containing fertilizers urea, compound NPK fertilizer, and the biological fertilizer on growth indices, nitrate reductase enzyme activity, secondary metabolites (flavonoids and anthocyanins), and mineral composition of *Z. zamiifolia* under greenhouse conditions.

Materials and Methods: The experiment was conducted under controlled greenhouse conditions. *Zamiifolia* plants were treated with three fertilizer types (urea, NPK) at concentrations of 0 (control), 2, and 4 g L⁻¹. Growth parameters, including fresh and dry weights of leaves and roots, were measured. Nitrate reductase activity was assessed to evaluate nitrogen metabolism, while

flavonoid and anthocyanin contents were determined using spectrophotometric methods. In addition, mineral elements (nitrogen, phosphorus, potassium, and iron) were measured in leaves and roots to assess nutrient uptake and translocation.

Results and Discussion: Urea and Biofertilizers significantly enhanced plant growth and were superior to NPK in increasing fresh and dry weights of leaves and roots. Nitrate reductase activity was markedly higher in plants treated with urea and the biological fertilizer, indicating improved nitrogen uptake and metabolism. Although total flavonoid content was not significantly affected by fertilizer treatments, leaf anthocyanin content increased significantly under the biological fertilizer treatment. Root nitrogen content increased in all fertilizer treatments, whereas leaf nitrogen responses varied depending on fertilizer type. Leaf phosphorus and potassium contents decreased, while their concentrations in roots increased, suggesting nutrient translocation. Iron content generally declined, except in the 4 g L⁻¹ urea treatment, which resulted in increased iron levels in both roots and leaves.

Conclusion: The results demonstrated that urea and the biological fertilizer were more effective than NPK in improving growth, nitrogen metabolism, and certain physiological traits of *Zamioculcas zamiifolia*. The biological fertilizer also enhanced anthocyanin accumulation, which may contribute to greater stress tolerance and ornamental value. Given these advantages, the use of urea and biological fertilizers is recommended for greenhouse cultivation of *zamiifolia*, although further studies are required to evaluate long-term effects and environmental sustainability.

Cite this article as: Rahmani, A.R., Satei, A., Ebadi, M., Ahmadi Golsafidi, M. (2025). 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 Plant Environmental Physiology*, 78: 119-137.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

DOI: <https://doi.org/10.71890/iper.2025.984199>

بررسی رشد، فعالیت نیترات ردوکنازی، محتوای کلی فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و برخی عناصر در گیاه زینتی - دارویی زامیفولیا (*Zamioculcas zamiifolia* Engl.) تحت اثر سه نوع کود نیتروژنه در شرایط گلخانه‌ای

علیرضا رحمانی^۱، آرین ساطعی^{۲*}، مهدی عبادی^۳، مازیار احمدی گلسفیدی^۴

^۱ گروه زیست شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: alireza.rahmani.1960@gmail.com

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

^۳ گروه شیمی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: mehdi_ebadi@iau.ac.ir

^۴ گروه شیمی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: Ma.ahmadigolseidi@iau.ac.ir

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	در پژوهش حاضر، اثر کودهای نیتروژنه شامل اوره، NPK و کود زیستی حاوی ازتوباکتر با نام تجاری دکتر بیو بر روی رشد، محتوای برخی عناصر و محتوای ترکیبات فلاونوئیدی و آنتوسیانین‌های کل در گیاه زینتی - دارویی زامیفولیا (<i>Zamioculcas zamiifolia</i> Engl.) مورد بررسی قرار گرفت. گیاهان در بلوک‌های تصادفی در گلخانه فرهیختگان دانشگاه آزاد اسلامی گرگان در گلدان و تحت تاثیر غلظت‌های مختلف کود در سطوح ۰، ۲ و ۴ گرم بر لیتر کشت شدند. بر اساس نتایج حاصل، تیمارهای اوره و کود زیستی تاثیرات معنی‌دار بیشتری بر جنبه‌های مختلف رشد نظیر وزن تر و وزن خشک ریشه و برگ‌ها نسبت به کود NPK داشتند. هرچند محتوای فلاونوئید برگ‌ها تحت تاثیر کود قرار نگرفت، ولی کود زیستی تاثیر مثبت معنی‌داری بر محتوای آنتوسیانین کل برگ‌ها داشت. همچنین غلظت ۲ گرم بر لیتر کود NPK و اوره تاثیر منفی و غلظت ۴ گرم بر لیتر اوره تاثیر مثبت بر محتوای کلی آنتوسیانین برگ‌ها داشتند. کلیه تیمارها تاثیر مثبت در افزایش محتوای نیتروژن کل ریشه داشتند. نیتروژن کل در برگ‌ها تحت تاثیر کود زیستی قرار نگرفت، ولی از این جنبه تاثیراتی مثبت در مورد سایر تیمارها مشاهده شد. هم کود زیستی و هم اوره تاثیرات مثبت و معنی‌داری را بر افزایش فعالیت نیترات ردوکنازی برگ‌ها نشان دادند. تاثیر کود NPK بر این فعالیت آنزیمی در غلظت ۴ گرم بر لیتر افزایش یافته، ولی در غلظت ۲ گرم بر لیتر کاهش یافته بود. کلیه تیمارها تاثیراتی معنی‌دار را در کاهش فسفر و پتاسیم برگ‌ها و در عوض افزایش این عناصر در ریشه‌ها نشان دادند. کود زیستی و کود NPK تاثیراتی معنی‌دار در کاهش آهن برگ‌ها و ریشه داشتند. در مورد اوره، این کاهش فقط بر روی ریشه و در تیمار ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد، ولی تیمار ۴ گرم بر لیتر هم در ریشه و هم در برگ‌ها افزایش آهن را باعث شد.
واژه‌های کلیدی:	
آنتوسیانین	
زاموفیلیا	
کود زیستی	
نیترات ردوکناز	
گیاه دارویی	
گیاه زینتی	
استناد:	رحمانی، علیرضا؛ ساطعی، آرین؛ عبادی، مهدی؛ احمدی گلسفیدی، مازیار (۱۴۰۴). بررسی رشد، فعالیت نیترات ردوکنازی، محتوای کلی فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و برخی عناصر در گیاه زینتی - دارویی زامیفولیا (<i>Zamioculcas zamiifolia</i> Engl.) تحت اثر سه نوع کود. فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۷۸: ۱۳۷-۱۱۹.
DOI: https://doi.org/10.71890/iper.2025.984199	ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی گرگان © نویسندگان.



مقدمه

گو نه گیاهی *Z. zamiifolia* متعلق به راسته قاشق‌واش‌سانان، تیره گل‌شیپوریان (Araceae) و زیر تیره *Zamioculcadoideae* و سرده *Zamioculcas* می‌باشد. زادگاه این گیاه همیشه سبز و کم‌توقع، شرق آفریقا است و از این‌رو نام جواهر زنگبار نیز به آن داده شده است. ارتفاع معمول آن ۹۰-۶۰ سانتی‌متر است و برگ‌های جذاب آن دلیل نگهداری این گیاه در آپارتمان است. زامیفولیا دارای ریزوم‌هایی (ساقه‌های زیرزمینی) متراکم و غده‌ای شکل است و رشد ریزوم‌ها در خاک موجب تولید برگ‌های جدید در بالای خاک می‌شود. برگ‌های گیاه در واقع یک محور ساقه‌ای شکل است که ۸-۶ جفت برگچه در دو سوی آن روئیده است. برگچه‌ها ۱۵-۷ سانتیمتر طول دارند و تخم‌مرغی شکل و براق هستند. گل‌ها بر گیاه بالغ زامیفولیا ظاهر می‌شوند. گل زامیفولیا از گل‌های ریز و پرتعداد شیری رنگ بر گل آذین سنبله‌ای محصور در برگواره (اسپات) سبز رنگ غلاف مانند تشکیل می‌شود. این گیاه به دلیل ظاهر عالی، توانایی رشد در شرایط کم نور، تحمل بسیار بالایی نسبت به تنش خشکی دارد و بیماری و مشکلات آفات را ندارد (Chen and Henny, 2003).

