Plant Prod., 2023, 46(1), 39-50
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.41511.2053
Received: 3 August 2022
Accepted: 28 January 2023

Plant Productions
Research Article

The application of folic acid and biochar on drought stress in sport turfgrass

Fatemeh Firouzi[1], Mousa Solgi[2*], Alireza Khaleghi[3], Hossein Bagheri[4]

1. M.Sc. Graduate of Horticultural Science, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.
2. Associate Professor, Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.
3. Associate Professor, Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.
4. Associate Instructor, Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.

Citation: Firouzi, F., Solgi, M., Khaleghi, A., & Bagheri, H. (2023). The application of folic acid and biochar on drought stress in sport turfgrass. *Plant Productions*, 46(1): 39-50.

Abstract

Introduction

Use of biochare and folic acid in a lawns bed can be used as a method for reducing water consumption and also reducing the cost of maintaining green space. The aim of this study was to investigate the effect of folic acid and biochare composition on sport lawns under drought stress conditions. The aim of this study was to investigate the effect of folic acid and biochare composition on sport lawns under drought stress conditions.

Materials and Methods

For this purpose, two substances of folic acid (0, 250 and 500 mg L^{-1}) and biochar (0, 20 and 40 g kg^{-1}) after water stress were used at two levels of 100 (full irrigation) and 50 (drought) field capacity percentages. The traits of perspective quality (density, color, texture and coverage), chlorophyll, prolin and N, P, Ca and P elements were measured after the drought stress application. This research was carried out as factorial in a completely randomized design at department of Horticultural Science and Engineering of Arak University in 2018.

Results and Discussion

The application of biochar at 20 g kg^{-1} concentrations increased the cover surface in sport turfgrass. It was also determined that drought stress reduced the qualitative characteristics of color, density, texture and coverage, but increased nitrogen levels in the sports turfgrass. In this research, the reduced amount of

* **Corresponding Author:** Mousa Solgi
E-mail: M-solgi@araku.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

potassium of leaf tissues by biochar application under drought stress was observed. Although, the increasing of potassium content was observed by using of folic acid treatment under drought stress. Biochar alone at a concentration of 20 g kg^{-1} increased the amount of grass cover compared to the control. However, the use of biochar in drought stress conditions did not have a positive effect on the studied traits and it even caused a 50% decrease in the amount of potassium under drought stress. In this test, drought stress reduced the characteristics of sports turfgrass, including color, density, texture, and coverage. The use of folic acid under drought stress conditions caused an increase in nitrogen and potassium levels in the studied turfgrass species. However, without the application of folic acid in combination with a concentration of 40 g kg^{-1} of biochar caused an increase in the amount of calcium compared to the control. When biochar and folic acid were used simultaneously under drought stress conditions, the amount of phosphorus increased compared to the control.

Although biochar had a positive effect on the quality of the sports grass coverage, it did not have much effect on increasing the absorption of elements under drought stress. Therefore, the amount of 20 grams of biochar per kilogram of soil is recommended. However, folic acid had positive effect on the quality of the sports grass coverage and increasing the absorption of nutrients under drought stress. Therefore, the concentration of 250 mgL^{-1} of folic acid is the optimal and effective concentration that is suggested in this research. In general, folic acid is a natural tampon and a suitable chelator with high ion exchange capacity, which increases the absorption of mineral elements in plants and also increases the quality and quantity.

Keywords: Landscape, nutrition elements, prolin, visual quality

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۱)، ۳۹-۵۰
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.41511.2053
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

کاربرد اسید فولیک و بیوچار در تنش خشکی چمن اسپورت

فاطمه فیروزی[۱]، موسی سلگی[۲*]، علیرضا خالقی[۳]، حسین باقری[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، شهر اراک، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، شهر اراک، ایران.
۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، شهر اراک، ایران.
۴. مربی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، شهر اراک، ایران.

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر اسید فولیک و ترکیب بیوچار بر چمن اسپورت تحت شرایط تنش خشکی بود. به‌همین منظور از دو ماده اسید فولیک (صفر، ۲۵۰ و۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و بیوچار (صفر، ۲۰ و ۴۰ گرم بر کیلوگرم خاک) پس از تنش خشکی در دو سطح ۱۰۰ درصد (آبیاری کامل) و ۵۰ درصد (تنش خشکی) ظرفیت زراعی استفاده شد. پس از اعمال تنش خشکی صفاتی مانند کیفیت ظاهری (تراکم، رنگ، بافت و پوشش) کلروفیل، پرولین و میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم،کلسیم و فسفر اندازه‌گیری شدند. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۷ و در گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه اراک اجرا شد. کاربرد بیوچار به‌میزان ۲۰ گرم بر کیلوگرم سبب افزایش میزان پوشش در چمن اسپورت شد. همچنین مشخص شد که تنش خشکی سبب کاهش ویژگی‌های کیفی رنگ، تراکم، بافت و پوشش چمن شده، ولی سبب افزایش میزان نیتروژن در چمن اسپورت گردید. در این تحقیق کاهش پتاسیم بافت برگ‌ها با کاربرد بیوچار تحت تنش خشکی مشاهده شد. در حالی‌که افزایش محتوای پتاسیم با افزایش اسید فولیک در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. بیوچار به‌تنهایی در غلظت ۲۰ گرم بر کیلوگرم سبب افزایش میزان پوشش چمن نسبت به شاهد شد. اما کاربرد بیوچار در شرایط تنش خشکی اثر مثبتی بر صفات مورد مطالعه نداشت و حتی سبب کاهش میزان پتاسیم تحت تنش ۵۰ درصد مشاهده شد. در این آزمایش تنش خشکی باعث کاهش رنگ، تراکم، بافت و پوشش چمن اسپورت شد. کاربرد اسید فولیک تحت شرایط تنش خشکی سبب افزایش میزان نیتروژن و پتاسیم در گونه چمنی مورد مطالعه شد. با این‌حال بدون کاربرد اسید فولیک و در ترکیب با ۴۰ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک سبب افزایش میزان کلسیم نسبت به شاهد شد. کاربرد همزمان دو ماده بیوچار و اسید فولیک تحت شرایط تنش خشکی باعث افزایش میزان فسفر نسبت به شاهد شد. گرچه بیوچار اثر مثبت بر صفت کیفی پوشش چمن اسپورت داشت، اما تاثیر چندانی بر افزایش جذب عناصر تحت تنش خشکی نشد. بنابراین میزان ۲۰ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک توصیه می‌شود. با این‌حال اسید فولیک اثرات مثبتی بر صفت کیفی پوشش چمن اسپورت و افزایش جذب عناصر غذایی تحت تنش خشکی داشت. از این‌رو غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولیک غلظت بهینه و اثرگذار می‌باشد که در این تحقیق پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: پرولین، عناصر غذایی، فضای سبز، کیفیت ظاهری

