

The Impact of Irrigation and Cow Manure on Morphological Characteristics, Yield, and Components of *Zataria Multiflora* Bioss. in Mashhad

Background:

In the context of increasing water scarcity and the need for sustainable agricultural practices, this study examines the effects of irrigation levels and cow manure treatments on *Zataria multiflora* Bioss., commonly known as Shirazi thyme. This perennial medicinal plant, valued for its essential oils, holds significant economic potential in arid and semi-arid regions, where efficient resource management is crucial.

Objectives:

The primary objective was to assess the impact of different irrigation volumes and cow manure applications on the growth, morphological characteristics, yield, and essential oil content of Shirazi thyme. The study aimed to determine optimal combinations of these treatments to enhance plant productivity and resource use efficiency in the Mashhad region.

Methods:

The experiment was conducted in the research fields of Ferdowsi University of Mashhad during the 2020-2021 growing season. A factorial experiment was designed within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments included three irrigation levels (3000, 2100, and 3900 cubic meters per hectare) and four cow manure levels (41.76, 52.2, 62.64 tons per hectare, and a control with no manure). Key morphological traits and yield components were measured, including plant height, leaf area index (LAI), and biomass.

Results:

The results indicated that irrigation significantly influenced morphological traits such as plant height and LAI, with the highest values observed at the highest irrigation level (3.9 cubic meters per hectare). Cow manure application notably enhanced the lower canopy diameter and the wet and dry weight of flowers. The highest total dry weight yield was achieved with the highest levels of both irrigation and cow manure. Reduced irrigation levels led to significant decreases in biomass and essential oil yield, underscoring the plant's sensitivity to water stress. No significant interaction between irrigation and manure treatments was observed on most traits, suggesting independent effects of each factor.

Conclusion:

Both irrigation and cow manure significantly impact the growth and yield of Shirazi thyme. Adequate irrigation is essential for maintaining high biomass and essential oil production, while cow manure

improves soil fertility and plant health. These findings highlight the importance of integrated water and nutrient management for optimizing medicinal plant cultivation in arid regions.

Recommendations:

For farmers in similar climatic conditions, a balanced approach to irrigation and organic fertilization is recommended to maximize yield and maintain soil health. Future research should explore the long-term effects of these practices on soil properties and plant health, contributing to more sustainable and productive agricultural systems.

Keywords: Bio-fertilizer, Canopy diameter, Shirazi Thyme, Shoot, Total yield.

بررسی اثر تیمارهای آبیاری و تغذیه کود دامی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزاء عملکرد آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Bioss.) در اقلیم مشهد

مصطفی شمشادی، مهدی پارسا، پرویز رضوانی مقدم، سرور خرم دل

چکیده

آویشن شیرازی با نام علمی (*Zataria multiflora* Bioss.) گونه‌ای دارویی است که از پراکندگی محدود در جهان برخوردار می‌باشد. با توجه به شرایط سخت رشدی و تولید آن در شکاف و دامنه‌های سنگلاخی به نظر می‌رسد گیاهی متحمل و انعطاف پذیر به شرایط سخت و پرتنش از جمله تنش خشکی باشد. از آنجا که بحران آب در ایران بسیار جدی است و تهدید کننده بسیاری از گیاهان زراعی است، لذا در این شرایط کاشت آویشن شیرازی به عنوان یک گیاه دارویی اقتصادی و چندساله که در معرض آسیب برداشت بی‌رویه نیز قرار دارد می‌تواند راهکاری امیدبخش باشد. در این ارتباط آزمایشی برای بررسی اثر آبیاری و کود دامی بر رشد و عملکرد این گیاه در مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۴۰۰ انجام شد. سطوح مختلف کود دامی شامل ۴۱، ۵۲، ۶۲ و شاهد بدون کود (تن در هکتار) و همچنین سطوح آبیاری شامل ۲۱۰۰، ۳۰۰۰ و ۳۹۰۰ متر مکعب در هکتار بودند، یافته‌های تجزیه آماری نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد آبیاری بر روی صفات مورفولوژیکی این گیاه بودند، با کاهش حجم آبیاری شاخص سطح برگ (۴۷٪)، ارتفاع ساقه و بوته (۲۶٪)، قطر بزرگ و کوچک، تعداد شاخه جانبی، وزن (بوته، برگ، ساقه و گل) و همچنین عملکرد کل (۴۱٪) کاهش پیدا کرد، کود دامی نیز روی صفات قطر بزرگ پایین بوته و وزن گل تاثیر گذار بود و با افزایش کود افزایش یافت، بر اساس نتایج کلی حجم آبیاری پایین باعث ایجاد محدودیت، عقب ماندگی، کاهش رشد و در نهایت کاهش وزن خشک می‌شود، لذا حجم‌های بالاتر آبیاری برای کاهش اثرات ناشی از این مورد توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اندام هوایی، آویشن شیرازی، عملکرد کل، قطر کانوپی، کود زیستی.