این گیاه جزء گیاهان دارویی و زینتی گران می‌باشد و منبع غنی از فلاونوئیدها و به خصوص آپی‌ژنین‌ها می‌باشد که ترکیبات آروماتیک اصلی برگ‌ها است. همچنین تحت شرایط مطلوب هم رشد آهسته‌ای دارد. به همین دلیل تولیدکنندگان متخصص در آن وجود دارند. از طرفی مطالعات سم‌شناسی اولیه نیز شواهد مبنی بر فرض سمی بودن *Z. zamiifolia* را رد کرده‌اند (Papafotiou and Martini, 2009). اگرچه مواد موثره گیاهان دارویی اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی سنتز آنها به طور بارزی تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر رطوبت، آب، عناصر غذایی،

نور و ارتفاع از سطح دریا قرار می‌گیرد (Habibi et al., 2006). مدیریت کود یکی از عوامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی است (Griffe et al., 2003). کاربرد صحیح و مناسب عناصر و مواد غذایی در طول مراحل کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد دارد، بلکه در کمیت و کیفیت مواد موثره آنها نیز موثر است (Poshtdar et al., 2016). در این بین سطوح مختلف کودی از کودهای متفاوت، یکی از عوامل تاثیرگذار برای دستیابی به شرایط مناسب در طول دوره رشد و نمو جهت حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی در گیاهان دارویی می‌باشد. کاربرد سطوح مختلف کود سبب برخورد مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با عناصر غذایی متفاوت شده و از این طریق بر رشد، نمو و عملکرد گیاه تاثیر می‌گذارد (Eblagh et al., 2014). نیتروژن یکی از مهمترین عناصری است که در تمام دوره رشد گیاه ضروری بوده و در بسیاری از فرآیندهای متابولیسم گیاهان نقش قابل توجهی دارد (Saxena, 2004). توجه به نقش اساسی نیتروژن در افزایش محصول از یک طرف و کاهش میزان آن در خاک از طرف دیگر باعث شده که پژوهشگران به طور فزاینده‌ای به مطالعه اثر کودهای نیتروژنی روی آورده و از آنها جهت افزایش تولید استفاده نمایند (Izadi et al., 2010). از آنجایی که در تولید گیاهان دارویی مهمترین مساله، طبیعی بودن مواد استحصال شده از آنها می‌باشد، تعیین مقدار مناسب کود حائز اهمیت است و باید در به‌کارگیری کودها شیمیایی دقت نظر بیشتری اعمال شود (Mehrabani et al., 2014).

در این پژوهش به بررسی تغییرات فیزیولوژیکی زاموفیلیا تحت تاثیر غلظت‌های مختلف سه نوع کود نیتروژن‌دار می‌پردازیم.

مواد و روش‌ها

ریزوم‌های برگدار دو ماهه و تقریباً مشابه از نظر میزان رشد گیاه زاموفیلیا از گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی گرگان تهیه شد و به گلدان انتقال و پس از انتقال ریزوم در دو مرحله مقادیر کود نیتروژن در فواصل یک ماهه به گلدان‌ها اضافه گردید. گیاه در گلدان‌هایی با خاک کوکوپیت و پیت‌ماس با نسبت مساوی رشد کرده و آبیاری هر دو هفته یکبار به مقدار خیلی کم انجام شد. در این آبیاری به جز موارد استفاده از کود، در سایر موارد از آب فاقد کود استفاده شد. هنگام آبیاری دقت کافی به کار رفت تا آب اضافی از زیر گلدان خارج نشود و کود اضافه شده از گلدان شسته و خارج نگردد. آزمایشات شامل شش تیمار با به کارگیری کود ترکیبی NPK (که از بین انواع مختلف آن نوع سه ۲۰ انتخاب شد)، کود زیستی دکتر بیو^۱ و اوره^۲ به میزان ۲ و ۴ گرم بر لیتر و شاهد (بدون استفاده از کود) می‌باشند. به این ترتیب گیاهان چهار ماهه که در تمام دوره رشد در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای رشد کرده بودند برای سنجش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

سنجش‌ها شامل تعیین وزن تر و خشک برگ و ریشه، فعالیت نیترات ردوکتازی برگ‌ها، محتوای فلاونوئیدی و آنتوسیانینی کل در برگ‌ها و همچنین سنجش مقدار کلی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در برگ و ریشه می‌باشد.

به منظور تعیین وزن تر نمونه‌ها، از هر گلدان یک بوته خارج و پس از جدا کردن برگ‌ها، وزن تر آن‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری وزن خشک و سنجش عناصر بر روی همین نمونه‌ها انجام گرفت. به منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از مرحله‌ی قبل درون پاکت کاغذی به مدت ۴۸ ساعت در آون با

دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از خشک شدن، با ترازوی دیجیتال توزین نمونه‌ها انجام گرفت. قابل توجه است که این نمونه‌ها با دستگاه آسیاب کن، پودر و برای سنجش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.

سنجش فعالیت نیترات ردوکتازی: فعالیت نیترات ردوکتازی برگ‌ها با سنجش مقدار نیتريت تولید شده به ازای هر گرم برگ در مدت یک ساعت و مطابق روش Harper و Hageman (۱۹۷۲) تعیین گردید.

سنجش فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها: برای تخمین محتوای کلی فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در برگ‌ها با استفاده از روش Stark و Wray (۱۹۸۹)، از اندازه‌گیری جذب نوری عصاره استخراج شده در متانول اسیدی برگ‌ها به ترتیب در طول موج ۳۰۰ نانومتر و ۵۳۰ نانومتر استفاده شد. غلظت این متابولیت‌های ثانویه هم‌ارز با میزان جذب نوری عصاره در نظر گرفته شد و مقدار آنها با لحاظ حجم عصاره به صورت مقدار جذب نوری به ازای هر گرم وزن تر برگ محاسبه شد. خواندن جذب نوری با به‌کارگیری دستگاه اسپکتروفتومتر UV مدل Shimadzu انجام گرفت.

تعیین نیتروژن کل به روش کج‌لدال: در روش Kjeldahl (۱۸۸۳) به کمک تیتراسیون، مقدار آمونیاک تقطیر شده حاصل از مرحله هضم مقدار مشخصی از نمونه برگ گیاه تعیین و با توجه به وزن نمونه، مقدار کل نیتروژن موجود در آن محاسبه گردید.

سنجش فسفر کل بخش‌های هوایی و زیرزمینی: ابتدا حل هضم نمونه به کمک اسید نیتريك و مراحل تنظیم اسیدیته به کمک آمونیاک و اسید نیتريك طی شد و در نهایت پس از تشکیل کمپلکس رنگی در مجاورت معرف فسفو مولیبدو و انادات، میزان جذب نوری در

² Urea

¹. Dbio

رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد (جدول ۱ و ۲ و شکل های ۱ تا ۱۵).

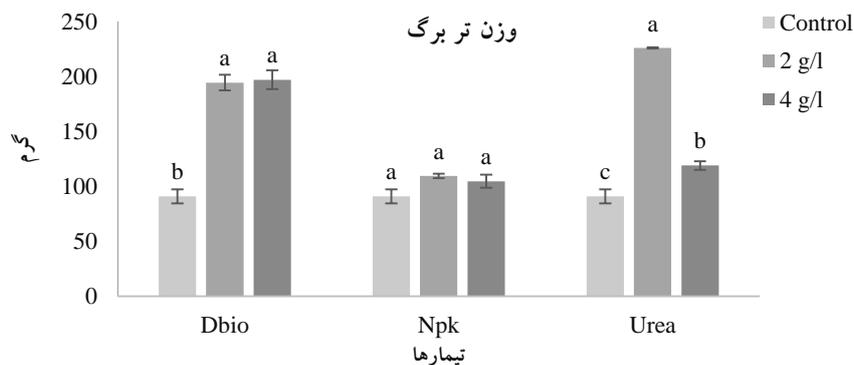
نتایج

تاثیر کلی تیمارها: مطابق جدول ۱ اثر کلی تیماری (نوع و غلظت کود نیتروژن دار) بر روی متغیرهای مورد سنجش در تمام موارد به جز در مورد محتوای فلاونوئیدی برگها، در سطح ۰,۰۵ معنی دار بوده است. **تاثیر کود بر میزان وزن تر و خشک برگ و ریشه:** مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد کود زیستی و اوره تاثیر معنی داری بر میزان وزن تر برگ گیاه داشته، به طوری که هر دو غلظت موجب افزایش وزن تر گیاه نسبت به شاهد شد. کود NPK نیز موجب افزایش وزن تر شد، ولی این افزایش معنی دار نبود. نتایج نشان داد در مقایسه دو غلظت کاربردی کود اوره، غلظت ۲ گرم بر لیتر نسبت به غلظت ۴ گرم بر لیتر تاثیر بیشتری در افزایش وزن تر برگ داشته است، در حالی که در مقایسه دو غلظت کاربردی کود Dbio تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

۴۵۰ نانومتر تعیین گردید. برای تعیین غلظت فسفر، از محلول‌های دی‌هیدروژن فسفات پتاسیم برای تهیه محلول‌های استاندارد استفاده شد (Gupta et al., 1993).

سنجش آهن و پتاسیم: از عصاره‌های اسیدی به کار رفته برای سنجش فسفر، برای تعیین غلظت آهن و پتاسیم به کمک دستگاه اسپکترو سکوپی جذب اتمی مدل Trace 1800-Arora با توجه به غلظت‌های معلوم از کلرور آهن و یا کلرور پتاسیم به عنوان محلول‌های استاندارد استفاده شد. سپس میزان این عناصر با عنایت به وزن خشک نمونه‌های مورد استفاده در تهیه عصاره محاسبه گردید.

ملاحظات آماری: کلیه نتایج حاصل از سنجش‌ها با لحاظ چهار تکرار جهت محاسبه میانگین و خطای معیار مورد استفاده قرار گرفتند. آنالیز واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون Tukey جهت بررسی اثرات کلی تیمارها (نوع و غلظت کود) و تعیین اختلافات معنی دار و نیز تحقیق همبستگی متغیرهای مورد سنجش انجام گرفت و برای



شکل ۱: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی وزن تر برگ.

