Environ. Water Eng., 2024, 10(1), 109-120 DOI: 10.22034/EWE.2023.402083.1870

Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir

ISSN: 2476-3683

Research Paper

Evaluating Effect of Various Planting Densities on Some Morphophysiological and Biochemical Characteristics of Sport Turfgrass under Low Water Stress

Mehdi Rahmanifard[1], Elham Danaee[2*] and Ahmad Khaligi[3]

[1]M.Sc. Alumni, Department of Horticulture Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Assist. Professor, Department of Horticulture Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran
[3]Professor, Department of Horticulture Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article information

Received: June 13, 2023
Revised: July 19, 2023
Accepted: August 10, 2023

Keywords:
Field Capacity
Growth Indicators
Proline
Total Carbohydrates

*Corresponding author:
e.danaee@iau-garmsar.ac.ir

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of planting densities on some morphophysiological characteristics of sports turfgrass under low water stress conditions. The experiment was carried out in the form of split plots, based on a randomized complete block design with three replications. Treatments included low water stress at three levels of 90 (control), 60 and 30% of field capacity (FC), and planting density of 20, 30, and 40 g seed/m^2. Seeds were planted according to the desired densities in plots measuring 2×3 m^2. Two months after planting, low water stress was applied for three weeks. The results showed that the treatments had a significant effect on the evaluated traits. The highest fresh and dry weight of the aerial part, leaf length, and total chlorophyll content was observed in 90% FC and the density of 20 g seed/m^2 treatment. The highest root fresh and dry weight, root volume, and total carbohydrates were obtained in 30% FC and density of 20 g seed/m^2 treatment. Moreover, the highest proline content was in 30% FC and density of 40 g seed/m^2 treatment. According to the results, the planting density of 20 g seed/m^2 and 90% FC had a more favorable effect on the vegetative and physiological indicators of sport turfgrass.

How to cite this paper: Rahmanifard, M., Danaee, E. and Khaligi, A. (2024). Evaluating effect of planting densities on some morphophysiological and biochemical characteristics of sport turfgrass under low water stress. *Environ. Water Eng.*, *10*(1), 109-120. https://doi.org/10.22034/ewe.2023.402083.1870 [In Persian]

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access article distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The grass is one of the primary and necessary elements of green cover in most gardens and parks and the field of green space designs. In the current situation, one of the main problems in maintaining lawns and developing green space is the need for more available water sources and the workforce cost for daily irrigation. Low water stress reduces the photosynthetic capacity by decreasing the synthesis of ribulose biphosphate enzyme, reducing the activity of Rubisco, and preventing plant growth by closing the stomata. It also causes an increase in reactive oxygen species and as a result, the occurrence of oxidative stress in the plant, which leads to the damage of proteins, lipids, carbohydrates, and nucleic acids. Plant density is a critical factor affecting the quantity and quality of plants. The optimal seed planting density per unit area is essential to balance plant and soil moisture. Increasing the plant density too much causes the soil moisture to be drained and as a result, the plant faces a lack of water and its performance decreases. As a result, the desired density per unit area in addition to the optimal use of environmental resources such as air, light, and soil to the extent, can also reduce the harmful effects of drought stress. This research was carried out to determine the appropriate planting density to improve sports turfgrass's growth indicators and physiological characteristics under water stress conditions.

Material and Methods

To investigate the effect of planting density (20, 30 and 40 g Seed/m^2) and low water stress (90 (control), 30 and 60% field capacity) on growth indicators and physiological characteristics of sport turfgrass. The split plots experiment was carried out as a randomized complete block design with three replications. The seeds were sown in April in plots measuring 3×2 m^2, and irrigation was done regularly until they were fully established. After about two months, the stress treatments were applied for three weeks by weight method. To determine field capacity, first, some of the pots were randomly selected, saturated with water, and left for the water to drain out from the bottom. The weight of each pot was measured regularly until a stable value was reached. Then, the soil samples were removed to record their fresh weight (WW) and dry weight (DW) after placing them in an oven at 72°C for 24 hours. Thus, the FC value was obtained: FC= (WW-DW/DW) × 100. The traits include the fresh and dry weight of the aerial part and root, root volume, leaf length, total chlorophyll, total carbohydrate and proline were measured.

Results

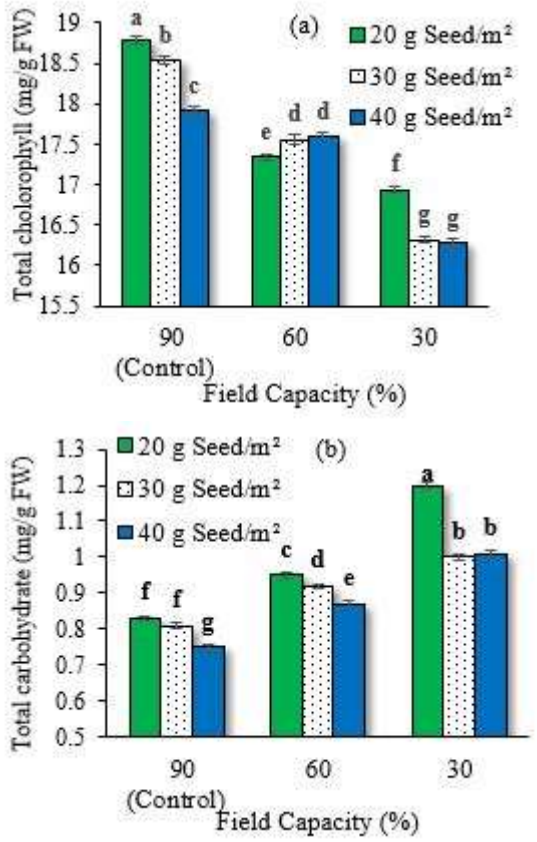
The results showed that the highest fresh and dry weight of the aerial parts in the treatment of 90% field capacity (control) and the density of 20 g Seed/m^2 (3.75-4.6 g) and the lowest fresh and dry weight of the aerial parts was obtained in 30% field capacity and density g Seed/m^2 40 (2.8-2.18 g) treatment. The highest fresh and dry weight of the root was also in the treatment of 30% field capacity and density of 20 g Seed/m^2 (1.70-1/86 g) and the lowest fresh and dry weight of the root was in 90% field capacity and density of 40 g Seed/m^2 (0.76-0.70 g) treatment.