مقدمه

در حال حاضر کشاورزی تکیه‌گاه حیات اقتصادی و امنیت غذایی جهان است (Pawlak & Kołodziejczak, 2020). بحران آب یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جهان امروز می‌باشد (Rosa, Chiarelli, Rulli, Dell'Angelo, & D'Odorico, 2020). کم آبی عملکرد گیاهان زراعی را در ۲۵ درصد از زمین‌های زراعی جهان کاهش می‌دهد (Fakhri, Sayfzadeh, Sarajooghi, Valadabadi, & Masouleh, 2023). یکی از چالش‌های مهم در جهان و ایران رقابت برای دسترسی به منابع آب می‌باشد و در این بین تغییر اقلیم از پدیده‌هاییست که آینده جهان را با تهدید مواجه نموده است. خاورمیانه در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک واقع شده و منابع آب محدودی دارد. ایران نیز با داشتن یک سوم متوسط بارندگی جهان، از این قاعده مستثنی نبوده و در اثر تغییر اقلیم دچار خشکسالی شده است (khosravi, akbarpor, bahmaniar, & andi, 2023; Miri et al., 2022). کاهش نزولات جوی، برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و گرم شدن روز افزون کره خاکی، موجب کاهش بسیار شدید منابع آب زیر زمینی و فرونشست دشت‌ها در اغلب مناطق کشور می‌شود (Saatsaz, 2020). با توجه به این نه آب را می‌توان به هر مقدار مصرف کرد و نه هر زراعتی را برای تهیه غذا انجام داد، گیاهان دارویی برخلاف گیاهان زراعی رایج، در طول تاریخ تکاملیشان، سازگاری‌های لازم را با تنش آب و دیگر نهادهای کشاورزی پیدا کرده‌اند (Kochaki & Khajah-Hosseini, 2017).

گیاهان دارویی از منابع بالقوه و عظیم الهی می‌باشد که با توجهات خاص و برنامه ریزی صحیح می‌تواند در موارد دارویی و درمانی و صنایع دیگر، به ویژه در زمینه‌ی اقتصاد بدون اتکا به نفت از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد (Mohammadi, Karim, Dahmardeh, & Ghasemi, 2021). امروزه، مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی و عوارض کم داروهای گیاهی و بی ضرر بودن آن‌ها موجب ترغیب و توجه به کشت این گیاهان در کشورهای توسعه یافته شده است (Riaz et al., 2021). همچنین مشکلاتی مانند کثرت دام و بهره‌برداری بی‌رویه گیاهان دارویی در عرصه سبب تبدیل عرصه‌ها به دیمزارهای کم بازده و بایر می‌شود. در پاسخ به این چالش کشت گیاهان دارویی چند ساله می‌تواند مناسب‌تر از گیاهان یکساله باشد چرا که با ایجاد پوشش بر سطح خاک در جلوگیری از تبخیر آب، سیلاب، فرسایش و افزایش ماده آلی خاک و ذخیره آب بیشتر بر اثر نیاز به شخم کمتر در عرصه‌های شیب‌دار و غیره، می‌تواند تحولی در حفظ و احیای اکوسیستم‌های زراعی ایجاد کند (Chubeigi, 2013; Khairi & , 2018; Tori, 2014; Lebaschi, Ashoorabadi, Tafti, & Asadi-Sanam, 2018).

آویشن گیاه دارویی چند ساله می‌باشد. نام آویشن به گروهی از گیاهان تیره نعنائیان (*Lamiaceae*) که به سه جنس (*Thymus*)، (*Zataria*)، (*Ziziphora*) تعلق دارند اطلاق می‌شود (Pourhosseini et al., 2020). آویشن شیرازی با نام علمی *Zataria multiflora* Bioss گونه‌ای دارویی در شکاف صخره‌ها و دامنه‌های سنگلاخی است که از پراکندگی محدود در جهان برخوردار بوده و رویش آن منحصر در ایران، افغانستان و پاکستان می‌باشد (Safaii, Ashoorabadi, & Aminazarm, 2023). اندام‌های دارویی این گیاه شامل برگ‌ها و گل‌های آن بوده که مهم‌ترین ترکیبات اسانس آن شامل تیمول و کارواکرول است که به ترتیب از ۳ تا ۶۰ درصد اسانس و ۱۵ تا ۵۰ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند؛ ترکیبات دیگر شامل لینالول، سیمن، تیمن و آلفا پینن هستند (Ahadi, Aliahmadi, & Mirjalili, 2020). آویشن شیرازی از گیاهان دولپه و دگرگشن است که ظاهری بوته‌ای یا درختچه‌ای کوچک به ارتفاع ۲۵ تا ۱۰۰ سانتی متر، ساقه‌های متعدد و محکم به رنگ خاکستری گاه متمایل به سفید و گاه کرکدار، برگ

های کوچک در قاعده قلبی شکل در انتها مدور، گل‌های کوچک و ریز، مجتمع در گرزهای کوچک به صورت سنبله انتهایی و میوه آن فندقه می‌باشد (Naseri, Ahmadipour, & meteor, 2023; Sasanihoma, Gholami, & Sarikhani, 1390; Sefidkan & Naderi, 2021). آویشن شیرازی دارای خواص آنتی باکتریال و آنتی فانگال بوده و برای درمان آسم و سرفه‌های ناشی از سرماخوردگی و برونشیت و گلودرد، اختلالات دستگاه گوارش، ضد عفونی کننده معده و مجاری ادراری، تب، درد زودرس زایمان، قاعده آور و تسکین دهنده دردهای قاعدگی، افسردگی، پارگی، درد مفاصل، سردرد و اسهال استفاده می‌شود و همچنین اثر ضد استرس این گیاه در موش نیز به اثبات رسیده است (Meamari, Yavari, & Bikdeloo, 2020; Safaai et al., 2023; Sasanihoma et al., 1390; Yavari, Nazari, Sefidkon, & Hassani, 2010).

خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایعترین تنش محیطی زیستی می‌باشد که می‌تواند رشد، عملکرد و محصول دهی گیاهان را محدود کند (Ashrafi et al., 2022; Babaee, Dehaghi, Sanavi, & Jabbari, 2010). در مجموع تنش خشکی از طریق کاهش تورژسانس سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سطح برگ کاهش در توانمندی هدایت روزنه‌ای، کاهش در آبیگری کلروپلاست و دیگر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز کلروفیل و پروتئین سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز و مواد فتوسنتزی می‌گردد که نتیجه تاثیر نهایی آن سبب کاهش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل‌ها، محتوی رطوبت نسبی، شاخص پایداری غشاء، کمیت و کیفیت عملکرد می‌شود (Moshrefi-Araghi et al., 2023). در کشاورزی اکولوژیک، کودهای شیمیایی و آفتکش‌ها به سبب ایجاد آلودگی کمتر استفاده می‌شوند، در نتیجه گیاهان تولیدی برای انسان و محیط زیست سالم هستند (da Cunha Honorato et al., 2024) مصرف فشرده و شدید کودهای شیمیایی باعث تخریب و تاثیر بر جانداران (ارگانسیم‌های) غیر هدف، تغییر یافتن اکوسیستم‌های زیستی و تاثیر گذاشتن بر میکرو ارگانسیم‌های خاک می‌شود (Rahimi et al., 2023). کودهای زیستی منبعی از مواد معدنی در دسترس طبیعی هستند که مقدار متوسطی از مواد غذایی مهم و ضروری برای تغذیه گیاهان را دارند (Vaičiulytė, Ložienė, & Sivicka, 2022). کودهای دامی (به عنوان کودی زیستی) باعث افزایش درصد خلل و فرج خاک از طریق افزایش مواد آلی خاک می‌شوند، که این امر سبب افزایش حاصلخیزی و باروری خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش قدرت نگهداری آب توسط خاک و در نهایت رشد، توسعه و گسترش بیشتر ریشه گیاه در خاک شده و جذب آب و مواد غذایی در گیاهان را بهبود می‌بخشد که این موضوع در نهایت باعث بهبود وضعیت رشدی و عملکردی گیاهان می‌شود (Askary, Behdani, Parsa, Ahmadi, & Mahmoodi, 2019; Walia et al., 2023).

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر مقدار آبیاری و کود دامی بر رشد و تولید شاخساره گیاه آویشن شیرازی در شرایط مزرعه است.

مواد و روش‌ها

برای تعیین اثرات سطوح آبیاری و تغذیه کود دامی بر خصوصیات رشدی و مورفولوژیکی گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به مختصات ($36^{\circ}14'05.2''N$ $59^{\circ}40'34.3''E$) و ارتفاع ۹۸۵

متر از سطح دریا صورت گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد و فاکتورهای آن شامل:

۳ سطح آبیاری شامل ۲۱۰۰ مترمکعب در هکتار (W1)، ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (W2) و ۳۹۰۰ مترمکعب در هکتار (W3) و

۴ سطح کود دامی شامل ۴۱.۷۶ تن در هکتار (M1)، ۵۲.۲ تن در هکتار (M2)، ۶۲.۶۴ تن در هکتار (M3) و شاهد بدون اضافه کردن کود دامی (M0) بودند.

قبل از آماده سازی زمین برای کشت، نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی متری زمین محل آزمایش به روش سیستماتیک قطری به وسیله ی اوگر جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک
Table 1- Physical and chemical analysis of farm soil at depth of 0-30 cm

ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount	ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount
شن Sand	%	33	اشباع خاک SP	%	32.636
سیلت Silt	%	49	مواد خثی شونده - آهک TNV	%	13.635
رس Clay	%	18	نیتروژن کل Total N	mg kg ⁻¹	0.078
کربن آلی O.C.	%	0.857	فسفر قابل جذب Available P	mg kg ⁻¹	13.80
قابلیت هدایت الکتریکی EC	dS m ⁻¹	2.795	پتاسیم قابل جذب Available K	mg kg ⁻¹	230
اسیدیته pH	---	7.17	بافت Texture	---	لوم سیلتی

در این آزمایش هر بلوک شامل ۱۲ کرت و هر کرت شامل ۶ خط کشت بود که فاصله بین ردیف‌ها ۵۵ سانتی متر و فاصله‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد، همچنین فاصله بین هر کرت برای عدم اثرگذاری تیمارهای آبیاری بر کرت مجاور ۱ متر و فاصله ی بین بلوک‌ها از هم ۲ متر در نظر گرفته شد. بذور این گیاه از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد و نشاءهای آن در گلخانه ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تولید گردید. تیمارهای کود دامی پس از آماده سازی زمین به صورت نواری با فاصله ۴ سانتی متر از نشاء در طرفین محل کشت نشاء در عمق ۱۰ سانتی متری کاشته شدند. همچنین از ۶ قسمت از توده کود دامی مورد استفاده که از نوع کود گاوی بود نمونه برداری انجام شد و برای انجام آنالیز فیزیکی و شیمیایی از مخلوط یک کیلویی آن استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه فیزیکی و شیمیایی کود دامی مورد استفاده
Table 2- Physical and chemical analysis of cow manure