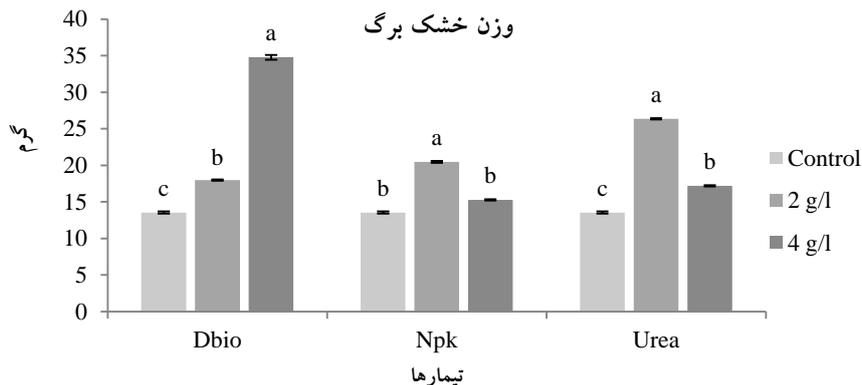
حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

گیاه شاهد داشتند، البته در غلظت کاربردی ۴ گرم بر لیتر، کود NPK تغییر معنی داری نسبت به شاهد مشاهده نشد. در مقایسه غلظت‌ها در مورد کود اوره و

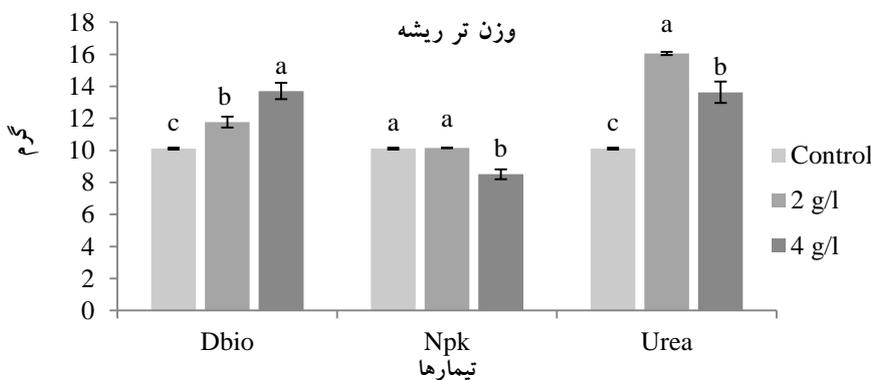
بر اساس نتایج بدست آمده اثر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک برگ گیاه زاموفیلیا در سطح ۵ درصد معنی دار بود و تیمارهای آزمایش اثر افزایشی نسبت به

در میزان وزن تر ریشه موجب نشد و کاربرد غلظت ۴ گرم بر لیتر، وزن تر ریشه را کاهش داد. کاربرد کود اوره نیز موجب افزایش وزن تر ریشه شد و غلظت ۲ گرم بر لیتر موثرتر عمل کرده و موجب افزایش بیشتری نسبت به غلظت ۴ گرم بر لیتر شد.

کود NPK غلظت ۲ گرم بر لیتر و کود ازیستی غلظت ۴ گرم بر لیتر تاثیر بیشتری را نشان داد و افزایش بیشتری در میزان وزن خشک برگ مشاهده شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد کود زیستی دکتر بیو در هر دو غلظت کاربردی موجب افزایش وزن تر ریشه نسبت به شاهد شد. کاربرد غلظت ۲ گرم بر لیتر در کود NPK تغییر معنی داری را



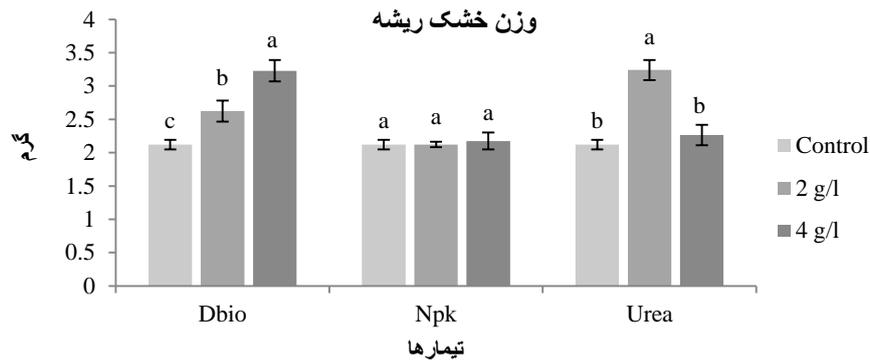
شکل ۲: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی وزن خشک برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.



شکل ۳: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی وزن تر ریشه حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

معنی داری را نسبت به شاهد موجب نشد و کاربرد کود اوره تنها در غلظت کاربردی ۲ گرم بر لیتر موثر عمل کرده و موجب افزایش شد و غلظت ۴ گرم بر لیتر تغییر معنی داری را موجب نشد.

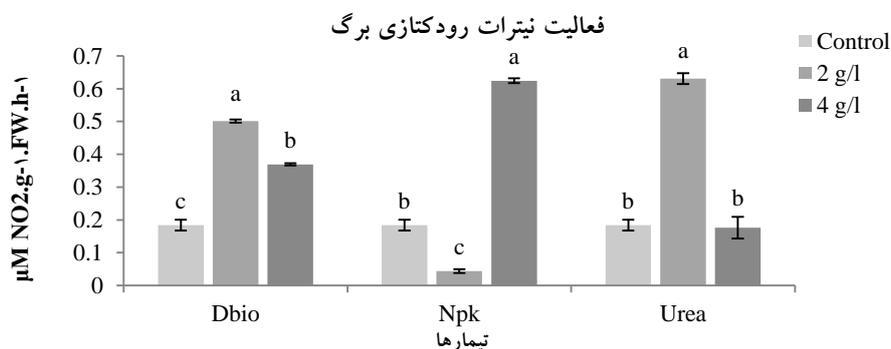
بر اساس نتایج به دست آمده تاثیر کود دکتر بیو بر میزان وزن خشک ریشه موثر بود و با افزایش غلظت کود، میزان وزن خشک ریشه افزایش یافت، در حالی که کاربرد کود NPK بر میزان وزن خشک تغییر



شکل ۴: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی وزن خشک ریشه حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

دکتر بیو کاهش یافت. کاربرد کود NPK در غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب کاهش و در غلظت ۴ گرم بر لیتر موجب افزایش فعالیت نیترات ردوکتازی شد. کود اوره نیز در غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب افزایش فعالیت نیترات ردوکتازی شد، در حالی که کاربرد غلظت ۴ گرم بر لیتر با شاهد اختلاف معنی داری را نشان نداد.

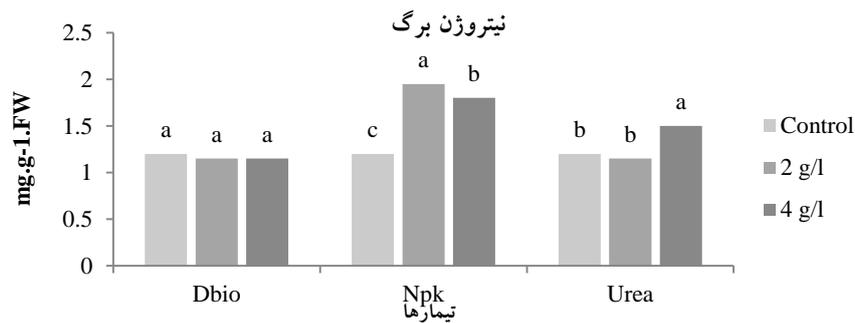
تأثیر کود بر میزان فعالیت نیترات ردوکتاز و مقدار نیتروژن: بر اساس نتایج بدست آمده اثر کود دکتر بیو بر میزان فعالیت نیترات ردوکتازی برگ در سطح ۵ درصد معنی دار بود و غلظت ۲ گرم بر لیتر موثرتر عمل کرده و با افزایش غلظت ۴ گرم بر لیتر میزان نیترات ردوکتازی نسبت به کاربرد غلظت ۲ گرم بر لیتر کود



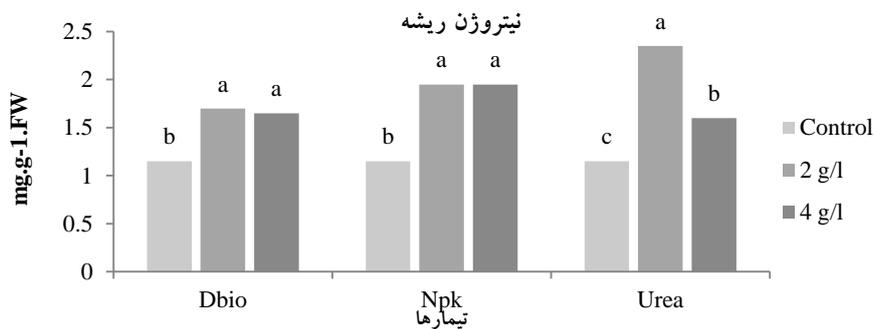
شکل ۵: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان فعالیت نیترات ردوکتازی حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

گرم بر لیتر ۲ موجب افزایش معنی داری در ازت ریشه نسبت به شاهد شد، در حالی که در ازت برگ اختلاف معنی داری را نسبت به شاهد موجب نشد. غلظت ۴ گرم بر لیتر اوره موجب افزایش ازت برگ و ریشه نسبت به شاهد شد.