* **نویسنده مسئول:** موسی سلگی
رایانامه: M-solgi@araku.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

فضاهای سبز از نظر محیط زیستی به‌عنوان شریان‌های حیاتی شهرها محسوب می‌شوند و با توجه به رشد روزافزون شهرنشینی، ایجاد فضاهای سبز کلان به‌عنوان مهم‌ترین تعدیل کننده محیط زیست شهرها ضروری می‌باشند (Domiri Ganji et al., 2010). چمن اسپورت، یکی از پرمصرف‌ترین بذرهای چمن برای زمین‌های ورزشی می‌باشد. این چمن، مقاومت زیادی در برابر پاخوری دارد و قسمت‌های آسیب‌دیده با گسترش ریزوم‌ها به سرعت ترمیم می‌شوند. چمن اسپورت با ارتفاع نسبتاً کم و رنگ سبز زیبا برای پارک‌ها و محوطه‌سازی-های دیگر نیز توصیه می‌شود (Kafi and Kaviani, 2002). امروزه تغذیه‌ی برگی، کاربرد وسیعی در کشاورزی به‌ویژه در تولید محصولات باغبانی دارد و در مقایسه با روش کاربرد خاکی می‌تواند به‌عنوان یک روش پایدار و مؤثر در تغذیه محصولات مطرح باشد (Aslani and Suri, 2013).

از سوی دیگر خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که به‌طور تقریبی موجب محدودیت تولید در ۲۵ درصد زمین‌های دنیا شده است. در نتیجه از بین عوامل محیطی تنش‌زا، خشکی دومین عامل اصلی کاهش عملکرد بعد از عوامل بیماری‌زا می‌باشد (Biglouie et al., 2010).

ترکیبات هوموس‌دار، دو اسید آلی مهم به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولیک دارند. این مواد از نظر اندازه مولکول و ساختار شیمیایی متنوع هستند و از منابع مختلفی همچون خاک، اکسید ذغال، ذغال سنگ و غیره استخراج می‌شوند (Sebahattin and Necdet, 2005). اسیدهای هیومیک نقش مهمی در فیزیولوژی گیاهان عالی ایفا می‌کنند (Eyheraguibel et al., 2008). نه تنها برای محیط زیست مضر نیستند، بلکه جذب مواد غذایی و باروری خاک را افزایش می‌دهند (Michael, 2001). مواد هیومیک مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند. تأثیرات غیرمستقیم ترکیبات هیومیک بر حاصلخیزی خاک شامل افزایش جمعیت میکروبی از جمله میکروارگانیسم‌های مفید، بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیون و ظرفیت بافری pH می-باشد. به‌طور مستقیم تأثیرات بیوشیمیایی متفاوتی در سطح دیواره و غشای سلول‌ها یا در سیتوپلاسم دارند که موجب بهبود فتوسنتز، سنتز بهتر پروتئین و فعالیت شبه هورمون (شبه اکسین و شبه جیبرلین) می‌شوند (Chen and Aviad, 1990).

اسید فولیک یا ویتامین B9 که ضروری‌ترین ویتامین گروه B می‌باشد. هیدرولیز آنزیمی ذخایر بذر و تولید سلول‌های ساختاری با استفاده از این ذخایر، دو فرآیند متابولیک متأثر از پیش تیمار بذرها با اسید فولیک می‌باشند که بر استقرار گیاهچه‌ها و جوانه‌زنی بذر گیاهان اثر می‌گذارند (Burguieres et al., 2007).

