J. Soil and Plant Interactions, Vol. 15, No. 1, Spring 2024, pp. 17-31. Research Article
https://jspi.iut.ac.ir EISSN: 2783-5286 https://doi.org/10.47176/jspi.15.1.21122

The Effect of Irrigation With Treated Sewage Effluent of Parand City on Growth Traits and Concentration of Nutrients (N, P and K) in Three Cover Plants

S. M. Kashi[1*], S. Alizadeh Ajirlo and N. Najafi

(Received: 20 November 2023; Accepted: 23 January 2024)

Abstract

The reduction of water resources due to the global climate change and population growth is one of the most critical issues facing the designers and planners of the development of green spaces in cities. Against these challenges, there is an urgent need to improve the efficiency of water consumption and chain use of water resources with suitable options. In this regard, due to the significant volume of urban effluent its reuse in green space irrigation is important for water resource management from an ecological and economic point of view. Therefore, in this research, the effect of wastewater effluent from Parand city treatment plant (located in the southwest of Tehran province) on the growth traits and concentration of nitrogen, phosphorus and potassium (N, P and K) in three cover plants consisting of Frankenia (*Frankenia thymifolia*), Dichondra (*Dichondra repens*) and blue fescue (*Festuca glauca*), respectively, was studied. The study was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. The wastewater at four levels of zero (control), 50, 75, and 100% was mixed with the fresh water and used for irrigation. After three months, some growth traits and the concentration of nutrients (N, P and K) in the plant were evaluated. The results of plant analysis showed that the N concentrations in the Frankenia and Dichondra plants were in the optimal range (2.5–3.5%). However, the N concentrations in the shoot and root of blue fescue were less than the optimal amount. The P concentrations in all cover plants were in the optimal range (0.2–0.4%). The K concentrations in the Frankenia and Dichondra plants were in the optimal level (1.5–5%), but for the blue fescue plant, it was less than the optimum, indicating its deficiency. Evaluation of the growth traits showed that Frankenia plant had the best growth in irrigation with complete effluent and might be the most suitable species for irrigation with effluent.

Keywords: Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Green space, Nutrients.

Background and Objective: Today, treated sewage wastewater effluent is recognized as a new and permanent water resource by experts to compensate for underground water resources directly and indirectly, and treatment basically becomes meaningful when the wastewater is reused. The methods of using wastewater are extensive, including nutrition, agricultural irrigation, industries, fish farming, and green spaces. Several researches have shown that the use of effluents for irrigation have had a significant effect on some characteristics of soil and plant. Soleimani et al. (2023) evaluated the ecological risk and the

1- Landscape Architecture Engineering, College of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.
* Corresponding author, Email: kashi.phd@yahoo.com

accumulation of heavy metals in agricultural soils irrigated with treated sewage effluent, river water and well water along with chemical fertilizers. Their results indicated that the low concentration of heavy metals and the presence of nutrients in the treated sewage effluent make it the most suitable water resource for irrigation because it eliminates the need of farmers for chemical fertilizers and lowers the input of heavy metals to soil. In this research, the effect of municipal wastewater effluent on the growth traits and nutrients concentration of three cover plants was studied.

Methods: The study was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. Wastewater effluent from Parand city treatment plant (located in the southwest of Tehran province) at four levels of zero (control), 50, 75, and 100% was mixed with the fresh water and used for irrigation of three cover plants consisting of Frankenia (*Frankenia thymifolia*), Dichondra (*Dichondra repens*) and blue fescue (*Festuca glauca*). After three months, some growth traits and the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium (N, P and K) in the plant were measured by Kjeldahl, Olsen and ammonium acetate extraction (flame photometry) methods, respectively.

Results: The analysis of variance showed that the N, P and K concentrations in the shoot of cover plants were significantly affected by the interaction of plant type and irrigation treatment at $p < 0.05$. The N concentrations in the shoot of Frankenia and Dichondra plants were in the optimal range (2.5–3.5%), but it was less than the optimum in the blue fescue indicating its deficiency. The P concentrations in the shoot of all cover plants were in the optimal range (0.2–0.4%). The K concentrations in the shoot of Frankenia and Dichondra plants were in the optimal range (1.5–5%), but for the blue fescue plant, it was less than the optimum, indicating K deficiency in this plant. Also, the results of the growth traits of cover plants showed that Frankenia plant had the best growth in irrigation with complete effluent and might be the most suitable species for irrigation with effluent.

Conclusions: The finding of this study showed that irrigation with complete effluent resulted in different changes of the growth traits of cover plants. The Frankenia is considered the best plant in irrigation with complete effluent, because it has performed well in all the measured growth traits. The blue fescue plant was not significantly different from the control treatment in irrigation with complete effluent, and the Dichondra plant also performed poorly in irrigation with complete effluent due to the reduction of some growth traits. Therefore, Dichondra plant is not recommended for planting in green spaces irrigated with complete effluent.

References:

1. Soleimani, H., Mansouri, B., Kiani, A., Khalid Omer, A., Tazik, M., Ebrahimzadeh, G.H., Sharafi, K., 2023. Ecological risk assessment and heavy metals accumulation in agriculture soils irrigated with treated wastewater effluent, river water, and well water combined with chemical fertilizers. Heliyon 9(3), e14580, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14580.

روابط خاک و گیاه/ سال پانزدهم / شماره یک / بهار ۱۴۰۳ / صفحات ۳۱-۱۷
https://doi.org/10.47176/jspi.15.1.21122 EISSN: 2783-5286 https://jspi.iut.ac.ir
مقاله پژوهشی

تأثیر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهر پرند بر صفات رشدی و غلظت عناصر غذایی (N، P و K) در سه گیاه پوششی منظر

سید محسن کاشی[1*]، سعدالله علیزاده اجیرلو و نصرت‌اله نجفی

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳)