ویژگی (Characteristics)								
ماده آلی (O.M.)	کربن آلی (O.C.)	هدایت الکتریکی (EC)	اسیدیته (pH)	پتاسیم محلول (Soluble K ₂ O)	فسفر کل (Total P ₂ O ₅)	فسفر محلول (Soluble P ₂ O ₅)	نیترژن کل (Total N)	واحد Unit
%	%	dS m ⁻¹	---	%	%	%	%	%
35.150	20.420	11.46	7.40	2.109	2.000	1.250	2.100	مقدار Amount

کشت نشاءها به دلیل مصونیت از خطر تگرگ زدگی در اواسط خرداد ماه صورت گرفت، و یک هفته بعد از آن نیز گیاهان خشک شده واکاری شدند. تیمارهای آبیاری بعد از استقرار کامل گیاهان در مزرعه به وسیله ی کنتور حجمی با دقت (۰/۰۰۰۱ لیتر) و با استفاده از شیرهای کنترل برای هر کرت توسط سیستم آبیاری قطره‌ای اعمال شدند. در طول فصل رشد گیاه مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی و به دفعات زیاد و به میزان هر ده روز یکبار انجام شد. صفات مورفولوژیکی شامل تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته، ارتفاع ساقه، سطح برگ، قطر بزرگ و کوچک بالا و پایین کانوپی، وزن تر برگ، گل و ساقه و وزن آون خشک آنها اندازه گیری شد. پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله اوایل گلدهی (باز شدن ۱۰ درصد از گل ها) نمونه‌گیری برای اجزای عملکرد به روش سیستماتیک تصادفی و با حذف دو ردیف کناری به عنوان اثرهای حاشیه‌ای در هر کرت صورت گرفت. قبل از بریدن گیاهان ارتفاع بوته و ساقه توسط متر به ترتیب به صورت اندازه‌گیری از طوقه تا محلی که حداکثر شاخه‌ها وجود دارند (ارتفاع بوته) و اندازه‌گیری طول بلندترین شاخه گیاه (ارتفاع ساقه) انجام شد. برای اندازه‌گیری قطر کانوپی ابتدا قطر بزرگ و کوچک بالای سطح کانوپی با متر و خط‌کش اندازه‌گیری شد سپس همین کار برای اندازه قطر کوچک و بزرگ پایین کانوپی از ارتفاع ۵ سانتی‌متری بالای طوقه انجام شد. سپس گیاهان برای ادامه اندازه‌گیری‌ها از ارتفاع ۷ سانتی‌متری برش خوردند و بعد از انتقال به آزمایشگاه ابتدا وزن تر بوته با ترازویی با دقت (۰/۰۰۱) گرم ثبت شد سپس برگ، گل و ساقه به دقت از هم جدا شدند و وزن آن‌ها با ترازو ثبت شد، بلافاصله سطح برگ‌های جدا شده توسط دستگاه LI-3100C Area Meter ساخت کشور آمریکا، اندازه گیری شد و سپس به صورت جدا در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و مجدد با ترازوی دیجیتال با دقت (۰/۰۰۱) گرم وزن آون خشک آن‌ها برآورد گردید. برای عملکرد کل نیز نصف بوته‌های هر کرت از ارتفاع ۷ سانتی‌متری برداشت شدند و در انبار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته خشک گردیدند، سپس وزن آن با ترازوی دیجیتال با دقت (۰/۰۱) گرم ثبت شد، در ادامه وزن آون خشک آن‌ها نیز مطابق روش قبلی اندازه‌گیری شد. وزن آون خشک بوته از طریق حاصل جمع وزن آون خشک برگ، گل و ساقه محاسبه شد و همچنین شاخص سطح برگ با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید:

شاخص سطح برگ (LAI, Leaf area index)

$$LAI = \frac{LA (cm^2)}{GA (cm^2)}$$

که در آن (LA) مساحت برگ و (GA) مساحت زمین می‌باشد.

در نهایت کلیه داده‌های حاصل از آزمایش در نرم افزار Excel ثبت شدند و سپس با توجه به هدف کار، و با استفاده از الگوریتم نویسی در نرم افزار Matlab R 2019 داده‌ها مرتب شدند و همچنین تست نرمال بودن آن‌ها انجام شد، سپس توسط نرم افزار SAS Pro 17.0.0 تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح آماری مورد استفاده انجام شد، ابتدا تجزیه واریانس و سپس مقایسات میانگین به روش حداقل اختلاف معنی دار (L.S.D) در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت. رسم نمودارها و گرفتن خروجی نیز توسط نرم افزارهای Excel و همچنین Matlab انجام شدند.