Table 1 The effect of low water stress and planting density on growth indicators of sport turfgrass

Field Capacity (%)	Plant density (g Seed /m^2)	SFW (g)	SDW (g)	RFW (g)	RDW (g)	Root Volume (ml)	Leaf Length (mm)
90 (Control)	20	4.6^{a}	3.75^{a}	0.93^{f}	0.84^{f}	7.9^{de}	7.7^{a}
	30	4.3^{b}	3.58^{b}	0.90^{f}	0.82^{f}	7.9^{de}	7.5^{a}
	40	4.2^{c}	3.42^{c}	0.76^{g}	0.70^{g}	7.7^{e}	6.9^{b}
60	20	4.1^{c}	3.21^{d}	1.63^{b}	1.52^{b}	8.6^{b}	6.8^{bc}
	30	3.8^{d}	3.15^{e}	1.36^{c}	1.23^{d}	8.3^{c}	6.3^{d}
	40	3.4^{e}	3.11^{e}	0.96^{e}	0.87^{e}	7.9^{de}	6.7^{bc}
30	20	3.4^{e}	2.85^{f}	1.86^{a}	1.70^{a}	8.8^{a}	6.5^{c}
	30	3.1^{f}	2.52g	1.43^{bc}	1.30^{c}	8.4^{bc}	6.1^{d}
	40	2.8^{g}	2.18^{h}	1.06^{d}	0.90^{d}	8.0^{d}	5.6^{e}

The same letters indicate no significant difference at the level of P≤0.05; SFW: Shoot fresh weigth, SDW: Shoot dry weight, RFW: Root fresh weight; RDW: Root dry weight

The maximum leaf length was also (7.7 mm) in the treatment of 90% field capacity and density of 20 g Seed/m^2, which was not significantly different from the treatment of 90% field capacity and density of 30 g Seed/m^2, and the lowest leaf length (5.6 mm) was in 30% field capacity and 40g seed/m^2 treatment (Table 1). The highest total chlorophyll with 18.8 mg/g FW was in the treatment of 90% field capacity and density of 20 g Seed/m^2 and the lowest with 16.5 mg/g FW was in the treatment of 30% field capacity and density of 20 g Seed/m^2, the treatment of 30% field capacity and density of 30 g Seed/m^2 had no significant difference. In addition, the highest total carbohydrate (1.2 mg/g FW) was in the treatment of 30% field capacity and density of 20 g Seed/m^2 and the lowest (0.75 mg/g FW) was obtained in the treatment 90% field capacity and the density of 40 g seed/m^2. The highest and lowest proline content was obtained with 0.76 and 0.52 mg/g FW, respectively, in the treatment of 30% field capacity and 40 g Seed/m^2 density and 90% field capacity treatment and 20 g Seed/m^2 density (Fig. 1).



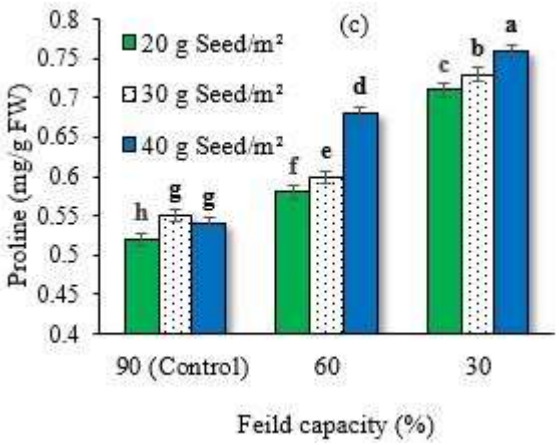


Fig. 1 The effect of low water stress and planting density on: a) total chlorophyll, b) carbohydrate and c)proline content of sport turfgrass

Conclusions

According to the importance of the issue of dehydration and the selection of appropriate planting density, increasing the low water stress and planting density caused a decrease in morphophysiological and biochemical traits in sports grass. Thus, the planting density of 20 g Seed/m^2 and irrigation at the level of 90% field capacity had a favorable effect on the vegetative and physiological indicators of sports turfgrass.

Data Availability

The data obtained from the experiments in this study are presented in the paper.

Conflicts of interest

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

DOI: 10.22034/EWE.2023.402083.1870

دوره ۱۰، شماره ۱، صفحات: ۱۰۹-۱۲۰

محیط‌زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

ISSN: 2476-3683

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی چمن ورزشی در شرایط تنش کم‌آبی

مهدی رحمانی‌فرد[۱]، الهام دانائی[۲]* و احمد خلیقی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲]استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

[۳]استاد، گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر برخی خصوصیات مورفیزیولوژیک چمن ورزشی در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تنش کم‌آبی در سه سطح ۹۰ (شاهد)، ۶۰ و ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم کاشت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ g Seed/m^2 بود. بذرها با توجه به تراکم‌های مورد نظر در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲ m^2 کشت شدند. دو ماه پس از کاشت، تنش کم‌آبی به‌مدت ۳ هفته اعمال شد. نتایج نشان داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشتند. بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی، طول برگ و محتوای کلروفیل کل در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۲۰ g Seed/m^2 مشاهده شد. در حالیکه بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه و کربوهیدرات کل در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۲۰ g Seed/m^2 به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین میزان پرولین در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۴۰ g Seed/m^2 بود. بنابراین با توجه به نتایج، تراکم کاشت ۲۰ g Seed/m^2 و آبیاری در سطح ۹۰٪ ظرفیت زراعی تأثیر مطلوب‌تری بر شاخص‌های رویشی و فیزیولوژیک چمن ورزشی داشت.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۲/۰۳/۲۳]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۲/۰۴/۲۸]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۲/۰۵/۱۹]

