Plant Prod., 2024, 47(2), 293-308
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.44964.2124
Received: 9 October 2023
Accepted: 26 May 2024

Plant Productions
Research

Effect of paclobutrazol on the growth characteristics of two turfgrasses (*Festuca aranudinaceae* Scherb.) and (*Poa pratensis* L.)

Mostafa Fazeli[1], Mansour Matloobi[2*], Faribourz Zare Nahandi[3], Mina Amani[4]

1- Former MSc student, Department of horticulture, University of Tabriz, Iran
2- Associate professors, Department of horticulture, University of Tabriz, Iran
3- Professors, Department of horticulture, University of Tabriz, Iran
4- PhD. Student, Department of horticulture, University of Tabriz, Iran

Citation: Fazeli, M., Matloobi, M., Zare Nahandi, F., Amani, M. (2024) Effect of paclobutrazol on the growth characteristics of two turfgrasses (*Festuca aranudinaceae* Scherb.) and (*Poa pratensis* L.). *Plant Productions*, 47(2),293-308

Abstract

Introduction

Paclobutrazol is a growth regulator used to control growth and reduce the frequency of mowing in all types of turfgrass plants. This material also affects the height and quality of different types of turfgrass. Therefore, the purpose of this research is to compare the growth behavior of two types of turfgrass subjected to paclobutrazol treatment and also to evaluate the possibility of using paclobutrazol to reduce the growth of turfgrass in areas with the same climate of Tabriz.

Materials and Methods

To determine the effect of paclobutrazol on height, and visual properties of turfgrass such as density, clippings fresh weight, leaf chlorophyll index, length and width of leaf blade, two grass plants *Poa pratensis* and *Festuca arundinacea* were treated with paclobutrazol in different concentrations. Grass plants were tested with concentrations of zero (control), 15, 30 and 45 mg/L^{-1} paclotrazol as foliar spray in 4 replicates of each treatment. This research was carried out in as a split plot experiment in the form of a randomized complete block design, so that the type of grass as the main factor in 2 levels and paclobutrazol as a secondary factor were considered in all the evaluated traits in both plant species.

Results and Discussion

The results of this research showed that paclobutrazol significantly affects the height of *P. pratensis* and *F. aranudinaceae* turfgrass plants. This effect was in the form of a significant reduction in the height of plants and controlling their growth. By increasing the concentration of paclobutrazol from zero to 45 mg/L, the height of the plants decreased. In both mentioned types of turfgrass, the most effective concentration was 45 mg/L. By increasing the concentration of paclobutrazol, the density of *P. pratensis* and *F. aranudinaceae* turfgrass plants has increased.

* **Corresponding Author:** Mansour Matloobi
E-mail: matloobi@tabrizu.ac.ir

© 2024 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

The increase in density after paclobutrazol treatment was more evident in *F. aranudinaceae*. In general, the fescue turfgrass plant has stronger foliage, deep and strong roots, and lower density. The only exception was the increase in the chlorophyll index of fescue leaves (10 days after treatment) and *P. pratensis* (20 days after treatment) and in both of them under the concentration of 30 mg/L of paclobutrazol. Following paclobutrazol treatment and increasing its concentration, the length and width of the leaf blade as well as the clippings fresh weight of turfgrass plants were decreased. The reduction in the length and width of the leaf blade was similar in both plants, and the most effective concentration of paclobutrazol was 30 mg/L. However, the optimal effect of paclobutrazol was observed up to 30 days after the treatment. In the fourth measurement (40 days after the treatment), the effect of paclobutrazol decreased and there was no significant difference in the length and width of the leaves of the treated plants and the control plants.

Conclusion

In general, with the treatment of different concentrations of paclobutrazol, the number of aerial branches produced in *F. aranudinaceae* was more than that of *P. pratensis*. Since paclobutrazol is a growth inhibitor and by preventing the synthesis of gibberellin hormone, it prevents plants from elongation, this substance can be used to control the growth of turfgrass plants. This growth control reduces the number of mowing times, reduces fertilizer consumption, increases the efficiency of water use, and ultimately saves the cost of maintaining turfgrass plants. Since paclobutrazol accumulates in the roots and eventually causes the formation of new branches, it can be concluded that the effect of paclobutrazol on the density of *F. aranudinaceae* is greater than that of *P. pratensis*.

Keywords: Growth Characteristics, Growth Density, Growth Regulator, Leaf Chlorophyll.

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۳، ۴۷(۲)،۲۹۳-۳۰۸
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.44964.2124
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

تأثیر پاکلوبوترازول بر مشخصات رشدی دو گیاه چمنی فستوکا بلند (*Festuca arundinaceae* Scherb.) و پوآ (*Poa pratensis* L.)

مصطفی فاضلی [۱]، منصور مطلوبی [۲*]، فریبرز زارع نهندی [۲]، مینا امانی [۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد تخصصی علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- دانشیار تخصصی علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳- استاد تخصصی علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۴- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

پاکلوبوترازول (Paclobutrazol) تنظیم کننده رشدی است که برای کنترل رشد و کاهش تعداد دفعات چمن زنی در انواع گیاهان چمنی به کار می‌رود. این ماده همچنین ارتفاع و کیفیت گونه‌های مختلف چمن را تحت تأثیر قرار می-دهد. برای تعیین تأثیر پاکلوبوترازول در ارتفاع و دیگر ویژگی‌های ظاهری چمن مانند تراکم گیاه، زیست توده (وزن تر)، شاخص سبزینگی برگ، طول و عرض پهنک برگ، دو گیاه چمنی پوآ (*Poa pratensis* L.) و فستوکا بلند (*Festuca arundinaceae* Scherb.) با ماده پاکلوبوترازول در غلظت‌های مختلف تیمار شدند. گیاهان چمنی با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول به صورت اسپری برگی در ٤ تکرار از هر تیمار، مورد آزمایش قرار گرفتند. این پژوهش در سال ۱۳۹۱ به صورت کرت‌های خرده شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه اجرا گردید، به‌طوری‌که نوع چمن به عنوان فاکتور اصلی در ۲ سطح و پاکلوبوترازول به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. آزمایش در طول فصل بهار انجام شد. بذرکاری در هفته آخر فروردین ماه و محلول پاشی بعد از دو ماه از زمان شروع آزمایش اجرا شد. نتایج نشان داد که صفات ارتفاع، زیست توده، طول و عرض پهنک برگ، پس از تیمار پاکلوبوترازول کاهش و صفات تراکم گیاه و شاخص سبزینگی برگ در هر دو چمن پوآ و فستوکا بلند افزایش یافتند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که مؤثرترین و اقتصادی‌ترین غلظت پاکلوبوترازول ۳۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. به طورکلی، تیمار پاکلوبوترازول باعث ایجاد برگ‌های باریک‌تر و کوتاه‌تر شد. در مورد عملکرد نیز بهترین تأثیر با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد. بیشترین تراکم در چمن فستوکا بلند، در ٤۰ روز پس از اعمال تیمار در غلظت ٤۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوترازول دیده شد. تیمار ٤۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در تمام تیمارها به جز در فستوکا بلند و اندازه‌گیری اول (۱۰ روز پس از تیمار) تراکم یکسانی را ایجاد نمود. به طورکلی با تیمار غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول، تعداد شاخه‌های هوایی تولید شده در فستوکا بلند بیشتر از پوآ بود. از آنجایی که پاکلوبوترازول ماده بازدارنده رشد بوده و از طریق جلوگیری از سنتز هورمون جیبرلین سبب جلوگیری از طویل شدن گیاهان می‌شود، می-توان از این ماده برای کنترل رشد گیاهان چمنی استفاده کرد. این کنترل رشد موجب کاهش تعداد دفعات چمن‌زنی، کاهش مصرف کود، افزایش کارایی استفاده از آب و در نهایت صرفه‌جویی در هزینه نگهداری گیاهان چمنی می‌شود. از

آنجایی که پاکلوبوترازول در ریشه‌ها تجمع می‌یابد و به مرور باعث ایجاد شاخه‌های جدید می‌شود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اثر پاکلوبوترازول روی تراکم فستوکا بلند بیشتر از پوآ باشد.

