

Investigating the effect of different sources of nitrogen fertilizer and the type of cultivation medium on the growth and performance of *Catharanthus roseus* under green roof conditions

Fatemeh Kazemi^{1*}, Seyedeh Malihe Rabbani Khairkhah², Mansoureh Jozay³

¹ Department of Horticultural Sciences and Green Space Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email: fatemeh.kazemi@um.ac.ir,

² Department of Horticultural Sciences and Green Space Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email: Rabbani.Malihe@gmail.com

³ Department of Horticultural Sciences, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mansoureh.jozay_s99@gau.ac.ir

Article type:

Research article

Abstract

Choosing the right growing medium and plant nutrition is crucial for maximizing the ecological functions of a green roof. This experiment focused on *Catharanthus roseus* and was conducted during the spring and summer of 2022 under green roof conditions in Mashhad. The study utilized a factorial design within a randomized complete block setup, featuring three replications. The first treatment involved nitrogen fertilizers (ammonium sulfate and sulfur urea) applied in three different doses: zero, 25, and 50 grams per square meter. The second treatment looked at the type of growing medium, comparing one that contained soil to one without soil. Results indicated that Madagascar periwinkle did not show a significant reaction to the presence or absence of soil in the growing medium. However, the application of nitrogen fertilizer significantly enhanced plant growth and performance. The lowest salinity measured was approximately 1 decisiemens per meter, and the lowest acidity of the growing medium was around 7 when applying any concentration of the two nitrogen fertilizers. The reduction in acidity due to fertilization resulted in improved nutrient absorption by the plant, which enhanced various physiological traits. This included an increase in leaf water content (up to 100%), a decrease in electrolyte leakage (up to 90%), an increase in chlorophyll levels (up to 2.5 µg/mg), and improved photosynthesis. Notably, the highest number of flowers observed was 53 per plant, along with significant growth indicators such as a growth index of 12000 square centimeters, fresh and dry weights of shoots measuring 120 grams and 26 grams respectively, and fresh and dry weights of roots at 4.5 grams and 1.3 grams respectively. This optimal outcome was seen with the urea-sulfur treatment at a dose of 25 grams per square meter. Based on these findings, both the urea-sulfur fertilizer and the use of either type of growing medium are recommended for cultivating Madagascar periwinkle on green roof.

Article history

Received: 31.01.2024
Revised: 11.06.2024
Accepted: 17.06.2024
Published: 21.12.2024

Keywords

Nitrogen
Green roof
Growing medium
Nutrition

Cite this article as: Kazemi, F., Rabbani Khairkhah, S.M., Jozay, M. (2024). Investigating the effect of different sources of nitrogen fertilizer and the type of cultivation medium on the growth and performance of *Catharanthus roseus* under green roof conditions. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(4): 35-54.



©The author(s) Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: <https://doi.org/10.71890/iper.2024.984459>

بررسی تاثیر منابع مختلف کود ازته و نوع بستر کشت بر رشد و عملکرد گیاه

پریوش *Catharanthus roseus* در شرایط بام سبز

فاطمه کاظمی^۱ , سیده ملیحه ربانی خیرخواه^۲ , منصوره جوزای^۳

^۱ گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، رایانامه: fatemeh.kazemi@um.ac.ir

^۲ گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، رایانامه: Rabbani.Malihe@gmail.com

^۳ گروه علوم باغبانی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mansoureh.jozay_s99@gu.ac.ir

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	انتخاب بستر کشت مناسب و تغذیه گیاهان از جنبه های کلیدی بام سبز در راستای رسیدن به کارکردهای مهم اکولوژیک آن می باشد. این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ در شرایط بام سبز مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار بر روی گیاه پریوش انجام شد. تیمار اول کود ازته (سولفات آمونیوم و اوره سولفور در سه دز صفر، ۲۵ و ۵۰ گرم بر مترمربع) و تیمار دوم نوع بستر کشت (حاوی خاک و بدون خاک) بود. نتایج نشان داد پریوش به وجود یا عدم وجود خاک در بستر کشت عکس العمل محسوسی نشان نمی دهد. اما کاربرد کود ازته به طور چشمگیری موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه می گردد. پایین ترین شوری (حدود ۱ دسی زیمنس بر متر) و پایین ترین اسیدیته بستر کشت (حدود ۷) با کاربرد تمامی غلظت های دو کود ازته بدست آمد و کاهش اسیدیته بستر کشت با کاربرد کود موجب جذب بهتر مواد غذایی توسط گیاه و افزایش محتوی آب برگ (تا ۱۰۰٪)، کاهش نشت الکترولیت (تا ۹۰٪) و افزایش کلروفیل (تا میزان ۲/۵ میکروگرم بر میلی گرم) و بهبود فتوسنتز گردید. متعاقبا بیشترین تعداد گل (۵۳ عدد در بوته)، اندکس رشد (۱۲۰۰۰ سانتی مترمربع)، وزن تر و خشک شاخساره (به ترتیب ۱۲۰ و ۲۶ گرم)، وزن تر و خشک ریشه (به ترتیب ۴/۵ و ۱/۳ گرم) در تیمار اوره سولفور بود. لذا، با توجه به نتایج حاصل، استفاده از ۲۵ گرم بر مترمربع از کود سولفات آمونیوم و اوره سولفور و هر دو نوع بستر کشت برای کشت گیاه پریوش روی بام سبز توصیه می شود.

واژه های کلیدی:

ازت
بام سبز
بستر کشت
تغذیه

استناد: موسوی شهابی، زهرا؛ نصیبی، فاطمه؛ نوری، هادی؛ سعادتفر، امیر. (۱۴۰۳). بررسی اثر پلاسمای سرد با گازهای ورودی متفاوت بر بهبود جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه کهور (*Prosopis koelziana*) تحت تنش شوری. فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۹ (۴)، ۵۴-۳۵.

Doi: <https://doi.org/10.71890/iper.2024.984459>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.



مقدمه

فضای سبز شهری به عنوان بخشی از فضای باز شهری محسوب می شود که به نوعی تحت پوشش درختان، درختچه ها، بوته ها، گل ها، چمن ها و گیاهان پوششی قرار دارد (Shushtarian et al., 2010). توسعه فضای سبز شهری، به ویژه در مراکز کلان شهرها، به گونه ای که با ساخت وسازهای شهری هماهنگی داشته باشد، یکی از مسائل اصلی و چالش های مهم شهرهای بزرگ به شمار می رود (Jozay et al., 2024). از طرفی مشکلات اقلیمی ایجاد شده به دلیل افزایش شهرنشینی همچون آلودگی هوا، گرم شدن زمین، تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی و زیبایی شهری نگران کننده است. به منظور برطرف کردن مسائل ذکر شده توصیه های مختلفی ارائه شده است که در بین آنها احداث بام های سبز یکی از این موارد می باشد (Vahdati Mashhadian, 2015). بام های سبز معمولا دارای بخش های اصلی شامل لایه ضد آب، فیلتر، نوارهای زهکش، بستر کشت و گیاهان می باشند (Hewage, 2014) و (Bianchini), بستر کشت به عنوان جایگاه ریشه معمولا برای محافظت از بام در برابر ریشه می باشد. لایه های بستر کشت و گیاه در همکاری با هم در کنترل انرژی و مدیریت آب باران شرکت دارند (Oberndorfer et al., 2007). انتخاب و بهینه سازی هر لایه بام سبز یکی از مهمترین مسائل طراحی است (Razzaghmanesh et al., 2014). امروزه ترکیبات متفاوتی جهت کاربرد در بستر کشت بام سبز معرفی می شوند که برخی از مخلوط ها اسیدیته بالایی دارد. این اسیدیته بالا می تواند در جذب برخی عناصر توسط گیاه اختلال ایجاد کند از طرفی تغذیه مطلوب گیاهی یکی از روش های مؤثر بر تواناسازی گیاهان در مقابله با شرایط خشکی می باشد (Rabbani Kheir, 2022). با توجه به این موضوع نیاز است

تیمارهایی کودی اتخاذ شود تا علاوه بر رفع نیاز تغذیه ای گیاهان بام سبز اسیدیته بستر کشت را متعادل کند ضروری به نظر می رسد.

جنبه کلیدی در موفقیت بام سبز در راستای رسیدن به اهداف و کارکردهای مهم اکولوژیک و محیطی آن، انتخاب بستر رشد مناسب است. بستر بام های سبز ترکیبات فراوری شده و مخلوطی از ترکیب طبیعی، صنعتی و اصلاح شده می باشد. چالش مهم در این زمینه دستیابی به ترکیب و توازن بین ویژگی های فیزیکی مطلوب (مانند وزن کم و زهکش سریع) و ویژگی های رشدی مطلوب گیاهی (ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و عناصر غذایی در دسترس) است (AbdulkreemAL-Huqaila & Esmat, 2021).