واژه‌های کلیدی:

پرولین

شاخص‌های رشدی

ظرفیت زراعی

کربوهیدرات کل

***نویسنده مسئول:**

e.danaee@iau-garmsar.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:

رحمانی‌فرد، مهدی، دانائی، الهام & خلیقی، احمد. (۱۴۰۳). ارزیابی اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی چمن ورزشی در شرایط تنش کم‌آبی. *محیط‌زیست و مهندسی آب*. *10*(1) 109-120

https://doi.org/10.22034/ewe.2023.402083.1870

۱- مقدمه

امروزه چمن یکی از عناصر اساسی و ضروری پوشش سبز بیشتر باغ‌ها و پارک‌ها و زمینه طرح‌های فضای سبز است (Zadehbagheri et al. 2016). چمن دارای جنس، گونه و واریته‌های زیادی با نیازهای محیطی و مورفولوژی مختلف است. این گیاهان باریک برگ که از تیره گندمیان می‌باشند، از لحاظ شرایط اقلیمی به دو گروه چمن‌های فصل گرم و سرد تقسیم می‌شوند. چمن اسپرت یکی از انواع چمن‌های سردسیری که از ترکیب سه گونه پوآپراتنسیس، لولیوم پرنه و فستوکا تشکیل شده است. در شرایط فعلی یکی از مشکلات اصلی در نگهداری چمن‌ها و توسعه فضای سبز کمبود منابع آب قابل دسترس و هزینه نیروی انسانی برای آبیاری روزانه است (Fazel et al. 2017).

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند که تنش کم‌آبی یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان است (Tohidi et al. 2021). تنش کم‌آبی از طریق کاهش سنتز آنزیم ریبولوز بی فسفات و کاهش فعالیت روبیسکو، ظرفیت فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و از طریق بسته شدن روزنه‌ها از رشد گیاه جلوگیری می‌کند (Shafiei et al. 2019). همچنین موجب افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و در نتیجه بروز تنش اکسیداتیو در گیاه می‌گردد که در نهایت منجر به آسیب پروتئین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Amiri Nasab et al. 2014). گیاهان از طریق سامانه‌های دفاعی آنزیمی مانند کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و غیرآنزیمی مانند تجمع پرولین، پلی‌آمین، ترهالوز از خود در برابر تنش محافظت می‌کنند که به گونه گیاهی، شدت و مدت‌زمان تنش بستگی دارد (Rezapour Fard et al. 2015). در چمن آفریقایی (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) تنش کم‌آبی (۴۰ و ۷۰٪ آب قابل دسترس) محتوای نسبی آب برگ و رشد شاخساره را کاهش داد، در حالیکه رشد ریشه، نسبت ریشه به شاخساره، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، درصد نشت یونی، میزان پرولین و محتوای کلروفیل کل برگ‌ها را کاهش داد (Taheri et al. 2017). در گیاه پروانش (*Catharanthus roseous*) نیز تنش کم‌آبی (۵۰٪ ظرفیت زراعی) وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای کلروفیل کل و درصد شاخص ثبات غشاء سلول را کاهش داد، در حالیکه میزان پرولین گیاه را افزایش داد (Alhverdizadeh and Danaee 2023).

تراکم گیاهی از عوامل مهمی است که بر کمیت و کیفیت گیاهان تأثیرگذار است، اگر میزان تراکم بوته بیش از حد مطلوب باشد، عوامل محیطی به اندازهٔ کافی در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد و بالعکس چنانچه تراکم بوته کمتر از حد مطلوب باشد از امکانات محیطی موجود به نحو مطلوب استفاده نمی‌شود (Villalobos et al. 2016). به‌منظور ایجاد تعادل بین گیاه و رطوبت خاک تراکم مطلوب کاشت بذر در واحد سطح اهمیت بالایی دارد. افزایش تراکم بوته بیش از حد سبب می‌شود که رطوبت خاک تخلیه شود و در نتیجه گیاه با کمبود رطوبت مواجه شده و عملکرد آن کاهش یابد در نتیجه تراکم مطلوب در واحد سطح علاوه بر استفاده بهینه از منابع محیطی از جمله هوا، نور و خاک تا اندازه‌ای اثرات زیان‌بار تنش خشکی را نیز می‌تواند کاهش دهد (Emadi et al. 2012). افزایش تراکم کاشت (۴ Plant/m^2 و ۸) در گیاه مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera* (K.Koch) Boiss) موجب کاهش وزن و عملکرد تر و خشک اندام هوایی، سطح پوشش تاج و عملکرد اسانس گردید (Yousefi et al. 2023). همچنین افزایش تراکم کاشت (۵۰ Plant/m^2) در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.) میزان کربوهیدرات کل، فنل، فلاونوئید و کلروفیل کل را کاهش داد (Aminifard and Ghaderi 2020). در چمن (*Tripidium ravennae* (L.) H. Scholz) نیز افزایش تراکم کاشت (۲۰۰۰۰Plant/ha) تعداد ساقه زایشی در بوته، قطر ساقه و میزان ساکاروز گیاه را کاهش داد در حالیکه عملکرد زیست توده را افزایش داد (Springer 2020).