کلید واژه ها: تراکم، تنظیم کننده رشد، سبزینگی، شاخص‌های رشدی

مقدمه

چمن یکی از اجزای اصلی و ضروری اغلب پارک‌ها و باغ‌ها به شمار می‌رود و در طراحی و ایجاد فضای سبز به‌عنوان زمینه طراحی کاربرد دارد. چمن یکی از عناصر لازم در احداث فضای سبز و پارک‌ها به شمار می‌رود. علاوه بر این که چمن مانند سایر گیاهان نقش بسزایی در کاهش آلودگی‌های محیطی و تلطیف هوا و جلوگیری از فرسایش خاک دارد، در زیباسازی محیط نیز نقش اساسی دارد. به دلیل اهمیت زیاد چمن در فضای سبز و سایر موارد استفاده آن، در حال حاضر شرکت‌های حرفه‌ای بزرگی وجود دارند که تنها مشغله آن‌ها تولید و اصلاح بذر و بهبود بخشیدن به کشت چمن می‌باشد و به عنوان صنعتی مستقل مورد توجه است (Shahzad *et al.*, 2023).

علاوه بر موارد ذکر شده، نقش چمن در زیباسازی محیط بسیار مهم است. زیبایی هر پارکی به طور اساسی به وجود چمن بستگی دارد. چمن از اجزای بسیار مشخص پارک‌ها و فضای سبز به شمار می‌رود و به دیگر عناصر فضای سبز جلوه و زیبایی خاص می‌بخشد. چمن به عنوان یک گیاه تزیینی می‌تواند خود جزیی از منظره باشد و یا با چمن کاری می‌توان چشم‌اندازی زیبا فراهم نمود. همچنین چمن زمینه‌ای مناسب و زیبا برای سایر گیاهان گلدار می‌باشد که باعث جلوه و نمای بهتر گل‌ها در زمینه سبز می‌شود. چمن علاوه بر جنبه‌های زیبایی، دارای اثرات مهمی بر شرایط زیست محیطی شهرها می‌باشد. یکی از اولین نگرانی‌های پرورش‌دهندگان چمن، کاهش کیفیت چمن در طول حمل و نقل و مراحل فروش است. تلاش های با استفاده از موادی مثل اسید فولیک و بیوچار صورت گرفته تا کیفیت چمن افزایش یابد. گرچه برخی روش‌های کاشت برای کاهش تلفات چمن معرفی شده‌اند، بسیاری از مکانیزم‌های زیستی، هنوز بررسی نشده‌اند (Sharaf El-Din *et al.*, 2022).

فستوکا بلند (*Festuca arundinaceae* Scherb.) چمنی چند منظوره، متحمل به خشکی، دارای ریشه عمیق (بیشتر از نیم متر) و قوی است. دارای بافت خشن با عادت رشد دسته‌ای می‌باشد. بهتر است به صورت خالص کشت شود و باعث کنترل فرسایش می‌شود. این چمن از دسته چمن‌هایی است که تراکم بوته‌های آن پایین است. بافت آن خشن‌تر از سایر ارقام سردسیری است که به طور عمومی برای تولید چمن به‌کار می‌روند (Peng *et al.*, 2022).

پوآ (*Poa pratensis* L.) یکی از زیباترین انواع چمن‌هاست. دارای بافت نرم و رنگ سبز تیره است، اما به بیماری‌ها حساس می‌باشد. این چمن به‌عنوان چمن ورزشی و زینتی به کار می‌رود. بهتر است بیش از ۴ سانتی‌متر چیده شود. عادت رشد خزنده (ریزومی) دارد (Sabzmeydani *et al.*, 2020).

ارتفاع چمن‌زنی به مقدار زیاد به گونه گیاهی بستگی دارد و از ۳ تا ۱۰ سانتی‌متر متفاوت است. بریدن دو چمن نزدیک هم در دو ارتفاع مختلف معمول نیست. ارتفاع کوتاه چمن‌زنی باید با دیگر فعالیت‌های نگهداری مانند کنترل مؤثر علف هرز همراه باشد تا علف‌های هرز را زمانی که چمن قادر به غلبه بر آن‌ها نیست، کنترل کند (Głąb *et al.*, 2020).

اثرهای اصلی چهار گروه هورمونی اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سایتوکینین‌ها و اتیلن (که اغلب همین اثرها مبنای کاربردی آن‌ها در باغبانی است) بیشتر برای تشویق و تسریع رشد و سایر فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان

می‌باشد (Sarkar *et al.*, 2023). برای تنظیم و متعادل نگه داشتن این فرایندها لازم است در درون گیاه مکانیزم‌های کندکننده‌ای نیز وجود داشته باشد تا از رشد بیش از اندازه و سرعت نامتعادل انجام فرایندها جلوگیری کند (Sepehri, and Bayat, 2013). یکی از روش-های مؤثر کنترل ارتفاع گیاهان، استفاده از مواد کندکننده رشد است (Parlakova Karagöz *et al.*, 2023). بسیاری از کندکننده‌های رشد اثر خود را به وسیله ممانعت از تقسیم سلولی در نواحی زیر مریستم انتهایی ساقه و طویل شدن بعدی سلول‌ها نشان می‌دهند و در نتیجه موجب کاهش طویل شدن ساقه می‌شوند (Głąb *et al.*, 2020). برخی از ترکیبات کندکننده رشد از جمله تریازول‌ها با ممانعت از بیوسنتز جیبرلین موجب جلوگیری از طویل شدن ساقه می‌شوند. پاکلوبوترازول یک تریازول بسیار فعال از نظر شیمیایی است و بر اکثر گونه‌های گیاهی اثر دارد. از نظر هورمونی، پاکلوبوترازول یک بازدارنده و مهارکننده جیبرلین می‌باشد و می‌تواند اثر بازدارندگی جیبرلین روی گلدهی را کاهش داده و تمایزیابی جوانه‌های زایشی را بالا برد (Abdulkareem and Abdulrahman, 2023). در آزمایشی برای تعیین تأثیر پاکلوبوترازول در ارتفاع و کیفیت ظاهری گیاهان چمنی لولیوم (*Lolium perenne* L.) و فستوکا بلند، بذور این گیاهان با غلظت‌های ۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول به مدت ۲۴ ساعت خیسانیده شدند. همه تیمارهای پاکلوبوترازول کمترین عرض پهنک برگ را در هر دو جنس چمن ایجاد کردند. فستوکا تیمار شده با ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بالاترین کیفیت ظاهری را داشت (Sarkar *et al.*, 2011). Baysal and Karaguzel (2005) در آزمایشی پاکلوبوترازول را در مقادیر صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در هکتار در دو روش خاکی و اسپری برگی روی چمن‌های لولیوم (*L. perenne*) و چمن آفریقایی (*Cynodon dactylon* L. Pers) استفاده نمودند. در لولیوم، پاکلوبوترازول ارتفاع گیاه، فاصله میانگره‌ها، طول و عرض برگ و طول ریشه‌ها را کاهش داد. تعداد پنجه‌های گیاهان، زمانی که پاکلوبوترازول روی برگ‌ها اسپری شد، افزایش یافت. پاکلوبوترازول اثر معنی‌داری در معیارهای ظاهری رنگ در قسمت‌های بالای زمین لولیوم (*L. perenne*) نداشت. در چمن آفریقایی(*C. dactylon*)، ارتفاع گیاه، فاصله میانگره‌ها، طول برگ و ریشه با افزایش مقدار پاکلوبوترازول کاهش یافت. باتوجه به اثرات تریازول‌ها روی رشد گیاهان می‌توان از این مواد برای کنترل رشد گیاهان چمنی استفاده کرد. این کنترل رشد موجب کاهش تعداد دفعات چمن‌زنی، کاهش مصرف کود، افزایش کارایی استفاده از آب و درنهایت صرفه‌جویی در هزینه نگهداری گیاهان چمنی می‌شود (Abdulkareem and Abdulrahman, 2023). بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه رفتار رشدی دو نوع چمن به پاکلوبوترازول و همچنین ارزیابی امکان استفاده از پاکلوبوترازول برای کاهش رشد چمن در مناطق با شرایط آب و هوایی شهر تبریز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای طرح

این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در جاده تبریز-باسمنج به اجرا درآمد. این مکان در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز در ارتفاع ۱۳۶۰ متری از سطح دریا، در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی واقع شده است. بر اساس اطلاعات هواشناسی، این منطقه جزء اقلیم‌های نیمه استپی و نیمه خشک سرد محسوب می‌شود. در این منطقه بارندگی در فصل تابستان خیلی به ندرت اتفاق می‌افتد، به همین دلیل دارای فصل خشک در تابستان می‌باشد، در کل می‌توان گفت دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد و دما در زمستان کم و بیش سرد و تا زیر صفر تنزل می‌کند.

ارقام مورد آزمایش

در این پژوهش از دو جنس چمن فستوکا بلند (*Festuca arundinaceae* Scherb.) رقم Ky31 و پوآ (*Poa pratensis* L.) رقم Evora (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) استفاده شد.

طرح آزمایش

تیمار پاکلوبوترازول روی چمن‌های فستوکا بلند و پوآ به صورت محلول‌پاشی انجام شد. آزمایش به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. اندازه کرت ها یک متر مربع و فاصله آنها از هم یک متر بود. فاکتور اصلی نوع چمن در دو سطح (دو رقم چمن) و فاکتور فرعی، ماده کند کننده رشد (پاکلوبوترازول) (تهیه شده از شرکت کالا علم) جهت محلول‌پاشی بر روی شاخساره، در ۴ غلظت صفر (شاهد)، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر ماده مؤثره از فرم تجاری پاکلوبوترازول به نام کولتار (حاوی ۲۵ درصد ماده مؤثره پاکلوبوترازول) به هر کرت آزمایشی اعمال شد. جهت افزایش سطح تماس و اثربخشی بیشتر هورمون مذکور، ۰/۵ میلی‌لیتر سورفکتانت بریک‌ترو[1] به تیمارها اضافه گردید.

کاشت چمن

زمین کرت ها بعد از انجام عملیات خاک ورزی معمول برای محوطه چمن آماده شد. خاک محل آزمایش از نوع لومی شنی بود. بذرکاری به میزان ۳۰ گرم بر مترمربع و در هفته چهارم فروردین ماه انجام شد. هنگام کاشت نصف بذر در جهت ردیفی و نصف آن در جهت عمودی در سطح کرت پخش شد تا حداکثر یکنواختی بدست آید. سپس یک لایه نازکی از کود دامی کاملا پوسیده (حدود یک سانتی متر) با غربال روی سطح بذرها پخش شد تا بعنوان پوشش از پخش و جابجایی بذرها جلوگیری کند. گیاهان قبل از اعمال تیمار، به منظور بهینه‌سازی شرایط رشد و ایجاد سازگاری با شرایط اعمال تیمار پاکلوبوترازول حدود دو ماه مراقبت و نگهداری شدند. ۲۴ ساعت قبل از اعمال تیمار، گیاهان چمنی، از حدود ۳ سانتی‌متری توسط چمن زن موتوری چمن‌زنی شدند. پیش از تیمار و پس از چمن‌زنی گیاهان به طور کامل آبیاری شدند. ۴۸ ساعت پس از محلول‌پاشی، آبیاری انجام گرفت.

صفات مورد اندازه‌گیری

ارتفاع

برای سنجش این صفت، پس از اعمال تیمارها، هر ۷ روز یکبار، با استفاده از کولیس، ارتفاع گیاهان چمنی اندازه‌گیری شد. در هر کرت آزمایش، ۳ نمونه برداشت شده و میانگین این ۳ نمونه به عنوان ارتفاع هر کرت آزمایش محسوب شد. در نهایت میانگین داده‌های ۴ تکرار به عنوان عدد مربوط به ارتفاع آن غلظت محاسبه شد. اندازه‌گیری و داده‌برداری در ۵ نوبت در فاصله ۷ روز یکبار انجام گردید.

وزن تر روشاخساره

وزن تر روشاخساره چمن در هر بار چمن‌زنی با وزن کردن بخش برداشت شده ارزیابی شد. در هر بار اندازه-گیری، پس از قطع قسمت‌های رویشی شاخساره توسط قیچی چمن‌زنی، این قسمت‌ها با استفاده از ترازو وزن شدند و میانگین ۴ برداشت به عنوان عدد مربوط به عملکرد آن تکرار محسوب گردید. داده‌های این فاکتور هر ۲ هفته یکبار و به تعداد ۳ مرتبه یادداشت گردید.

طول و عرض پهنک برگ

با استفاده از کولیس، این صفت اندازه گیری و ثبت گردید. برای انجام اینکار از یک قاب مربعی ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر با دو پرتابه تصادفی در سطح کرت استفاده شد. در هر قاب، طول و عرض پهنک برگ گیاهان چمنی توسط کولیس اندازه‌گیری گردید. این فاکتورها به فاصله ۱۰ روز و در ۴ نوبت داده‌برداری شدند.

تراکم

تراکم به صورت تعداد شاخه‌های هوایی در واحد سطح تعریف می‌شود. برای برآورد تراکم چمن‌ها، یک قاب مربعی ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر به طور تصادفی، ۳ مرتبه

[1] Break Thru

بر روی هر کرت به صورت تصادفی پرتاب شد. با شمارش تعداد شاخه‌های هوایی جدیدالرشد در هر قاب مربعی و با میانگین ۳ پرتاب، تراکم محاسبه شد. این فاکتور نیز به فاصله ۱۰ روز و در ۴ نوبت داده‌برداری شد.