محتوای تغذیه ای بستر به کار رفته در بام سبز اهمیت ویژه ای دارد (Emilsson, 2008) و باید در حد بهینه در بستر موجود باشد. در مقابل، غلظت مواد آلی خیلی زیاد نیز در بستر توصیه نمی شود، زیرا تجزیه مواد منجر به به انقباض بستر و نهایتا منتهی به اشباع مواد مغذی (مانند نیتروژن و فسفر) در رواناب می شود (Rowe et al., 2006). مواد طبیعی مورد استفاده در بستر بام سبز شامل ماسه، رس، قطعه سنگ و پوکه های معدنی اما از مواد صنعتی مانند شیل، ورمی کولیت، پرلایت و پشم سنگ نیز می توان استفاده کرد (Durhman et al., 2007). ترکیب بستر بام سبز به گیاه کاربردی در بام سبز، هدف کاشت، شرایط اقلیمی و دیگر موارد مانند در دسترس بودن مواد غذایی بستگی دارد. در بسیاری از موارد در بام های سبز گسترده از یک لایه کم عمق از بستر سبک استفاده می کنند که به تغییر ساختاری در ساختمان نیازی نیست (Kanechi et al., 2014). امروزه ترکیبات متفاوتی جهت کاربرد در بستر کشت بام سبز معرفی می شوند که برخی از مخلوط ها اسیدیته بالایی

دارد. این اسیدپتیه بالا می‌تواند در جذب برخی عناصر از جمله آهن و فسفر توسط گیاه اختلال ایجاد کند. آهن و فسفر از عناصر بسیار ضروری برای رشد گیاهان است. آهن در سیستم تنفسی و زنجیره انتقال الکترون و فسفر در سیستم مقاومتی گیاهان نقش مهمی دارند. بطوری که کمبود هر یک از این عناصر سبب کاهش شدید در رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند. این عناصر در خاک های اسیدی فراوان و قابل جذب هستند (Singh, 2024). متأسفانه بسیاری از خاک‌های قلیایی هستند که این سبب عدم دسترسی گیاهان به عناصر سیار ضروری مانند آهن، فسفر و روی می‌گردد. در خاک‌های ایران کمبود عناصر ضروری مطرح نیست زیرا این عناصر در خاک هستند و حتی به مقدار زیاد ولی به علت pH بالای خاک باعث غیر قابل جذب بودن آن‌ها می‌شود. برای اصلاح و بهبود خاک‌های آهکی یکی از روش‌های مهم و پرکاربرد استفاده از گوگرد و هیومیک اسید می‌باشد (Rabbani Khair Khah, 2022).

یکی از گیاهان مناسب برای این منظور، گیاه زیتنی و دارویی پریوش است که قابلیت کشت در بام سبز را دارد. پریوش یا پروانش گیاهی چند ساله و بوته‌ای با نام علمی *Catharanthus roseus* از تیره خرزهره است که امروزه به عنوان یک گیاه دارویی و زیتنی در جهان مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه دارویی مهم حاوی ۱۳۰ نوع آلکالوئید و همچنین ترکیبات فنلی بوده که دارای خواص متعدد از جمله فعالیت ضد میکروبی، ضد قارچی، ضد دیابت، ضد سرطان و ضد ویروس است. پریوش دارای آلکالوئیدهای مهمی از جمله آجمالیسین، وین بلاستین و وین کریستین می‌باشد. این گیاه به گرما و خشکی مقاوم بوده و اغلب در مناطق گرمسیری و معتدله رشد می‌کند (Aini Nane Karan, 2016).

در پژوهشی، Askari و همکاران (2013) تأثیر نانوذرات اکسید روی بر رشد و فیزیولوژی پریوش را بررسی کردند. گیاهان به مدت ۷۰ روز با غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی (۰، ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۵ میکرومولار) و سولفات روی (کنترل) تیمار شدند. نتایج نشان داد جذب روی در مقیاس نانو بیشتر است، اما غلظت‌های بالای ۴، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار تنش ایجاد کرده و رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین، کربوهیدرات کل و جذب آهن و فسفر را کاهش می‌دهد. در مقابل، غلظت ۲ میکرومولار رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشید. Sotoudehnia و همکاران (2014) اثر ازت و تراکم کشت را بر آلکالوئیدهای پریوش در گرگان بررسی کردند. تیمار اوره (۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کشت (۲۰×۲۰، ۳۰×۳۰، ۳۵×۳۵، ۴۰×۴۰) اعمال شد. بیشترین رشد در ۱۵۰ کیلوگرم اوره با فاصله ۳۵×۳۵ و بیشترین آلکالوئید در تراکم ۲۵×۲۵ مشاهده شد. مطالعه Behzadi و همکاران (2022) نشان داد که بستر خاک-هوموس-کوارتز همراه با ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره، بهترین عملکرد فیزیولوژیکی و بالاترین غلظت زرپین را در گیاه پریوش (*Catharanthus roseus*) ایجاد کرد. این بستر به دلیل وجود مواد آلی و میکروارگانیزم‌ها تولید ترکیبات نیتروژنی را تسهیل می‌کند. با این حال، سوال اصلی در این تحقیق این بود: وجود یا عدم وجود خاک و وجود چه تاثیری بر رشد گیاهان و رابطه آب، خاک و گیاه در سیستم‌های بام سبز دارد؟

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل منابع مختلف کود از ته (سولفات آمونیوم و

اوره سولفور) در سه غلظت (صفر، ۲۵ و ۵۰ گرم بر مترمربع) و فاکتور دوم نوع بستر کشت (حاوی خاک و بدون خاک) بود. تیمارهای کودی به صورت کودآبیاری، هر هفته یک بار اعمال شدند و دور آبیاری روزانه، بر اساس ۷۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع

(تشت تبخیر کلاس A) تنظیم گردید. گیاه مورد مطالعه، پریوش (*Catharanthus roseus*)، در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ روی بام یک ساختمان دوطبقه در شمال مشهد کشت شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: بسترهای کشت مورد استفاده در واحدهای آزمایشی

خاک ۲۰٪+۲۰٪ لیکا+۲۰٪ پرلیت+پوکه معدنی+۲۰٪ خاکبرگ	بستر کشت حاوی خاک
پوکه معدنی ۲۷٪+۲۷٪ لیکا+۲۷٪ پرلیت+۲۰٪ خاکبرگ	بستر کشت بدون خاک

جدول ۲: برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت مورد مطالعه

نوع بستر کشت	نیترژن کل (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	مواد آلی (%)	کربن آلی (%)	EC (ds/ m)	pH	تخلخل کل (%)	وزن مخصوص (g/cm3)
بستر کشت حاوی خاک	۰/۰۵۱	۰/۰۶۸	۰/۰۷۳	۱/۰۰۸	۰/۵۸۵	۱/۲۹	۸/۲۱	۹۸/۴	۲/۱۳۳
بستر کشت بدون خاک	۰/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۰۵۷	۱/۱۷۶	۰/۶۸۲	۰/۷۱	۸/۲۷	۹۸/۱۴	۲/۱۹

خاک رس ساخته می شود که معمولاً با توجه به قلیایی بودن خاک منطقه، pH بالای ۸ دارند. همچنین، پوکه معدنی دارای پتانسیل بالایی برای قلیایی شدن دارد، بنابراین، داشتن pH بین ۸/۲ تا ۸/۶ در بسترهای مخلوط می تواند مورد انتظار باشد. همچنین جهت تعدیل اسیدیته بستر کشت کدام منبع کود ازته می تواند موثرتر باشد. آبیاری به صورت کامل در طی ۵ ماه اعمال شده در طی این مدت فاکتورهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک بررسی شد. برای محاسبه میزان کلروفیل، از روش Arnon (1940) استفاده شد و میزان جذب نور در طول موج های ۶۷۰، ۶۵۳، و ۶۶۶ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه گیری گردید. در نهایت، غلظت کلروفیل با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه شد.

(معادله ۱)

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/ ml}) = (15/65 \times A 666) - (7/34 \times A 653)$$

(معادله ۲)

کرت های آزمایشی جعبه های پلاستیکی با ابعاد ۳۲×۴۰ سانتی متر با عمق ۲۶ سانتی متر بود. سایر لایه های مورد استفاده در این بام سبز مطابق با توصیه منابع معتبر علمی و نیز تجارب محلی احداث بام سبز در سطح شهر مشهد و به ترتیب از پایین به بالا شامل لایه عایق (کف جعبه ها)، لایه زهکش (پرلیت)، لایه فیلتر خاک (ژئوتکستایل)، بستر کشت و گیاه به ترتیب اجرا شد.

اجزای اصلی بسترهای مخلوط برای سیستم های بام سبز در این آزمایش شامل خاک محلی، لیکا و پوکه معدنی، پرلیت و خاکبرگ بود. اکثر خاک های محلی در منطقه و منطقه آزمایشی به دلیل آب و هوای خشک و نیمه خشک دارای pH بالای ۸ هستند. همچنین میزان بارندگی پایین منطقه و آب و هوای خشک آن باعث تجمع یون های تبادل در خاک می شود که به سختی به اسیدی شدن آن کمک می کند. همچنین لیکا (رس منبسط شده سبک) از سنگدانه های

جهت اندازه گیری عناصر بستر کشت، بسترهای کشت طبق روش Soltanpour (1985) با محلول آمونیوم بیکربنات دی تی پی آ (AB-DTPA) عصاره گیری و در عصاره حاصله، فسفر به روش اسپکتروفتومتری، پتاسیم با دستگاه فیلم فتومتر، آهن با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نیتروژن کل نیز توسط روش کج‌دال اندازه گیری گردید (Bremner & Mulvaney, 1982). برای صفات مورفولوژیک نیز تعداد گل در هر بوته شمارش و سطح برگ نیز به وسیله دستگاه سطح برگ سنج مدل Conveyor belt unit و نیز اندکس رشد (عرض×طول×ارتفاع گیاه)، در پایان آزمایش اندازه گیری شد. در انتهای آزمایش نیز وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی اندازه گیری شد. منظور تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار JMP8 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی و رسم نمودارها توسط Excel انجام شد.