با توجه به محدودیت آب و نیاز آبی زیاد چمن و نقش قابل‌توجه آن در فضای سبز، این پژوهش به‌منظور تعیین تراکم مناسب کاشت جهت بهبود شاخص‌های رشدی و خصوصیات فیزیولوژیک چمن اسپرت در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- شرح آزمایش و اعمال تیمارها

به‌منظور بررسی اثر تراکم کاشت و تنش کم‌آبی بر شاخص‌های رشدی، محتوای کلروفیل کل، کربوهیدارت کل و پرولین آزمایشی در منطقه‌ای واقع در شهرستان کرج با حداقل و حداکثر دما در این منطقه به‌ترتیب ۲۰- و ۳۸ °C و میانگین بارندگی ۲۳۵ mm/yr انجام شد. لازم به ذکر است اطلاعات هواشناسی از سایت اداره کل سازمان هواشناسی استان البرز می‌باشد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی شامل سه سطح ۹۰ (شاهد)، ۳۰ و ۶۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم کاشت به‌صورت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ g Seed/m^2 بود. در ابتدا پس از آماده‌سازی زمین، نمونه‌ای جهت آنالیز از خاک محل آزمایش تهیه شد. کود دامی به‌میزان ۲۰ ton/ha به خاک افزوده شد، سپس بذرهای چمن ورزشی (*Lolium perenne* Fandango NZ ۳۵٪+ *Lolium perenne* Sirtaky ۲۰٪NL+ *Festucarubra Commutata* US ۱۰٪Musica+ *Poa pratensis* DK Baronial ۲۳٪+ *Poa pratensis* US Baron ۱۲٪) در فروردین ماه در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ m^2 کشت و تا زمان استقرار کامل، آبیاری به‌طور منظم انجام شد. پس از حدود دو ماه، تیمارهای تنش به مدت سه هفته اعمال شد. جهت اعمال تنش کم‌آبی، ابتدا کلیه کرت‌ها به‌طور یکسان و یکنواخت آبیاری شدند. hr ۲۴ پس از آبیاری به‌منظور خروج زه‌آب و جذب یکنواخت آب در تمام قسمت‌های کرت، از هر کرت نمونه خاک برداشت و وزن تر (ww)[1] توزین شد. جهت تعیین وزن خشک خاک (DW)[2]، نمونه‌ها به‌مدت hr ۲۴ به کوره در دمای °C ۱۰۵ منتقل شد. سپس درصد رطوبت خاک در حالت ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه (FC)[3] با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد (Soroori et al. 2021):

$$FC= (WW-DW/DW) \quad (۱)$$

برای کنترل درصد رطوبت خاک ابتدا از روش وزنی و سپس از دستگاه TDR استفاده شد. پس از اتمام اعمال تیمارها، برداشت نمونه‌ها و ارزیابی صفات مورد نظر انجام شد (Jamali et al. 2021).

۲-۲- صفات مورد ارزیابی

۲-۲-۱- صفات مورفولوژیک

وزن تر اندام هوایی و ریشه بلافاصله پس از برداشت توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ g اندازه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی و ریشه، پس از نگهداری نمونه‌ها در آون ۶۰ °C به مدت ۴۸ ساعت به.سیلهٔ ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ g توزین شد (Asgarian et al. 2023). طول برگ با استفاده از خط‌کش فلزی بر حسب mm اندازه‌گیری شد (Tatari et al. 2016) و حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قراردادن ریشه در حجم مشخصی از آب با دقت ۰/۱ ml محاسبه شد (Akhavan et al. 2012).

۲-۲-۲- کلروفیل کل

استخراج رنگ‌دانه‌های کلروفیل به‌وسیله دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) انجام شد. جذب محلول به دست آمده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex 6600) در طول‌موج‌های ۶۶۳ nm برای کلروفیل a و ۶۴۵ nm برای کلروفیل b خوانده شد. در نهایت از طریق رابطه (۲) محاسبه و بر حسب mg/g FW، یادداشت شد (Barnes et al. 1992).

$$Chl = 23.2(A645)+8.02(A663)\times V/(1000\times W) \quad (۲)$$

که، V حجم نمونه، W وزن نمونه و A طول‌موج می‌باشد.

۲-۲-۳- کربوهیدرات کل

سنجش کربوهیدرات کل (قند کل) با استفاده از معرف آنترون انجام شد. جذب نمونه‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۳۰ nm خوانده شد. با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز میزان کربوهیدرات کل برحسب mg/g FW یادداشت شد (Irigoyen et al. 1992).

۲-۲-۴- پرولین

محتوای پرولین برگ بر اساس روش (2021) and Danaee Abdoss، اندازه‌گیری و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۲۰ nm قرائت شد. غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد پرولین، محاسبه و برحسب mg/g FW یادداشت شد.

[1]Wet Weight
[2]Dry Weight
[3]Field Capacity

۲-۳- طرح آزمایشی و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو عامل تنش خشکی و تراکم کاشت و اثر متقابل آن‌ها انجام شد. آنالیز داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار آماری SAS (ver 9.1) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵٪ صورت گرفت. برای رسم نمودار از نرم‌افزار MS Excel 16 استفاده شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱-تحلیل واریانس داده‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر تنش کم‌آبی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه، طول برگ، کلروفیل کل، کربوهیدرات کل و پرولین در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. اثر تراکم کاشت بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه در سطح ۱٪ و طول برگ، کلروفیل کل، کربوهیدرات کل و پرولین در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. اثر متقابل تنش خشکی و تراکم کاشت نیز بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه، طول برگ، کلروفیل کل، کربوهیدرات کل و پرولین در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تحلیل واریانس اثر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک چمن ورزشی

Table 1 Analysis of variance the effect of low water stress and planting density on the morphological and physiological characteristics of sport turfgrass

S.O.V	DF	Fresh weight of aerial part	Dry weight of aerial part	Roots fresh weight	Roots dry weight	Root Volume	Leaf length	Total chlorophyll	Total carbohydrate	Proline
Block	2	4.6*	3.3**	0.19**	0.14*	0.19**	2.01*	0.33*	0.09*	0.006*
Stress	2	4.2**	3.01**	0.85**	0.72**	0.85**	3.96**	7.74**	0.16**	0.2**
Stress Error	4	0.2	0.2	0.06	0.04	0.06	0.28	0.02	0.02	0.003
Plant Density	2	0.63**	0.44**	0.66**	0.57**	0.66**	0.76*	0.41*	0.03*	0.01*
Stress× Plant Density	4	0.07**	0.04**	0.08**	0.07**	0.08**	0.28**	0.43**	0.008**	0.003**
Error	12	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.008	0.0001	0.003
CV (%)	--	5.5	5.5	9.7	9.1	1.44	2.93	10.5	10.3	8.7