نتایج و بحث

طبق آزمایش انجام شده، نتایج حاصله از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اعمال دو تیمار آبیاری و کود دامی بر روی برخی صفات اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری داشتند، ولی در مقابل، اثر متقابل این دو تیمار بر هیچ یک از صفات مورد مطالعه در هیچ سطحی معنی‌دار نشد. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که اثر ساده تیمار آبیاری بر روی همه صفات آزمایشی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد که این یافته نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد آبیاری بر روی صفات مورفولوژیکی این گیاه در سال اول رشدی می‌باشد و در ادامه اثر ساده تیمار کود دامی فقط بر روی صفات قطر بزرگ پایین بوته و وزن تر و آون خشک گل در سطوح مختلف آماری معنی‌دار گردید (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس اثر آبیاری و کود دامی بر شاخص‌های رشد بوته آویشن شیرازی

Table 3- Analysis of variance for the effect of irrigation and manure on growth parameters of *Zataria multiflora* Bioss.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of lateral branches	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Bush height	قطر کوچک بالا Small top diameter	قطر بزرگ بالا Large top d.	ارتفاع ساقه Stem height	قطر کوچک پایین Small bottom d.	قطر بزرگ پایین Large bottom d.
بلوک Block	2	13.85 [*]	0.045 ^{ns}	22.7 ^{ns}	32.63 ^{ns}	34.98 ^{ns}	46.2 ^{ns}	1.51 ^{ns}	0.57 ^{ns}
آبیاری Irrigation	2	132.42 ^{**}	0.342 ^{**}	300 ^{**}	612.23 ^{**}	233.21 ^{**}	571 ^{**}	6.35 [*]	8.50 ^{**}
کود دامی Manure	3	2.78 ^{ns}	0.03 ^{ns}	26.2 ^{ns}	20.75 ^{ns}	10.81 ^{ns}	29.4 ^{ns}	4.23 ^{ns}	3.57 [*]
اثر متقابل I × M	6	3.09 ^{ns}	0.012 ^{ns}	20.2 ^{ns}	18.43 ^{ns}	22.35 ^{ns}	23.7 ^{ns}	1.34 ^{ns}	0.71 ^{ns}
باقیمانده Residual	22	3.19	0.02	22.92	25.49	18.15	35.50	1.78	1.14
ضریب تغییرات (%) C.V. § (%)		19.07	26.82	12.29	16.92	18.75	13.24	13.69	10.51

* و **: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد، ns: غیر معنی دار، §: ضریب تغییرات.

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively, ns: not significant, §: coefficient of variation.

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس اثر آبیاری و کود دامی بر وزن بوته آویشن شیرازی

Table 4- Analysis of variance for the effect of irrigation and manure on plant weight of *Zataria multiflora* Bioss.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن هوا خشک برگ Leaf air dry weight	وزن آون خشک بوته Plant oven dry weight	وزن آون خشک برگ Leaf oven dry weight
بلوک Block	2	38947 ^{ns}	9408 ^{ns}	3596 ^{ns}	14.32 ^{ns}	930.89 [*]	2981 ^{ns}	779.52 [*]
آبیاری Irrigation	2	309896 ^{**}	48595 ^{**}	66420 ^{**}	114.2 ^{**}	5348.84 ^{**}	30935 ^{**}	4609 ^{**}
کود دامی Manure	3	34943 ^{ns}	5594 ^{ns}	3706 ^{ns}	43.27 [*]	539.02 ^{ns}	2825 ^{ns}	477.31 ^{ns}
اثر متقابل I × M	6	5619 ^{ns}	865 ^{ns}	1816 ^{ns}	73.06 ^{ns}	207.04 ^{ns}	1259 ^{ns}	180.95 ^{ns}
باقیمانده Residual	22	15371	2738	1765	14.14	230.22	978	196.39
ضریب تغییرات (%) C.V. \$ (%)		27.93	25.68	23.74	26.85	19.69	20.12	19.61

* و **: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد، ns: غیر معنی دار، \$: ضریب تغییرات.

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively, ns: not significant, \$: coefficient of variation.

جدول ۴- ادامه جدول، نتایج آنالیز واریانس اثر آبیاری و کود دامی بر وزن بوته آویشن شیرازی

Table 4- Analysis of variance for the effect of irrigation and manure on plant weight of *Zataria multiflora* Bioss.