بر اساس نتایج بدست آمده، کاربرد کود دکتر بیو بر میزان ازت برگ تأثیر چندانی نداشته، در حالی که موجب افزایش ازت ریشه در هر دو غلظت به کار رفته شد و تیمار کود NPK موجب افزایش ازت برگ و ریشه در هر دو غلظت شد. کود اوره در غلظت



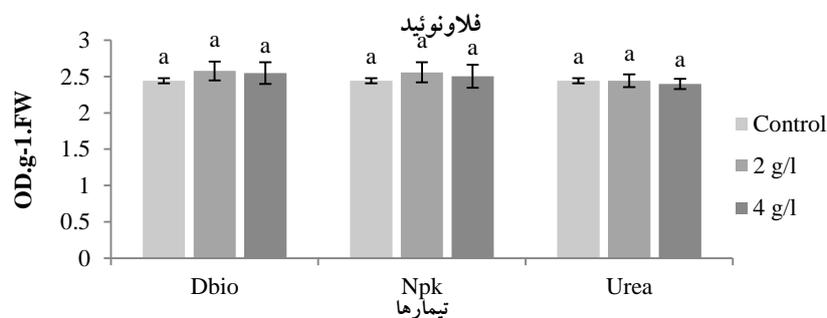
شکل ۶: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان نیتروژن برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.



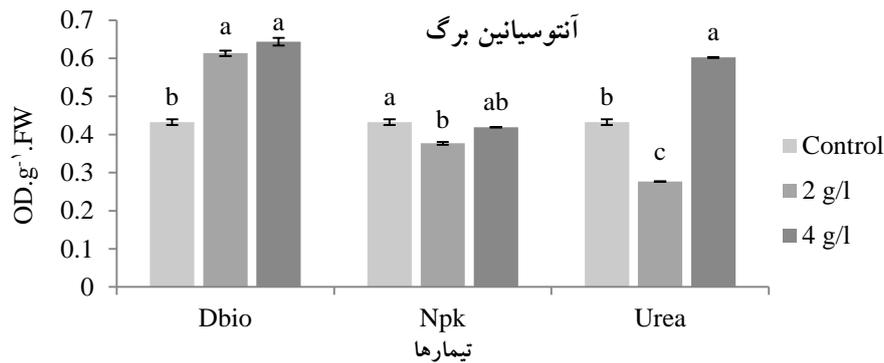
شکل ۷: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان نیتروژن ریشه حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

تأثیر کود بر میزان محتوای کلی فلاونوئید و آنتوسیانین‌ها در برگ: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کودها و غلظت‌های به کار رفته در این پژوهش تأثیر معنی داری بر محتوای فلاونوئیدی برگ‌ها نداشتند. کود زیستی دکتر بیو تأثیر معنی داری بر میزان آنتوسیانین برگ داشته است، به طوری که مقدار آن در هر دو غلظت کاربردی افزایش یافت. اختلاف بین دو غلظت کاربردی معنی دار نبود. کود NPK در غلظت ۲ گرم بر لیتر باعث کاهش مقدار آنتوسیانین‌ها در برگ شد ولی در غلظت ۴ گرم بر لیتر اختلاف معنی داری نسبت به شاهد مشاهده نشد. کود اوره نیز در غلظت ۴ گرم بر لیتر بر محتوای آنتوسیانین برگ اثر افزایشی داشته ولی در غلظت ۲ گرم بر لیتر نسبت به شاهد اثر کاهشی داشته است.

تأثیر کود بر میزان محتوای کلی فلاونوئید و آنتوسیانین‌ها در برگ: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کودها و غلظت‌های به کار رفته در این پژوهش تأثیر معنی داری بر محتوای فلاونوئیدی برگ‌ها نداشتند. کود زیستی دکتر بیو تأثیر معنی داری بر میزان آنتوسیانین برگ داشته است، به طوری که مقدار آن در هر دو غلظت کاربردی افزایش یافت. اختلاف بین



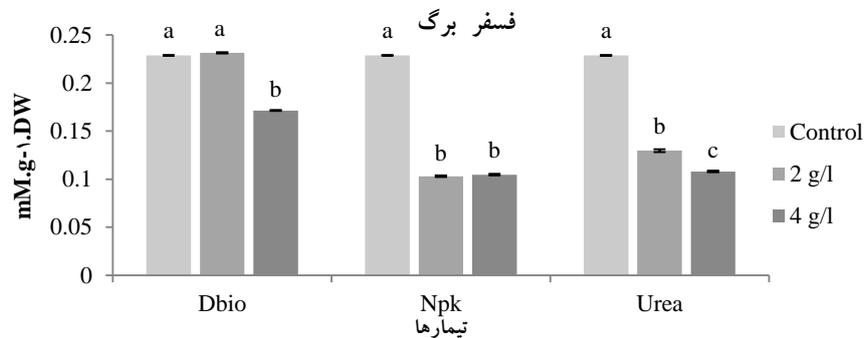
شکل ۸: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان فلاونوئید برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.



شکل ۹: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان آنتوسیانین برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

معنی داری را موجب شد. تیمار کود NPK در هر دو غلظت کاهش معنی داری را در میزان فسفر برگ نسبت به شاهد نشان داد. با این حال بین دو غلظت اختلاف معنی دار نبود. کود اوره نیز در هر دو غلظت موجب کاهش فسفر برگ گردید، در حالی که غلظت بیشتر موجب کاهش بیشتر فسفر برگ شد.

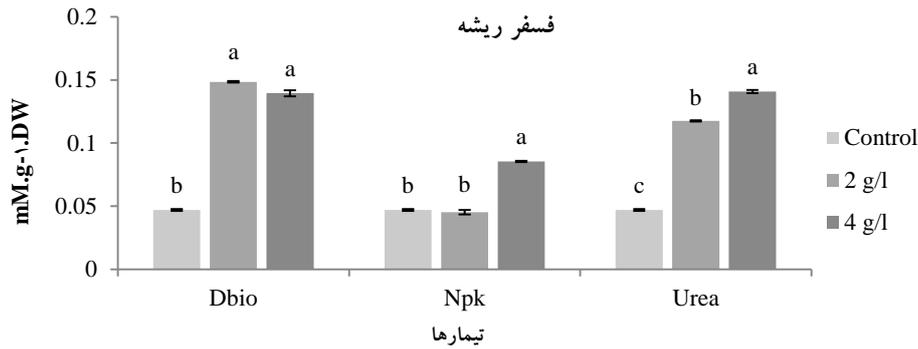
تاثیر کود بر میزان فسفر برگ و ریشه: بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، افزایش غلظت کودها منجر به کاهش میزان فسفر برگ گردید. هرچند کاربرد غلظت ۲ گرم بر لیتر کود دکترو بیو اختلاف معنی داری را با شاهد نشان نداد، ولی در غلظت ۴ گرم بر لیتر کاهش



نمودار ۱۰: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان فسفر برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

لیتر اختلاف معنی داری را با شاهد نشان نداد. در مورد اوره نیز در هر دو غلظت افزایش معنی داری دیده شد که این افزایش در غلظت ۴ گرم بر لیتر بیشتر بود.

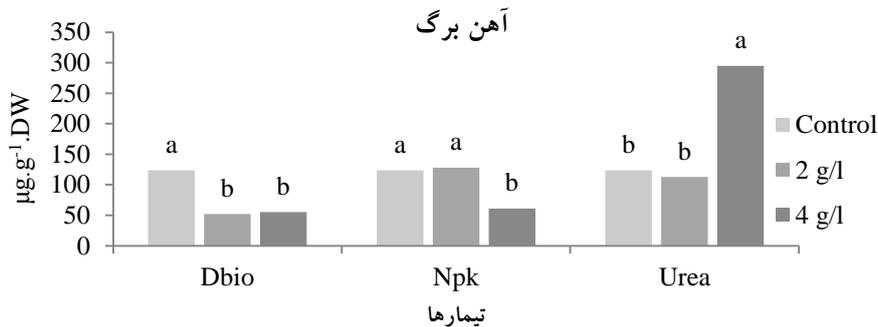
بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، کاربرد کود دکترو بیو در هر دو غلظت موجب افزایش فسفر ریشه نسبت به گیاه شاهد شد و کاربرد غلظت ۴ گرم بر لیتر کود NPK نیز موجب افزایش گردید ولی غلظت ۲ گرم بر



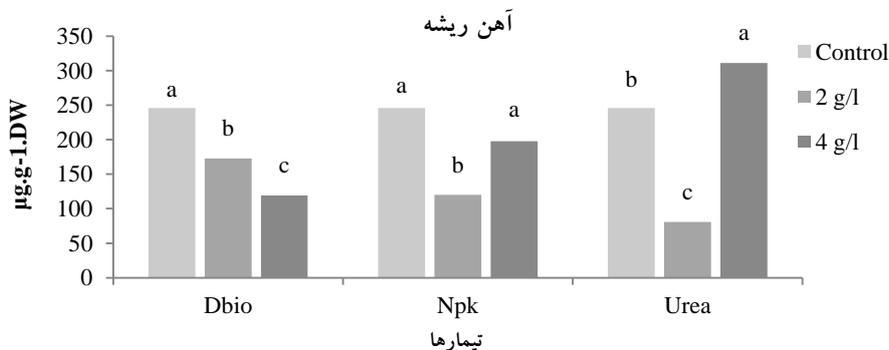
شکل ۱۱: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان فسفر ریشه حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

لیتر این کاهش مشهودتر بوده است، در رابطه با آهن برگ غلظت ۲ گرم بر لیتر بی تاثیر و غلظت ۴ گرم بر لیتر موجب کاهش آهن برگ نیز شد. کود اوره در غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب کاهش آهن ریشه و در غلظت ۴ گرم بر لیتر منجر به افزایش آهن برگ و ریشه نسبت به شاهد شد.