**، *و ns به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪ و غیر معنی‌دار است.

۳-۲- صفات مورفولوژیک

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول (۲) نشان می‌دهد بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد) و تراکم ۲۰ g Seed/m^2 به ترتیب با ۴/۶- ۳/۷۵ و کم‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۴۰ g Seed/m^2 به ترتیب با ۱۸/۸-۲/۲ g به دست آمد. بیش‌ترین وزن تر ریشه با ۱/۸۶ g و وزن خشک ریشه با ۱/۷۰ g در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۲۰Seed/m^2 و کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۴۰ g Seed/m^2 به ترتیب با ۰/۷۶ g- ۰/۷۰ به دست آمد. همچنین بیش‌ترین حجم ریشه با ۸/۸ ml و کم‌ترین حجم ریشه با ۷/۷ ml به ترتیب در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۲۰ g Seed/m^2 و تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۴۰ g Seed/m^2 بود. بیش‌ترین طول برگ نیز با ۷/۷ mm در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۲۰ g Seed/m^2 بود که با تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم ۳۰ g Seed/m^2

اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین طول برگ با ۵/۶ mm در تیمار ظرفیت زراعی ۳۰٪ و تراکم ۴۰ g Seed/m^2 مشاهده شد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که افزایش تنش کم‌آبی وزن تر و خشک اندام هوایی و طول برگ را کاهش داد، در حالیکه وزن تر و خشک ریشه و حجم ریشه افزایش یافت. در شرایط تنش، کاهش پتانسیل آب در بافت گیاهی موجب کاهش گسترش و رشد سلولی می‌شود و در نتیجه دیواره‌های سلولی گیاهان انعطاف‌پذیری خود را از دست می‌دهند که این امر سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود. همچنین، با توجه به اینکه در باریک برگان تقسیم و توسعه سلولی در قاعده برگ‌ها انجام می‌شود. در اثر تنش خشکی منطقهٔ رشد در قاعدهٔ برگ کوچکتر است. این امر منجر به کاهش رشد سلولی و طول برگ می‌شود (Amiri Nasab et al. 2014). در شرایط تنش کم‌آبی، محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات موجب کاهش رشد و وزن اندام هوایی گیاه می‌گردد (Hashemi et al. 2018). یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های سازگاری جهت بهبود کارایی جذب آب در شرایط تنش خشکی افزایش وزن و توسعه ریشه در باریک برگان است (Tatari et al. 2016). در شرایط تنش نسبت ریشه به اندام هوایی در اکثر گیاهان افزایش می‌یابد که دلیل اصلی آن کاهش رشد اندام هوایی نسبت به ریشه و توانایی بیشتر ریشه در حفظ فشار تورژسانس است. همچنین در شرایط کم‌آبی اسید آبسزیک موجب جلوگیری از رشد اندام هوایی می‌شود، در حالیکه رشد ریشه را حفظ می‌کند. از سویی دیگر تخصیص کربن به ریشه‌ها نسبت به اندام هوایی به بهبود ریشه در شرایط تنش کم‌آبی کمک می‌کند (Taheri et al. 2017). افزایش تراکم کاشت بذر در متر مربع به‌دلیل کاهش فضا برای رشد گیاه و افزایش رقابت به‌منظور دستیابی به فاکتورهای حیاتی نظیر نور، رطوبت، عناصر غذایی و فضای کافی برای رشد موجب صرف انرژی برای گیاه، کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش رشد می‌گردد (Villalobos et al., 2016). نتایج این آزمایش با نتایج Ramezan (2016) and Abbaszadeh در گیاه *Nepeta pogonosperma* Taheri et al. (2017)،Jamzad et Assadi در گیاه چمن آفریقایی (*Cynodon dactylon* L.) و Shamsabadi et al. (2015)، در گیاه ذرت شیرین همسو می‌باشد. همچنین خصوصیات خاک منطقه موردمطالعه در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۲ - اثر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت بر صفات مورفولوژیک چمن ورزشی

Table 2 The effect of low water stress and planting density on growth indicators of sport turfgrass

Field capacity (%)	Plant density (g Seed /m^2)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Root volume (ml)	Leaf length (mm)
90 (Control)	20	4.6^{a}	3.75^{a}	0.93^{f}	0.84^{f}	7.9^{de}	7.7^{a}
	30	4.3^{b}	3.58^{b}	0.90^{f}	0.82^{f}	7.9^{de}	7.5^{a}
	40	4.2^{c}	3.42^{c}	0.76^{g}	0.70^{g}	7.7^{e}	6.9^{b}
60	20	4.1^{c}	3.21^{d}	1.63^{b}	1.52^{b}	8.6^{b}	6.8^{bc}
	30	3.8^{d}	3.15^{e}	1.36^{c}	1.23^{d}	8.3^{c}	6.3^{d}
	40	3.4^{e}	3.11^{e}	0.96^{e}	0.87^{e}	7.9^{de}	6.7^{bc}
30	20	3.4^{e}	2.85^{f}	1.86^{a}	1.70^{a}	8.8^{a}	6.5^{c}
	30	3.1^{f}	2.52g	1.43^{bc}	1.30^{c}	8.4^{bc}	6.1^{d}
	40	2.8^{g}	2.18^{h}	1.06^{d}	0.90^{d}	8.0^{d}	5.6^{e}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.05$ است.