بیوچار (زغال زیستی)، زغال تهیه شده از ضایعات آلی است که طی فرآیند ترموشیمیایی تولید می‌شود. بیوچار یک ماده متخلخل، غنی از کربن و ریزدانه است که از گرمادهی کُند و آرام بقایای آلی مانند ضایعات گیاهی، کودهای دامی و سایر ضایعات در دماهای ۲۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد در یک محیط بدون اکسیژن یا با میزان اکسیژن محدود به‌دست می‌آید (Lehmann and Joseph, 2009; Keshavarz Fard et al., 2020). شواهد نشان می‌دهد که کربن بیوچار بسیار مقاوم و پایدار بوده و زمان ماندگاری آنها در مورد بیوچار چوب در دامنه ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال قرار میگیرد که ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر زمان ماندگاری کربن آلی خاک است . بنابراین افزودن بیوچار به خاک می تواند مخزن بالقوهای از کربن را در خاک فراهم آورد (Verheijen et al., 2010). تبدیل ضایعات آلی به بیوچار می‌تواند یک روش مناسب برای بازیافت، ترسیب کربن و استفاده در بخش کشاورزی برای بهبود ویژگی‌های خاک و رشد گیاه باشد (Gaskin et al., 2010). در پژوهشی نشان داده شد که در غلظت۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاهش رشد اندام هوایی چمن اسپورت مشاهده شد. کاربرد اسید هیومیک در زمان تنش خشکی تنها میزان بافت چمن را بهبود داد و صفات تراکم و طول اندام هوایی چمن تحت تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک کمتر از زمانی بود که تنش خشکی وجود نداشت (Alikhani et al., 2018). در گزارشی با کاربرد همزمان بیوچار (صفر، ۲۰ و ۴۰ گرم در کیلوگرم خاک گلدان)، اسید هیومیک (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو سطح آبیاری (پنجاه و صد درصد ظرفیت زراعی) مشخص شد که استفاده همزمان از بیوچار و اسید هیومیک در برخی از ویژگی‌ها مانند مقدار نیتروژن و فسفر اثر افزایشی و مثبت بر گل آهار دارد (Keshavarz Fard et al., 2020). بدین منظور در این پژوهش تأثیر کاربرد دو ترکیب سازگار با محیط زیست (اسید فولیک و بیوچار) بر برخی ویژگی‌های کیفی، بیوشیمیایی و عناصر غذایی در چمن در شرایط تنش آبی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط گلخانه به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار و ۱۸ تیمار در فصل تابستان اجرا گردید و در مجموع شامل ۵۴ واحد آزمایشی بود. دو فاکتور شامل میزان بیوچار چوب درختان بلوط (صفر، ۲۰، ۴۰ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک گلدان) و غلظت اسید فولیک با کاربرد محلول‌پاشی (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو سطح تنش خشکی بر حسب ظرفیت زراعی (۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بودند. در این تحقیق جهت تعیین درصد ظرفیت زراعی از روش وزنی استفاده شد برای اجرای آزمایش، ابتدا خاک مورد نیاز با ترکیب ماسه، خاک باغچه و کود دامی (به‌ترتیب۶۰:۳۰:۱۰) آماده گردید و میزان مشخص بیوچار با خاک گلدان‌ها مخلوط گردید. سپس توده بذری چمن اسپورت (شرکت Mommersteeg تولید اسپانیا) با ترکیب ۶۰ درصد لولیوم، ۱۰ درصد فستوکا و ۳۰ درصد پوآ به‌میزان ۴۰ گرم در متر مربع (۲/۵ گرم در هر گلدان) به‌صورت یکنواخت کاشته شد و سپس مقداری کود دامی روی آن پاشیده شد. گلدان‌های (اندازه ۷ با قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر) کشت شده آبیاری شدند. پس از یک هفته بذرها سبز شدند. ۴۰ روز پس از کشت، اولین سرزنی انجام گرفت. به‌طور هفتگی محلول‌پاشی با اسید فولیک یک روز پس از هر بار سرزنی نیز انجام شد. چهار ماه پس از استقرار کامل، به‌مدت یک هفته گلدان‌ها آبیاری نشدند تا به شرایط ثابت برای اعمال تنش خشکی برسند. تنش به‌مدت دو ماه اعمال شد و در طی تنش نیز محلول‌پاشی و سرزنی انجام گرفت. سپس صفات کیفیت ظاهری بر اساس امتیازدهی در مقیاس ۱ تا ۹ (Bagheri et al., 2019) و سایر صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. صفاتی مانند کیفیت پوشش چمن بر اساس برنامه‌ی ارزیابی کیفیت چمن (NTEP)، که یک روش راهبردی در ارزیابی ظاهری چمن است. ارزیابی شد. صفات کیفی تراکم، بافت، رنگ و پوشش در مقیاس ۱ تا ۹ امتیازدهی می‌شوند و عدد ۹ بهترین و بالاترین امتیاز می‌باشد (Bagheri et al., 2019)، میزان کلروفیل و میزان پرولین و عناصر نیتروژن، پتاسیم،کلسیم و فسفر اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی نیز نمونه برگ تازه تهیه و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و مراحل مختلف جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل (Arnon, 1949) و پرولین (Bates et al., 1973) انجام گرفت. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد. به منظور سنج و اندازه‌گیری غلظت نیتروژن موجود در نمونه‌ها پس از تهیه عصاره، از روش خاکسترگیری تر با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک (مدل گرهارد ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد (Bremner and Mulvaney, 1965). برای اندازه‌گیری عناصر پتاسیم، کلسیم و فسفر از روش هضم اسیدی استفاده شد. به‌طور خلاصه، نیم گرم از نمونه توزین شد و داخل لوله‌های شیشه‌ای ریخته شد. سپس روی هر نمونه ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید و لوله‌های حاوی نمونه در داخل کوره قرار داده شدند. در ادامه یک ساعت با ۵۰ درجه سانتی‌گراد و سپس چهار ساعت با ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه هضم گردیدند. در مرحله آخر بعد از خنک شدن، نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردیدند و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. در پایان غلظت عناصر در این نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (ICP-OES) اندازه‌گیری شدند (Standard methods, 2005). آنالیز داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) برای مقایسه میانگین و تعیین معنی‌دار بودن تفاوت آماری در تیمارها در سطح یک درصد و پنج درصد استفاده می‌گردد.

نتایج و بحث

۱- تأثیر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر ویژگی‌های ظاهری چمن اسپورت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف بیوچار بر رنگ، تراکم و بافت چمن اسپورت معنی‌دار نبود و تنها در صفت پوشش چمن معنی‌دار گردید (جدول ۱). اثر ساده تنش خشکی بر صفات رنگ، بافت پوشش و تراکم چمن معنی‌دار بود. اثر متقابل بیوچار و اسید فولیک تنها در صفت پوشش چمن معنی‌دار بود. اثر ساده اسید فولیک، تأثیر متقابل تنش خشکی و بیوچار، تأثیر متقابل تنش خشکی و اسید فولیک و نیز اثر متقابل سه‌گانه بیوچار، تنش خشکی و اسید فولیک در هیچ‌یک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبودند. با توجه به شکل ۱، غلظت ۲۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک موجب ایجاد بهترین پوشش (۷/۸۸) و غلظت ۴۰ گرم در کیلوگرم بیوچار سبب کم‌ترین میزان پوشش (۷/۲۷) شدند که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تنش خشکی سبب کاهش ویژگی‌های چمن شد و با افزایش شدت تنش خشکی ویژگی‌های

رنگ، تراکم، بافت و پوشش چمن به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. بیش‌ترین میزان این صفات در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و کم‌ترین میزان صفات در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین تأثیر بیوچار و اسید فولیک بر پوشش چمن نشان داد که بهترین پوشش چمن(۸) با کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک به‌همراه ۲۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک حاصل شد. کمترین پوشش (۶/۸) با استفاده همزمان ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک و ۴۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک به‌دست آمد (شکل ۲).