نتایج

مطابق تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۳، اثر ساده بستر کشت بر تمامی صفات مورفولوژیک مورد بررسی به جز سطح برگ و تعداد گل در سطح اطمینان ۹۹٪ تاثیر معنی‌دار داشت. همچنین تیمار کود ازته نیز بر تمامی صفات مورفولوژیک مورد بررسی در سطح اطمینان ۹۹٪ تاثیر معنی‌دار، اما در ارتباط با اثر متقابل نوع بستر کشت و کود ازته تنها وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌دار نشان نداد.

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/ ml}) = (27/05 \times A \ 653) - (11/21 \times A666) \quad (\text{معادله ۳})$$

$$\text{Carotenoid } (\mu\text{g/ ml}) = (1000 \times A \ 470) - (2/860 \times \text{Chl a}) - (129/2 \times \text{Chl b}) / 245$$

$$\text{Chl c } (\mu\text{g/ ml}) = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad (\text{معادله ۴})$$

محتوای نسبی آب برگ با استفاده از فرمول (FW- DW) / (TW-DW) محاسبه گردید که در آن FW وزن تر نمونه‌های برگ، TW وزن تر نمونه‌هایی که ۲۴ ساعت در دمای اتاق خیسانده شده‌اند. DW وزن خشک نمونه‌های برگ است. پس از جمع‌آوری برگ‌ها و توزین وزن تر (FW)، برگ‌ها به مدت ۵ ساعت در آب مقطر و دمای اتاق قرار داده شد و وزن آماس (Tw) آن‌ها به دست آمد و مقدار کمبود اشباع نسبی از فرمول زیر به دست آمد (Samar Raza et al., 2012).

$$\text{RSD } (\%) = (\text{Tw} - \text{Fw}) / \text{Tw} \times 100 \quad (\text{معادله ۵})$$

برای تعیین پایداری غشای یاخته‌های برگ، شاخص نشت الکترولیت بر اساس روش Blum و Ebercon (۱۹۸۱) استفاده شد. قطعات برگ ۱ سانتی متری پس از شست‌وشو با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در لوله آزمایش قرار گرفته و به مدت ۱۸ ساعت با شیکر تکان داده شدند. هدایت الکتریکی اولیه (Ci) با دستگاه Jenway مدل ۴۵۱۰ اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد در اتوکلاو قرار گرفتند و پس از سرد شدن، هدایت نهایی اندازه‌گیری شد. لوله‌های آزمایش هدایت الکتریکی ثانویه (EL) نیز اندازه‌گیری شد در نهایت مقادیر نشت الکترولیت از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{EL} = (\text{Ci/Cs}) / 100 \quad (\text{معادله ۶})$$

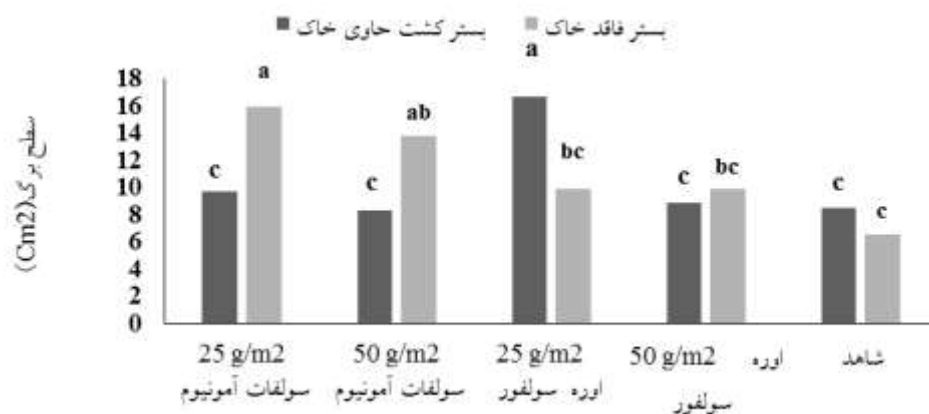
جدول ۲: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کود ازته و بستر کشت بر روی برخی از صفات مورفولوژیکی گیاه پرپوش

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	اندکس رشد	تعداد گل	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
بلوک	۲	۳/۹۹ ^{ns}	۱۲۴۳۳۹۳ ^{ns}	۴۲/۸۶ ^{ns}	۵/۶۳ ^{ns}	۲/۱۰۰ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
بستر کشت	۴	۴/۵۸ ^{ns}	۱۴۹۱۸۳۹۹ ^{**}	۸۰/۶۸ ^{ns}	۳۰۶۰/۳۰ ^{**}	۲۹/۵۴ [*]	۷/۳۱ ^{**}	۰/۸۸ ^{**}
کود ازته	۱	۳۴/۶۲ ^{**}	۵۶۸۱۴۵۵۸ ^{**}	۱۷۴۹/۶۵ ^{**}	۴۷۴۱/۱۱ ^{**}	۲۰۶/۶۶ ^{**}	۵/۱۱ ^{**}	۰/۴۸ ^{**}
کود ازته × بستر کشت	۴	۱۵/۴۴ ^{**}	۴۶۰۵۴۶۳ [*]	۸۹/۶۵ [*]	۱۷۴۷/۹۳ ^{**}	۵۳/۵۲ ^{**}	۰/۳۶ [*]	۰/۰۱ ^{ns}
خطا	۱۸	۱/۹۵۲	۱۲۱۰۵۴۵/۹	۴۶/۲۱	۱۵۸/۵۵	۴/۶۳	۰/۱۲	۰/۰۲

ns، * و ** به ترتیب نشانگر عدم اختلاف معنی دار و معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

بالاتری داشت (۱۸ سانتی متر مربع) اما در سطح ۵۰ میلی گرم بر متر مربع اوره سولفور و تیمار شاهد دو بستر کشت از نظر آماری اختلاف نداشتند و کمترین میزان سطح برگ (۱۱ سانتی متر مربع) را دارا بودند (شکل ۱).

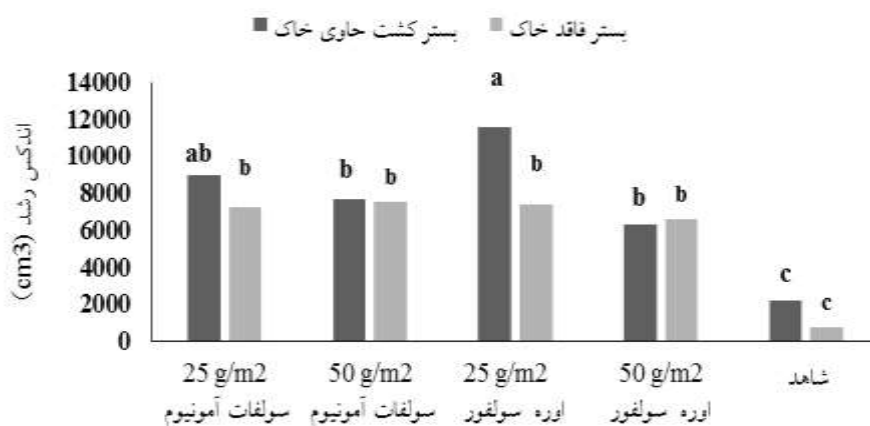
سطح برگ: گیاهان در دو تیمار ۲۵ و ۵۰ میلی گرم بر مترمربع سولفات آمونیوم، بستر کشت فاقد خاک سطح برگ بالاتری نسبت به گیاهان در بستر کشت حاوی خاک نشان داد در صورتی که در تیمار ۲۵ میلی گرم بر متر مربع اوره سولفور گیاهان بستر کشت حاوی خاک نسبت به بستر کشت دیگر سطح برگ



شکل ۱: اثر متقابل کود ازته و نوع بستر کشت بر سطح برگ گیاه پرپوش

سانتی متر مربع). در صورتی که گیاهان در تیمارهای شاهد (عدم کاربرد کود) و هر دو بستر کشت کمترین میزان اندکس رشد را به نمایش گذاشتند.

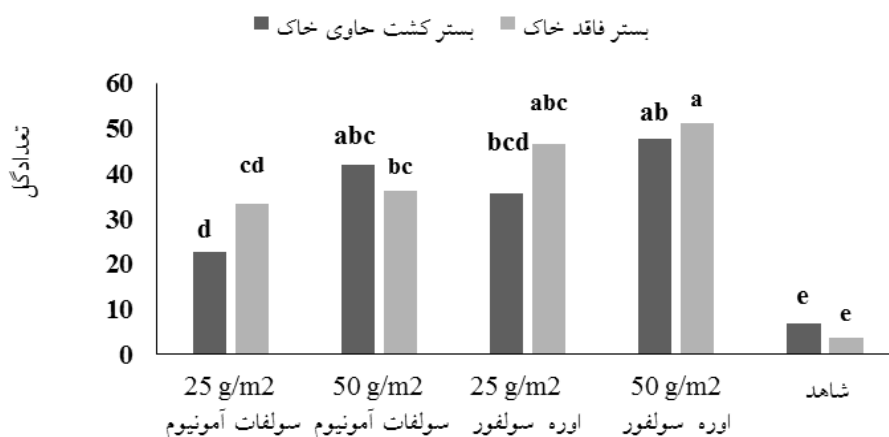
اندکس رشد: بالاترین میزان اندکس رشد در بین تیمارها مربوط به تیمار ۲۵ میلی گرم بر متر مربع اوره سولفور و بستر کشت حاوی خاک می باشد (۱۲۰۰۰)



شکل ۲: اثر متقابل کود ازته و نوع بستر کشت بر اندکس رشد گیاه پرپوش

داد و بیشترین تعداد گل (۵۳ عدد) در گیاهان تیمارهای ترکیبی ۵۰ میلی‌گرم بر متر مربع اوره سولفور برای هر دو نوع بستر کشت می‌باشد.