شاخص سبزینگی برگ

با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل (Li-Cor- Model Li 1300 USA) میزان سبزینگی برگ در تیمارهای مختلف به طور تصادفی و توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD) در ۴ نمونه از هر کرت بدست آمد. میانگین چهار نمونه بعنوان شاخص سبزینگی برای تکرار مربوطه ثبت گردید. این فاکتور نیز به فاصله ۱۰ روز و در ۴ نوبت اندازه‌گیری شد (Azizi and Abdollahi, 2015).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS (Ver 27. 0.1) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار پاکلوبوترازول بر ارتفاع دو نوع چمن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). این بدین معنی است که بین چمن‌های پوآ و فستوکا بلند از نظر ارتفاع تفاوت وجود دارد که به دلیل ژنوتیپ و عادت رشدی آن‌ها می‌باشد. مقدار تأثیر تمام غلظت‌های پاکلوبوترازول بر ارتفاع چمن‌های پوآ و فستوکا بلند یکسان بود. اثر متقابل نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. در مطالعه حاضر، اثر پاکلوبوترازول بر ارتفاع چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در طول زمان نیز مدنظر بود. داده‌های صفت ارتفاع در طول زمان و در ۵ هفته متوالی یادداشت شد. معنی‌دار بودن اثر زمان بر ارتفاع چمن‌ها در سطح احتمال یک درصد نشان داد. در طول زمان، ارتفاع هر دو نوع چمن تحت تأثیر تیمار پاکلوبوترازول قرار گرفت. اثرات متقابل زمان و نوع چمن، زمان و تیمار پاکلوبوترازول و زمان، نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در طول زمان، در ارتفاع هر دو نوع چمن و تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول اختلاف مشاهده شد. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین، اثرات متقابل زمان، نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول معنی‌دار شد. نتایج نشان می‌دهد که پاکلوبوترازول در تمام غلظت‌ها سبب کاهش قابل توجهی در ارتفاع هر دو نوع چمن در مقایسه با گیاهان شاهد شد. در هر دو چمن پوآ و فستوکا بلند، غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، در ۷ روز پس از اعمال تیمار کمترین ارتفاع را ایجاد کرد. به‌طور کلی پاکلوبوترازول در هفته اول بیشترین تأثیر خود را بر ارتفاع چمن‌ها گذاشت. برهمکنش زمان، نوع چمن و غلظت پاکلوبوترازول نیز مهم می‌باشد. با افزایش غلظت پاکلوبوترازول ارتفاع چمن‌های پوآ و فستوکا بلند کاهش یافت. با گذشت زمان، از میزان اثر پاکلوبوترازول کاسته شد، به طوری‌که پس از ۴ هفته تفاوت قابل توجهی در بین ارتفاع گیاهان تیمار شده با گیاهان شاهد دیده نشد (شکل ۱). مواد کاهنده رشد با اختلال در مسیر بیوسنتز اسیدجیبرلیک مانع از فعالیت آنزیم انت کائورن سنتتاز[1] شده و ارتفاع گیاهان را کاهش می‌دهد. مواد کاهش دهنده رشد با مسدود کردن سنتز آنتی‌کورن[2] در مسیر سوخت و ساز منجر به کاهش مقدار جیبرلین فعال شده و در نتیجه باعث کاهش طول ساقه می‌گردد (Parlakova Karagöz *et al.*, 2023). احتمالاً مواد کاهنده رشد از طریق ایجاد گاز اتیلن به طور مستقیم یا غیرمستقیم از طریق محدودیت سنتز جیبرلین و انتقال هورمون اکسین در ساقه، باعث کاهش ارتفاع بوته در

1- Ent- kaurene synthase
2- Anti-Corn

گیاه شده است و این مواد با جلوگیری از بیوسنتز هورمون جیبرلین از طریق اکسیداسیون میکروزومی کائورن به کائورونیک اسید عمل نموده و بدین ترتیب از رشد طولی سلول‌ها جلوگیری به عمل آورده و از این طریق کاهش ارتفاع بوته را سبب می‌شود (PirastehAnosheh *et al.*, 2016). نتایج این پژوهش با نتایج (Carvalho *et al.*, 2018) که نشان دادند پاکلوبوترازول به طور مؤثر ارتفاع گیاه *Ciencia rural* را کاهش داد مطابقت داشت. Kuai *et al.* (2015) نیز بیان داشتند با محلول‌پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر ارتفاع کلزا کاهش پیدا می‌کند، این کاهش ارتفاع با افزایش غلظت تشدید شد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج به دست آمده توسط Shahrokhi *et al.* (2010) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کردند که تیمار ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، کمترین ارتفاع را در فستوکا بلند نشان داد. در مطالعه Parlakova Karagöz *et al.*, (2023). افزایش غلظت پاکلوبوترازول باعث کاهش ارتفاع گیاه *Gypsophila bicolor* شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

Table 1. The results of variance analysis of the effect of paclobutrazol on the height of *P. pratensis* and *F. arundinaceae*

Source of variation	Degrees of freedom	Mean Square
		Plant height
Repetition	3	3.95ns
Type of turfgrass (A)	1	11665.47**
The main error	3	10.73
Paclobutrazol treatment (B)	3	15811.85**
A * B	3	125.41*
Minor error	18	36.72
Time (c)	4	25977.88**
A * C	4	314.19**
B * C	12	1606.73**
A * B * C	12	70.11**
Total error	9	20.80
Coefficient of variation (%)	-	3.82

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

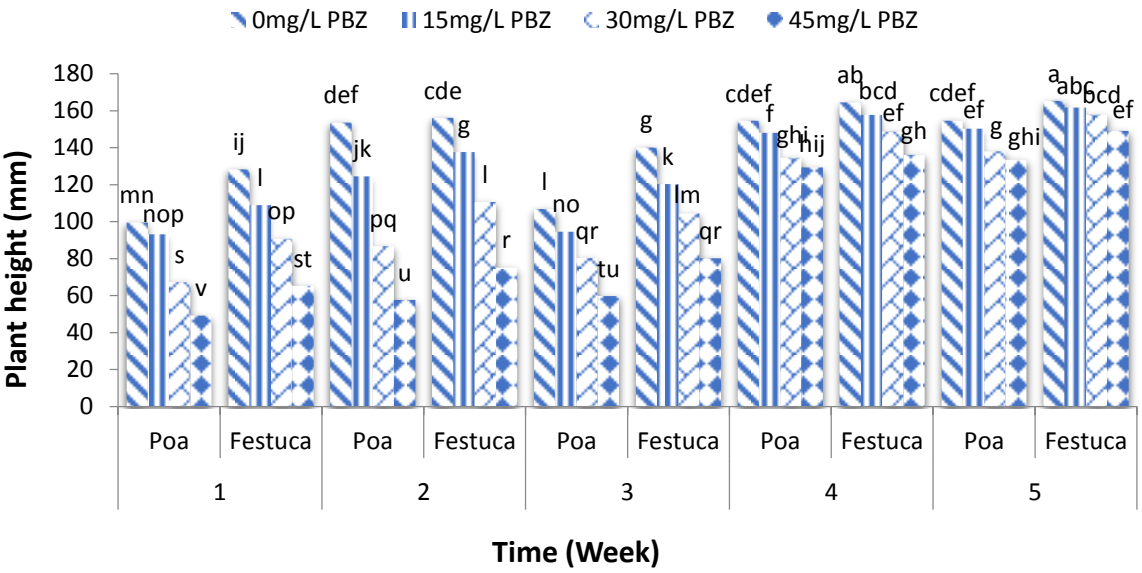

Figure 1. The effect of different paclobutrazol concentrations on the height of *P. pratensis* and *F. arundinaceae* at different times.