۲- تأثیر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر کلروفیل و پرولین چمن اسپورت

تجزیه واریانس حاصل از اثر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر کلروفیل و پرولین چمن اسپورت نشان داد که اثر ساده هیچ یک از این عامل‌ها بر این صفات معنی‌دار نبود. همچنین هیچ‌کدام از اثرات متقابل دوگانه و یا سه‌گانه تفاوت معنی‌دار نشان ندادند.

۳- تأثیر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر میزان نیتروژن چمن اسپورت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشانگر معنی‌دار شدن اثرات ساده اسید فولیک و تنش خشکی بود. همچنین اثر متقابل اسید فولیک و خشکی تفاوت معنی‌دار نشان داد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، اعمال تنش خشکی در دو غلظت ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک سبب افزایش میزان نیتروژن در چمن اسپورت شده است. میان غلظت‌های اسید فولیک در شرایط بدون تنش خشکی تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط تنش خشکی و با کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک، بیش‌ترین میزان نیتروژن (۲/۵۵٪) مشاهده شد که با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این ماده در شرایط تنش تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان نیتروژن (۲/۱۸٪) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدفولیک در شرایط آبیاری کامل حاصل شد (شکل ۳).

۴- تأثیر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر میزان پتاسیم چمن اسپورت

اثرات متقابل بیوچار و تنش خشکی و همچنین اسید فولیک و تنش خشکی بر میزان پتاسیم دارای تفاوت معنی‌دار نشان دادند. مقاسیه میانگین میان غلظت‌های بیوچار در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی نشانگر تفاوت معنی‌دار بود. در شرایط آبیاری کامل با کاربرد مقادیر بیش‌تر بیوچار کاهش میزان پتاسیم حاصل شد، ولی در شرایط آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش خشکی) افزایش میزان پتاسیم با افزایش مقادیر بیوچار در چمن اسپورت مشاهده شد. بیش-ترین میزان پتاسیم (۲۸۱۱۷/۱ قسمت در میلیون) در شرایط آبیاری کامل و بدون کاربرد بیوچار (شاهد) حاصل شد که با تیمارهای ۲۰ و ۴۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک و در شرایط تنش از نظر آماری تفاوت نشان نداند. کمترین میزان پتاسیم (۲۶۳۶۶/۵۵ قسمت در میلیون) در تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد بیوچار به‌دست آمد (شکل ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد استفاده از اسید فولیک در شرایط تنش خشکی سبب افزایش میزان پتاسیم گردیده است. به‌نحوی که در شرایط آبیاری۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش خشکی) و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک بیش‌ترین میزان پتاسیم (۲۷۹۵۰/۸ قسمت در میلیون) مشاهده شد که با سایر تیمارهای تنش خشکی و در هر سه غلظت اسید فولیک تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان پتاسیم (۲۶۵۷۰ قسمت در میلیون) در تیمار بدون استفاده از اسید فولیک و بدون تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۵).

۵- تأثیر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر میزان کلسیم چمن اسپورت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده بیوچار، اثرات متقابل اسید فولیک و بیوچار، تنش خشکی و بیوچار و اثر متقابل سه‌گانه بر میزان کلسیم دارای تفاوت معنی‌دار هستند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کلسیم در شرایط تنش و با کاربرد بیوچار و اسید فولیک نسبت به شاهد دارای

Table 1. Comparison effect of drought stress on visual qualitative traits of sport turfgrass

Drought Stress (% FC)	Color (Code)	Compactness (Code)	Texture (Code)	Coverage (Code)
100	7.51[a]	6.66[a]	7.81[a]	7.74[a]
50	5.85[b]	5.81[b]	6.00[b]	7.25[b]

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability, using Duncan test.

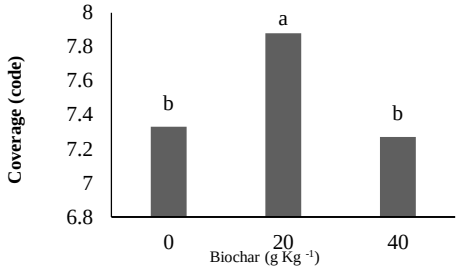

Figure 1. Effect of biochar levels on coverage of sport turfgrass

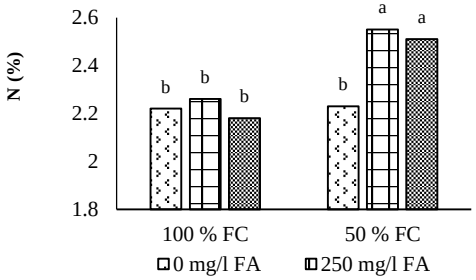

Figure 3. Interaction effect of drought stress and folic acid levels on N element of sport turfgrass