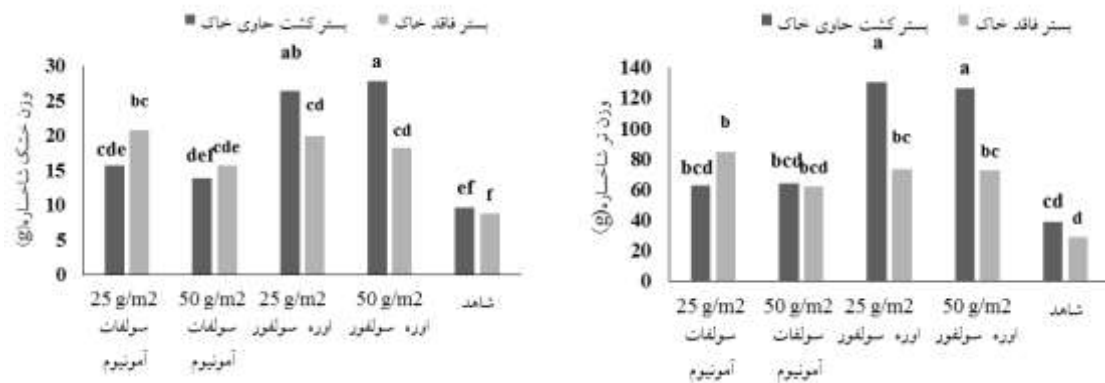
تعداد گل: شکل ۳ نشان می‌دهد کاربرد هر دو نوع کود نسبت به شاهد فارغ از میزان غلظت به طور معنی‌دار و شاخصی تعداد گل در هر بوته را افزایش



شکل ۳: اثر متقابل کود ازته و نوع بستر کشت بر تعداد گل گیاه پرپوش

وزن تر و خشک شاخساره گیاهان افزایش یافت. همچنین کاربرد سولفات آمونیوم نیز تا حدود ۵۰٪ نسبت به تیمار شاهد وزن تر و خشک گیاهان پرپوش را افزایش داد.

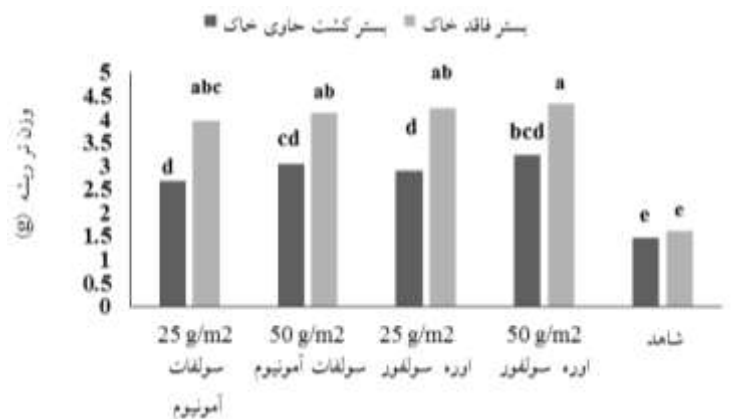
وزن تر و خشک شاخساره: مقایسه میانگین‌ها در شکل ۴ نشان می‌دهد که مانند تعداد گل، وزن تر و خشک شاخساره نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمار کودی قرار گرفته تا جایی که در بستر کشت حاوی خاک و تیمار اوره سولفور تا بیش از ۱۰۰٪



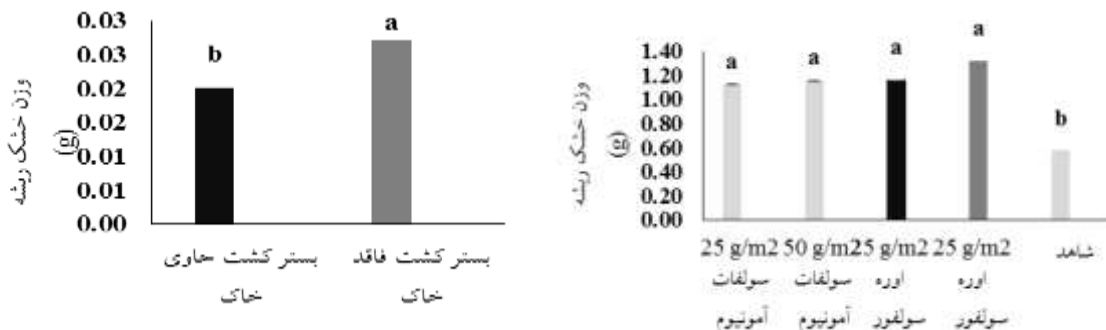
شکل ۴: اثر متقابل کود ازته و نوع بستر کشت بر وزن تر و خشک شاخساره گیاه پرپوش

در مورد وزن خشک ریشه نیز گیاهان در بستر کشت فاقد خاک وزن خشک ریشه بیشتری دارد. همچنین تمامی تیمارهای کودی از نظر آماری یکسان عمل کردند و نسبت به تیمار شاهد وزن خشک ریشه بیشتری نشان دادند (شکل ۵).

وزن تر و خشک ریشه: در تمامی تیمارهای کودی به جز شاهد گیاهان در بستر کشت فاقد خاک نسبت به گیاهان در بستر کشت دارای خاک وزن تر ریشه بالاتری دارند. اما در تیمار شاهد گیاهان در هر دو بستر کشت وزن تر ریشه یکسانی داشتند (شکل ۶).



شکل ۵: اثر متقابل کود ازته و نوع بستر کشت بر وزن تر ریشه گیاه پرپوش



شکل ۶: اثرات ساده کود ازته و نوع بستر کشت بر وزن خشک ریشه گیاه پرپوش

فیزیولوژیک مورد بررسی تاثیر معنی‌دار داشت ($P \leq 0.01$). در مورد اثر متقابل بستر کشت و کود ازته نیز تنها در صفت کلروفیل b و کلروفیل کل اختلاف معنی‌دار نشان ندادند.

اثر ساده بستر کشت تنها بر محتوای آب برگ و کمبود اشباع نسبی در سطح احتمال خطای ۱٪ تاثیر معنی‌دار داشت و سایر صفات فیزیولوژیک برای این تیمار اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. بر خلاف اثر ساده بستر کشت، اثر ساده کود ازته بر تمامی صفات

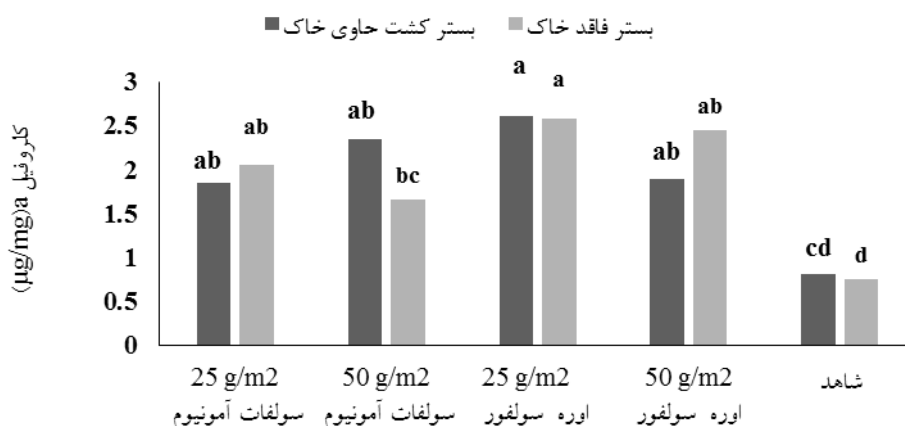
جدول ۳: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کود ازته و بستر کشت بر روی برخی از صفات فیزیولوژیک گیاه پرپوش

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتونئید	نشت الکترولیت	محتوای آب برگ	کمبود اشباع نسبی
بلوک	۲	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۳۶/۰۹ ^{ns}	۴۶/۵۱ ^{ns}	۱۱/۵۶ ^{ns}
بستر کشت	۴	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۹۲/۷۸ ^{ns}	۱۶۴/۳۸ ^{**}	۲۴۷/۰۱ ^{**}
کود ازته	۱	۲/۷۴ ^{**}	۲/۹۲ ^{**}	۸/۸۰ ^{**}	۰/۹۶ ^{**}	۱۵۵۶/۵۲ ^{**}	۱۹۱۴/۹۳ ^{**}	۱۸۹۹/۱۵ ^{**}
کود ازته × بستر کشت	۴	۰/۳۱ [*]	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{**}	۱۹۲/۴۲ [*]	۱۱۲/۵۴ ^{**}	۱۲۹/۷۰ ^{**}
خطا	۱۸	۰/۰۹	۰/۳۰	۰/۴۳	۰/۰۰۳	۵۲/۴۳	۱۶/۱۲	۲۷/۶۴

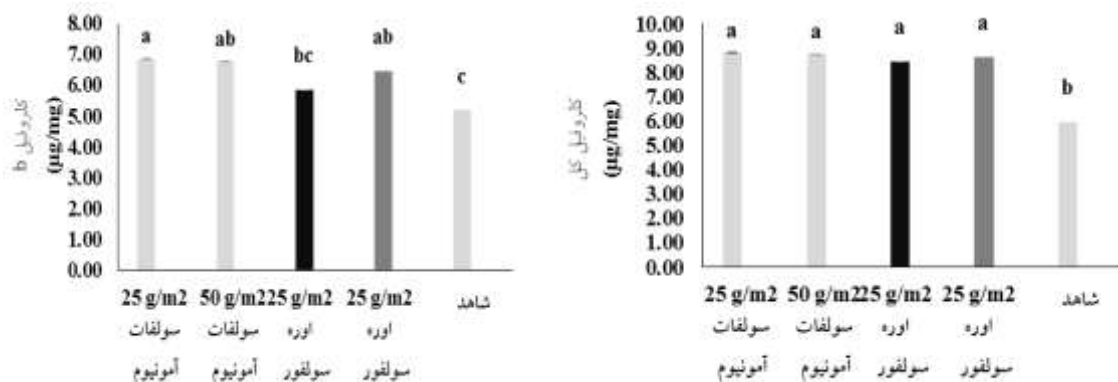
^{ns}، * و ** به ترتیب نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

کلروفیل b به ترتیب مربوط به تیمار ۲۵ میلی گرم بر مترمربع سولفات آمونیوم و تیمار شاهد می‌باشد. در مورد کلروفیل کل نیز تمامی تیمارهای کودی از نظر آماری یکسان عمل کرده و موجب افزایش حدود ۴۲ درصدی میزان کلروفیل کل برگ گردیده‌اند (شکل ۸).