تاثیر کود بر میزان آهن برگ و ریشه: بر اساس نتایج بدست آمده میزان آهن برگ و ریشه در نتیجه تیمار با کود دکنتر بیو به طور معنی داری کاهش یافت. غلظت ۴ گرم بر لیتر کاهش بیشتری را در میزان آهن ریشه موجب شد. NPK نیز در هر دو غلظت کاهش آهن ریشه را موجب شد، به طوری که در غلظت ۲ گرم بر



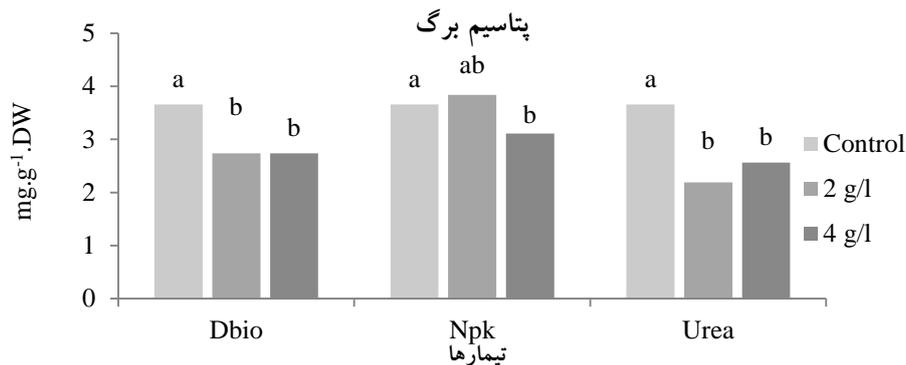
شکل ۱۲: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان آهن برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.



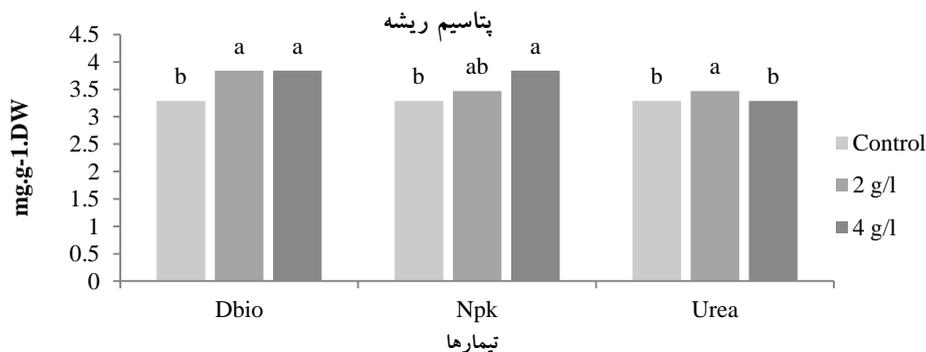
شکل ۱۳: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان آهن ریشه حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

مورد پتاسیم برگ، کاربرد NPK در غلظت ۲ گرم بر لیتر معنی دار نبود و غلظت ۴ گرم بر لیتر موجب کاهش آن شد. کود اوره در هر دو غلظت کاربردی منجر به کاهش پتاسیم برگ شد. در مورد پتاسیم ریشه غلظت ۲ گرم بر لیتر موثر عمل کرده و موجب افزایش پتاسیم ریشه شد، در حالی که با افزایش غلظت ۴ گرم بر لیتر اختلاف معنی داری با شاهد مشاهده نشد.

تاثیر کود بر میزان پتاسیم برگ و ریشه: بر اساس نتایج بدست آمده کود زیستی دکتر بیو در هر دو غلظت کاربردی، موجب کاهش پتاسیم برگ و افزایش پتاسیم ریشه نسبت به شاهد شد. NPK نیز در هر دو غلظت موجب افزایش پتاسیم ریشه شد که در غلظت ۴ گرم بر لیتر افزایش بیشتری را نشان داد، ولی در



شکل ۱۴: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان پتاسیم برگ حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.



شکل ۱۵: مقایسه میانگین مقادیر مختلف کود زیستی Dbio، NPK و اوره با شاهد بر روی میزان پتاسیم ریشه حروف یکسان در مورد هر نوع کود نشانگر نبود اختلاف معنی دار در مورد اثر غلظت همان نوع کود بر روی متغیر مورد اندازه گیری است.

جدول ۱: آنالیز واریانس متغیرهای سنجش شده در گیاه زامیفولیا تحت تاثیر سه نوع کود نیتروژن دار با غلظتهای ۰ و ۲ و ۴ گرم بر لیتر.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
FW1	Between Groups	۱۱۷,۰۱۵	۶	۱۹,۵۰۳	۱۳,۶۴۶	.۰۰۰
	Within Groups	۳۰,۰۱۲	۲۱	۱,۴۲۹		
	Total	۱۴۷,۰۲۷	۲۷			
DW1	Between Groups	۳۴۰,۷۴۴	۶	۵۶,۷۹۱	۷,۵۰۱	.۰۰۰
	Within Groups	۱۵۸,۹۹۷	۲۱	۷,۵۷۱		
	Total	۴۹۹,۷۴۱	۲۷			
FW2	Between Groups	۵,۸۷۰	۶	.۹۷۸	۱۵,۸۶۱	.۰۰۰
	Within Groups	۱,۲۹۵	۲۱	.۰۶۲		
	Total	۷,۱۶۵	۲۷			
DW2	Between Groups	۱۵۴۲,۱۸۶	۶	۲۵۷,۰۳۱	۲۷۶۵,۰۴۸	.۰۰۰
	Within Groups	۱,۹۵۲	۲۱	.۰۹۳		
	Total	۱۵۴۴,۱۳۸	۲۷			
NR	Between Groups	۱,۳۰۷	۶	.۲۱۸	۷۸۱,۷۳۹	.۰۰۰
	Within Groups	.۰۰۶	۲۱	.۰۰۰		
	Total	۱,۳۱۲	۲۷			
Flav	Between Groups	.046	۶	.008	.۳۳۸	.909
	Within Groups	.475	۲۱	.023		
	Total	.521	۲۷			
ANT	Between Groups	.۴۸۲	۶	.۰۸۰	۲۱۳,۳۹۹	.۰۰۰
	Within Groups	.۰۰۸	۲۱	.۰۰۰		
	Total	.۴۹۰	۲۷			
N1	Between Groups	۲,۷۹۴	۶	.۴۶۶	۷,۳۴۰	.۰۰۰
	Within Groups	۱,۳۳۲	۲۱	.۰۶۳		
	Total	۴,۱۲۷	۲۷			
N2	Between Groups	۳,۱۷۷	۶	.۵۳۰	۱۲,۱۲۱	.۰۰۰
	Within Groups	.۹۱۷	۲۱	.۰۴۴		
	Total	۴,۰۹۵	۲۷			
P1	Between Groups	.۰۷۹	۶	.۰۱۳	۲۷۴۹,۰۰۰	.۰۰۰
	Within Groups	.۰۰۰	۲۱	.۰۰۰		
	Total	.۰۷۹	۲۷			
P2	Between Groups	.۰۴۵	۶	.۰۰۸	۲۱۰۱,۰۰۰	.۰۰۰
	Within Groups	.۰۰۰	۲۱	.۰۰۰		
	Total	.۰۴۵	۲۷			
K1	Between Groups	۸,۵۵۵	۶	۱,۴۲۶	۱۲۴,۵۰۰	.۰۰۰
	Within Groups	.۲۴۰	۲۱	.۰۱۱		
	Total	۸,۷۹۵	۲۷			
K2	Between Groups	۲,۳۵۹	۶	.۳۹۳	۱۱,۶۵۷	.۰۰۰
	Within Groups	.۷۰۸	۲۱	.۰۳۴		
	Total	۳,۰۶۷	۲۷			
Fe1	Between Groups	۱۷۲۲۵۳,۷۱۴	۶	۲۸۷۰۸,۹۵۲	۲۲۹,۵۸۴	.۰۰۰
	Within Groups	۲۶۲۶,۰۰۰	۲۱	۱۲۵,۰۴۸		
	Total	۱۷۴۸۷۹,۷۱۴	۲۷			
Fe2	Between Groups	۱۵۵۹۶۵,۷۱۴	۶	۲۵۹۹۴,۲۸۶	۶۴۹,۸۵۷	.۰۰۰
	Within Groups	۸۴۰,۰۰۰	۲۱	۴۰,۰۰۰		
	Total	۱۵۶۸۰۵,۷۱۴	۲۷			

شماره های ۱ و ۲ در کنار هر متغیر، به ترتیب نشانگر سنجش آن متغیر در برگ و در ریشه هستند. وزن تر، وزن خشک، محتوای آنتوسیانین برگ، محتوای فلاونوئید برگ و فعالیت نیترات ردوکتازی برگ به ترتیب با FW، DW، ANT، Flav و NR نمایش داده شده اند.