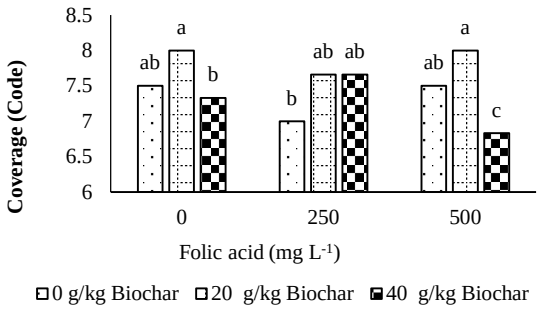

Figure 2. Interaction effect of biochar and folic acid levels on coverage of sport turfgrass

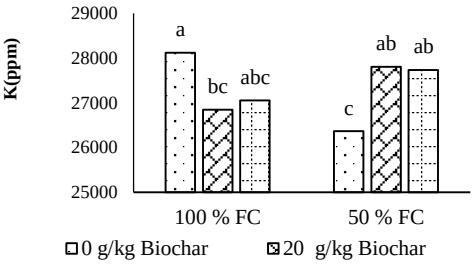

Figure 4. Interaction effect of biochar and drought stress levels on K element of sport turfgrass

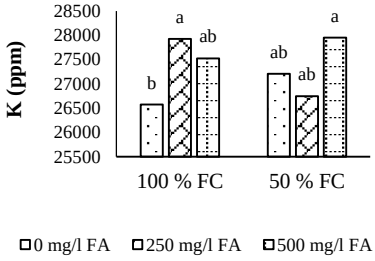

Figure 5. Interaction effect of drought stress and folic acid levels on K element of sport turfgrass

روند افزایشی است. به‌عبارتی کاربرد همزمان غلظت‌های مختلف بیوچار و اسید فولیک، میزان کلسیم را تحت تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش داد. گرچه در بسیاری از غلظت‌ها این افزایش معنی‌دار نبود. بیش‌ترین میزان کلسیم (۱/۱۹ درصد) در تیمار ۴۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک و بدون اسید فولیک و در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (T13) بود که با تیمار T3 تفاوت معنی‌دار نداشت. کم‌ترین میزان کلسیم (۰/۸۰ درصد) در تیمار ۲۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک به‌همراه ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک و در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که البته با اکثر تیمارها از جمله شاهد (T1) تفاوت معنی‌دار نشان نداد (جدول ۲).

۶- تأثیر بیوچار، اسید فولیک و تنش خشکی بر میزان فسفر چمن اسپورت

در زمینه محتوای فسفر، فقط اثر متقابل سه‌گانه بیوچار و اسید فولیک و تنش خشکی از نظر آماری معنی‌دار گردید. میزان فسفر در شرایط تنش و با کاربرد بیوچار و اسید فولیک نسبت به شاهد روند افزایشی دارد. بیش‌ترین میزان فسفر (۴۸۳۳/۳۳ قسمت در میلیون) در تیمار ۲۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک و در ترکیب با ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک و آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (تیمار T9) و تیمار T17 (۴۸۲۶/۳۳) مشاهده شد. کم‌ترین میزان فسفر (۴۳۰۹/۰۰ قسمت در میلیون) در تیمار T13 (۴۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک و بدون کاربرد اسید فولیک و آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد (جدول ۲).

Table 2. Interaction effect of biochar, drought stress and folic acid levels on Ca and P element of sport turfgrass

Treatment number	Biochar(g/kg)	Folic acid (mg/L)	Drought Stress (% FC)	Ca (%)	P (ppm)
T1	0	0	100	0.88^{de}	4726.33^{ab}
T2			50	0.05^{cd}	4498.33^{abc}
T3		250	100	1.11^{ab}	4631.00^{abc}
T3			50	091^{cde}	4748.33^{ab}
T5		500	100	0.10^{bc}	4568.00^{abc}
T6			50	091^{cde}	4507.33^{abc}
T7	20	0	100	085de	4619.33^{abc}
T8			50	0.93^{cde}	4754.33^{ab}
T9		250	100	0.88^{de}	4833.33^{a}
T10			50	0.91^{cde}	4430.33^{bc}
T11		500	100	0.80^{e}	4526.33^{abc}
T12			50	0.98^{cd}	4748.00^{ab}
T13	40	0	100	1.19^{a}	4309.00^{c}
T14			50	0.90^{cde}	4789.00^{ab}
T15		250	100	0.89^{de}	4745.33^{ab}
T16			50	0.92^{cde}	4609.00^{abc}
T17		500	100	0.93^{cde}	4826.33^{a}
T18			50	0.93^{cde}	4716.33^{ab}

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability, using Dunkan test.

در سال‌های اخیر از بیوچار به‌عنوان اصلاح کننده خاک و روشی برای ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی استفاده می‌شود. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که بیوچار یک ماده مفید برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، مؤثر در حفظ ماده آلی خاک، افزایش بهره‌وری کود و افزایش تولید محصول می‌باشد (Van Zwieten et al., 2010). در رابطه با تأثیر بیوچار بر حاصلخیزی و عملکرد محصول نتایج متفاوتی گزارش شده است. برخی از مطالعات عدم تأثیر معنی‌دار بیوچار و برخی دیگر به تأثیر مثبت این ماده اشاره نموده‌اند. بیشتر منابع اثر مثبت بیوچار را گزارش نموده‌اند (Keshavarz Fard et al., 2020; Gaskin et al., 2010). اما به‌عنوان مثال در یک مطالعه‌ی گلخانه‌ای نشان داده شد که سطح زیاد مصرف بیوچار به‌میزان ۷ درصد عملکرد ذرت را کاهش داد، در حالی‌که سطوح مصرف کمتر (۰/۵ و ۲ درصد) باعث افزایش عملکرد گردید (Rajkovich et al., 2013). در تیمار حاوی ۲۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک میزان پوشش چمن اسپورت افزایش داشت که این افزایش می‌تواند به‌علت بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک باشد که در پی افزایش جذب آب، تهویه و افزایش فراهمی مواد غذایی و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران در حضور بیوچار باشد (Habibi et al., 2017). همچنین ترکیب ۲۰ گرم بیوچار با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولیک بهترین پوشش را در چمن تولید نمود.