محتوای کلروفیل برگ: برای هیچ کدام از انواع کلروفیل بین دو نوع بستر کشت فاقد خاک و حاوی خاک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت در حالیکه تمامی تیمارهای کود نسبت به شاهد توانستند حداقل تا ۵۰٪ میزان کلروفیل a را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهند (شکل ۷). بالاترین و پایین‌ترین میزان



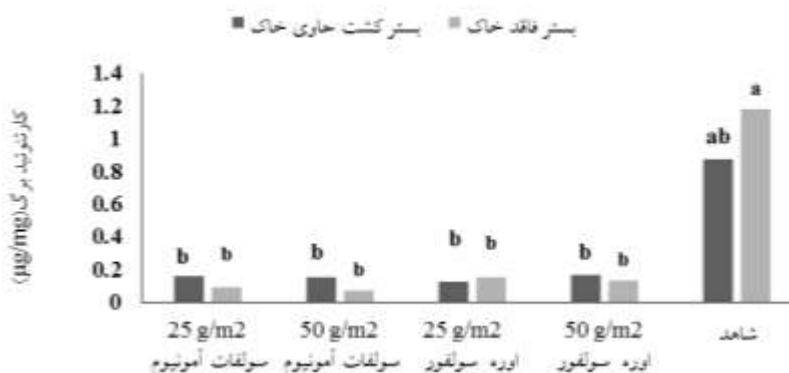
شکل ۷: اثر متقابل کود ازته و نوع بستر کشت بر کلروفیل a گیاه پرپوش



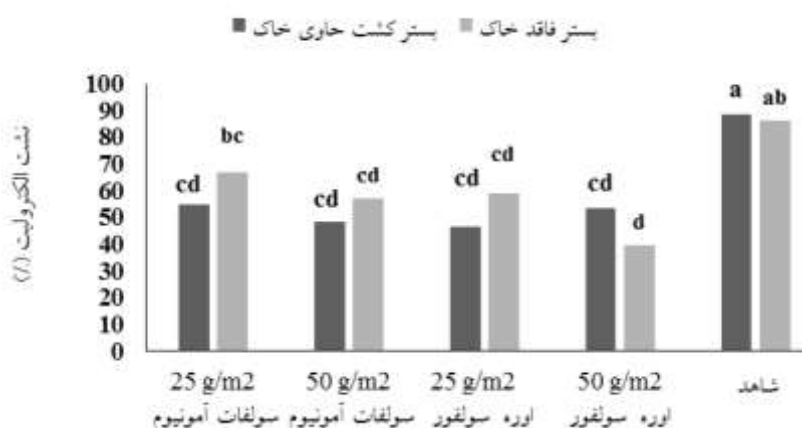
شکل ۸: اثر ساده کود ازته بر کلروفیل b و کل گیاه پریش

کاهش معنی‌دار و یکسان میزان تجمع کارتنوئید برگ‌ها (حدود ۰/۲ میکروگرم بر میلی‌گرم) و نشت الکترولیت برگ (حدود ۶۰٪) گردیده‌اند (شکل ۹ و ۱۰).

کارتونوئید و نشت الکترولیت: هر دو بستر کشت فاقد و حاوی خاک در تیمار شاهد بالاترین میزان تجمع کارتتونوئید برگ (حدود ۱/۱ میکروگرم بر میلی‌گرم) و بالاترین میزان نشت الکترولیت (حدود ۹۰٪) را دارا می‌باشد در صورتیکه سایر تیمارهای کود موجب



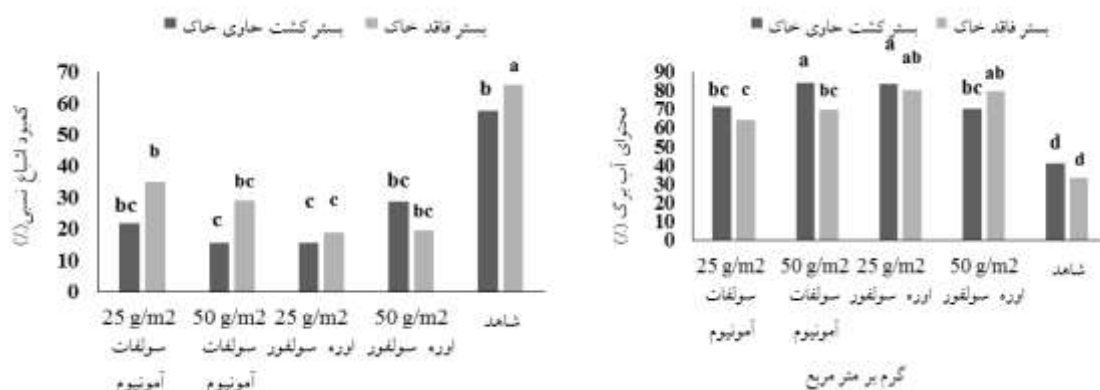
شکل ۹: اثرات متقابل کود ازته و بستر کشت بر کارتتونوئید برگ گیاه پریش



شکل ۱۰: اثرات متقابل کود ازته و بستر کشت بر نشت الکترولیت گیاه پریش

محتوای آب برگ و کمبود اشباع نسبی: مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۰ نشان می‌دهد کاربرد تیمار کود ازته فارغ از نوع و غلظت آن موجب افزایش معنی‌دار

محتوای آب برگ و کمبود اشباع نسبی: مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۰ نشان می‌دهد کاربرد تیمار کود ازته فارغ از نوع و غلظت آن موجب افزایش معنی‌دار



شکل ۱۱: اثرات متقابل کود ازته و بستر کشت بر محتوای آب برگ و کمبود اشباع نسبی برگ گیاه پرپوش

بستر کشت با احتمال خطای حداقل ۵٪ تحت تاثیر اثر ساده کود ازته قرار گرفتند. در حالیکه اثر متقابل کود ازته و بستر کشت تنها بر فسفر بستر کشت تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۴).

اثر ساده بستر کشت بر تمامی عناصر بستر کشت مورد بررسی و همچنین شوری و اسیدیته بستر کشت به جز نیتروژن و آهن معنی‌دار بود. همچنین تمامی عناصر بستر کشت مورد بررسی و شوری و اسیدیته

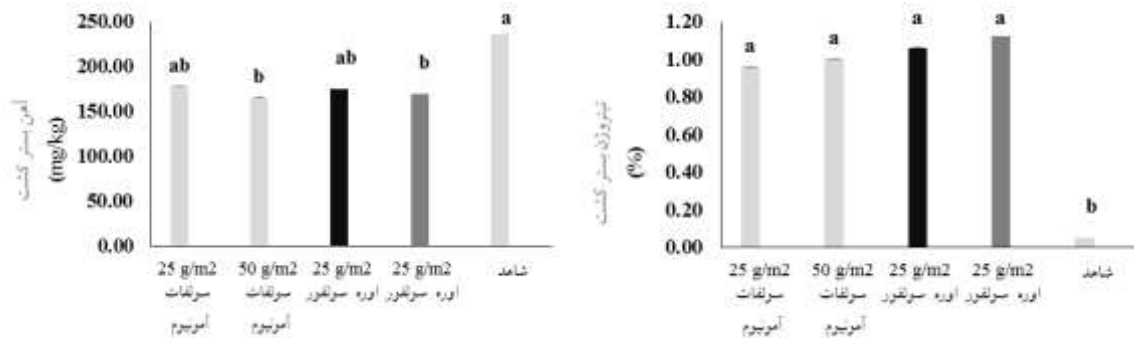
جدول ۴: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کود ازته و بستر کشت بر برخی عناصر معدنی بستر کشت گیاه پرپوش

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن بستر کشت	پتاسیم بستر کشت	فسفر بستر کشت	آهن بستر کشت	EC بستر کشت	PH بستر کشت
بلوک	۲	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۳ ^{ns}	۱۳۵۸/۹۹ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
بستر کشت	۴	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{**}	۳۱۰۳/۶۷ ^{ns}	۱/۰۴ ^{**}	۲/۱۵ ^{**}
کود ازته	۱	۱/۲ ^{**}	۰/۰۰۰۴ ^{**}	۰/۰۰۰۰۹ [*]	۵۰۱۰/۳۲ [*]	۰/۱۵ ^{**}	۲/۵۶ ^{**}
کود ازته × بستر کشت	۴	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۵ ^{**}	۹۴۴/۴۵ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
خطا	۱۸	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۳	۱۴۱۵/۲۳	۰/۰۱۴	۰/۱۵