جدول ۲: همبستگی بین متغیرهای مورد سنجش در مواردی که همبستگی معنی دار است. علامت یک ستاره و یا دو ستاره به ترتیب سطح معنی ۰/۰۵ و ۰/۰۱ را نشان می‌دهند. اعداد جدول نشانگر ضریب همبستگی پیرسون (R) هستند. NR نشانگر فعالیت نیترات زدکنزای برگ است.

متغیرهای سنجش شده	وزن تر (برگ)	وزن تر (ریشه)	وزن خشک (برگ)	وزن خشک (ریشه)	NR	آنتوسیانین برگ	N (برگ)	N (ریشه)	P (برگ)	P (ریشه)	K (برگ)	K (ریشه)	Fe (برگ)	Fe (ریشه)	فلانوئید (برگ)
وزن تر (برگ)	۱	.۳۸۳	.۶۵۰**	-.۰۱۶	-.۵۶۹**	-.۱۵۱	.۶۴۴	-.۰۷۳	.۱۱۲	-.۴۹۸**	.۶۶۲**	.۱۹۶	-.۱۲۴	-.۲۱۹	-.۳۲۸
وزن تر (ریشه)	.۳۸۳	۱	.۳۱۳	.۰۳۸	-.۴۴۴*	.۶۳۹**	.۰۰۰	.۰۳۴	-.۰۳۶	.۳۱۶	.۰۲۹	.۲۰۷	.۳۱۳	.۲۸۸	.۲۴۸
وزن خشک (برگ)	.۶۵۰**	.۳۱۳	۱	.۴۶۶*	-.۱۱۱	.۳۲۴	-.۰۰۲	.۰۳۴	.۴۶۰*	-.۲۱۰	.۵۶۴**	.۳۸۶*	-.۵۹۴**	-.۱۶۰	-.۳۶۰
وزن خشک (ریشه)	-.۰۱۶	.۰۳۸	.۴۶۶*	۱	.۲۸۷	.۰۷۹	.۶۴۳**	.۶۴۳**	-.۲۹۱	-.۱۰۷	.۶۳۳**	.۶۳۳**	-.۵۶۶**	-.۲۳۶	.۳۵۶
NR	-.۵۶۹**	-.۴۴۴*	-.۱۱۱	.۲۸۷	۱	-.۱۱۲	-.۲۵۷	.۲۷۷	.۰۴۱	.۴۶۴*	-.۶۶۵**	.۳۴۳	-.۵۳۰**	-.۲۵۲	-.۱۵۲
آنتوسیانین برگ	-.۱۵۱	.۶۳۹**	.۳۲۴	-.۰۷۹	-.۱۱۲	۱	-.۳۳۲	-.۰۷۷	.۳۷۵*	.۶۴۳**	-.۲۶۶	-.۲۶۶	.۰۶۳	.۴۰۵*	.۱۴۳
N(برگ)	.۶۴۴	-.۰۷۹	-.۰۰۲	.۳۶۹	-.۲۵۷	-.۳۳۲	۱	.۵۸۷**	-.۶۰۳**	-.۴۲۲*	.۴۱۰*	.۱۹۶	.۱۳۵	.۰۹۳	.۳۰۱
N(ریشه)	-.۰۷۳	.۳۶۹	.۰۳۴	.۶۴۳**	.۲۷۷	-.۰۷۷	.۵۸۷**	۱	-.۶۰۵**	.۰۲۷	.۰۰۷	.۴۹۱**	-.۱۷۰	-.۱۳۹	-.۳۱۲
P(برگ)	.۱۱۲	-.۰۳۶	.۴۶۰*	-.۲۹۱	.۰۴۱	.۳۷۵*	-.۶۰۳**	-.۶۰۵**	۱	.۱۱۷	.۰۶۹	-.۱۷۳	-.۳۷۴*	.۰۹۰	.۲۹۳
P(ریشه)	-.۴۹۸**	.۳۱۶	-.۲۱۰	-.۱۰۷	.۴۶۴*	.۶۴۳**	-.۴۲۲*	.۰۳۷	.۱۱۷	۱	-.۸۵۷**	.۲۵۹	.۰۳۹	.۰۱۰	.۱۱۳
K(برگ)	.۶۶۲**	.۰۲۹	.۵۶۴**	.۳۲۸	-.۶۶۵**	-.۲۶۶	.۴۱۰*	.۰۰۷	.۰۶۹	-.۸۵۷**	۱	-.۰۴۶	-.۱۱۱	.۱۱۳	.۱۷۸
K(ریشه)	.۱۹۶	.۲۰۷	.۳۸۶*	.۶۳۳**	.۲۴۳	.۱۶۰	.۱۹۶	.۴۹۱**	-.۱۷۳	.۳۵۹	-.۰۴۶	۱	-.۵۴۰**	-.۴۷۱*	.۴۱۲
Fe(برگ)	-.۱۲۴	.۳۱۳	-.۵۹۴**	-.۵۶۶**	-.۵۳۰**	.۰۶۳	.۱۳۵	-.۱۷۰	-.۳۷۴*	.۰۳۹	-.۱۱۱	-.۵۴۰**	۱	.۶۴۹**	.۲۱۹
Fe(ریشه)	-.۲۱۹	.۲۸۸	-.۱۶۰	-.۳۳۶	-.۳۵۲	.۴۰۵*	.۰۹۳	-.۱۳۹	.۰۱۰	.۰۱۰	.۱۱۳	-.۴۷۱*	.۶۴۹**	۱	.۳۳۲
فلانوئید (برگ)	-.۳۲۸	.۲۴۸	-.۳۶۰	.۳۵۶	-.۱۵۲	.۱۴۳	.۳۰۱	-.۳۱۲	.۲۹۳	.۱۱۳	.۱۷۸	.۴۱۲	.۲۱۹	.۳۳۲	۱

همبستگی ها: همانگونه که جدول ۲ نشان می دهد، بین برخی از متغیرهای مورد اندازه گیری همبستگی مثبت و برخی دیگر همبستگی منفی در سطوح ۰,۰۵ و ۰,۰۱ وجود دارد. از مهمترین موارد میتوان به همبستگی مثبت وزن خشک برگ و ریشه با یکدیگر و نیز همبستگی مثبت وزن خشک برگ با محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم آن و همبستگی منفی این متغیر با محتوای آهن برگ اشاره کرد. وزن خشک ریشه نیز با محتوای نیتروژن و پتاسیم آن همبستگی مثبت نشان می دهد. همبستگی منفی محتوای آهن برگ و وزن خشک آن نیز مورد مهم دیگر است. همبستگی مثبت محتوای آنتوسیانین در برگ با محتوای فسفر ریشه و یا برگ و همبستگی منفی فعالیت نیترات ردوکتازی برگ با وزن تر آن نیز در این پژوهش مشاهده شده است.

بحث

Gerreidenbach و Horst (۱۹۹۷) عقیده دارند که افزایش نیتروژن سبب می شود طول و تراکم تارهای کشنده در ریشه زیاد شود و در نتیجه جذب عناصر غذایی بیشتر شود. Anderson (۱۹۸۷) نیز دریافت که افزایش کود نیتروژن باعث رشد ریشه در بخش سطحی خاک می گردد. Maizlish و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که با افزایش مصرف کود نیتروژن وزن ساقه و ریشه در گیاه ذرت افزایش یافت، اما در مجموع میزان افزایش وزن ساقه بیش از ریشه بود. Cechin and Fumis (۲۰۰۴) در بررسی کاربرد مقادیر پایین و بالای کود نیتروژن بر خصوصیات رویشی آفتابگردان دریافتند که در اواخر دوره رشد، حداکثر وزن خشک ساقه با کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن به میزان ۹۰ گرم بدست آمد. همچنین محلول پاشی کود اوره نیز بر افزایش وزن ساقه تاثیر مثبت دارد.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، تیمارهای کود اوره و کود زیستی تاثیرات معنی دار بیشتری بر جنبه های مختلف رشد نظیر وزن تر و وزن خشک ریشه و برگها نسبت به کود NPK داشتند. کود NPK بر افزایش وزن خشک ریشه بی تاثیر و حتی در غلظت ۴ گرم بر لیتر اثر منفی بر وزن خشک آن داشت. بنابراین نمیتوان اثرات مثبت مورد اشاره در پژوهش های فوق در مورد تاثیرات مثبت کود نیتروژنه بر رشد ریشه ها را همیشه صادق دانست و یا همبستگی مثبت وزن خشک ریشه و برگها در آنالیز کلی داده ها را دلیل کافی برای بهبود رشد ریشه در همه تیمارهای کود دانست.