همچنین در این آزمایش علاوه بر افزایش کیفیت پوشش چمن، میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر در شرایط تنش خشکی نیز با کاربرد اسید فولیک افزایش یافت. اسید فولیک یک تامپون طبیعی و کلات کننده‌ی مناسب با قدرت تبادل یونی بالا بوده که قدرت جذب عناصر معدنی را در گیاهان افزایش می‌دهد و نیز باعث افزایش کیفیت و کمیت می‌گردد (Burguieres et al., 2007). در گزارشی غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولیک موجب افزایش عناصر پتاسیم و فسفر در گل آهار شدند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Beyraghdar et al., 2016).

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) باعث کاهش صفاتی مانند رنگ، بافت، تراکم و پوشش چمن اسپورت شد. مقدار کلروفیل به‌عنوان یک معیار بسیار مفید، همواره برای ارزیابی وضعیت فیزیولوژیک گیاه مورد توجه قرار می‌گیرد (Jiang and Huang, 2001). تنش خشکی باعث فعالیت بیش‌تر آنزیم کلروفیلاز و همچنین افزایش ساخت برخی مواد تنظیم کننده رشد مانند اسیدآبسیزیک و اتیلن می‌شود که منجر به تخریب و کاهش

میزان کلروفیل در برگ‌ها و کاهش شدت رنگ می‌شود (Goodfellow and Barkham, 1974). در همین ارتباط Jiang و Huang (2001) گزارش کردند که تنش طولانی مدت خشکی و گرما در چمن‌های کنتاکی بلوگرس و فستوکا، کیفیت و رنگ چمن را کاهش داد. همچنین، Sadeghi et al. (2014) در دو گونه چمنی علف گندمی بیابانی و چمانواش بلند و Alikhani et al., (2018) در چمن اسپورت گزارش کردند که با اعمال تنش خشکی رنگ چمن کاهش یافت. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش رنگ چمن تحت تنش خشکی همخوانی دارد.

برای چمن که از طریق ریزوم و به صورت رونده توسعه می‌یابد، هر چه جوانه‌های رویشی در سطح زمین بیشتر باشد، چمنی توسعه یافته‌تر و متراکم‌تر به وجود می‌آورد. با این وجود، تنش خشکی، منجر به کاهش تراکم و کیفیت شد. Biang and Jiang (2009) گزارش کردند کیفیت چمن کنتاکی بلوگراس در طی پنج روزی که در معرض تنش خشکی بود تا حد زیادی کاهش پیدا کرد که هم‌خوانی با ارزیابی انجام گرفته در این تحقیق دارد.

تنش خشکی مجموعه تغییراتی را در فسفولیپیدهای غشا ایجاد می‌کند. در تنش‌های شدید، بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دولایه‌ای غشاء به حالت هگزاگونال (شش وجهی) تبدیل شده و درنتیجه به ساختاری منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد. به‌طور کلی تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و درنهایت کاهش شاخص پایداری غشای سلول در گیاهان مختلف می‌شود (Mirjalili, 2005; Goldani and Kamali, 2016).

نتایج پژوهش حاضر اشاره دارد که به‌ترتیب کاربرد ۲۰ و ۴۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک سبب افزایش محتوای فسفر و کلسیم در چمن اسپورت گردید که با نتایج سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش مقداراین عناصربا کاربرد بیوچار مطابقت دارد. چنان‌چه، Atkinson et al., (2010) نشان دادند که اضافه نمودن بیوچار به خاک با تأثیر بر تبادل یونی و فعالیت‌های میکروبی بر قابلیت استفاده یون‌های غذایی مؤثر است. از مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی بیوچار، افزایش تبادل کاتیونی است. اکسید شدن سطوح بیوچار سبب تشکیل گروه‌های عاملی شده که علاوه‌بر افزایش میزان کربن آلی به‌نوبه خود سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی می‌گردد (Cheng et al., 2006). محققین در تحقیقی دریافتند که کاربرد بیوچار سبب افزایش جذب فسفر، پتاسیم، کلسیم، روی و مس شده و در نتیجه افزایش رشد گیاه می‌گردد. چنین افزایشی می‌تواند به رهاسازی عناصر غذایی توسط بیوچار اضافه شده به خاک و در نتیجه بهبود حاصل‌خیزی خاک مرتبط باشد (Lehmann et al., 2013). افزایش فراهمی عناصر غذایی در اثر کاربرد بیوچار توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Gaskin et al., 2010; Abbasi and Anwar, 2015).

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که استفاده از اسید فولیک در شرلیط تنش خشکی موجب افزایش میزان عناصر نیتروژن و پتاسیم چمن اسپورت شد. پیشتر به اثرات مثبت اسید فولیک در افزایش محتوی عناصر غذایی اشاره شد. تحت تنش خشکی تجمع نیترات در ریشه و برگ برخی گونه‌های ارزن، یونجه و برنج گزارش شده است (Abdel Rahman et al., 1971). افزایش میزان نیتروژن تحت شرایط تنش کم‌آبی عمدتاً ناشی از انباشت اسیدهای آمینه آزاد است. پاسخ‌های تجمع عناصر غذایی به تنش خشکی متفاوت است. تجمع نیتروژن در گیاهان علوفه‌ای و در شرایط کمبود آب به انباشت پرولین نسبت داده می‌شود (Singh et al., 1973). همچنین، افزایش غلظت نیتروژن در گیاه می‌تواند به‌دلیل کاهش وزن خشک گیاه و در نتیجه افزایش تجمع نیتروژن در گیاه باشد. Salehi et al., (2003) نیز بیان کردند که افزایش غلظت نیتروژن در گیاهانی که تحت تنش آبی هستند ، به‌دلیل تجمع سریع اسیدآمینه‌هایی است که به پروتئین تبدیل نشده‌اند، می‌باشد. مشابه با نتایج این پژوهش Gonzales and Salas (1995) افزایش جذب پتاسیم در هنگام تنش خشکی در گیاه ذرت گزارش کردند و دلیل این امر را جذب فعال این یون دانسته‌اند و بیان نمودند که در هنگام تنش خشکی گیاه برای افزایش مقاومت به تنش برخلاف پدیده انتشار با مصرف انرژی غلظت یون پتاسیم را در ریشه و اندام هوایی افزایش می‌دهد. Bagheri et al., (2009) نیز گزارش دادند که تنش خشکی سبب افزایش میزان پتاسیم در گل آهار شده است. علاوه بر این گزارش‌ها، پتاسیم به‌عنوان کاتیونی مهم در تحمل گیاهان به تنش خشکی شناخته شده است، لذا افزایش میزان آن در چنین شرایطی قابل توجیه است (Sposito, 2013).