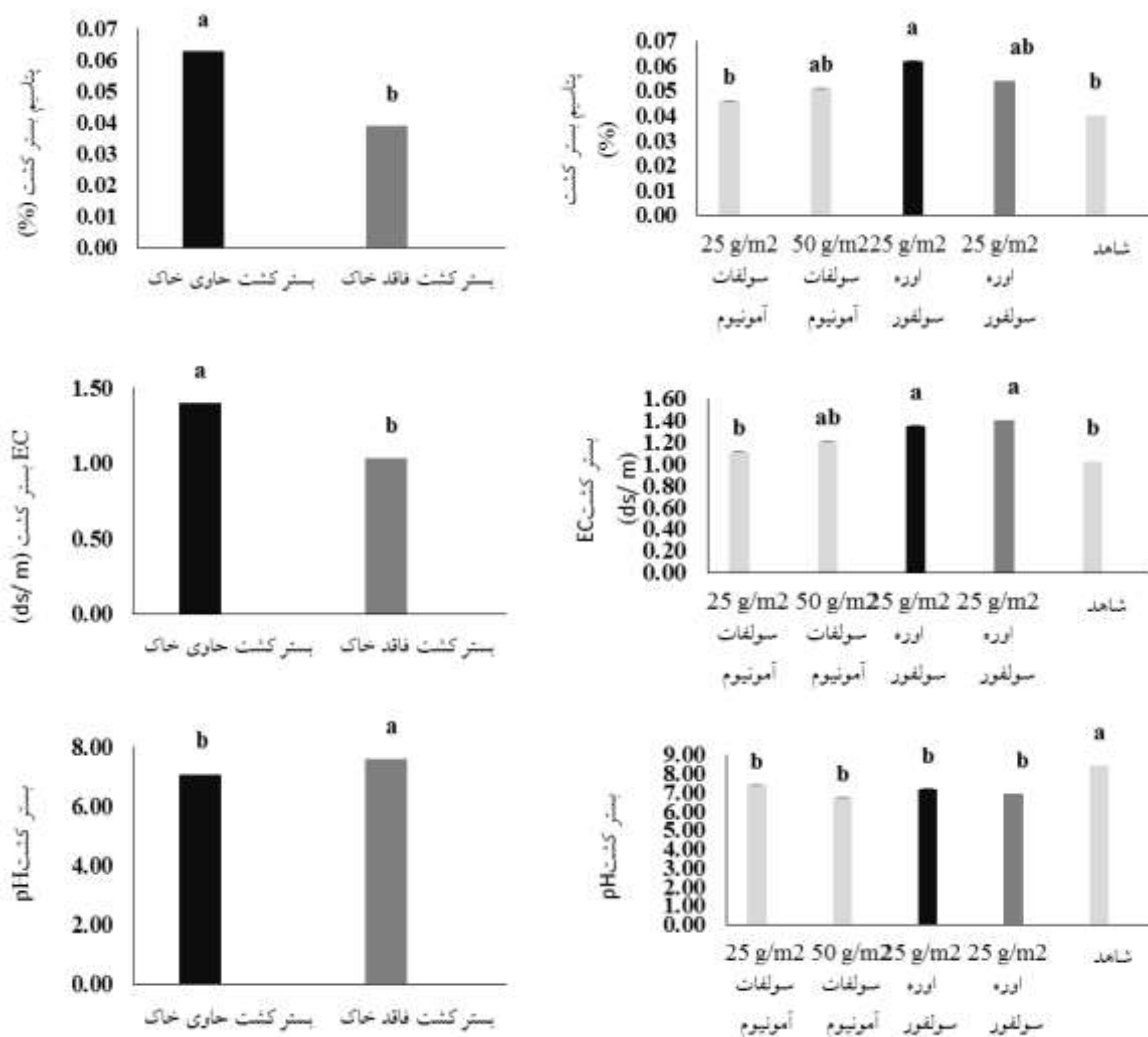
^{ns}، * و ** به ترتیب نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

آهن بستر کشت کاربرد کود ازته تا حدود ۹۰٪ میزان نیتروژن بستر کشت را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۱۲).

عدم کاربرد کود ازته به‌طور میانگین ۷۰/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم میزان آهن بستر کشت را نسبت به سایر تیمارهای کود ازته کاهش داد و سایر تیمارهای عملکرد آماری یکسانی داشتند. بر خلاف



شکل ۱۲: اثر ساده کود ازته بر آهن و نیتروژن بستر کشت گیاه پرورش



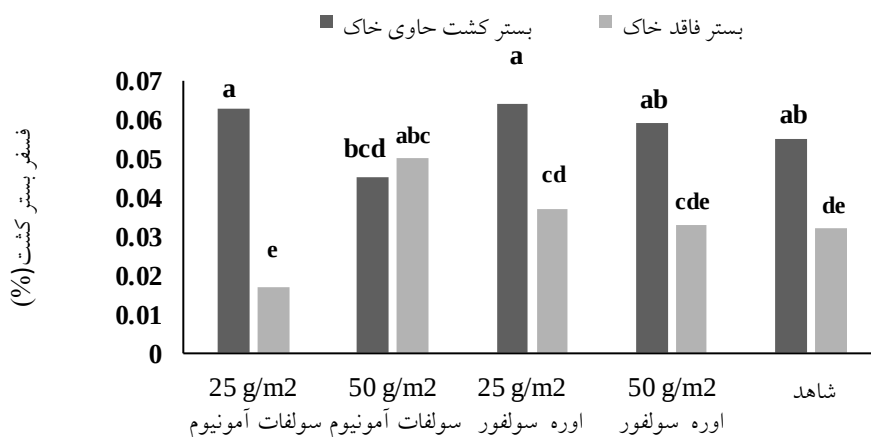
شکل ۱۳: اثرات ساده کود ازته و نوع بستر کشت بر میزان پتاسیم، EC و pH بستر کشت گیاه پرورش

تیمار ۲۵ گرم بر مترمربع اوره سولفور با ۰/۰۶۲ درصد بالاترین میزان پتاسیم بستر کشت را ایجاد کرد. بستر کشت فاقد خاک نسبت به بستر کشت حاوی

مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۳ نشان می‌دهد بستر کشت فاقد خاک نسبت به بستر کشت دارای خاک ۰/۰۲۴ درصد میزان پتاسیم کمتری داشت همچنین

تیمارها حدود ۱۰٪ اسیدیته بیشتری داشت. به نظر می‌رسد بستر کشت حاوی خاک نسبت به بستر کشت فاقد خاک به طور میانگین تا ۵۰ درصد میزان فسفر بستر کشت بیشتری دارد. شکل ۱۴ نشان می‌دهد پایین‌ترین میزان فسفر بستر کشت در بین تمامی تیمارهای آزمایش (۰/۰۱۷ درصد) در تیمار بستر کشت فاقد خاک کاربرد ۲۵ گرم بر متر مربع سولفات آمونیوم می‌باشد.

خاک ۰/۳۶۵ دسی زیمنس بر متر شوری کمتری داشت در حالیکه بستر کشت مذکور نسبت به بستر کشت دارای خاک ۰/۵۳ میزان اسیدیته بیشتری به نمایش گذاشت. در مورد تاثیر نوع و مقدار کود ازته بر شوری و اسیدیته خاک نیز دو غلظت کود اوره سولفور با شوری حدود ۱/۳۸ دسی زیمنس بر متر بالاترین میزان شوری در بین تیمارهای کودی را داشتند و در مورد اسیدیته تیمار شاهد نسبت به سایر



شکل ۱۴: اثرات متقابل کود ازته و بستر کشت بر میزان فسفر بستر کشت گیاه پرورش

به‌عنوان یک نقطه ضعف از نظر استقرار و تحمل تنش‌ها محسوب می‌شود. بنابراین، استفاده از تعدیل‌کننده‌های عناصر غذایی مانند کودهای کندرهاشونده به‌عنوان یک راهکار مناسب توصیه می‌گردد (Vahdati Mashhadian, 2015). کوددهی باید با در نظر گرفتن مراحل رشد گیاه انجام شود. وقتی گیاه در حال رشد فعال است به تغذیه بیشتر احتیاج دارد و در زمان استراحت مصرف کود بایستی کاهش یابد (Jozay et al., 2024). در خاک‌های ایران کمبود عناصر ضروری مطرح نیست، زیرا این عناصر در خاک هستند و حتی به مقدار زیاد ولی به علت pH بالای خاک باعث غیر قابل جذب بودن آن‌ها می‌شود. برای اصلاح و بهبود خاک‌های آهکی یا قلیایی روش

بحث

علیرغم قدرت انتخابگری ریشه‌ها، گیاهان انعکاسی از ترکیب معدنی محیط خود می‌باشند (Rabbani Kheir Khah, 2022). برخلاف گیاهان باغچه‌ای که عناصر کم مصرف را می‌توانند از خاک دریافت کنند و بیشتر نیازمند مصرف عناصر پر مصرف هستند. در گیاهان گلدانی هر دو نوع عناصر باید مصرف شود. چون آمیخته‌های به کار رفته برای گیاهان بام سبز اغلب بدون خاک یا دارای درصد کمی خاک هستند. کودهای جهت تغذیه گیاهان بام سبز به فرم‌های مختلف جامد، مایع، پودر، کریستال و گرانول وجود دارد (Jozay and Rabbani Kheir Khah, 2022). از سوی دیگر، تغذیه بیش‌ازحد در بام سبز

زیادی وجود ندارد. همچنین باکتری‌های جنس تیوباسیلوس توانایی اکسیداسیون گوگرد دارند که این عمل سبب تغییر pH خاک و اسیدی شدن آن شده که باعث قابل جذب شدن عناصر آهن، روی و فسفر توسط گیاهان و افزایش عملکرد و رشد آنها می‌شود. سولفات آمونیوم و اوره سولفور از منابع کود ازته می‌باشند که جهت بهبود اسیدیته خاک توصیه می‌شوند (Kazemi and Jozay, 2024).