تراکم گیاه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع چمن در تراکم چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بین چمن‌های پوآ و فستوکا بلند، از نظر تراکم تفاوت وجود دارد. نتایج نشان داد که اثر تیمار پاکلوبوترازول بر تراکم چمن‌های پوآ و فستوکا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به عبارتی پاکلوبوترازول بر روی تراکم چمن‌های پوآ و فستوکا بلند به احتمال ۹۹ درصد تغییر ایجاد نمود. اثر متقابل نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر زمان بر روی تراکم چمن‌های فستوکا بلند و پوآ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با گذشت زمان و در طول آزمایش تراکم هر دو نوع چمن دستخوش تغییر شد. اثر متقابل زمان و نوع چمن در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل تیمار پاکلوبوترازول و زمان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل نوع چمن، تیمار پاکلوبوترازول و زمان معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش غلظت پاکلوبوترازول، تراکم چمن‌های پوآ و فستوکا بلند افزایش یافت. بیشترین تراکم در چمن فستوکا بلند، در ۴۰ روز پس از اعمال تیمار و تحت غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول ایجاد شد. تیمار ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در تمام تیمارها به جز در فستوکا بلند و اندازه‌گیری اول (۱۰ روز پس از تیمار) تراکم یکسانی را ایجاد نمود (شکل ۲). Baysal and Karaguzel (2005) گزارش کردند که گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول تعداد پنجه‌های گیاهان را در لولیوم (*Lolium perenne* L.) افزایش داد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد.

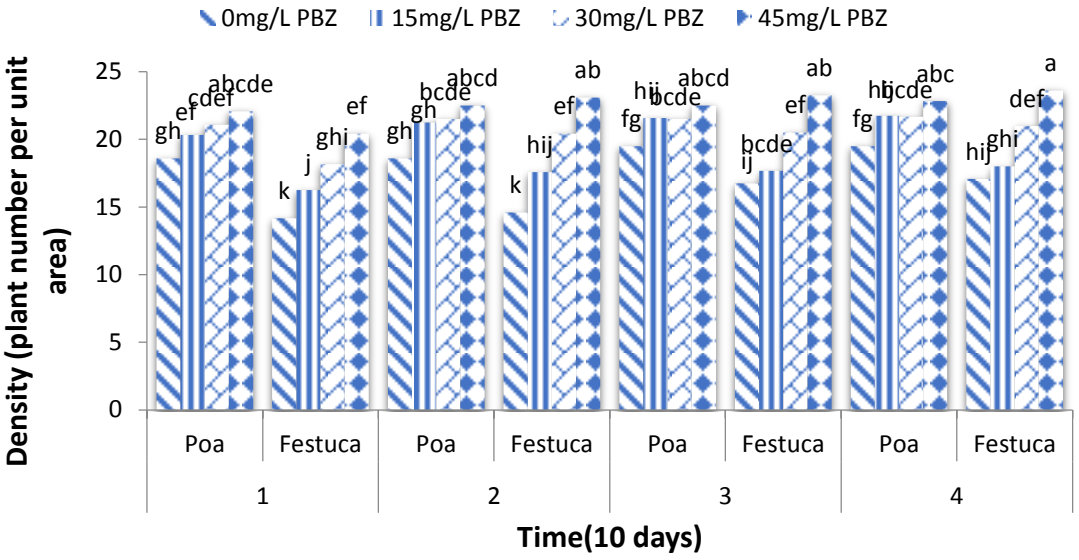

Figure 2. The effect of different concentrations of paclobutrazol on the density of *P. pratensis* and *F. arundinaceae* at different times.

شاخص سبزینگی برگ

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) مشاهده شد که اثر نوع چمن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. میزان سبزینگی برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند متفاوت بود. به‌طور کلی رنگ چمن پوآ نسبت به چمن فستوکا بلند تیره‌تر است. اثر تیمار پاکلوبوترازول و اثر متقابل نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول بر شاخص سبزینگی برگ معنی‌دار نبود. اثر زمان بر روی این شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در طول زمان شاخص سبزینگی برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند دستخوش تغییر شد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد گیاهان چمنی در طول زمان از لحاظ شاخص سبزینگی دچار تغییر شدند و این روند در هر دو گیاه چمنی به یک صورت است. چون اثر متقابل بین نوع گیاه چمنی و زمان معنی‌دار نیست. در مطالعه حاضر پاکلوبوترازول اثر قابل توجهی بر شاخص سبزینگی برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند نداشته است. تنها مورد استثنا افزایش شاخص سبزینگی برگ چمن پوآ و تحت تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر در ۲۰ روز پس از تیمار پاکلوبوترازول بود (شکل ۳). Kauffman *et al.* (2006) گزارش کردند که غلظت سبزینگی برگ چمن لولیوم (*L. perenne*) تحت تأثیر تنظیم‌کننده رشد پاکلوبوترازول قرار نگرفت. Thakur *et al.* (2006) دریافتند تنظیم‌کننده‌های رشد تریازولی سبب افزایش میزان سبزینگی برگ گیاهان می‌شود. یکی از معیارهای مهم گیاه، میزان سبزینگی آن است. به ویژه، ظاهری زنده و روشن برای گیاه فراهم می‌کند.

طول و عرض پهنک برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که طول پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند یکسان نبود. اثر تیمار پاکلوبوترازول بر روی طول پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند نیز در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر زمان بر روی پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در طول زمان و با تغییر در رشد چمن، طول پهنک برگ نیز دچار تغییر می‌گردد. به‌طوری‌که اثر متقابل نوع چمن و زمان بر روی طول پهنک برگ چمن‌های فوق الذکر غیرمعنی‌دار بود.