در این پژوهش کاربرد همزمان تنش خشکی و بیوچار سبب کاهش میزان پتاسیم در چمن اسپورت شد. در حالی‌که میزان کلسیم و فسفر در شرایط بدون تنش افزایش یافت. کاهش پتاسیم در شرایط تنش خشکی در ارتباط با کاهش آب

خاک است که منجر به کاهش جریان این عنصر به‌همراه برخی دیگر از عناصر از خاک به گیاه شده و جذب آن کاسته شده است (Heidari and Rezapor, 2011). کاهش میزان پتاسیم در چمن اسپورت با نتایج آزمایش روی گیاه سیاه‌دانه (Heidari and Rezapor, 2011) مطابقت دارد.

از سوی دیگر با کاهش رطوبت خاک، حرکت کلسیم از خاک به سطح ریشه کاهش می‌یابد. جذب کلسیم توسط گیاه به مقدار زیادی به سرعت تعرق بستگی دارد و در نتیجه شرایط تنش خشکی محدود شدن سرعت تعرق سبب کاهش جذب کلسیم می‌شود. بر اساس پژوهش‌های اخیر، منبع کلسیم خارجی می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی شود (Heidari and Rezapor, 2011; Setayesh-Mehr and Ganjeali, 2013). علاوه‌براین، گزارش شده است که کلسیم سلولی در شرایط تنش خشکی با انتقال سیگنال‌های مربوطه می‌تواند تنظیم‌کننده پاسخ‌های فیزیولوژیکی حاصل از تنش باشد (Song et al., 2012). کاهش میزان کلسیم در شرایط تنش خشکی در گیاه ذرت (Kaya et al., 2006) و سیاه‌دانه (Heidari and Rezapor, 2011) گزارش شده است که با نتایج این آزمایش هم‌راستا هستند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه به‌نظر می‌رسد که افزودن غلظت‌های مختلف بیوچار در شرایط تنش به خاک در چمن اسپورت منجر به بهبود اثرات مخرب تنش بر جذب عناصر نشده است.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق کاربرد بیوچار چه به‌صورت به‌تنهایی و چه همراه با اسید فولیک سبب افزایش صفت کیفی پوشش چمن اسپورت شد. تنش خشکی باعث کاهش ویژگی‌های کیفی چمن اسپورت از جمله رنگ، تراکم، بافت و پوشش چمن اسپورت شد. از آنجایی‌که کاربرد بیوچار به‌ویژه در شرایط تنش خشکی اثر مثبتی بر صفات مورد مطالعه نداشت و حتی موجب کاهش مقدار پتاسیم شد. بنابراین کاربرد مقادیر کمتر بیوچار و با شرایط تنش ملایم‌تر پیشنهاد می‌شود. کاربرد اسید فولیک تحت شرایط تنش سبب افزایش میزان نیتروژن و پتاسیم در چمن اسپورت گردید. زمانی‌که دو ماده بیوچار و اسید فولیک همزمان تحت شرایط تنش به‌کار برده شدند، افزایش محتوای فسفر حاصل شد. آنچه که از نتایج ما مشخص است این‌که ۲۰ گرم بیوچار بر کیلوگرم خاک و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولیک غلظت‌های بهینه می‌باشند.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه اراک بابت تامین مالی تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

References

Abbasi, M.K., & Anwar, A.A. 2015. Ameliorating effects of biochar derived from poultry manure and white clover residues on soil nutrient status and plant growth promotion-greenhouse experiments. *PLOS ONE*, 10(6), e0131592.

Abdel Rahman, A.A., Shalaby, A.F., & EL Monayeri, M.O. 1971. Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation. *Plant and Soil*, 34, 65-90.

Alikhani, A., Taghizadeh, M., & Solgi, M. 2018. *Investigating the effect of humic acid on sports turfgrass under drought and cadmium stress*. MSc Thesis, Arak University. [In Persian]

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris. *Plant Physiology*, 24, 1-15.

Aslani, M., & Suri, M.K. 2013. Investigating the effects of using several amino acid-based chemical fertilizers on the early growth of spinach plants. 8th Iranian Horticultural Science Congress, 26-29 August, Hamedan. [In Persian]

Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., & Hipps, N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil*, 337, 1-18.

Bagheri, H., Solgi, M., Taghizadeh, M., & Mirzakhani, A. 2019. The effect of superabsorbents nanocamposites on drought resistance in sport turfgrass. *Applied Biology*, 32(3), 54-68. [In Persian]

Bagheri, V., Shamshiri, M.H., Alaei, H., & Salehi, H. 2009. Effect of three species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrients uptake in Zinnia plant under drought stress conditions. *Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(4), 83-96. [In Persian]

Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.

Beyraghdar, S., Solgi, M., Taghizadeh, M., & Khadivi, A. 2016. *The investigation of folic acid on seed germination growth stages and resistance to stresses in Zinnia elegans*. MSc Thesis, Arak University. [In Persian]

Biang, S., & Jiang, Y. 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzymeactivities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentuckybluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticultrae*, 120, 264-270.