چکیده

کاهش منابع آب با توجه به مسئله تغییر اقلیم جهانی و رشد جمعیت یکی از بحرانی‌ترین مسائل پیش روی طراحان و برنامه‌ریزان توسعه فضاهای سبز در شهرها است. در برابر این چالش‌ها، نیاز فوری به بهبود کارایی مصرف آب و استفاده زنجیره‌ای از منابع آب با گزینه‌های مناسب وجود دارد. در این راستا با توجه به حجم قابل توجه پساب‌های شهری، استفاده مجدد از آنها در آبیاری فضای سبز از دیدگاه مدیریت منابع آب از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی، اهمیت دارد. بنابراین در این پژوهش تأثیر پساب فاضلاب تصفیه‌خانه شهر پرند بر صفات رشدی و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N، P و K) در سه گیاه پوششی شامل فرانکینیا (*Frankenia thymifolia*)، فستوکاآبی (*Festuca glauca*) و دایکوندرا (*Dichondra repens*) در بستری با خاک لوم شنی بررسی شد. این پژوهش به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از اختلاط آب و پساب در ۴ سطح با تیمارهای آبیاری صفر (شاهد)، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نسبت به آب شیرین در ۳ تکرار انجام شد. پس از سه ماه، صفات رویشی و غلظت عناصر غذایی N، P و K در گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بررسی تجزیه گیاه نشان داد غلظت N در گیاهان فرانکینیا و دایکوندرا در دامنه بهینه (۳/۵–۲/۵ درصد) بوده اما در گیاه فستوکاآبی غلظت N از غلظت بهینه کم‌تر بود. غلظت P در تمامی گیاهان پوششی در دامنه بهینه (۰/۴–۰/۲ درصد) به دست آمد. غلظت K در گیاهان فرانکینیا و دایکوندرا در دامنه بهینه (۵–۱/۵ درصد) اما در گیاه فستوکاآبی از این مقدار کم‌تر بود که نشان‌دهنده کمبود این عنصر در این گیاه است. همچنین، بررسی صفات رشدی گیاهان پوششی نشان داد گیاه فرانکینیا در آبیاری با پساب کامل بهترین رشد را داشته و مناسب‌ترین گونه برای آبیاری با پساب است.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، فسفر، فضای سبز، مواد مغذی، نیتروژن.

مقدمه

گیاهان پوششی (زمین‌پوش‌ها) در حاشیه درختچه‌ها، زیر درختان، در میان گیاهان چندساله و نیز برای فرش کردن جایی که امکان استفاده از چمن وجود ندارد و یا روی شیب‌ها و به‌منظور کنترل فرسایش کاشته می‌شوند. در میان مجموعه غنی زمین‌پوش‌ها، گیاهانی یافت می‌شوند که می‌توانند جایگزین

۱- گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kashi.phd@yahoo.com

چمن شوند و می‌توان آن‌ها را برای جاهایی که کاشت چمن با شکست مواجه شده و یا مراقبت از آن دردسرساز بوده در نظر گرفت. زمین‌پوش‌ها راه‌حلی مناسب برای این مکان‌ها است (Ghasemi-Qahsare and Kafi, 2014). همچنین آبیاری پوشش‌های گیاهی در فضای سبز یکی از چالش‌های مهم مدیران فضای سبز شهری به‌ویژه در مناطق گرم و خشک و نقاطی که آب فراوان برای آبیاری در دسترس نیست خواهد بود. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف، در جایی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به افزایش است. یکی از این منابع، فاضلاب‌های تصفیه‌شده است که علاوه بر تأمین آب می‌تواند بخشی از نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین نماید (Narimani et al., 2012). آب شیرین یک منبع کمیاب و دارای توزیع غیریکنواخت در جهان است. کمبود آب و تقاضای فزاینده آن به‌ویژه در کشورهای خشک و نیمه‌خشک فشار زیادی را بر منابع آب به‌ویژه منابع آب زیرزمینی وارد کرده است، به‌طوری که سبب کاهش شدید سطح آب زیرزمینی در این مناطق شده و این کشورها را با وضعیت کم‌آبی روبه‌رو نموده است (Salarian et al., 2017).

پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد کاربرد پساب بر برخی ویژگی‌های خاک و گیاه دارای تأثیر معنی‌دار است. Soleimani et al. (2023) به ارزیابی خطر اکولوژیک و تجمع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی آبیاری‌شده با پساب تصفیه فاضلاب، آب رودخانه و آب چاه به‌همراه کودهای شیمیایی پرداختند. نتیجه به‌دست آمده بیانگر این بود که غلظت کم فلزات سنگین و وجود عناصر غذایی در پساب فاضلاب تصفیه‌شده، آن را به مناسب‌ترین منبع آبیاری تبدیل می‌کند زیرا نیاز کشاورزان به کودهای شیمیایی را برآورده نموده و فلزات سنگین کم‌تری به خاک وارد می‌کند. به‌منظور بررسی تأثیر سه نوع تیمار آبیاری شامل آب رودخانه، پساب آب پرورش ماهی و آب مختلط بر سرعت رشد و غلظت عناصر پرمصرف و کم-مصرف در گیاهان ریحان و خرفه، پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که آبیاری با پساب پرورش ماهی باعث افزایش معنی‌دار وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه، تعداد برگ و ارتفاع شاخساره در هر دو گیاه شد. غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس و منگنز در گیاه ریحان در تیمار آبیاری با پساب نسبت به تیمار کاربرد آب رودخانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Kaab Omeir et al., 2020). نتایج سایر پژوهش‌ها نشان داد که افزایش تقاضای آب، بخش کشاورزی را مجبور به استفاده از پساب به‌عنوان منبع جایگزین نموده است. در پژوهشی نهال‌های آبیاری‌شده با پساب در مقایسه با آب شیرین از رشد طولی و قطری بیش‌تری برخوردار بوده و غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، فسفر، نیتروژن و آهن در خاک و گیاه افزایش یافت (Hayssam et al., 2013). آبیاری با پساب به مدت ۱۷ سال در تونس در کشت گیاه یونجه، تنها باعث تجمع و افزایش غلظت روی در خاک به بیش از حد بحرانی شد (Belaid et al., 2012). بر اساس نتایج پژوهش دیگری در هند، آبیاری با پساب باعث افزایش عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) گیاه و عملکرد بیش‌تر محصول نسبت به آبیاری با آب شیرین شد (Singh et al., 2012). استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده فاضلاب با اعمال مدیریت خاص می‌تواند به‌عنوان یک فناوری در مناطق خشک و کم‌آب منظور گردد (Pereira and Owes, 2002). گزارش شده است که کاربرد پساب منجر به تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک شده و گنجایش نگهداری آب و رسانایی الکتریکی آن را افزایش داده و چگالی ظاهری خاک را کاهش می‌دهد و شرایط خاک برای زراعت را بهبود می‌بخشد (Blance and Homero, 1998). استفاده از پساب عملکرد محصول علوفه را در ایالت پنسیلوانیا در ایالات متحده به اندازه ۱۳۵ درصد افزایش داد. بیشترین عملکرد شبدر قرمز با به‌کار بردن پساب به میزان ۲۵ میلی‌متر در هفته و بیش‌ترین عملکرد یونجه با به‌کار بردن مقدار ۵۰ میلی‌متر در هفته به‌دست آمد. اغلب در اثر کاربرد پساب، غلظت سدیم، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه افزایش یافت به‌طوری‌که با به‌کار بردن مقادیر صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر پساب، غلظت فسفر در یونجه

افزایش یافت و به‌ترتیب برابر ۰/۲۴۵، ۰/۳۰۸ و ۰/۳۴۳ درصد بود (Hamouri and Handouf, 1996).