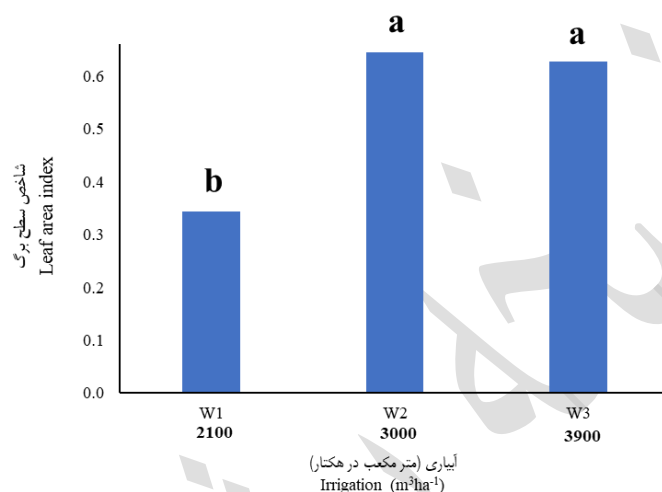
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن آون خشک ساقه Stem oven dry weight	وزن آون خشک گل Flower oven dry weight	عملکرد کل (هوا خشک) Total yield (air dry)	عملکرد کل (آون خشک) Total yield (oven dry)
بلوک Block	2	697.43 ^{ns}	1.897 ^{ns}	4254.75 [*]	3745.25 [*]
آبیاری Irrigation	2	9534.23 ^{**}	137.14 ^{**}	17496.10 ^{**}	15430.55 ^{**}
کود دامی Manure	3	957.58 ^{ns}	85.319 ^{**}	992.79 ^{ns}	880.22 ^{ns}
اثر متقابل I × M	6	565.63 ^{ns}	79.811 ^{ns}	2034.68 ^{ns}	1785.30 ^{ns}
باقیمانده Residual	22	403	5.423	844.73	743.91
ضریب تغییرات (%) C.V. \$ (%)		26.35	29.99	19.76	19.78

* و **: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد، ns: غیر معنی دار، \$: ضریب تغییرات.

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively, ns: not significant, \$: coefficient of variation.

شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تاثیر ساده آبیاری بر شاخص سطح برگ معنی دار ($P \leq 0.01$) بود و کمترین مقدار این صفت (۰/۳۴) در تیمار W1 مشاهده شد و این تیمار نسبت به تیمار W2 دچار کاهشی ۴۷ درصدی شده است. شاخص سطح برگ در تیمارهای W2 و W3 در یک سطح می‌باشد و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند (شکل ۱).



شکل ۱- اثر آبیاری بر شاخص سطح برگ آویشن شیرازی
Figure 1- Effect of irrigation on leaf area index of *Zataria multiflora* Boiss.

شاخص سطح برگ در جذب و دریافت تشعشعات خورشیدی بسیار پراهمیت است و بالا بودن این شاخص در بهبود رشد و افزایش عملکرد محصول موثر می‌باشد؛ افزایش شاخص سطح برگ، افزایش تراکم کانوپی را به دنبال دارد که موجب استفاده بهینه تر از انرژی نورانی خورشید شده و در نتیجه، سنتز مواد فتوسنتزی را افزایش می‌دهد (Liu et al., 2021). با بررسی نتایج حاصل از این آزمایش مشاهده شد که با کاهش مقدار آبیاری از ۳۰۰۰ به ۲۱۰۰ متر مکعب شاخص سطح برگ نیز کاهش یافت، پژوهش حاضر با نتایج حاصل از پژوهش‌های متعددی در این زمینه مطابقت دارد، برگ یکی از اصلی ترین اندام‌های گیاه دارویی آویشن شیرازی می‌باشد که از نقطه نظر تولید اسانس دارای اهمیت اقتصادی زیادی بوده که در این باره سطح برگ این گیاه دارای کرک‌های ترش‌حی می‌باشد و سنتز اسانس را بر عهده دارد؛ ریزش برگ تحت شرایط خشکی یا تولید سطح برگ کمتر از حد معمول یکی از واکنش‌های سازگاری متداول برای زنده ماندن گیاهان در این شرایط است (Abbasi, Houshmand, & Ahmadi, 2024). در این رابطه کوچکی و همکاران (Koocheki, Nassiri-Mahallati, & Azizi, 2006) اظهار کردند که با کاهش آبیاری سطح برگ در بوته کاهش یافت، آن‌ها بیان داشتند که گیاه در مواجه با کمبود آبیاری، برای حفظ رطوبت و کاهش تعرق، سطح برگ خود را کاهش داده و این پدیده همراه با افزایش ضخامت برگ می‌باشد. همچنین کاظم پور و همکاران (Kazempour, Sharghi, Sanavi, Zahedi, & Kon, 2023) در آزمایشی مشابه بیان کردند که با کاهش آبیاری سطح برگ آویشن روندی کاهشی داشت؛ و علت آن را اینطور بیان کردند که نامناسب بودن تورژسانس سلولی سبب کاهش تقسیم سلولی شده و بسته شدن روزنه‌ها یا کاهش هدایت روزنه‌ای سبب تقلیل فتوسنتز و کاهش رشد گیاه می‌شود