عنصر نیتروژن می‌تواند بر روی جذب فسفر تأثیر گذاشته و در مواردی باعث تشدید جذب بعضی عناصر گردد (Alizadeh et al., 2008). با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت فسفر در کلم بروکلی افزایش یافت (Yoldas et al., 2008). افزایش جذب عنصر فسفر توسط گیاه تحت تیمار نیتروژن توسط Khamadi و همکاران (2015) و Shahori و همکاران (2018) گزارش گردیده است. گزارش کرد با افزایش آمونیوم در محلول غذایی جذب فسفر به وسیله اسفناج افزایش می‌یابد همچنین افزایش غلظت آمونیوم از ۲/۵ به ۵ میلی مولار موجب افزایش معنی‌دار جذب فسفر برگ گل رز شد (Bayat Banijamal, 2012). همچنین افزایش جذب پتاسیم رابطه مستقیمی با افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه دارد که خود وابسته به جذب نیتروژن در گیاه است (Khamadi et al., 2015). Alizadeh و همکاران (2008) بیان کردند عنصر نیتروژن می‌تواند بر روی جذب پتاسیم تأثیر گذارد و نتایج حاصل از این تحقیق را نیز تأیید می‌کند که با افزایش مصرف کود نیتروژن درصد پتاسیم افزایش یافت. باوجود اینکه جذب عناصر کم مصرف مانند آهن، روی و مس به صورت کاتیون می‌باشد، ولی الگوی جذب آنها توسط گیاه متفاوت از کاتیون‌های عناصر پر مصرف مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم بوده و افزایش نسبت آمونیوم به نترات به علت کاهش pH

محلول غذایی اطراف ریشه می‌تواند موجب افزایش جذب عناصر کم مصرف توسط گیاه شود (Assimakopoulou, 2006). Najafi و همکاران (2010) بیان کردند که با افزایش آمونیوم در محلول غذایی غلظت آهن، روی و مس در اندام‌های هوایی اسفناج افزایش می‌یابد.

در شرایط بام سبز میزان رشد و اندکس گیاه بسیار مهم است زیرا مشخص شد که شاخص سطح برگ (LAI) و میزان تبخیر و تعرق از سطح بالای بام تأثیر زیادی بر جریان حرارتی منتقل شده به فضاهاى زیر سقف دارد. در آب و هوای مدیترانه‌ای، نتایج نشان داده است که LAI عملکرد حرارتی بام سبز را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا سایه، انتقال حرارت جابجایی و تبخیر و تعرق را افزایش می‌دهد. لازم به ذکر است که بهره‌وری مصرف آب بستگی به ویژگی‌های رشد گیاهان مانند ارتفاع، طول و عرض گیاه دارد که تحت تأثیر شرایط تغذیه‌ای و رطوبت بستر قرار می‌گیرد (Rabbani Kheir Khah, 2022). در آزمایش حاضر همچنین افزایش وزن تر و خشک ریشه تحت تیمار کوه‌ای ازته می‌تواند به این علت باشد که با حضور حد مطلوبی از ازت، نیاز نیتروژن اندام هوایی مرتفع شده و نیتروژن و ماده خشک بیشتری صرف ریشه می‌گردد. Zhou و همکاران (2024) نیز اظهار داشتند که کاربرد نیتروژن وزن ریشه و ساقه و برگ گیاه را افزایش داد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. Nasiri-nejad و همکاران (2013) نشان دادند که افزایش عملکرد ریشه با مصرف حد مطلوبی از نیتروژن افزایش می‌یابد.

بسترهای کشت بام سبز برای عملکرد بهتر باید ظرفیت جذب بالا و شستشوی مواد غذایی کمتری داشته باشند (Rabbani Kheir Khah, 2022). بستر بام سبز باید دارای ظرفیت نگهداری آب بالا (WHC) باشد زیرا به کاهش رواناب و مقاومت گیاهان در برابر

شرایط خشکسالی کمک می‌کند. همچنین Young و همکاران (2017) اظهار داشتند استفاده از ذرات بستر با ابعاد بزرگتر نیز می‌تواند با رشد کندتر و در نتیجه پایداری گیاه، مقاومت به خشکی را افزایش دهد. در پژوهش Ondo~no و همکاران (2016) بسترهای کشت حاوی خاک نسبت به بسترهای کشت بدون خاک از خصوصیات فیزیکی شیمیایی خوبی برخوردار بودند (تخلخل بالا و ظرفیت نگهداری آب قابل قبول) اگرچه سطح N, C و مواد هیومیک در لایه‌های حاوی خاک بیشتر از مخلوط‌های بدون خاک بود. که با نتایج این آزمایش همخوانی ندارد. زیرا در آزمایش حاضر با به کارگیری تغذیه کودی تفاوت معنی‌داری بین گیاهان کشت شده در بسترهای کشت حاوی خاک و فاقد خاک رویت نشد.

منابع عمده ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در لایه‌های زیرین بام سبز، مواد آلی و خاک رس هستند. با این حال، برخی از بسترهای رشد بام سبز بسته به فرمولاسیون ممکن است CEC کمی داشته یا فاقد آن باشند. بنابراین نیاز است تغذیه تکمیلی جهت رشد بهینه و بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک گیاهان به کار گرفته شود. به همین دلیل است که در آزمایش ما گیاهان تیمار شده با کودهای ازته تحت تنش کمتری بوده و صفات فیزیولوژیک از جمله رنگیزه‌های کلروفیل در آنها افزایش یافته و منجر به ایجاد سبزی بیشتر در برگ‌ها شده و برعکس کمبود اشباع نسبی، رنگیزه کارتنوئید و نشت الکترولیت نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است و شادابی گیاهان را حفظ کرده است. بر اساس نظر Williams و همکاران (2010) ارتباط مستقیمی بین محتوای آب برگ و

مقاومت به شرایط تنش از جمله گرمای تابستان وجود دارد و با توجه به اینکه تنش گرما یکی از تنش‌های مهم در شرایط بام سبز می‌باشد این مورد اهمیت ویژه دارد. در آزمایش حاضر نیز با کاربرد کودهای ازته گیاهان در هر دو بستر کشت حاوی و فاقد خاک محتوای آب برگ بالاتری نسبت به شاهد داشتند. شرایط بهینه بستر کشت با کمک به جذب و انتقال بهتر عناصر غذایی به گیاه، باعث تجمع یون‌ها در واکوئل یاخته‌ها شده و با کاهش پتانسیل اسمزی برگ‌ها موجب حفظ نسبت آب در گیاهان شود.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه نشان داد که گیاه پرپوش در شرایط بام سبز، صرف‌نظر از وجود یا عدم وجود خاک در بستر کشت، تغییر محسوسی در صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ندارد. با این حال، استفاده از کودهای ازته، به‌ویژه اوره سولفور و سولفات آمونیوم، موجب بهبود چشمگیر در رشد، گل‌دهی، و کیفیت گیاه گردید. این کودها با کاهش اسیدیته بستر کشت، جذب بهتر مواد غذایی و بهبود صفات فیزیولوژیک مانند افزایش محتوای آب برگ، کاهش نشت الکترولیت، و افزایش کلروفیل، عملکرد فتوسنتزی گیاه را ارتقا دادند. بنابراین، کاربرد ۲۵ گرم بر مترمربع از هر دو کود ازته سولفات آمونیوم و اوره سولفور و هر دو نوع بستر کشت حاوی خاک و فاقد خاک می‌تواند برای کشت گیاه پرپوش روی بام سبز توصیه شود تا گیاهانی با کیفیت بالا با ویژگی‌های زیبایی‌شناسی مطلوب، مانند گادهی و پوشش دهی فضای خوب، شادابی و رشد مطلوب ایجاد کند.

References

- AbdulkreemAL-Huqaila, A., Esmat F. (2021). Effect of jasmonic acid on alkaloids content and salinity tolerance of *Catharanthus roseus* based on morpho-physiological evaluation. South African Journal of Botany. 141, 440-446.