اثر متقابل تیمار پاکلوبوترازول و زمان در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل نوع چمن، تیمار پاکلوبوترازول و زمان در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

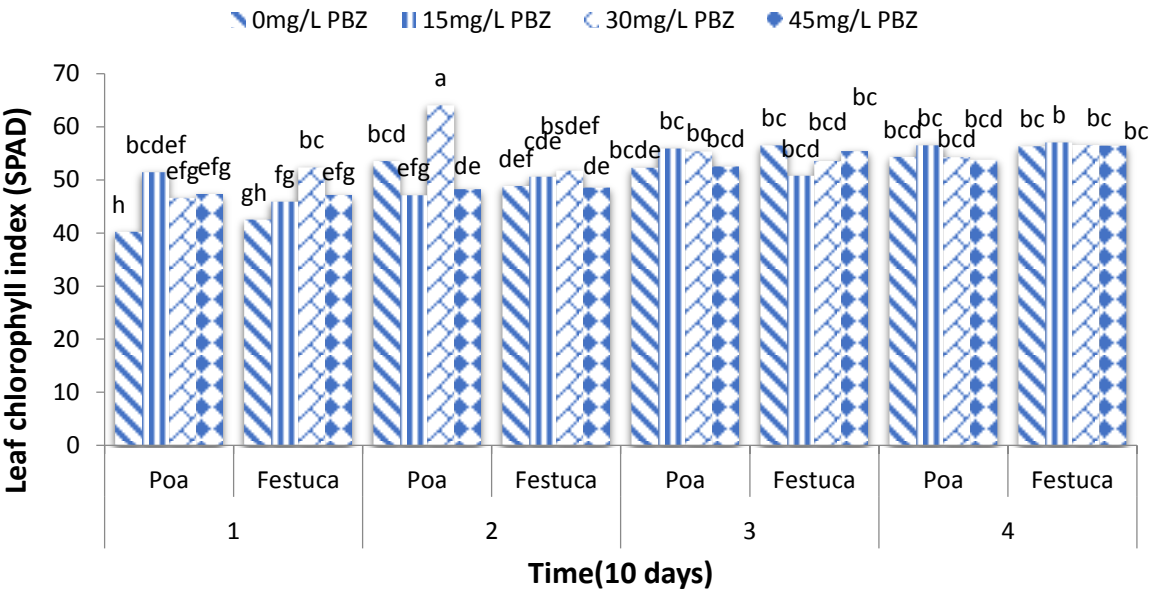

Figure 3. The effect of different paclobutrazol concentrations on the chlorophyll index of *P. pratensis* and *F. arundinaceae* at different times

پاکلوبوترازول سبب کاهش طول پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در مقایسه با گیاهان شاهد شده است. کمترین طول پهنک برگ هر دو چمن ۱۰ روز پس از محلول‌پاشی و تحت تیمار ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول دیده می‌شود. شیب کاهش طول پهنک برگ در دو نوع چمن تقریباً مشابه شد. در ۱۰ و ۲۰ روز پس از اعمال تیمار اختلاف معنی‌داری بین اثرات غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول مشاهده شد، اما در ۳۰ و ۴۰ روز پس از محلول‌پاشی این اختلاف دیده نشد و با گذشت زمان از میزان اثربخشی پاکلوبوترازول در کاهش طول پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند کاسته شد (شکل ۴). Baysal and Karaguzel (2005) گزارش کردند که پاکلوبوترازول طول پهنک برگ لولیوم (*L. perenne*) و چمن آفریقایی (*C. dactylon*) را کاهش داد.

به طور کلی چمن‌های پوآ و فستوکا بلند دارای اندازه عرض پهنک برگ متفاوتی نسبت به هم هستند، این تفاوت را می‌توان از معنی‌دار شدن اثر نوع چمن بر عرض پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در سطح احتمال یک درصد داشت. اثر تیمار پاکلوبوترازول بر عرض پهنک برگ چمن‌های مذکور نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر متقابل نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول معنی‌دار نبود. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌های عرض پهنک برگ نشان داد که اثر زمان بر عرض پهنک برگ چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. از بین اثرات متقابل، تنها اثر متقابل تیمار پاکلوبوترازول و زمان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). پاکلوبوترازول به طور قابل توجهی عرض پهنک برگ چمن را کاهش داد. پوآ با غلظت‌های ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر کمترین عرض پهنک برگ را در تمام روزهای اندازه‌گیری نشان داد و اختلاف معنی‌داری بین این غلظت‌ها دیده نشد. در فستوکا بلند، اختلاف قابل توجهی در بین اثرات ۴ سطح پاکلوبوترازول دیده نشد. از این رو، اقتصادی‌ترین غلظت پاکلوبوترازول برای کاهش عرض پهنک برگ پوآ و فستوکا بلند، به ترتیب ۳۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (شکل ۵). Baysal and Karaguzel (2005) گزارش کردند که پاکلوبوترازول عرض پهنک برگ لولیوم (*L. perenne*) و چمن آفریقایی (*C. dactylon*) را کاهش داد.

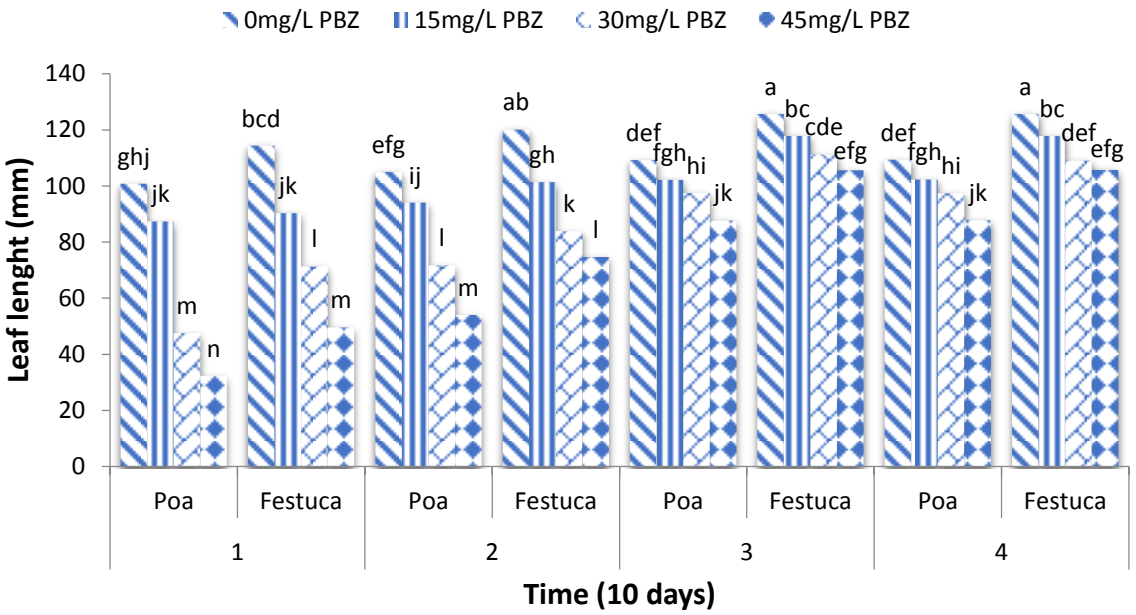

Figure 4. The effect of different concentrations of paclobutrazol on the leaf blade length of *P. pratensis* and *F. arundinaceae* at different times.