Mozaffari Hashjin (2017) به بررسی امکان‌سنجی استفاده از پساب‌های شهری برای آبیاری فضای سبز پرداخت. برای این منظور از گیاه پوششی چمن ترکیبی (اسپورت) و چمن پوآ که به‌طور معمول در فضاهای سبز شهری کاربرد دارند استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که آبیاری با پساب در مقایسه با آب شاهد منجر به کاهش عملکرد در صفات رشدی شاخساره و ایجاد تفاوت معنی‌دار در رقم اسپورت نشد، درحالی‌که در رقم پوآ تأثیر تیمار پساب بر وزن تازه و ارتفاع گیاه معنی‌دار بوده و منجر به کاهش مقادیر این دو صفت شده است. کاربرد پساب در مقایسه با آب شاهد باعث افزایش صفات رشدی در هر دو رقم اسپورت و پوآ شد که این افزایش در رقم اسپورت برای صفات وزن خشک و حجم ریشه معنی‌دار بود. Ali Mohammadi (2014) تأثیر غلظت عناصر موجود در پساب در مقایسه با آب چاه را بر ویژگی‌های خاک و گیاه یونجه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی کرد. نتایج نشان داد که غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N، P و K) در گیاه در اثر کاربرد پساب در مقایسه با آب چاه افزایش یافت.

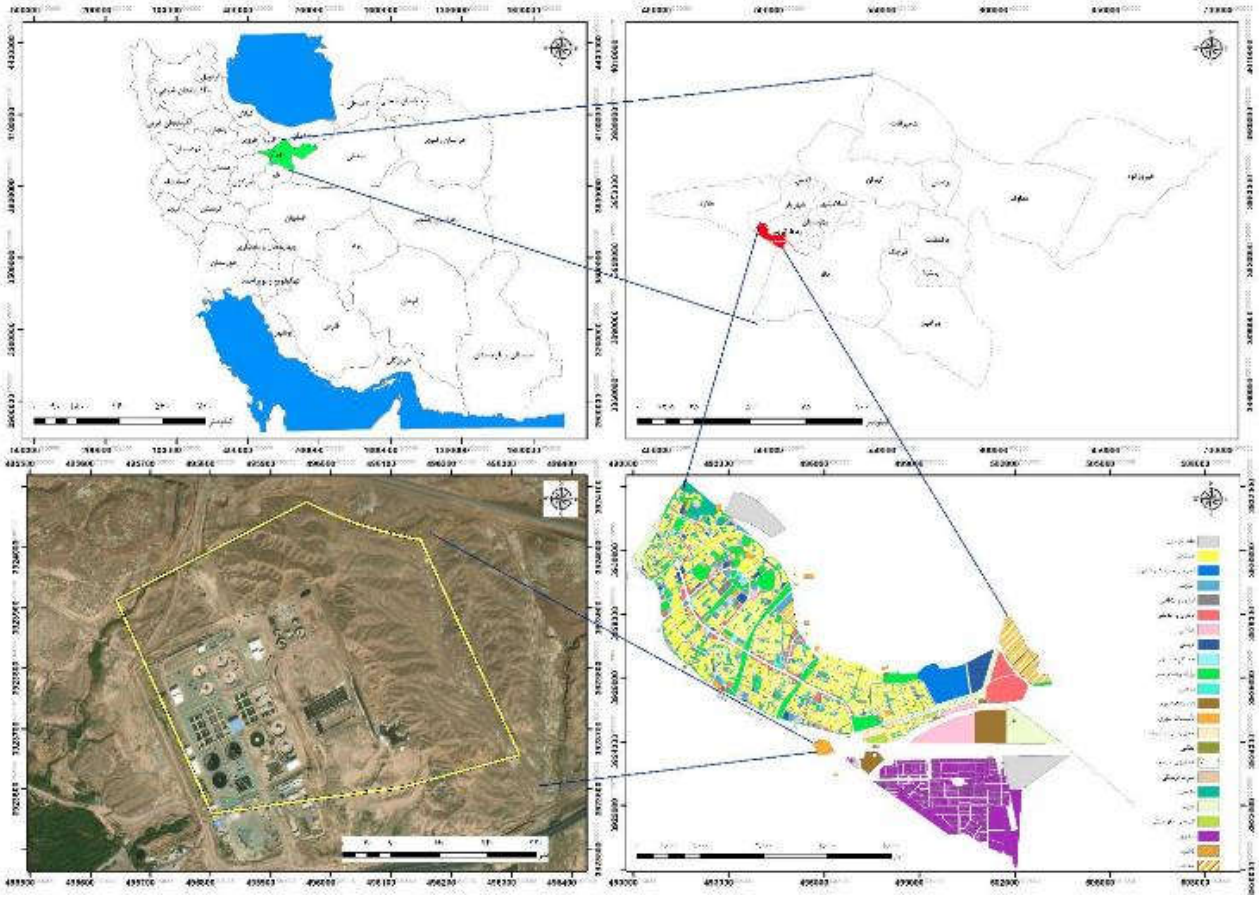
با توجه به قرارگیری شهر پرند در منطقه گرم و خشک و همچنین نظر به استفاده شهرداری این شهر از پساب فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری گیاهان فضای سبز، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات ایجادشده در صفات رشدی و غلظت عناصر غذایی گیاهان پوششی منطقه پس از کاربرد پساب فاضلاب، انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر پرند استفاده شد. این تصفیه‌خانه در جنوب‌غربی شهر پرند از توابع شهرستان رباط‌کریم در استان تهران قرار دارد. این شهر در ۳۳ کیلومتری جنوب‌غربی شهر تهران و در مسیر آزادراه تهران–ساوه و در مجاورت فرودگاه بین‌المللی امام خمینی واقع شده است. زمین‌های این شهر در حد فاصل شرایط اقلیمی شهر تهران و کویر بین ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ۵۲ ثانیه تا ۲۵ درجه و ۲۵ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه و ۴۰ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۳ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است. شکل (۱)، موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب شهر پرند را نشان می‌دهد.