- Alizadeh A., Majidi A., and Noor Mohammadi, G. (2008). Effect of Drought Stress and Nitrogen Level on Adsorption of Food Elements in Corn 704. Research in Agricultural Science, 1: 59-51. (In Persian)
- Ain Abadi, Rostam Abdulzadeh, A., Yossi Daz, M. (2014). Investigating the effect of organic fertilizers and irrigation period on the growth and some effective substances of of Madagascar periwinkle medicinal plant. Master's thesis. Dezful University. (In Persian)
- Aini Nane Karan. M. (2016). The effect of seed pretreatment on reed germination and seedling growth of *Catharanthus roseus* under environmental stress. Master's thesis of Mohaghegh Ardabili University. (In Persian)
- Arnon, D.S. (1940). Copper enzyme in isolated chloroplast polypHenol oxidase in Beta Vulgaris. J. Plant Physiol., 24: 1-15.
- ASTM International. (2014). ASTM E2777-14, Standard Guide for Vegetative (Green) Roof Systems (West Conshohocken, PA, US).
- Askari, M., Amirjani, M., Saberi, M. (2013). Investigating the effects of iron nano-fertilizer on leaf growth, carbohydrate content and antioxidants of periwinkle. Plant processes and functions. 3 (7), 55-43. (In Persian)
- Assimakopoulou, A. (2006). Effect of iron supply and nitrogen form on growth, nutritional status and ferric reducing activity of spinach in nutrient solution culture. Scientia Horticulture, 110(1): 21-29.
- Banijamal S.M., and Bayat H. (2014). Effect of Different Ammonium and Calcium Different Dosages on Nutritional Status, *Rosa Hybrida* L. Performance and Quality in Hydroponic System. Journal of Greenhouse Cultivation Science and Technology. 4(1): 29-38. (In Persian)
- Behzadi, M., Javanmard, A., Khakdan, F. & Mohsenzadeh, S. (2021). Effects of urea supplementation and different substrates on the production of indole alkaloid reserpine in *Catharanthus roseus* plants, Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, DOI: 10.1080/11263504.2021.1986587.
- Bianchini F., Hewage K. (2012). How green are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. Building and Environment. 48:57-65.
- Blum A., and Ebercon A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science, 21:43-47.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72(1-2): 248-254.
- Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen total, P 595-624. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed. ASA and SSSSA. Madison, WI.
- Clifton, R.G.P. (1991). Freezing Resistance and carbohydrate composition of "Floration" St . Augugustine grass. Hortscience, 26(2): 40-46.
- Chan, Ce. B., Maehly, C. (1955). Assay of calalase and peroxidase. Methods Enzymoh. 11: 764- 775.
- Dere, S., Günes, T., and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll-a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents, Turkish Journal of Botany, 22: 7-13.
- Durhman, A.K., VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Rugh, C.L. (2004). Evaluation of crassulacean species on extensive green roofs. Paper Presented at the Second Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference.
- Durhman A.K., Rowe, D.B., Rugh, C.L. (2007). Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 succulent green roof plant. Horti. Sci. 42: 588-95.

- Dunnett, N. & Nolan, A. (2004). The effect of substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. *Acta Hort.* 643:305-309.
- Emilsson, T. (2008). Vegetation development on extensive vegetated green roofs: Influence of substrate composition, establishment method and species mix. *Ecol. Eng.* 33, 265-277.
- Friedrich, C.R. (2005). Principles for selecting the proper components for a green roof growing media. *Proc. 3rd North Amer. Green Roof Conf.: Greening rooftops for sustainable communities.* Washington, DC. 4-6 May 2005. Cardinal Group, Toronto. p. 262-273.
- Goos, R.J. (1995). A laboratory exercise to demonstrate nitrogen mineralization and immobilization, *J. Nat. Resour. Life Science Education*, 24: 68-70.
- Hosseinpour, L. Askari, M. Amini, F. (2013). Evaluation of the effects of zinc on reducing plant salinity stress. Master's thesis. Arak Faculty of Basic Sciences. (In Persian)
- Ismail, A.I.M., El-Shafey, O.I., Amr, M.H.A., El-Maghraby, M.S. (2014). Pumice characteristics and their utilization on the synthesis of mesoporous minerals and on the removal of heavy metals, *Int. Sch. Res. Notices*, 259379.
- Jim, C.Y., Tsang, S.W. (2011). Ecological energetics of tropical intensive green roof. *Energy and Buildings* 43 (10), 2696-2704.
- Jovicich, E., Cantliffe, D.J., Stoffella, P.J., & Vansickle, J. J. (2003). Reduced fertigation of soilless greenhouse peppers improves fruit yield and quality. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment* 609 (pp. 193-196).
- Jozay, M., Zarei, H., Khorasaninejad, S., & Miri, T. (2024). Maximising CO₂ Sequestration in the City: The Role of Green Walls in Sustainable Urban Development. *Pollutants*, 4(1), 91-116.
- Jozay, M., Zarei, H., Khorasaninejad, S., & Miri, T. (2024). Exploring the impact of plant growth-promoting bacteria in alleviating stress on *Aptenia cordifolia* subjected to irrigation with recycled water in multifunctional external green walls. *BMC Plant Biology*, 24(1), p.802.
- Kanechi, M., Fujiwara, S.H., Shintani, N., Suzuki, T., & Uno, Y. (2014). Performance of herbaceous *Evolvulus pilosus* on urban green roof in relation to substrate and irrigation. *Urban Forestry & Urban Greening*. 13, 184-191.
- Kazemi, F., & Jozay, M. (2024). Developing a sustainable nature-based agricultural vertical system in cadmium polluted urban environments. *Ecological Engineering*, 208, p.107385.
- Khudair, A.F. & Al-Naseri, O.A.O. (2021). Increase Active Substances in *Catharanthus Roseus* L. G. Don with Water Tension and Foliar Application of Proline. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*
- Khamadi F.M., Mesgarbashi P., Hasibi M., & Farzaneh N. (2015). Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 108: 158-166. (In Persian).
- Lucket, K. (2009). *Green roof construction and maintenance*, The McGraw Hills Company.
- Nakhaei Moghaddam, M.A., Sargazi, S., & Malek, H. (2008). Study of limiting factors in urban landscape expansion of Sistan. The 3rd National Congress on Urban Landscape and Greenspace. Kish Island, Iran 23-24 February, 2008, p. 198-204. (In Persian with English Summery).
- Najafi, N., Parsazadeh M., Tabatabaei S.J., & Oustan S. (2010). Effect of nitrogen form and pH of nutrient solution on the uptake and concentration of potassium, calcium, magnesium and sodium in root and shoot of spinach plant. *Water and Soil Science-University of Tabriz*, 20(2): 111-130.
- Nasiri-nejad, M. Bagheri, A. & Jafari, A. (2013). Investigating the effect of 3C and 4C weeds and different levels of nitrogen on the growth and dry matter of sunflower. *Journal of Plant Ecophysiology*, :4 (11), 14-24. (In Persian)

- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., & Dunnett, N. (2007). Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*; 57:823-33.
- Ondono, S., Martínez-Sánchez, J.J., & Moreno, J.L. (2016). The composition and depth of green roof substrates affect the growth of *Silene vulgaris* and *Lagurus ovatus* species and the C and N sequestration under two irrigation conditions. *J. Environ. Manage.* 166, 330-340.
- Rabbani Khair khah, S. M. (2022). Integration of ornamental green spaces and urban agriculture to achieve sustainable green roof systems in the climatic conditions of Mashhad. PhD Thesis. Mashhad Ferdowsi University. (In Persian)
- Rabbani Khair khah, S. M. and Jozai, M. (2022). Vertical green systems (green roof). Aristotle Publications (Iran Publishing). First Edition. (In Persian)
- Razzaghmanesh, M., Beecham, S and Kazemi, F. (2014). The growth and survival of plants in urban green roofs in a dry climate. *Science of the Total Environment*. 476: 288-297.
- Rowe, D. B., Monterusso, M. A. and Rugh, C.L. (2006). Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates. *Hort Technology*. 16(3):471-477.
- Saeedi Poya, A. (2013). Investigating the climatic adaptation and the effect of regulated deficit irrigation of different cultivars of cool season grasses native to Iran and their seed mixture in comparison with the commercial mixture. Master's thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture. (In Persian)
- Salehi, Y., Zare Haghi, D., Dabagh Mohammadi Nasab, A. and Neishabouri, M. (2017). Effect of mixed cropping and low irrigation on water use efficiency and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and basil (*Ocimum basilicum*). *Agricultural knowledge and sustainable production*. 28(3), 209-220. (In Persian)
- Samar Raza, M.A., Saleem, M.F., Khan, I.H., Jamil, M., Ijaz, M., Khan, M.A. (2012). Evaluating the drought stress tolerance efficiency of wheat (*triticum aestivum* L.) Cultivars. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 12(12): 41-46.
- Shahori, S., Sepehr, A. and Rahimi, A. (2018). The effect of different levels of nitrogen and different ratios of nitrate to ammonium on the chemical composition and percentage of Danai thyme essential oil in saline and non-saline conditions. *Applied soil research*. 7 (2), 29-43. (In Persian)
- Shushtarian, S., Salehi, H. and Tehrani Far, A. (2010). Investigating the characteristics of growth and development of ten species of cover plants in the green space of Kish Island in the hot season, *Journal of Agricultural Ecology*, 3(4), 524-514. (In Persian).
- Singh, A. K. (2024). Impacts of Minerals on the Plant's Growth and Metabolism. Addition Publishing House.
- Soltanpour P.N. (1985). Use of ammonium bicarbonate DTPA soil test to evaluate elemental availability and toxicity. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 16 (3): 323-338.
- Sotoudehnia, Y. Hemti, Kh. Ghasem Nejad A. Ebrahimi, M. (2014). The effects of nitrogen concentration and planting density on appearance characteristics and some alkaloids of *catharanthus roseus* in Golestan province (Gorgan city). Master's thesis. Faculty of plant production. Gorgan University.
- Vahdati Mashhadian, N. (2015). The effect of plant species and irrigation regimes on the selection of a suitable planting plan and a preliminary study of the possibility of reducing air pollution in green roofs. PhD Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- Williams NSG, Hughes RE, Jones NM, Bradbury DA, Rayner JP. (2010). The performance of native and exotic species for extensive green roofs in Melbourne, Australia. *Acta Hort.* 881:689-96.

- Yoldas F., Ceylan S., Yagmur B., and Mordogan, N. (2008). Effects of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7): 1333-1343.
- Young, T., Cameron, D., PHoenix, G. (2017). Increasing green roof plant drought tolerance through culture medium modification and the use of water retention gels. *Urban Water Journal*. 14(6):551-560.
- Zhou, S., Xia, P., Chen, J., Xiong, Q., Li, G., Tian, J., Wu, B., and Zhou, F. (2024). Optimizing nitrogen application position to change root distribution in soil and regulate maize growth and yield formation in a wide–narrow row cropping system: pot and field experiments. *Frontiers in Plant Science*, 15:1298249.