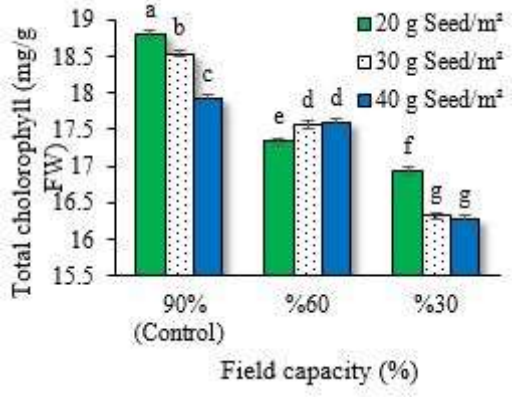
جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش

Table 3 Physicochemical characteristics of research soil

Soil Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Organic Carbon (%)	Nitrogen (%)	phosphorus (ppm)	Potassium (ppm)	pH (1:1)	EC (dS/m)
Loam	16	40	44	0.75	0.1	14.4	198.4	7.36	1.33

۳-۳- کلروفیل کل

نتایج در شکل (۱) نشان می‌دهد، بیش‌ترین کلروفیل کل با ۱۸/۸ mg/g FW در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم g Seed/m^2 ۲۰ و کمترین با ۱۶/۵ mg/g FW در تیمار ظرفیت زراعی ۳۰٪ و تراکم g Seed/m^2 ۴۰ بود که با تیمار ظرفیت زراعی ۳۰٪ و تراکم g Seed/m^2 ۳۰ اختلاف معنی‌داری نداشت. کاهش محتوای کلروفیل کل در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند به‌دلیل افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، کاهش پتانسیل آب خاک، بسته شدن سریع روزنه‌ها، تجزیه و کاهش رنگدانه‌ها در شرایط تنش کم‌آبی، باشد. همچنین افزایش برخی تنظیم کننده‌های رشد نظیر اتیلن و اسید آبسزیک، فعالیت آنزیم کلروفیلاز و تجزیه کلروفیل را تحریک می‌کند (Tohidi 2021). از آنجا که محتوای کلروفیل به‌میزان زیادی تحت تأثیر فتوسنتز است و فاکتورهایی نظیر نور و مواد غذایی نقش مؤثری در ساخت کلروفیل دارند، افزایش تراکم کاشت بذر موجب ایجاد رقابت و در نتیجه کاهش ساخت رنگدانه‌های فتوسنتزی، ماده سازی و رشد نمو می‌شود (Antonietta et al. 2014). در گیاه پونه معطر (*Mentha pulegium* L.) نیز افزایش تراکم کاشت محتوای کلروفیل کل را کاهش داد (Faraji et al. 2019).

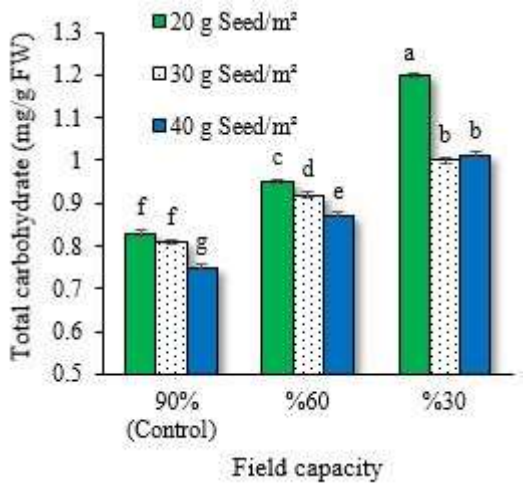


شکل ۱- اثر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت بر محتوای کلروفیل کل چمن ورزشی

Fig. 1 The effect of low water stress and planting density on total chlorophyll content of sport turfgrass

۳-۴- کربوهیدرات کل

همانطور که در شکل (۲) نمایان است، بیش‌ترین میزان کربوهیدرات کل با ۱/۲ mg/g FW در تیمار ظرفیت زراعی ۳۰٪ و تراکم g Seed/m^2 ۲۰ و کم‌ترین با ۰/۷۵ mg/g FW در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم g Seed/m^2 ۴۰ به دست آمد. افزایش کربوهیدرات کل در پاسخ به تنش کم‌آبی و تراکم‌های بالای کاشت بذر می‌تواند به‌دلیل انتقال کمتر این مواد از اندام هوایی به نقاط دیگر و یا مصرف آهسته‌تر این مواد به‌علت کاهش رشد یا هیدرولیز نشاسته باشد (Akbari et al. 2017). همچنین انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی که از نظر تأمین انرژی دارد، موجب تنظیم اسمزی و تورژسانس سلول‌ها می‌شود و با حفاظت و پایداری از غشاء و پروتئین میزان تحمل گیاه به خشکی را افزایش می‌دهد (Soroori et al. 2021). نتایج این آزمایش همسو با نتایج Akbari et al. (2017) پیرامون تأثیر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت در گیاه سیر (*Allium sativum* L.) است، همچنین Aminifard and Ghaderi (2020) نیز تأثیر افزایش تراکم کاشت را بر کربوهیدرات کل شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.) گزارش نمودند.



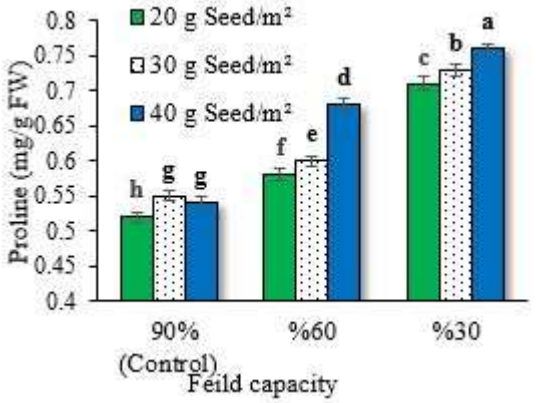
شکل ۲- اثر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت بر میزان کربوهیدرات کل چمن ورزشی

Fig. 2 The effect of low water stress and planting density on total carbohydrate content of sport turfgrass