در این پژوهش برای کاشت نشاء گیاهان پوششی، از گلدان‌های پلاستیکی با اقطار بالا و پایین به ترتیب ۱۵ و ۱۲ سانتی‌متر، و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر استفاده شد و هر کدام با ۲ کیلوگرم خاک لوم شنی پر شد. این پژوهش در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. فاکتور اول نوع گیاه در سه گونه شامل (فرانکینیا *Frankenia thymifolia*، دایکوندرا *Dichondra repens* و فستوکاآبی *Festuca glauca*) و فاکتور دوم استفاده از پساب برای آبیاری در چهار سطح (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) مخلوط با آب شهری بود. شروع کاشت نشاءها ۱۵ فروردین‌ماه ۱۴۰۲ و پایان دوره آبیاری ۱۵ تیرماه ۱۴۰۲ بود. در جدول (۱)، تیمارهای آزمایشی معرفی شده و علائم اختصاری آنها ارائه شده است. در طول مدت آزمایش، ۱۰ روز یک مرتبه متغیرهای شاخساره شامل طول شاخساره و تعداد برگ، اندازه‌گیری شد. در پایان صفات رشدی گیاهان پوششی مانند ارتفاع ساقه، وزن تازه و خشک شاخساره، تعداد برگ و غلظت عناصر غذایی N، P و K در گیاه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

به‌منظور انجام آزمایش‌های لازم، پس از جداسازی گیاهان از خاک درون گلدان‌ها، ابتدا ریشه به همراه شاخساره درون تشت آب شسته شده و سپس برای زدودن هر گونه آلودگی، به وسیله آب مقطر آب‌کشی انجام شد. ابتدا کل گیاه با ترازو به دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد و سپس به‌منظور انجام آزمایش‌های مورد نظر، ریشه از شاخساره هر گیاه جدا شد و تمامی متغیرهای مورد بررسی به تفکیک اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه به‌ترتیب به روش‌های کجلدال، اولسن و عصاره‌گیری با استات آمونیوم (قرائت با



شکل ۱. موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب شهر پرند

Fig. 1. The location of Parand city sewage treatment plant

جدول ۱. معرفی تیمارهای آزمایشی و علائم اختصاری آنها

Table 1. Description of experimental treatments and their abbreviations

نوع تیمار آبیاری Type of irrigation treatment				
100%	75%	50%	0%	
FR100	FR75	FR50	FR0	فرانکینیا (Frankenia, FR)
FE100	FE75	FE50	FE0	فستوکاآبی (Festuca, FE)
DI100	DI75	DI50	DI0	دایکوندرا (Dichondra, DI)

دستگاه فلیم فتومتر مدل PFP7) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن در گیاه با استفاده از روش کجلدال شامل سه مرحله هضم نمونه، تقطیر و تیتراسیون است. روش کار بدین صورت بود که ابتدا هر قسمت از گیاهان خشک‌شده در آون، توسط آسیاب برقی به پودر تبدیل شد. سپس مقدار ۰/۳ گرم از پودر هر قسمت گیاهان پوششی با ترازوی به دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شده و در لوله‌های مخصوص هضم ریخته شد و سپس لوله‌ها بر روی اجاق هضم قرار گرفتند. پس از اتمام هضم و سردشدن نمونه‌ها، حدود ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها افزوده شد و سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۰ به بالن

ژوژه ml ۱۰۰ صاف شده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در مرحله انجام تیتراسیون، مقدار اسید مصرف‌شده یادداشت شده و توسط رابطه (۱)، مقدار نیتروژن بر حسب درصد به‌دست آمد (Tabatabai, 2013):

$$0.01\ \text{mol/L} \times \frac{X}{1000} \qquad (۱)$$

که در آن X مقدار اسید مصرف‌شده در تیتراسیون است.

اندازه‌گیری غلظت فسفر در گیاه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. غلظت پتاسیم در نمونه‌های گیاهی توسط دستگاه فلیم فتومتر خوانده شده و در نهایت قرائت به‌دست آمده به‌صورت غلظت در ماده خشک گیاهی محاسبه شد (Emami, 1996).

در نهایت تجزیه و تحلیل آماری و تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS V9.1 انجام شده و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

شکل (۲)، گلدان‌های تحت کشت گیاهان پوششی را نشان می‌دهد.

شکل ۲. گلدان‌های تحت کشت گیاهان پوششی

Fig. 2. Pots under cultivation of cover plants

نتایج و بحث

کیفیت پساب مورد استفاده در این پژوهش و همچنین تجزیه شیمیایی خاک در شرایط اولیه، توسط آزمایشگاه آب و خاک دانشگاه شهید بهشتی تهران انجام شده است که نتایج آن به ترتیب در جداول (۲) و (۳) نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات شاخساره گیاهان پوششی در سطح احتمال ۵ درصد در جدول (۴) آمده است. نتایج نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده شاخساره است.

مقایسه اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر میانگین پارامترهای رشدی شاخساره در جدول (۵)، نشان داده شده است. برای گیاه فرانکینیا بیش‌ترین ارتفاع ساقه به میزان ۲۴/۷۵ سانتی‌متر بود که با افزایش حدود ۲۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار شد. در گیاهان دایکوندرا و فستوکاآبی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری مشاهده نشد به طوری‌که در گیاه دایکوندرا کمترین ارتفاع ساقه در تیمار آبیاری DI100 به میزان ۱۴ سانتی‌متر و در تیمار DI0 برابر ۱۴/۷۵ سانتی‌متر به دست آمد که تفاوت آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. گیاه فستوکاآبی نیز بیش‌ترین میزان رشد خود را به مقدار ۲۴/۲۵ سانتی‌متر در تیمار FE0 نشان داد، این در حالی است که تیمار FE100 تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشته و مقدار آن برابر ۲۳/۶۵ سانتی‌متر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گیاه فرانکینیا در آبیاری با تیمار FR100 بهترین رشد را داشته و مقاوم‌ترین گونه نسبت به آبیاری با پساب بود. همچنین گیاه فستوکاآبی به دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف آبیاری با پساب عملکرد مناسبی داشته است. گیاه دایکوندرا نیز در تیمار DI100 با ارتفاع ساقه برابر ۱۴ سانتی‌متر کم‌ترین میزان رشد را داشت، بنابراین در آبیاری با پساب کامل، ضعیف عمل نموده است. Partani and Mahmoudi-Mozafar (2019) و Malekian et al. (2017) در پژوهش‌هایی مشابه به بررسی صفات اندام‌های مختلف گونه‌های گیاهی خرزهره، فستوکا و چمن برمودا گراس پرداختند و شاهد افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در تیمار آبیاری با پساب بودند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