Biglouie, M.H., Assimi, M.H., & Akbarzadeh, A. 2010. Effect of water stress at different stages on quantity and quality traits of virginia (flue cured) tobacco type. *Plant Soil Environment*, 2, 67-75.

Bremner, J.M., & Mulvaney, C.S. 1965. Nitrogen-total. In: Methods of soil analysis: part 2, chemical and microbiological properties. Page, A.L. (ED). 1982. Second edition. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA. *Agronomy Series*, 9(2), 596-622.

Burguieres, E., McCu, P., Kwon, Y.I., & Shetty, K. 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigor respondent phenolic-linked antioxidant activity. Bioresource Technology, 98, 1393-1404.

Chen, Y., & Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth, in: MacCarthy, P. et al. (Eds), humic substances in soil and crop sciences, selected readings. *Amer. Soc. Of Agron. Madison WI*, 161-186.

Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J.E., Burton, S.D., & Engelhard, M.H. 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic geochemistry*, 37(11), 1477-1488.

Domiri Ganji, H., Babaei, S., Mataji, A.A., & Rashidi, F. 2010. Change detection of green space in tehran city (zone 2) using aerial photographs and satellite data. *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 5(20), 13-24. [In Persian]

Eyheraguibel, B., Silvestre, J., & Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, 99(10), 4206-4212.

Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K., Lee, R.D., Morris, L.A., & Fisher, D.S. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*, 102, 623-633.

Goldani, M., & Kamali, M. 2016. Evaluation of culture media including vermicompost, compost and manure under drought stress in Iranian petunia (*Petunia hybrida*). *Journal of Plant Productions*, 39(3), 91-100.

Gonzales, P.R., & Salas, M.L. 1995. Improvement of the growth, grain yield, and nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition of grain corn through weed control. *Journal of Plant Nutrition*, 18(11), 2313-2324.

Goodfellow, S., & Barkham, J.P. 1974. Spectral transmission curves for a beech (*Fagus sylvatica L.*) canopy. *Acta Botany Neerl*, 23, 225-230.

Habibi, H., Motesharezadeh, B., & Alikhani, H. 2017. Effect of biochar and biological treatments on nutrient elements content (P, K, Ca, Mg, Fe and Mn) of Amaranthus in oil polluted soil. *Iranian Journal of Soil and Water research,* 48(2): 369-384. [In Persian]

Heidari, M., & Rezapor, A. 2011. Effects of water stress on yield and sulfur, chlorophyll and nutrient concentrations in Nigella sativa. *Journal of Crop Production Products,* 1(1), 81-90. [In Persian]

Jiang, Y., & Huang, B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science,* 41(2), 436-442.

Kafi, M., & Kaviani, S. 2002. *Managing the construction and maintenance of the lawn.* Shaghayegh Roosta Press, P. 232. [In Persian]

Kaya, C., Levant, J., & David, H. 2006. Effect of silicon and plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress conditions. *Journal of Plant Nutrition,* 29, 1469-1480.

Keshavarz fard, S., Solgi, M., Bagherim, H., & Shahrjerdi, I. 2020. The application of Biochar with Humic acid for increasing of resistance to drought stress in Zinnia. *Applied Biology*, 33(1), 148-173. [In Persian]

Lehmann, J., & Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management- an introduction. In: Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds). Biochar for environmental management: *Science and Technology, Earthscan, London*, pp. 1–11.

Lehmann, J., Hanley, K., Enders, A., Hyland, C., & Riha, S. 2013. Nitrogen dynamics following field application of biochar in a temperate North American maize-based production system. *Plant and Soil*, 365, 239–254.

Michael, K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidizwd lignites in agriculture. *Soil Sci*ences, 1-23.

Mirjalili, S.A. 2005. *Plants in stressful environments.* Nourbakhs Publication, 240 pp. [In Persian]

Rajkovich, S., Enders, A., & Hanley, K. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48, 271-284.

Sadeghi, A., Etemadi, N., Shams, M., & Nyazmand, F. 2014. Effect of drought stress on morphological and physiological characteristics of wheatgrass and tall fescue. *Journal of Horticultural Sciences,* 28(4), 54-553. [In Persian]

Salehi, M., Koocheki, A., & Nassiri, M. 2003. Leaf nitrogen and SPAD reading as indicator for drought stress in wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 1(2), 199-204. [In Persian]

Sebahattin, A., & Necdet, C. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.*). Journal of Agronomy*, 4, 130-133.

Setayesh-Mehr, Z., & Ganjeali, A. 2013. Effects of Drought Stress on Growth and Physiological Characteristics of Dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Horticultural science*, 27(1), 27-35. [In Persian]

Singh, T.N., Paleg, L.G., & Aspinall, D. 1973. Stress metabolism, 1. Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Australian Journal of Biological Sciences,* 26(1), 45-56

Song, W.Y., Zhang, Z.B., Shao, H.B., Guo, X.L., Cao, H.X., Zhao, H.B., Fu, Z.X., Spiak, Z., & Gediga, K. 2012. Przydatność wybranych gatunków roślin do zasiedlania terenów zdegradowanych przez przemysł miedziowy. *Przemysł Chemiczny,* 91(5), 996-999.

Sposito, N.C., 2013. *Soil nutrient availability properties of biochar.* A Thesis presented to the Faculty of Cal Poly State University, San Luis Obispo.

Standard methods for the examination of water and wastewater (2005). https://www.standardmethods.org/Buy (accessed January 2023).

Van Zwieten, L., Kaimber, S., Morris, S., Chan, Y.K., Downie, A., Rust, J., Josepp, S., & Cowie, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of paper mill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil,* 37, 235-246.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A.C., Van Der Velde, M., & Diafas, I. 2010. Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties processes and functions. *Joint Research Centre Scientific and Technical Reports,* Pp. 162.