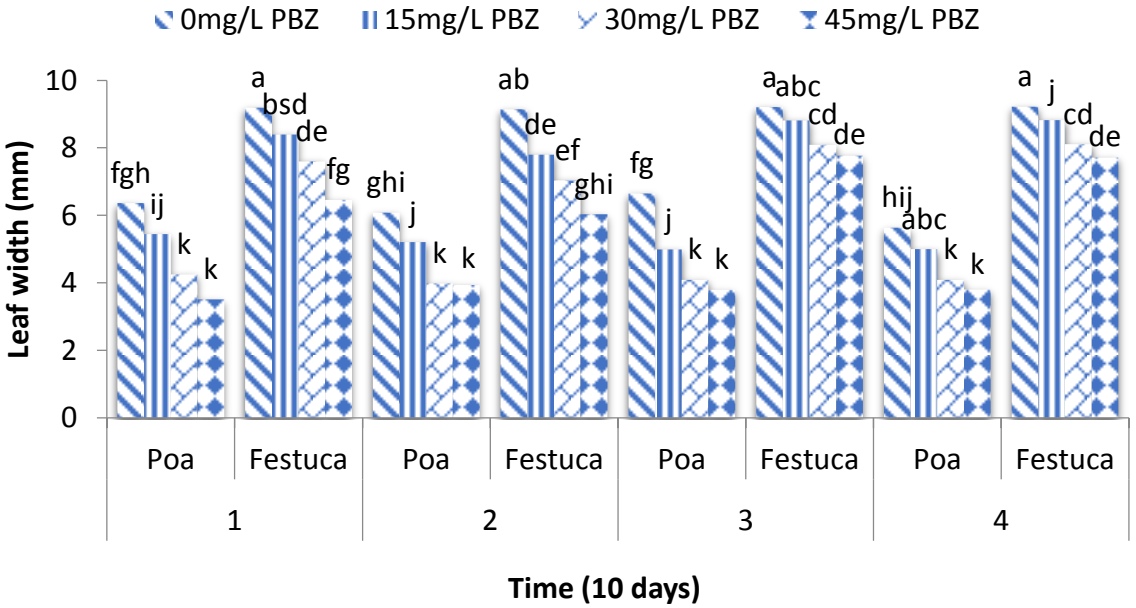

Figure 5. The effect of different concentrations of paclobutrazol on the leaf width of *P. pratensis* and *F. arundinaceae* at different times.

Table 2. The results of analysis of variance of the effect of different concentrations of paclobutrazol on the traits of *P. pratensis* and *F. arundinaceae*.

Source of variation	Degrees of freedom	Mean Square			
		Leaf width	Leaf length	Leaf chlorophyll index	Plant density
Repetition	3	0.06^{ns}	3.31^{ns}	6.24^{ns}	0.38^{ns}
Type of turfgrass (A)	1	373.12^{ns}	7148.94**	20.69**	150.89**
The main error	3	0.06	7.44	8.76	2.97
Paclobutrazol treatment (B)	3	24.22**	7536.85**	19.67^{ns}	103.94**
A * B	3	0.43^{ns}	88.35*	4.38^{ns}	19.52*
Minor error	18	0.31	17.53	15.27	2.14
Time (c)	3	2.02^{ns}	8180.23**	599.79**	18.82**
A * C	3	1.96^{ns}	10.10^{ns}	5.25^{ns}	4.52*
B * C	9	2.46**	12656.73**	38.35^{ns}	8.02**
A * B * C	9	0.2^{ns}	50.98*	35.80**	1.31^{ns}
Total error	72	0.24	19.70	13.45	1.18
Coefficient of variation (%)	-	7.62	4.71	7.08	5.43

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

وزن تر روشاخساره

وزن تر روشاخساره در هر بار چمن‌زنی با وزن کردن بخش برداشت شده ارزیابی شد. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع چمن و اثر تیمار پاکلوبوترازول بر عملکرد چمن‌های مذکور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل نوع چمن و تیمار پاکلوبوترازول بر عملکرد چمن‌های پوآ و فستوکا بلند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این بدان معنی است که وزن تر و مقدار رشد چمن تحت تأثیر تیمار پاکلوبوترازول قرار گرفت. اثرات متقابل نوع چمن و زمان، تیمار پاکلوبوترازول و زمان و اثر متقابل نوع چمن، تیمار پاکلوبوترازول و زمان همگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با گذشت زمان، با کاربرد غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول، وزن تر روشاخساره چمن‌های پوآ و فستوکا بلند به شکل متفاوتی تغییر می‌کند. با افزایش غلظت پاکلوبوترازول، وزن تر روشاخساره چمن‌های پوآ و فستوکا بلند کاهش می‌یابد. در هر دو نوع چمن، کمترین عملکرد با تیمار ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول حاصل شد. در ۱۴ روز پس از محلول-پاشی، گیاهان تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد دارای اختلاف معنی‌داری در عملکرد بودند. در ۲۸ و ۴۲ روز پس از محلول‌پاشی تفاوت چندانی در بین غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول دیده نشده و از کاهش عملکرد چمن‌ها کاسته شد (شکل ۶). طبق گزارش Shahrokhi *et al.* (2010) غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول سبب کاهش در وزن تر چمن‌های لولیوم (*L. perenne*) و فستوکا بلند *F. arundinaceae* شد. در مطالعه Collado and Hernández (2021) کاربرد پاکلوبوترازول وزن تر گیاه را کاهش داد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

Table 3. The results of analysis of variance of the effect of different concentrations of paclobutrazol on the clippings fresh weight (g) of *P. pratensis* and *F. arundinaceae*.

Source of variation	Degrees of freedom	Mean Square
		Clippings fresh weight
Repetition	3	2494.79^{ns}
Type of turfgrass (A)	1	75937.5**
The main error	3	422.92
Paclobutrazol treatment (B)	3	154205.9**
A * B	3	5365.97**
Minor error	18	485.24
Time (c)	2	429845.16**
A * C	2	11371.88**
B * C	6	78055.9**
A * B * C	6	2401.39**
Total error	48	368.49
Coefficient of variation (%)	-	2.65

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

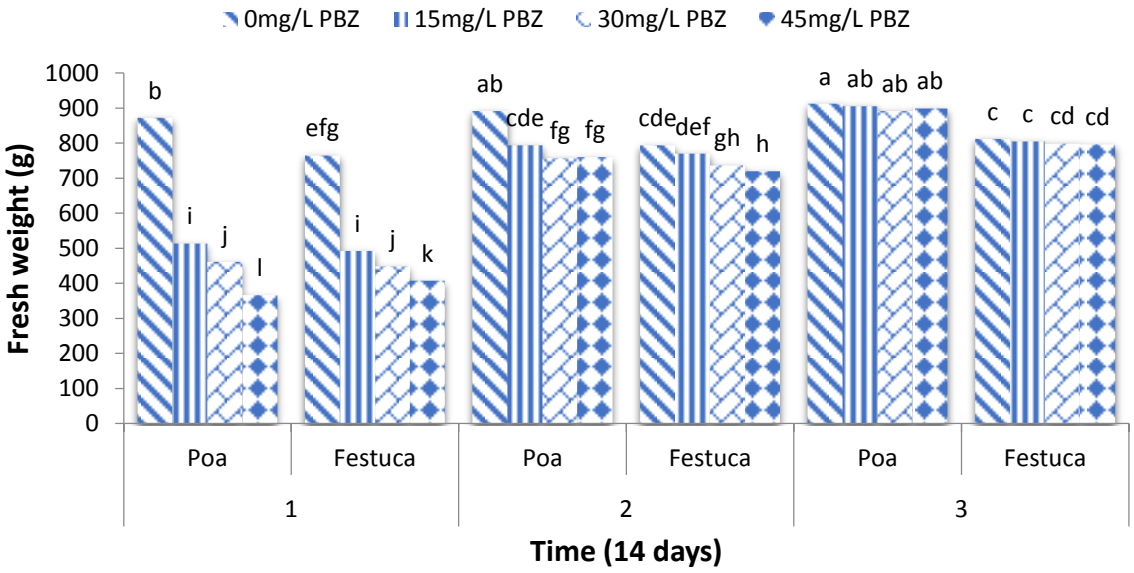

Figure 6. The effect of different paclobutrazol concentrations on the performance of *P. pratensis* and *F. arundinaceae* at different times