جدول ۲. نتایج مربوط به تجزیه شیمیایی پساب

Table 2. Results related to chemical composition of effluent wastewater

پارامتر Parameter	واحد Unit	مقدار Value
pH	–	7.4
رسانایی الکتریکی (Electrical conductivity, EC)	میکروزیمنس بر سانتی‌متر (µS/cm)	1108
سختی کل (Total hardness, TH)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	250
منیزیم (Mg)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	44
کلرید (Cl)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	124
نیترات (NO_3)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	6.43
کربنات (CO_3)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	0
بی‌کربنات (HCO_3)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	235
فسفات (PO_4)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	4.52
نیتروژن نیترات (NO_3-N)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	6.43
نیتروژن آمونیاکی (NH_4-N)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	2.9
کل مواد جامد معلق (Total suspended solids, TSS)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	65
کل مواد جامد محلول (Total dissolved solids, TDS)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	734
اکسیژن‌خواهی بیولوژیک (Biological oxygen demand, BOD)	میلی‌گرم در لیتر (mg/L)	3
کل کلی‌فرم‌ها (Total coliforms, TC)	MPN/100ml	1100
کلی‌فرم‌های گوارشی (Fecal coliforms, FC)	تعداد در لیتر	21

در گیاه فرانکینیا وزن تازه شاخساره در تیمار FR100 نسبت به تیمار FR0 با افزایش حدود ۴۵ درصدی معنی‌دار شد اما وزن خشک شاخساره با افزایش حدود ۲۵ درصدی معنی‌دار نشد. در گیاهان فستوکاآبی و دایکوندرا این روند برعکس بوده و وزن تازه و خشک شاخساره در تیمارهای FE0 و DI0 نسبت به تیمارهای FE100 و DI100 بیش‌تر بود. Menegassi et al. (2020) به ارزیابی آبیاری چمن با پساب تولیدی از صنعت کشتارگاه برای بررسی متغیرهای وزن تازه و خشک گیاه و ویژگی‌های شیمیایی خاک پرداختند. نتایج آنها نشان داد که وضعیت تغذیه‌ای و رشد چمن آبیاری‌شده با پساب در مقایسه

جدول ۳. نتایج تجزیه شیمیایی و بافت خاک در شرایط اولیه

Table 3. Results of soil chemical analysis and texture in the initial conditions

نتیجه Result	روش آزمایش Method of testing	ویژگی‌های خاک Soil properties		
		واحد Unit	نماد Symbol	ویژگی Property
8.3	Electrometric	–	pH	واکنش (Reaction)
2870	Platinum Electrode	µS/cm	EC	رسانایی الکتریکی (Electrical conductivity)
15.1	Olsen	mg/L	P	فسفر قابل جذب (Available phosphorus)
35	Direct Air-Acetylene Flame Atomic Emission Spectrometric	mg/L	K^+	پتاسیم محلول (Soluble potassium)
<0.1	Macro Kjeldahl	N%	TKN	کل نیتروژن کجلدال (Total Kjeldahl nitrogen)
0.25	Titrimetric	C%	OC	کربن آلی (Organic carbon)
10.6	Titrimetric	%	CCE	کربنات کلسیم معادل (Calcium carbonate equivalent)
180	EDTA Titrimetric	mg/L	Ca^{2+}	کلسیم محلول (Soluble calcium)
48	EDTA Titrimetric	mg/L	Mg^{2+}	منیزیم محلول (Soluble magnesium)
244	Titrimetric	mg/L	HCO_3^-	بی‌کربنات (Bicarbonate)
60	Titrimetric	mg/L	CO_3^{2-}	کربنات (Carbonate)
لومی-شنی				بافت خاک
11.7	Hydrometry	%	Clay	رس
21.5	Hydrometry	%	Silt	سیلت
66.8	Hydrometry	%	Sand	شن

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات شاخساره گیاهان پوششی

Table 4. Analysis of variance (mean squares) for the effect of experimental treatments on the shoot traits of cover plants

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع ساقه Stem height	وزن تازه شاخساره Stem fresh weight	وزن خشک شاخساره Stem dry weight	تعداد برگ Leaf number
نوع گیاه Plant	2	229.356 *	46.221 ns	77.279 *	612.111 *
تیمار آبیاری Irrigation treatment	3	3.955 *	19.379 ns	1.861 ns	29.954 ns
نوع گیاه × تیمار آبیاری Plant × Irrigation treatment	6	8.782 *	95.282 *	3.115 *	145.370 *
خطا Error	24	0.833	15.574	0.905	17.00
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	4.59	17.92	19.36	12.07

ns و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

ns and * : non-significant and significant at $p < 0.05$, respectively

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر صفات رشدی شاخساره

Table 5. Mean comparison of the interaction effect of plant type and irrigation treatment on the shoot growth traits

نوع گیاه Plant	تیمار آبیاری Irrigation treatment	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	تعداد برگ Leaf number	وزن تازه شاخساره Stem fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره Stem dry weight (g)
فرانکینیا (Frankenia, FR)	0	19.25 d	29.00 b	19.70 b	4.73 bc
	50	20.25 d	32.00 b	27.47 a	5.84 b
	75	20.50 d	31.67 b	20.11 b	4.19 cd
	100	24.75 a	35.67 b	28.61 a	5.93 b
فستوکا آبی (Festuca, FE)	0	24.25 ab	22.67 c	27.54 a	9.01 a
	50	22.85 b	30.00 b	20.01 b	6.25 b
	75	22.50 cb	30.00 b	18.18 b	6.62 b
	100	23.65 ab	30.67 b	22.44 ab	7.38 b
دایکوندرا (Dichondra, DI)	0	14.75 e	52.67 a	24.65 ab	2.90 d
	50	15.50 e	47.00 a	19.47 b	2.21 d
	75	15.50 e	34.67 b	23.70 ab	2.60 d
	100	14.00 e	34.00 b	12.38 c	1.32 d

در هر ستون، اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, numbers with at least one letter in common are not significantly different according to Duncan's test ($p < 0.05$).

با آب سطحی حفظ شد و هم‌چنین درصد فسفر، سدیم و قلیاییت خاک تغییر یافت. هم‌چنین وزن تازه و خشک گیاه در تیمارهای آبیاری با پساب بیشتر بوده است. نتیجه این پژوهش نیز با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. به‌منظور بررسی اثر آبیاری با سطوح مختلف پساب تصفیه‌خانه جنوب تهران بر توان گیاه پالایی شنبلیله، آزمایشی تحت شرایط گلخانه‌ای با پنج تیمار شاهد (۰)، ۲۵، ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پساب انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و پساب ۱۰۰ درصد به ثبت رسید. با افزایش درصد پساب، وزن تازه و خشک شاخساره و ریشه گیاه شنبلیله کاهش یافت. همچنین کاهش وزن تازه و خشک شاخساره تنها در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد پساب نسبت به شاهد معنی‌دار بود، درحالی‌که در مورد وزن تازه و خشک ریشه در تمام سطوح آبیاری نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (Fazeli and Eyni, 2019).