در آزمایشی به منظور بررسی تاثیر کوددهی نیتروژن بر رشد و تجمع نیترات در کاهو گزارش شد که افزایش میزان کوددهی از صفر تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش نیترات در برگ های گیاه کاهو می شود (Liu et al., 2014). تجمع نیترات در گیاهان یک پدیده طبیعی بوده و هنگامی رخ می دهد که سرعت جذب نیترات در گیاه بیشتر از سرعت احیا و متابولیسم آن باشد. متابولیسم نیترات در گیاهان تحت تاثیر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز بوده و فعالیت این آنزیم نیز تحت تاثیر مواد معدنی می باشد. به علاوه اینکه مطالعات روی گیاهان آلی نشان می دهد که نیترات اولین فاکتور تنظیم کننده میزان و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز است. در گیاهان آلی بین نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز رابطه نزدیکی وجود دارد (Kaiser et al., 1999). در بررسی تنظیمات بیان ژن های آنزیم نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاهان می شود، ولی با عرضه بیش از حد نیتروژن به گیاهان متابولیسم نیترات، به دلیل بازدارندگی آنزیم های مسیر بیوسنتزی، کاهش می یابد (Sharifi-Rad et al., 2013). نیترات در سیتوسول و کلروپلاست برگها توسط چرخه سنتز گلواماتات و در دو مرحله

گلوکز، آرابینوز و گالاکتوز) موجود در بافت‌ها قرار می‌گیرد (Taiz and Zeiger, 2006). به عبارت دیگر توسعه رنگدانه‌های یاخته و ساخت آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها نسبت مستقیم داشته و هر عاملی که بتواند روی افزایش، جذب یا ساخته شدن قندها مؤثر باشد، باعث افزایش میزان آنتوسیانین کل در گیاه می‌شود (Vitrac et al., 2000). به دلیل اینکه آنتوسیانین جزو ترکیبات فلاونوئیدی است، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین میزان‌های اضافی نیتروژن به طور معمول رشد را تحریک کرده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند (Omidbaigi and Nobakht, 2001).

در پژوهش حاضر، هرچند محتوای فلاونوئید کل برگ‌ها تحت تاثیر کودهای به کار رفته قرار نگرفت، ولی کود زیستی تاثیر مثبت معنی‌داری بر محتوای آنتوسیانین کل برگ‌ها داشت. همچنین غلظت ۲ گرم بر لیتر کود NPK و کود اوره تاثیر منفی و غلظت ۴ گرم بر لیتر کود اوره تاثیر مثبت بر محتوای کلی آنتوسیانین برگ‌ها داشتند. بنابراین نمی‌توان نتایج حاصل از سایر تحقیقات مبنی بر تاثیر کود نیتروژنه بر افزایش و کاهش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در حالت کلی و یا بر افزایش آنتوسیانین‌ها در حالت خاص را برای همه انواع این کودها و همه غلظت‌های به کار رفته صادق دانست.

همچنین همبستگی مثبت محتوای آنتوسیانین برگ و محتوای فسفر ریشه و یا برگ ممکن است ناشی از اثر مثبت این عنصر بر سنتز این متابولیت ثانویه باشد. از سوی دیگر تجمع آنتوسیانین‌ها در برگ را نمیتوان نشانه‌ای از تحت تنش بودن گیاه قلمداد نمود زیرا با وزن‌تر برگ همبستگی مثبت نشان داده است (جدول ۲). با توجه به کمبود یا کم‌حرکی فسفات خاک که منبع اصلی فسفر برای استفاده گیاهان است و نیز

متوالی به وسیله آنزیم‌های نترات و نیتريت ردوکتاز کاتالیز و تبدیل به آمونیوم می‌شود (Stitt et al., 2002). آمونیوم حاصل می‌توان تبدیل به آمینواسید، پروتئین، متابولیت‌های ثانویه و سایر ترکیب‌های نیتروژنه شود (Cabello et al., 2004). در یک آزمایش مزرعه‌ای مشخص شد با افزایش مصرف نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، فعالیت آنزیم نترات ردوکتاز در خیار افزایش می‌یابد (Manuel-Ruiz and Romero, 1999).

در پژوهش حاضر نیز کلیه تیمارها تاثیر مثبت در افزایش محتوای نیتروژن کل ریشه داشتند. با این وجود، نیتروژن کل در برگ‌ها تحت تاثیر کود زیستی قرار نگرفت، ولی از این جنبه تاثیراتی مثبت در مورد سایر تیمارها مشاهده شد. از سوی دیگر، نمی‌توان تاثیرات کود نیتروژن بر فعالیت نترات ردوکتازی برگ‌ها را تنها ناشی از وجود نترات در کود و اثر القایی آن بر این آنزیم به هنگام انتقال مقادیر اضافی آن از ریشه به برگ‌ها دانست در واقع هم کود زیستی و هم کود اوره که اصولاً نمی‌توان آنها را غنی از نترات دانست، تاثیرات مثبت و معنی‌داری را بر افزایش فعالیت نترات ردوکتازی برگ‌ها نشان دادند، در حالی که تاثیر کود NPK بر این فعالیت آنزیمی هرچند در غلظت ۴ گرم بر لیتر افزایش یافته ولی در غلظت ۲ گرم بر لیتر کاهش یافته بود.

Hassan (۲۰۰۹) و Ali و Abbas (۲۰۱۱) بیان کردند کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با ۱۰۰ در صد میزان توصیه شده NPK موجب بهبود محتوای آنتوسیانین کاسبرگ شد. Khalil و Yousef (۲۰۱۴) در چای ترش بیان کردند که بیشترین میزان آنتوسیانین از کاربرد ۱۰۰ درصد NPK و اسید هیومیک در مقایسه با تیمارهای دیگر به دست آمد. ساخته شدن آنتوسیانین و تجمع آن در بافت‌های گیاهی تحت تاثیر عامل‌های مختلفی از جمله میزان هیدرات‌های کربن

مشکلات حل شدن آهن که حساس به اسیدیته خاک است به کارگیری کودهای زیستی از مؤثرترین راهکارها جهت تأمین این عناصر در این خاکها در سطح بهینه هستند (Hassanzadeh et al., 2007). کودهای زیستی با ترشح اسیدهای آلی و کانی (کاهش pH) باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مانند آهن و فسفر در فراریشه می‌شوند. همچنین ریزجانداران موجود در کودهای زیستی با ترشح پیش ماده هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاه و کنترل بیمارگر (پاتوزن)‌های گیاهی باعث افزایش رشد ریشه گیاهان می‌شوند (Khalid et al., 2004). پتاسیم خاک به‌طور معمول به صورت‌های محلول، تبادل، غیرتبادلی و ساختمانی وجود دارد. تعادل موجود بین اشکال مختلف پتاسیم خاک باعث تداوم تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه شده و این رابطه‌های تعادلی در تغذیه گیاه دارای اهمیت بالایی است (Nabiollahy et al., 2006). اگرچه خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک دارای میزان‌های زیادی پتاسیم تبادل و غیرتبادلی هستند (Jalali, 2005)، ولی پتاسیم تبادل در این مناطق می‌تواند در اثر کشت پیدریبی و متراکم تخلیه شود (Jalali and Zarabi, 2006). خروج پتاسیم بدون تأمین پتاسیم کافی باعث تخلیه خاک از ذخیره پتاسیم می‌شود. کودهای زیستی نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهند، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر کانی از جمله پتاسیم را فراهم می‌آورند.

در پژوهش حاضر کلیه تیمارها تاثیراتی معنی‌دار را در کاهش فسفر و پتاسیم برگها و در عوض افزایش این عناصر در ریشه‌ها نشان دادند. هم کود زیستی و هم کود NPK تاثیراتی معنی‌دار در کاهش آهن برگها و ریشه داشتند. در مورد اوره، این کاهش فقط بر روی ریشه و در تیمار ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد در حالی

که تیمار ۴ گرم بر لیتر هم در ریشه و هم در برگها افزایش محتوای آهن را باعث شد. بنابراین نمی‌توان تاثیرات مثبت گزارش شده در پژوهش‌های فوق مبنی بر افزایش جذب آهن تحت تاثیر کودها و به ویژه کودهای زیستی را همیشه صادق دانست. با این حال به نظر می‌رسد که کاربرد کودها بر روی الگوی توزیع فسفر و پتاسیم بین ریشه و اندام هوایی تاثیر گذاشته و باعث افزایش انتقال این عناصر از بخش هوایی به ریشه شده است.