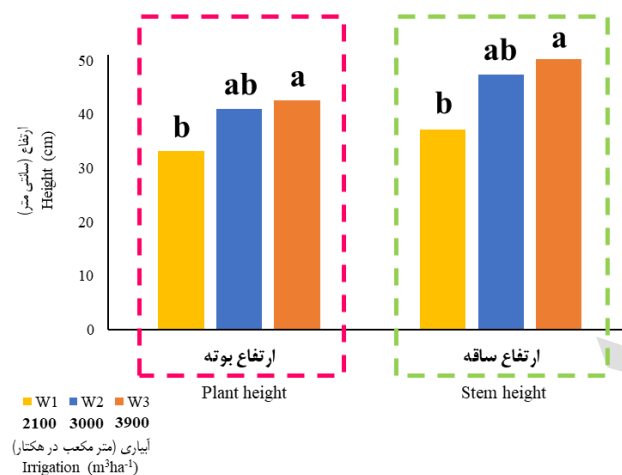
که این موارد از عوامل کاهش سطح برگ هستند. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش و مطالعات سایر پژوهشگران بر روی این موضوع به نظر می‌رسد تنش آب علاوه بر توسعه و کاهش رشد برگ قادر است به وسیله‌ی مرگ برگ و ریزش آن‌ها در طول مراحل مختلف رشدی بر شاخص سطح برگ تاثیرگذار باشد، به طور کلی کمبود آب از طریق کوچک کردن سطح برگ، بستن روزنه‌ها، کم کردن هدایت روزنه‌ای، کاهش در فرایندهای وابسته به کلروپلاست از کارایی فتوسنتز می‌کاهد و همچنین با تقلیل سنتز کلروفیل موجب کاهش در فرآیند فتوسنتز می‌گردد که در نهایت، این امر سبب کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی شده و با تخصیص سهمیه کمتری به برگ باعث کاهش رشد و توسعه برگ شده و در نهایت سطح برگ کوچک می‌شود؛ همچنین کمبود آب می‌تواند به طور مستقیم بر فرایندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز تاثیر گذاشته و به طور غیر مستقیم نیز ورود دی اکسید کربن از طریق روزنه‌ها به داخل برگ‌ها را که به دلیل شرایط تنش آبی بسته شده‌اند را کاهش می‌دهد. (Babae, Dehaghi, Sanavi, & Jabbari, 2010).

علاوه بر این در آزمایش حاضر افزایش سطوح کود دامی نسبت به شاهد به طور معنی‌داری تفاوتی در سطح برگ گیاه ایجاد نکرد، که در پژوهشی که توسط عسکری و همکاران (Askary, Behdani, Parsa, Ahmadi, & Mahmoodi, 2019) صورت پذیرفت نتایجی مخالف با نتایج این آزمایش داشتند و بیان کردند که با افزایش سطوح کود دامی سطح برگ نیز بیشتر گردید، آن‌ها دلیل کاهش شاخص سطح برگ در آخر فصل رشد را به پیری، زرد شدن و ریزش برگ‌ها نسبت دادند و بیان داشتند که به دلیل استفاده از کود دامی میزان شاخص سطح برگ افزایش پیدا کرد که این امر می‌تواند به خاطر نقش کود دامی در بهبود خصوصیات خاک و متعاقب آن تقویت سیستم ریشه‌ای گیاه و جذب آب بیشتر نسبت به شرایط عدم کاربرد کود توسط گیاه باشد که منجر به تقلیل اثرات تنش در گیاه می‌گردد، و همچنین ظرفیت جذب آب را بالا می‌برد و محیط مناسبی را برای گسترش ریشه فراهم می‌کند (Askary et al., 2019).

ارتفاع ساقه – ارتفاع بوته

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در اثر ساده آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که شرایط ایجاد شده توسط تیمار W1 موجب کاهش ارتفاع بوته گردیده است، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۴۲ سانتی‌متر در تیمار آبیاری W3 و کمترین آن با میانگین ۳۳ سانتی‌متر در تیمار آبیاری W1 بود، همچنین در تیمار W1 نسبت به تیمار W3 به دلیل کاهش حجم آبیاری ارتفاع بوته ۲۱ درصد کاهش یافت.

همچنین نتایج نشان داد که ارتفاع ساقه در تمام سطوح تیمار آبیاری نسبت به ارتفاع بوته بیشتر است و ساقه‌ها از طول بلندتری نسبت به متوسط بوته برخوردار بودند، علاوه بر این کمترین ارتفاع ساقه با میانگین ۳۷ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری W1 و بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار W3 با مقدار میانگین ۵۰ سانتی‌متر بود، در این مورد ارتفاع ساقه در تیمار W1 نسبت به تیمار W3 به دلیل کاهش حجم آبیاری ۲۶ درصد کاهش داشت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر آبیاری بر ارتفاع بوته و ارتفاع ساقه آویشن شیرازی

Figure 2- Effect of irrigation on plant height and stem height of *Zataria multiflora* Boiss.