تعداد برگ‌های گیاهان فرانکینیا و فستوکاآبی در تیمارهای FR100 و FE100 به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای شاهد (FR0 و FE0) افزایش یافت، درحالی‌که تعداد برگ‌های گیاه دایکوندرا در تیمار DI100 به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار DI0 کاهش یافت. Pandey and Singh (2015) مشاهده کردند که آبیاری گندم با پساب فاضلاب تصفیه‌شده باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه می‌شود. Mousavi and Shahsavari (2014) نشان دادند که آبیاری با فاضلاب تصفیه-شده شهری به دلیل وجود عناصر مغذی موجود باعث افزایش رشد و عملکرد اجزاء ذرت می‌شود. به‌منظور بررسی اثر پساب تصفیه‌شده بر عملکرد گیاه ذرت آزمایشی مزرعه‌ای در قالب سه تیمار (آب چاه، پساب فاضلاب و مخلوط آنها) انجام شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته و تعداد برگ در آبیاری با پساب تصفیه‌شده فاضلاب به‌دست آمد. میزان فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری‌شده در برگ و ساقه در هر سه تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت (Daneshvar et al., 2020).

نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شاخساره و ریشه گیاهان در جدول (۶)، نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر غلظت نیتروژن شاخساره، نیتروژن ریشه و فسفر ریشه معنی‌دار شد.

غلظت نیتروژن در شاخساره

با توجه به شکل (۳)، مقدار نیتروژن در شاخساره گیاهان فرانکینیا و دایکوندرا در دامنه بهینه (۳/۵–۲/۵ درصد) بود. هم چنین غلظت نیتروژن در شاخساره گیاه فستوکاآبی از مقدار بهینه کم‌تر بود که نشان‌دهنده علائم کمبود در این گیاه است. لازم به ذکر است، مقدار نیتروژن شاخساره گیاهان فرانکینیا، فستوکاآبی و دایکوندرا در تیمارهای FR100، FE100 و DI100 نسبت به تیمارهای شاهد به‌ترتیب با ۱۶، ۳۷ و ۲۳ درصد افزایش، دارای تفاوت معنی‌دار بودند.

Emongor et al. (2012) در آزمایشی گلخانه‌ای به بررسی اثر پساب فاضلاب تصفیه‌شده بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی پرداختند. نتایج آنها بیانگر این بود که گیاهان گوجه‌فرنگی آبیاری‌شده با پساب تصفیه‌شده رشد رویشی (ارتفاع بوته و تعداد برگ) بیشتری نسبت به گیاهان آبیاری‌شده با آب لوله‌کشی داشتند. هم‌چنین در گیاهان آبیاری‌شده با پساب تصفیه‌شده، غلظت عناصر غذایی برگ شامل نیتروژن (۹۲٪)، فسفر (۴۵۰٪) و پتاسیم (۳۵٪) افزایش معنی‌داری در مقایسه با آب شهری داشتند. Ali Mohammadi (2014) به بررسی تأثیر غلظت عناصر موجود در پساب بر تغییرات حاصله در خاک و گیاه یونجه با استفاده از آب چاه و پساب پرداخت. نتایج به دست آمده بیانگر این بود که غلظت عناصر N، P و K در گیاه پس از کاربرد پساب افزایش یافته است.

غلظت فسفر در شاخساره

شکل (۴)، مقایسه میانگین اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر غلظت فسفر شاخساره را نشان می‌دهد. می‌توان گفت غلظت فسفر در شاخساره تمامی گیاهان پوششی در دامنه بهینه

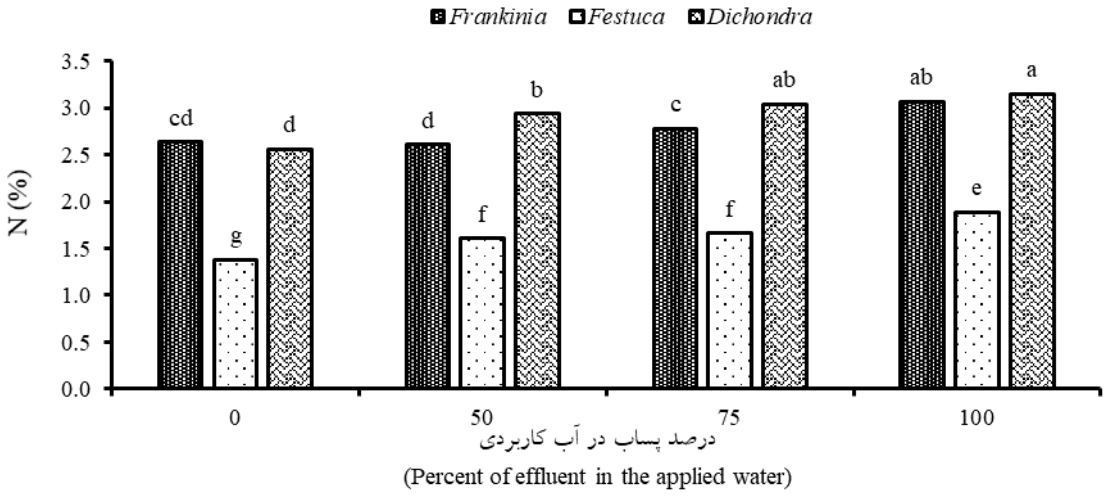
جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر غذایی در شاخساره و ریشه گیاهان پوششی

Table 6. Analysis of variance (mean square) for the effect of experimental treatments on the concentration of nutrients in shoot and root of cover plants

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	نیتروژن شاخساره Stem nitrogen	فسفر شاخساره Stem phosphorus	پتاسیم شاخساره Stem potassium	نیتروژن ریشه Root nitrogen	فسفر ریشه Root phosphorus	پتاسیم ریشه Root potassium
نوع گیاه Plant	2	5.939 *	0.025 *	42.326 *	0.571*	0.014 *	32.312 *
تیمار آبیاری Irrigation treatment	3	0.412 *	0.003 *	0.550 ns	0.676 *	0.019 *	0.170*
نوع گیاه × تیمار آبیاری Plant × Irrigation treatment	6	0.026 *	0.0001 ns	0.547 ns	0.06 *	0.006 *	0.010 ns
خطا Error	24	0.008	0.0001	0.412	0.014	0.001	0.033
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	3.67	5.05	25.10	6.57	12.70	11.79