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پاکلوبوترازول به‌طور قابل توجهی روی ارتفاع گیاهان چمنی پوآ و فستوکا تأثیر می‌گذارد. این تأثیر به شکل کاهش چشمگیر در ارتفاع گیاهان و کنترل رشد آن‌ها می‌باشد. با افزایش غلظت پاکلوبوترازول از صفر به ۴۵ میلی‌گرم در لیتر، ارتفاع گیاهان کاهش یافت. در هر دو جنس چمن ذکر شده، مؤثرترین غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر بود. با افزایش غلظت پاکلوبوترازول، تراکم گیاهان چمنی پوآ و فستوکا بلند افزایش یافت. افزایش در تراکم به دنبال تیمار پاکلوبوترازول در فستوکا بلند مشهودتر بود. به‌طور کلی گیاه چمنی فستوکا دارای شاخ و برگ قوی‌تر، ریشه عمیق و قوی و تراکم پایین‌تر است. افزایش در شاخص سبزینگی برگ فستوکا بلند (۱۰ روز پس از انجام تیمار) و پوآ (۲۰ روز پس از انجام تیمار) و در هر دو غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بود. به دنبال تیمار پاکلوبوترازول و با افزایش غلظت آن، از طول و عرض پهنک برگ و همچنین عملکرد (وزن تر)

گیاهان چمنی کاسته شد. میزان کاهش در طول و عرض پهنک برگ در هر دو گیاه یکسان بوده و مؤثرترین غلظت پاکلوبوترازول، ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بود و تأثیر بهینه پاکلوبوترازول تا ۳۰ روز پس از انجام تیمار مشاهده شد. از آنجایی که پاکلوبوترازول ماده بازدارنده رشد بوده و از طریق جلوگیری از سنتز هورمون جیبرلین سبب جلوگیری از طویل شدن گیاهان می‌شود، می‌توان از این ماده برای کنترل رشد گیاهان چمنی استفاده کرد. این کنترل رشد موجب کاهش تعداد دفعات چمن‌زنی، کاهش مصرف کود، افزایش کارایی استفاده از آب و در نهایت صرفه جویی در هزینه نگهداری گیاهان چمنی می‌شود.

سپاس گزاری

از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز به خاطر همکاری‌های صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می شود

.

References

Abdulkareem, B. Z., & Abdulrahman, Y. A. (2023). Influence of shading and paclobutrazol concentrations on growth and quality characters of three different turf grasses genera. *Kufa Journal for Agricultural Sciences*, 15(1): 61-72.

Azizi, H., & Abdollahi, B. (2015). Assessment of genetic variation in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations using canonical discriminant analysis. *Applied Field Crops Research*, 28(107): 183-189.

Baysal, O. H., & Karaguzel, O. (2005). Effects of paclobutrazol on growth characteristics of *Lolium perenne* ‘Ovation’ and *Cynodon dactylon* × *Cynodon transvaalensis* ‘Tifway’. *Akdeniz University Zirat Fakultesi Dergisi*, 18: 355-363.

Carvalho-Zanão, M. P., Zanão, L. A., Grossi, J. A. S., & Pereira, N. (2018). Potted rose cultivars with paclobutrazol drench applications. Ciência Rural, 48, e20161002.

Collado, C. E., & Hernández, R. (2021). Effects of light intensity, spectral composition, and paclobutrazol on the morphology, physiology, and growth of petunia, geranium, pansy, and dianthus ornamental transplants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(2): 461-478.

Głąb, T., Szewczyk, W., Gondek, K., Knaga, J., Tomasik, M., & Kowalik, K. (2020). Effect of plant growth regulators on visual quality of turfgrass. *Scientia Horticulturae*, 267: 109314.

Kauffman Gordon, L., Kneivel Daniel, P., & Watschke Thomas, L. (2006). Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthasetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Science*, 47: 261-267.

Kuai, J., Yang, Y., & Sun, Y. (2015). Paclobutrazol increases canola seed yield by enhancing lodging and pod shatter resistance in *Brassica napus* L. 180: 10-20.

Parlakova Karagöz, F., Dursun, A., & Kotan, M. (2023). Determining of the effects of paclobutrazol treatments on seedling height control of wild *Gypsophila bicolor* (Freyn & Sint.) Grossh. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(2): 78-89.

PirastehAnosheh, H., Emam, Y., & Khaliq, A. (2016). Response of cereals to cycocel application. *Iran Agricultural Research*, 35(1): 1-12.

Rezaei, M., Moieni, A., Dehghani, H., & Movagedi, Z. (2015). Effect of paclobutrazol on mini-tuber production and vegetative characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the aeroponic system. *Plant Productions*, 38(1): 55-63.

Sabzmeydani, E., Sedaghathoor, S., & Hashemabadi, D. (2020). Progesterone and salicylic acid elevate tolerance of *Poa pratensis* to salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67: 285-293.

Sarkar, D., Bhowmik, P. C., & Shetty, K. (2011). The role of proline-associated pentose phosphate pathway in cool-season turfgrasses after UV-B exposure. *Environmental and experimental botany*, 70(2-3): 251-258.

Sarkar, J. (2023). Effect of paclobutrazol on physiology, growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Physiology Reports*, 1-7.

Sepehri, A., & Bayat, S. (2013). The Effect of Salicylic Acid and Paclobutrazol on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.) Under Water Stress. Plant Productions, 35(4): 55-68.

Shahrokhi, M., Tehranifar, A., Haduzadeh, H., & Selahvarzi, Y. (2010). Turfgrass seedling height snd quality in paclobutrazol treated seed of *Lolium prenne* L. Barrage and *Festuca arundinaceae* L. Master. *Biology Environtal Sceince*, 4(12): 109-115.

Shahzad, M. M., Akhtar, G., Shehzad, M. A., Ullah, S., Faried, H. N., Razzaq, K., & Ahsan, M. (2023). Paclobutrazol and maleic hydrazide-induced growth inhibition in warm season turfgrasses through structural and physiological differences. *Kuwait Journal of Science*, 50(4): 674-680.

Sharaf El-Din, M. N., Abdalla, M. Y. A., Helaly, A. A., & Quawasha, O. A. (2022). Response of seashore paspalum turfgrass grown in two different soil types to spraying with plant growth regulators. *Journal of Plant Production*, 13(9): 705-709.

Thakur, R., Sood, A., Nagar, P. K., Pandey, S., Sobti, R. C., & Ahuja, P. S. (2006). Regulation of growth of Lilium plantlets in liquid medium by application of paclobutrazol or ancymidol, for it amenability in a bioreactor system: growth parameters. *Plant Cell Report*, 25: 382–391.