۳-۵- پرولین

مقایسه میانگین داده‌ها در شکل ۳ نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پرولین به‌ترتیب با ۰/۷۶ mg/g FW و ۰/۵۲ در تیمار ظرفیت زراعی ۳۰٪ و تراکم g Seed/m^2 ۴۰ و تیمار ظرفیت زراعی ۹۰٪ و تراکم g Seed/m^2 ۲۰ به دست آمد. افزایش تنش کم‌آبی و تراکم کاشت میزان پرولین گیاه را افزایش داد. تجمع اسمولیت‌هایی همچون پرولین، یکی از شناخته شده‌ترین سازوکارهای افزایش تحمل تنش در گیاهان

است. پرولین موجب افزایش بیان پروتئین‌های مرتبط با افزایش تحمل تنش در گیاهان می‌شود و افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی توسط پرولین، گیاهان را در مقابل خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از تنش محافظت می‌نماید (Maurel and Prado 2017). اثر تنش خشکی بر افزایش میزان پرولین در چهار گونه گیاه پوششی چمن *Lolium perenne*، *Potentilla Trifolium repens* و *Frankenia* نیز گزارش شده است (Samieani et al. 2013) و در گیاه سویا نیز افزایش تراکم کاشت به‌دلیل وجود رقابت تنگاتنگ بر سر آب، نور و مواد غذایی سبب افزایش میزان پرولین شد (Nasiri et al. 2017).



شکل ۳- اثر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت بر محتوای پرولین چمن ورزشی

Fig. 3 The effect of low water stress and planting density on proline content of sport turfgrass

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر تنش کم‌آبی و تراکم کاشت بذر در گیاه چمن ورزشی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که:

۱- بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی g ۴/۶- ۳/۷۵، طول برگ mm ۷/۷ و محتوای کلروفیل کل mg/g FW ۱۸/۸ در تیمار ۹۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم $g\ Seed/m^2$ ۲۰ مشاهده شد.

۲- بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه g ۱/۸۶- ۱/۷۰، حجم ریشه ml ۸/۸ و میزان کربوهیدرات کل mg/g FW ۱/۲ در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم $g\ Seed/m^2$ ۲۰ به دست آمد.

۳- بیش‌ترین میزان پرولین mg/g FW ۰/۷۶ در تیمار ۳۰٪ ظرفیت زراعی و تراکم $g\ Seed/m^2$ ۴۰ بود.

در نهایت با توجه به اهمیت موضوع کم‌آبی و انتخاب تراکم مناسب کاشت و نتایج پژوهش انجام شده افزایش تنش کم‌آبی و تراکم کشت موجب کاهش صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در چمن ورزشی شد. بطوریکه در تراکم کاشت $20g\ Seed/m^2$ و آبیاری در سطح ۹۰٪ ظرفیت زراعی تأثیر مطلوب‌تری بر شاخص‌های رویشی و فیزیولوژیک چمن ورزشی مشاهده شد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده جهت کاهش اثرات کم‌آبی در چمن ورزشی، محلول‌پاشی سایر ترکیبات نظیر اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی و عناصر غذایی مورد بررسی قرار گیرد.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های حاصل از انجام آزمایش‌ها در این پژوهش، در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Akbari, S., Kafi, M., & Rezvan Beidokhti, S. (2017). Effect of Drought Stress on Growth and Morphological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes in Different Planting Densities. *J. agroecol., 9*(2), 559-574. DOI: 10.22067/jag.v9i2.62141 [In Persian].

Akhavan, S., Shabanpour, M., & Esfahani, M. (2012). Soil Compaction and Texture Effects on the Growth of Roots and Shoots of Wheat. *J. Water. Soil, 26*(3), 727-735. DOI: 10.22067/jsw.v0i0.9485 14941 [In Persian].

AlhverdiZadeh, S., & Danaee, E. (2023). Effect of Humic Acid and Vermicompost on Some Vegetative Indices and Proline Content of *Catharanthus roseous* under Low Water Stress. *Environ. Water Eng., 9* (1), 141-152. DOI: 10.22034/ewe.2022.333951.1745 [In Persian].

Aminifard, M. H., & Ghaderi, H. (2020). Effects of different levels of humic acid and planting density on antioxidant activity and biochemical properties of *Trigonella foenum-graecum* L., *EJMP*, *8*(1), 77-89. DOI: 20.1001.1.23223235.1399.8.1.5.5 [In Persian].

Amiri Nasab, K., Zakizadeh, H., Ghasemnezhad, M., & Biglouei, H. (2014). The effect of drought preconditioning on increasing drought stress tolerance in two turfgrass creeping bentgrass and tall fescue. *J. Crop Improv.*, *16*(3), 599-611. DOI: 10.22059/jci.2014.53261 [In Persian].

Antonietta, M., Fanello, D. D., Acciaresi, H. A., & Guiamet, J. J. (2014). Senescence and yield responses to plant density in stay green and earlier-senescing maize hybrids from Argentina. *Field Crops Res., 155*, 111-119. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.09.016.

Asgarian, H., Abdossi, V., Danaee, E., & Ladan Moghadam, A. (2021). Variations of phytochemical properties of *Calendula officinalis* L. under salinity stress and treatment with humic acid and selenium. *Eur.J. Hortic. Sci., 86*(4), 431-440. DOI: 10.17660/eJHS.2021/86.4.11

Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S., & Davison, A.A. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for extraction and determination of chlorophyll a and b in lichens and higher plants. *Environ. Experim Bot. J., 32*, 85-100. DOI: 10.1016/0098-8472(92)90034-Y.

Danaee, E., & Abdossi, V. (2021). Effects of silicon and nano-silicon on some morpho-physiological and phytochemical traits of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salinity stress. IJMAPR, *37*(1), 98-112. DOI: 10.22092/ijmapr.2021.343340.2810 [In Persian].

Emadi, N., Balouchi, H., & Jahanbin, Sh. (2012). Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *J. Crop Prod., 5*(2), 1-18. DOI: 20.1001.1.2008739.1391.5.2.1.2 [In Persian].

Faraji, B., Sahraroo, A., Hamidoghli, Y., & Olfati, J. (2019). Effect of harvest time, nitrogen and plant density on yield and some physiological traits of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.), *J. Plant Prod. Res., 26*(3), 121-136. DOI: 10.22069/jopp.2019.15236.2367.