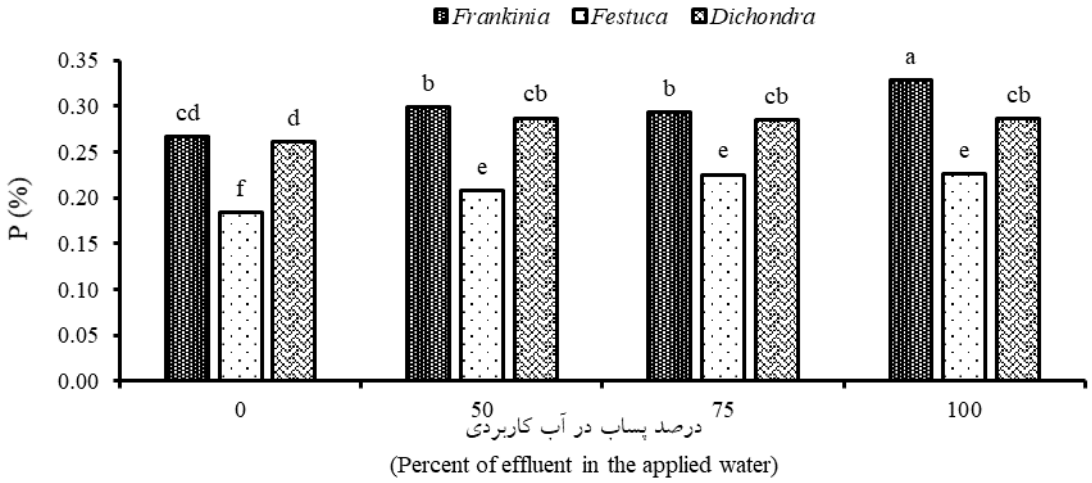
ns و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

ns and * : non-significant and significant at $p < 0.05$, respectively



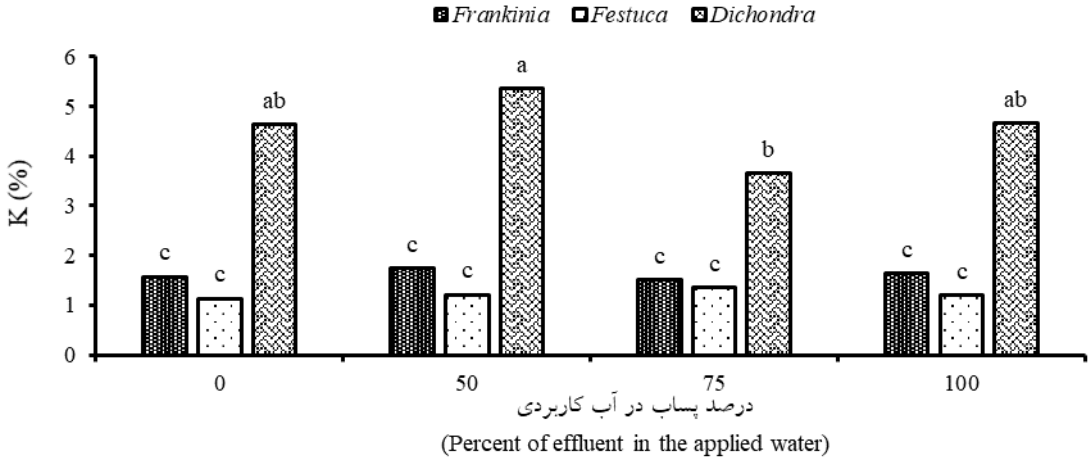
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر غلظت نیتروژن (N) شاخساره؛ ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Fig. 3. Mean comparison of the interaction effect of plant type and irrigation treatment on the shoot nitrogen (N) concentration; Bars with the same letter are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر غلظت فسفر (P) شاخساره؛ ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Fig. 4. Mean comparison of the interaction effect of plant type and irrigation treatment on the shoot phosphorus (P) concentration; Bars with the same letter are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر غلظت پتاسیم (K) شاخساره؛ ستون‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Fig. 5. Mean comparison of the interaction effect of plant type and irrigation treatment on the shoot potassium (K) concentration; Bars with the same letter are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

(۰/۴–۰/۲ درصد) بود و مقدار آن در تیمارهای FR100، FE100 و DI100 نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب با افزایش حدود ۲۳، ۲۳ و ۱۰ درصد معنی‌دار شد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Ali Mohammadi (2014) هم‌خوانی دارد.

غلظت پتاسیم در شاخساره

شکل (۵)، مقایسه میانگین اثر برهمکنش نوع گیاه و تیمار آبیاری بر غلظت پتاسیم شاخساره را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود غلظت پتاسیم در شاخساره گیاهان فرانکینیا و دایکوندرا

در دامنه بهینه (۵–۱/۵ درصد) بود اما در گیاه فستوکاآبی از مقدار بهینه کم‌تر بود که نشان‌دهنده علائم کمبود پتاسیم در این گیاه پوششی است. همچنین مقادیر پتاسیم در هیچ تیماری از گیاهان پوششی تفاوت معنی‌دار نداشت. به‌منظور بررسی اثر پساب تصفیه‌شده بر عملکرد گیاه ذرت آزمایشی مزرعه‌ای در قالب سه تیمار (آب چاه، پساب فاضلاب و مخلوط آنها) انجام شد. نتایج نشان داد بیش‌ترین غلظت نیتروژن در برگ، ساقه و دانه ذرت در آبیاری با پساب تصفیه‌شده فاضلاب و کم‌ترین مقدار آن در آبیاری با آب چاه به‌دست آمد. ولی غلظت فسفر و پتاسیم در برگ و ساقه در هر سه تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت (Daneshvar et al., 2020).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد آبیاری با پساب کامل آثار متفاوتی بر صفات رشدی گیاهان پوششی داشت، به‌طوری‌که هر گیاه پاسخ متفاوتی به کاربرد پساب کامل از خود نشان داده است. گیاه فرانکینیا بهترین پاسخ را به آبیاری با پساب کامل از خود نشان داد چرا که تمامی صفات رشدی آن در اثر کاربرد پساب کامل بهبود یافتند. صفات رشدی گیاه فستوکاآبی در آبیاری با پساب کامل نسبت به تیمار شاهد دارای تفاوت معنی‌داری نبود و گیاه دایکوندرا نیز به دلیل کاهش برخی صفات رشدی در آبیاری با پساب کامل، برای کاشت در فضای‌سبز و آبیاری با پساب کامل پیشنهاد نمی‌شود.