همچنین با عنایت به نتایج حاصل از همبستگی برخی از متغیرها (جدول ۲) هر چند نمیتوان همبستگیهای مثبت بین دو متغیر را لزوماً به وجود رابطه علت و معلولی بین آنها نسبت داد ولی ممکن است بتوان از همبستگی مثبت پارامترهای رشد مانند وزن خشک ریشه و برگ با محتوای عناصری مانند نیتروژن، فسفر و یا پتاسیم را ناشی از اثرات مثبت این عناصر بر رشد گیاه دانست. با این حال همبستگی منفی محتوای آهن برگ با وزن خشک برگ بیش از آنکه ممکن است به اثر منفی این عنصر بر رشد این گیاه مرتبط باشد، میتواند ناشی از آنتاگونیسم آن با پتاسیم باشد (همبستگی منفی محتوای پتاسیم ریشه با محتوای آهن برگ و ریشه).

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج پژوهش حاضر و به طور خلاصه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که از نظر کاربردی و جهت افزایش بهره‌وری تولید زاموفیلیای سبز در گلخانه‌های گیاهان زینتی، استفاده از کود زیستی دکتر بیو و یا کود اوره تاثیرات بهتری نسبت به NPK سه بیست بر رشد گیاه دارند. از این نظر چون کود اوره ارزان‌تر است اقتصادی‌تر از کود دکتر بیو به نظر می‌رسد. از نقطه نظر مصارف دارویی، هیچیک از کودهای به کار رفته بر محتوای کلی فلاونوئیدها تاثیر گذار نبودند. با این حال کود زیستی دکتر بیو اثرات معنی‌دار و قابل اتکایی

پژوهش از نظر فیزیولوژیکی مشاهده تاثیر هر سه نوع کود نیتروژنه به کار رفته در تشدید انتقال فسفر و پتاسیم از برگها به ریشه است. ممکن است این انتقال فسفر عاملی باشد برای تقویت سیستم‌های جذب عناصر در ریشه که به طور احتمالی و از نظر انرژیکی وابسته به فسفات هستند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی این مقاله را انجام دادند تشکر و قدردانی می نمایند.

بر افزایش آنتوسیانین‌های برگ نشان داده است و ممکن است علاوه بر این گروه از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بر روی افزایش سایر فلاونوئیدهای دارویی این گیاه نیز اثر مطلوب داشته باشد. همچنین از دیدگاه فیزیولوژیکی و در مقایسه با سایر پژوهش‌ها نمی‌توان به نتایجی ثابت و به طور نسبی قابل تعمیم در مورد بهبود رشد، بهبود جذب عناصر (به ویژه جذب آهن) و یا قابلیت پیش‌بینی عملکرد نترات ردوکنازی، هنگام به کارگیری کودهای زیستی و یا دیگر کودهای نیتروژنه رسید و پژوهش‌های موضوعی همچنان ضرورت دارند. در نهایت نتیجه کلی و قابل توجه این

References

- Abbas, M.K. and Ali, A.S. (2011). Effect of foliar application of NPK on some growth characters of two cultivars of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). American Journal of Plant Physiology, 6(4):22-227.
- Anderson, E.L. (1987). Root growth and distribution as influenced by tillage fertilization in sugarcane. Agronomy Journal. 79:544-549.
- Cabello, P., Roldán, M.D. and Moreno-Vivián, C. (2004). Nitrate reduction and the nitrogen cycle in archaea. Microbiology, 150: 3527-3546.
- Cechin, I. and Fumis, T.F. (2004). Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. Journal of Plant Science. 166: 1379-1385.
- Chen, J.J. and Henny, R.J. (2003). ZZ: a unique tropical ornamental foliage plant. Hort-Technology 13 (3):458-462.
- Eblagh, N., Fateh, E., Farzane, M. and Osfuri, M. (2014). Effect of cattle manure application, phosphate solubilizing bacteria and different phosphorus levels on yield and essence components of *Trachyspermum ammi* L. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4.1): 1-15.
- Gerreindenbach, W.A. and Horst, W. (1997). Nitrate uptake capacity of different root zone of *zea mays* in vitro and situ Plant and Soil. 196:295-300.
- Griffe, P., Metha, S. and Shankar, D. (2003). Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs): Forward, preface and introduction, FAO.
- Gupta, A.S., Heinen, J.L., Holaday, A.S., Burke, J.J. and Allen, R.D. (1993). Increased resistance to oxidative stress in transgenic plants that overexpress chloroplastic Cu/Zn superoxide dismutase. proceedings of the national academy of sciences . 90: 1629-1633
- Habibi, H., Mazaheri, D., Majnoon Hosseini, N. and Chaechi, M.R. (2006). Effect of altitude on essential oil and components in wild thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss.) Taleghan region. Applied Crop Research 73: 2-10
- Harper, J.E. and Hageman, R.H. (1972). Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soy,boan (*Glycine max* (L.) Merr.). Plant Physiology. 49:1-154.
- Hassan, F.A.S. (2009). Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. Annals of Agricultural Science, 54:437-446.
- Hassanzadeh, A., Mazaheri, D., Chaichei, M. R. and Khavazy, K. (2007). Facilitating bacterial phosphorus uptake and use efficiency of fertilizer phosphorus on yield and yield components of barley. Research and Development, 77:111-118.
- Izadi, Z., Ahmadvand, G., Asna Ashri, M. and Piri, J. (2010). Effect of nitrogen and plant density on some growth characteristic, yield and essence in peppermint. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(5): 824-836.

- Jalali, M. (2005). Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. *Comm. Soil Science Plant Analysis*, 36:1903-1917.
- Jalali, M. and Zarabi, M. (2006). Kinetics of non-exchangeable potassium release and plant response in some calcareous soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 169:194-204.
- Kaiser, W., Weiner, H. and Huber. (1999). Nitrate reductase in higher plants: a case study for transduction of environmental stimuli into control of catalytic activity. *Physiologia Plantarum*, 105: 384-389.
- Khalid, A., Muhammad, A.M. and Zahir, Z.A. (2004). Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96:473-480.
- Khalil, S.E. and Yousef, R.M.M. (2014). Study the effect of irrigation water regime and fertilizers on growth, yield and some fruit quality of *Hibiscus sabdariffa* L. *International Journal of Advanced Research*, 2(5):738-750.
- Kjeldahl, J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. (New method for the determination of nitrogen in organic substances), *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22 (1): 366-383.
- Liu, C.W., Sung, Y., Chen, B.C. and Lai, H.Y. (2014). Effects of nitrogen fertilizer on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11: 4427-4440.
- Maizlish. N.A. Fritton, D.D. and Kendell, W.A. (1980). Root morphology and early development of maize at varying levels of nitrogen. *Agronomy Journal*. 72(1):25-31.
- Manuel-Ruiz, J. and Romero, L. (1999). Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. *Scientia Horticulturae*, 82: 309-316
- Mehrabani, M, Mahdavi Meymand, Z, Khandanizadeh, B. Hassan, Abadi N (2014). Effect of different levels of nitrogen fertilizer and harvest time on the quantity and quality of essential oil and total phenol content in *Satureja hortensis* L. in Kerman province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 8(4): 1-11.
- Nabiollahy, K., Khormali, F., Bazargan, K. and Ayoubi, Sh. (2006). Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. *Clay Miner*, 41:739-749.
- Omidbaigi, R. and Nobakht, A. (2001). Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. *Pakistan Journal of Biological Science*, 4:1345-1349.
- Papafotiou, M., and Martini, A.N. (2009). Effect of position and orientation of leaflet explants with respect to plant growth regulators on micropropagation of *Zamioculcas zamiifolia* Engl.(ZZ). *Scientia horticulturae*, 120(1):115-120.
- Poshtdar, A., Abdali Mashhadi, A.R., Moradi, F., Siadat, SA. and Bakhshandeh, A. (2016). Ecological and phytochemical response of *Mentha piperita* L. to nitrogenous fertilizers types in Khuzestan region. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 13(1): 19-32.
- Saxena, A. (2004). Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. *Indian Performer* 33(3): 182-185.
- Sharifi-Rad, J., Sharifi-Rad, M. and Miri, A. (2013). Regulation of the Expression of Nitrate Reductase Genes in Leaves of Medical Plant, *Foeniculum vulgare* by Different Nitrate Sources. *World Applied Sciences Journal*, 28: 1311-1315.
- Stark, D. and Wray, V. (1989). Anthocyanins. In: *Methods in Plant Biology, Plant Phenolics*. J.B. Harborne (Ed.). Pp: 32356. Academic Press/Harcourt Brace Jovanovich, London.
- Stitt, M., Müller, C., Matt, P., Gibon, Y., Carillo, P., Morcuende, R., Scheible, W.R. and Krapp, A. (2002). Steps towards an integrated view of nitrogen metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 53: 959-970.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*, (4th Edition). Sinauer Associates, Sunderland, Mass, 623p.
- Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G. and Mérillon, J. M. (2000). Sugar sensing and Ca²⁺ calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. *Phytochemistry*, 53: 659-665.