Fazel, F., Gheysari, M., Mohamadian, M., & Etemadi, N. A. (2017). Effect of maximum allowable depletion on irrigation use and plant parameters of grass under subsurface drip irrigation management. *JISE*, *40*(1), 155-165. DOI: 20.1001.1.25885952.1396.40.1.13.2 [In Persian].

Hashemi, E., Mahdi Nezhad, N., Fakheri, B. A., & Mohammadpour, R. (2018). Effect of biodegradable and nanotropic fertilizers (Manganese, Cupper, and Zinc) on economic yield, antioxidant enzymes and concentration of some elements in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under drought Stress. *J. Plant Physiol., 13*(51), 108-120. DOI: 20.1001.1.76712423.1397.13.51.8.5 [In Persian].

Irigoyen, J. J., Emerich D. W., & Sanchez- Dias, M. (1992). Water stress Induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago Sativa*) plants. *Plant Physiol., 84*, 55-60. Doi: 10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x.

Jamali, S., Banejad, H., Safarizadeh Sani, A., & Attarn, S. (2021) Investigating the effects of irrigation levels on Marigold growth and yield properties under different soil texture. *Environ. Water Eng., 7*(1), 119–131. DOI: 10.22034/jewe.2020.248510.1423 [In Persian].

Maurel, C., & Prado, K. (2017). Aquaporins and Leaf Water Relations. Plant Aquaporins, Springer International Publishing. 155-165. DOI: 10.1007/978-3-319-49395-4_7.

Nasiri, A., Samdaliri, M., Shirani Rad, A., Shahsavari, N., Mosavi Kale, A., & Jabbari, H. (2017). Effect of plant density on yield and physiological characteristics of six canola cultivars. *J. Agri. Sci., 1,* 249–253. DOI: 10.25081/jsa.2017.v1.819

Ramezan, G., & Abbaszadeh, B. (2016). The effect of drought stress on yield, content and percentage of essential oil of *Nepeta pogonosperma* Jamzad et Assadi under different plant density. *IJMAPR, 31*(6), 1071-

1085. DOI: 10.22092/ijmapr.2016.105895 [In Persian].

Rezapour Fard, J., Kafi, M., & Naderi, R. (2015). The enhancement of drought stress tolerance of Kentucky Bluegrass by prohexadione-calcium treatment. *J. Ornament. Plant, 5*(4), 197-204.

Samieani, E., Ansari. H., Azizi., M., Hashminia, M., & Selahvarzi, Y. (2013). The effect of drought stress on some biochemical indicators in four types of cover plants (*Lolium perene* grass, Potentilla, *Trifolium repens* and Frankenia) with the ability to be used in green spaces. *Sci. Technol. Greenhouse Cul., 4*, 101-109 [In Persian].

Shafiei, N., Khaleghi, E., & Moallemi, N. (2019). Effect of salicylic acid on some morphological and physiological characteristics of olive cv. 'Konservalia' under water deficit condition. *J. Horticul. Sci., 49*(4), 881-890. Doi: 10.22055/ppd.2019.22031.1477 [In Persian].

Shamsabadi, H., Taheri rad, A., Khoram deel, S., & Nikkhah, A. (2015). The effect of tillage methods, plant density and planting arrangement on the growth characteristics, yield components and yield of sweet corn in the climatic conditions of Malaysia. *J. Crop Prod.*, *8*(1), 79-98 [In Persian].

Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., & Ladan Moghadam A. (2021). The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of Spermidine, Citric Acid and Proline under drought stress and in a Post-Harvest. *JAST, 23*(06), 1339-1353. Doi: 20.1001.1.16807073.2021.23.6.6.9 .

Springer, T. L. (2020). How does plant population density affect the biomass of Ravenna grass. *GCB Bioenergy., 13,* 175– 184. DOI: 10.1111/gcbb.12767.

Taheri, S., Arghavani, M., & Mortazavi, S. N. (2017). The study of morphological, biochemical and physiological of bermuda grass as affected by sodium nitroprosside under water deficit stress. *J. Crop Improv., 19*(2), 417-430. DOI: 10.22059/jci.2017.60424 [In Persian].

Tatari, M. Fotohi Ghzvini, R., Mosavi, A., & Etemadi, N. (2016). Study of some morphological characteristics in three turfgrass species under drought stress conditions. *J. Arid Biome, 5*(2), 11-27. [In Persian].

Tatari, M., Fotohi Ghzvini, R., Etemadi, N., Ahadi, A., & Mosavi, R. (2013). Study of some physiological responses in three species of turfgrass in drought stress conditions. *J. Plant Product, 20*(1), 63-88. DOI: 20.1001.1.2008790.1394.5.2.2.0 [In Persian].

Tohidi, Z., Sobhanian, H., & Baghizadeh, A. (2021). Evaluation and comparison of ten ecotypes of *Teucrium polium* L. in tolerance to drought stress. *J. Plant Physiol., 16*(62), 123-138. DOI: 10.30495/iper.2021.679559 [In Persian].

Villalobos, F.J., Victor, O., & Sadras, E.F. (2016). Plant density and competition. Springer International Publishing, 159-168. Doi: 10.1007/978-3-319-46116-8_12.

Yousefi, B., Lebaschy, M., Sefidkon, F., & Safari, H. (2023). Effects of different planting densities and organic fertilizers on yield characteristics of *Satureja spicigera* (K.Koch) Boiss. under rainfed conditions. *IJMAPR, 39*(1), 69-81. DOI: 10.22092/ijmapr.2021.353696.2947 [In Persian].

Zadehbagheri, M., Salehi Salmi M R., & Zadehbagheri, M. (2016). The Physiological, Morphological and Bio-Chemical Comparison of the Current Grass Shiraz City's Green Space with Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *J .Crop. Product. Proc., 5*(18), 15-25. DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.15 [In Persian].