نتایج غلظت عناصر غذایی در گیاهان پوششی نیز نشان داد، مقدار نیتروژن در شاخساره گیاهان فرانکینیا و دایکوندرا در دامنه بهینه بود، اما در گیاه فستوکاآبی مقدار نیتروژن در شاخساره از مقدار بهینه کم‌تر بدست آمد که نشان‌دهنده علائم کمبود نیتروژن در این گیاه است. مقدار فسفر در شاخساره تمامی گیاهان پوششی در دامنه بهینه بود. مقدار پتاسیم در شاخساره گیاهان فرانکینیا و دایکوندرا در دامنه بهینه اما در گیاه فستوکاآبی از این مقدار کم‌تر بود که نشان‌دهنده علائم کمبود پتاسیم در این گیاه است. در انتها پیشنهاد می‌شود با توجه به کمبود عناصر غذایی در برخی از گیاهان، در پژوهش‌های آینده در خاک تحت کشت گیاهان از لجن فاضلاب نیز استفاده شده و مجدداً غلظت این عناصر مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از زحمات جناب آقای دکتر محسن کافی (استاد محترم دانشگاه تهران) به دلیل استفاده از نظرات ایشان در زمینه گیاهان پوششی کمال تشکر و امتنان را دارند.

ضمناً در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از موسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

1. Ali Mohammadi, R., 2014. Investigating the changes in soil and plants caused by irrigation using municipal wastewater and its effect on alfalfa yield. J. Water Agri. 29(1), 35–47.

2. Belaid, N., Neel, C., Lenain, J. F., Buzier, R., Kallel, M., Ayadi, A., Baudu, M., 2012. Assessment of metal accumulation in calcareous soil and forage crops subjected to long-term irrigation using treated wastewater: Case of El Hajeb-Sfax, Tunisia. J. Agri. Environ. 158(1), 83–93. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.002.

3. Blance, J.C., Homero L.V., 1998. Physico chemical and bacteriological characterization of wastewater from Mexico City. J. Water Sci. 37(1), 240–255. https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00749-X.

4. Daneshvar, M., Fattahi, F., Rahmani, H., Modarres Sanavi, S.A.M., Sami, M., 2020. Effect of municipal wastewater irrigation and well water on plant and soil characteristics. J. Natu. Bio. Sci. 12(2), 409–419. https://doi.org/10.15835/NSB12210767.

5. Emami, A., 1996. Methods of Plant Analysis. Second ed, Publication No. 982, Water and Soil Research Institute, Agricultural Research and Training Organization, Ministry of Agriculture, Tehran. (In Persian)

6. Emongor, V.E., Macheng, B.J., Kefilwe, S., 2012. Effects of secondary sewage effluent on the growth, development, fruit yield and quality of tomatoes (*Lycopersicon Karten*). J. Hort. Sci. 944, 29–40, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.944.3
7. Fazeli, F., Eyni, H., 2019. Effect of urban wastewater treatment plant effluent irrigation on heavy metals uptake by fenugreek (*Trigonella Foenum graceum L.*). J. Plant Res. (1), 24–35. (In Persian)
8. Ghasemi- Qahsare, M., Kafi, M., 2014. Scientific and Practical Floriculture. Volume 3. First ed. Massoud Ghasemi-Qahsare Publisher, Tehran. (In Persian)
9. Hamouri, B. E., Handouf, A., Mekrane, M., Touzani, M., Khana, A., Khallayoune, K., Benchokrount, T., 1996. Use of wastewater for crop production under arid and saline conditions: yield and hygienic quality of the crop and soil contaminations. J. Water Sci. 33(10-11), 327–334. https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00435-0
10. Hayssam, M. A., Siddiqui, M., Khamis, M. H., Hassan, F. A., Salem, M. Z. M., Ei-Mahrouk, S. M., 2013. Performance of forest tree *Khaya senegalensis* (Desr.) A. juss. under sewage effluent irrigation. J. Eco. Engin. 61(1), 117–126. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.051.
11. Kaab Omeir, M., Jafari, A., Shirmardi, M., Roosta, H., 2020. Effects of irrigation with fish farm effluent on nutrient content of basil and purslane. J. Bio. Sci. 90(2), 825–831. https://doi.org/10.1007/s40011-019-01155-0.
12. Malekian, R., Hyderpour, M., Mostafizadeh Fard, B., Abedi Kopaei, J., 2017. Impact surface and subsurface irrigation with treated effluent on the properties of bermudagrass. J. Agri. Sci. 4(1), 15. (In Persian)
13. Menegassi, C.L., Rossi, F., Dominical, D.L., Tommaso, G., Montes, C.R., Gomide, C.A., Gomes, T.M., 2020. Reuse in the agri-industrial: Irrigation with treated slaughterhouse effluent in grass. J. Clean Pro. 251, 119698. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119698.
14. Mousavi, S.R., Shahsavari, M., 2014. Effects of treated municipal wastewater on growth and yield of maize. J. Bio. 35(3), 2249–3239.
15. Mozaffari Hashjin, A., 2017. Feasibility and comparative studies of reuse of Karaj treatment plant effluent for green space irrigation. MSc Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian)
16. Narimani, H., Irannejad, P., Kiani, M., Gharabali, R. 2012. Effect of irrigation with treated sewage effluent on the growth of Aldar pine in the forests of Isfahan iron smelting plant. Proceedings of 2nd Conference of International Environmental Protection & Planning. August 24, Isfahan, Iran. (In Persian)
17. Partani, S., Mahmoudi-Mozaffar, A., 2019. Investigating the effect of irrigation with urban sewage on the growth indicators of green space species in Tehran (*Nerium oleander* and *Festuca*). J. Water Devel. 8(1), 79–88. https://doi.org/10.22067/JWSD.V8I1.88527. (In Persian)
18. Pandey, R., Singh, J. 2015. Effect of industrial wastewater irrigation on productivity of wheat crop. J. Environ. Sci. 6(3), 225. https://doi.org/10.6088/ijes.6045.
19. Pereira, L.S., Owes, T., 2002. Irrigation management under wader water scarcity. J. Water Manage. 57(3-30), 175–206. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00075-6.
20. Salarian, M., Alizadeh, A., Davari, K., Ansari, H., 2017. The effect of different levels of salinity and irrigation water on physiological indicators and performance of hot pepper in a smart drip irrigation system. J. Irrig. Drain. 11(3), 322–334. (In Persian)
21. Singh, P.K., Deshbhratar, P.B., Ramteke, D.S., 2012. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties and environment. Agric. Water Manage. 103, 100–104. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.10.022.
22. Soleimani, H., Mansouri, B., Kiani, A., Khalid Omer, A., Tazik, M., Ebrahimzadeh, G.H., Sharafi, K., 2023. Ecological risk assessement and heavy metals accumulation in agriculture soils irrigated with treated wastewater effluent, river water, and well water combined with chemical fertilizers. Heliyon 9(3), e14580, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14580.
23. Tabatabai, S., 2013. Principles of Plant Mineral Nutrition. First ed, Publications of Tabriz University, Tabriz. (In Persian)