یافته‌های حاصل از آزمایش حاضر نشان داد که با کاهش سطوح آبیاری از ۳۹۰۰ به ۲۱۰۰ متر مکعب ارتفاع بوته و ساقه کاسته شده به طوری که بین تیمارها اختلاف ۲۱ درصدی مشاهده گردید، همچنین در این آزمایش مشخص شد در تمام سطوح آبیاری طول ارتفاع ساقه از ارتفاع بوته بیشتر می‌باشد. با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد نتایج آزمایش حاضر با بسیاری از آزمایش‌های مشابه مطابقت داشته و با کاهش سطوح آبیاری از ۳۹۰۰ به ۲۱۰۰ متر مکعب ارتفاع بوته نیز کاهش می‌یابد. در این رابطه سپهوند و همکاران (Sepahvand, Jafari, Sefidkon, & Kalatejari, 2021) گزارش کردند که در گیاه آویشن دناهی ارتفاع بوته با کاهش آبیاری روندی کاهشی داشت، به طوری که در سطح تنش آبی شدید کاهش ۱۵ درصدی و معنی داری نسبت به آبیاری کامل نشان داد. همچنین نادری و همکاران (Naderi, Afranjeh, & Shabani, 2022) در آزمایشی بر روی آویشن شیرازی بیان کردند که با افزایش تنش خشکی از شاهد به تنش شدید، ارتفاع بوته کاهش یافت و بیشترین ارتفاع بوته را ۳۸ سانتی‌متر و مربوط به آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) اعلام کردند و کمترین آن ۲۰ سانتی‌متر و مربوط به تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود، علاوه بر این اشرف‌زاده و همکاران (Ashrafzadeh, Morshidi, Dashtabi, & Mohseni, 2021) نیز نتایج مشابهی را بر روی آویشن شیرازی گزارش کردند. ماچانی و همکاران (Machiani, Javanmard, Ostadi, Morshedloo, & Chabokpour, 2021) نیز بیان داشتند که بر اثر افزایش سطح تنش خشکی از ارتفاع بوته آویشن باغی کاسته شده است، کمبود آب از طرفی با کاهش مقدار جذب مواد غذایی و از طرف دیگر با تحت تاثیر قرار دادن سازوکارهای مختلف از قبیل کاهش غلظت کلروفیل، سرعت فتوسنتز و کارایی آن منجر به کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Akhzari & Kavian, 2021).

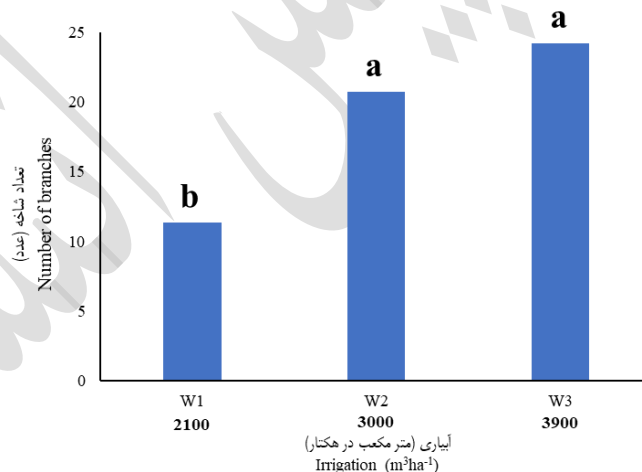
با توجه به یافته‌های حاضر و همچنین کاهش سطح برگ به نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع گیاه را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود آب و کاهش سنتز مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه (Luo et al., 2023) به خاطر بسته شدن روزنه‌ها، اختلال در ساختار غشاء تیلاکوئید و فعالیت آنزیم رویسکو، کاهش ذخیره و انتقال مواد فتوسنتزی دانست. کاهش ارتفاع گیاه در هر ساقه دلیلی است برای اینکه تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی گردیده و انعطاف پذیری دیواره سلول‌های ساقه را کاهش داده است، در نتیجه طول شدن این سلول‌ها متوقف می‌شود و به گونه‌ای رشد رویشی گیاه کاهش پیدا می‌کند. از آنجا که بخش هوایی گیاه دارای حساسیت بیشتری به تنش کم آبی می‌باشد،

محدودیت‌های نموی در اثر کمبود رطوبت خاک در این بخش زودتر اتفاق می‌افتد. هر گونه کمبود آب موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش توسعه و تقسیم سلولی به خصوص در ساقه و برگ‌ها می‌شود، به همین خاطر اولین اثر قابل مشاهده کم آبی بر روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا کوچک تر شدن اندازه برگ‌ها تشخیص داد (Abdi, Asghari, Abolhassani, Amerian, & Bodi, 2022a).

در آزمایش حاضر کاربرد سطوح مختلف کود دامی به طور معنی‌داری اختلافی در ارتفاع بوته و ساقه ایجاد نکرد که این موضوع با نتایج حاصل از آزمایش توتونی و همکاران (Tutoni, Mousavi, & Mitra, 2021) در تضاد است، آن‌ها بیان کردند که ارتفاع بوته آویشن باغی با کاربرد کود دامی افزایش پیدا کرد، به طوری که بیشترین ارتفاع در کاربرد ۳۰ درصد حجمی کود دامی به میزان ۳۶ سانتی‌متر مشاهده گردید که این باعث افزایش ۲۱ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد.

تعداد شاخه جانبی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر ساده تیمار آبیاری بر روی تعداد شاخه‌های جانبی گیاه نشان داد که اعمال تیمار W1 و کاهش میزان آبیاری نسبت به دو تیمار دیگر باعث کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه شد به طوری که میزان شاخه جانبی در تیمار W1 نسبت به W2 چهار کاهشی ۴۵ درصدی شده است و در بین سطوح آبیاری آزمایش، تیمار W1 دارای کمترین میزان شاخه جانبی به میزان ۵ جفت شاخه می‌باشد، و در مقابل با افزایش آبیاری از سطح تیمار W1 تولید شاخه‌های جانبی در گیاه بیشتر شده و به میزان ۱۰-۱۲ جفت شاخه رسیده است (شکل ۳).



شکل ۳- اثر آبیاری بر تعداد شاخه جانبی آویشن شیرازی

Figure 3- Effect of irrigation on the number of lateral branches of *Zataria multiflora* Boiss.

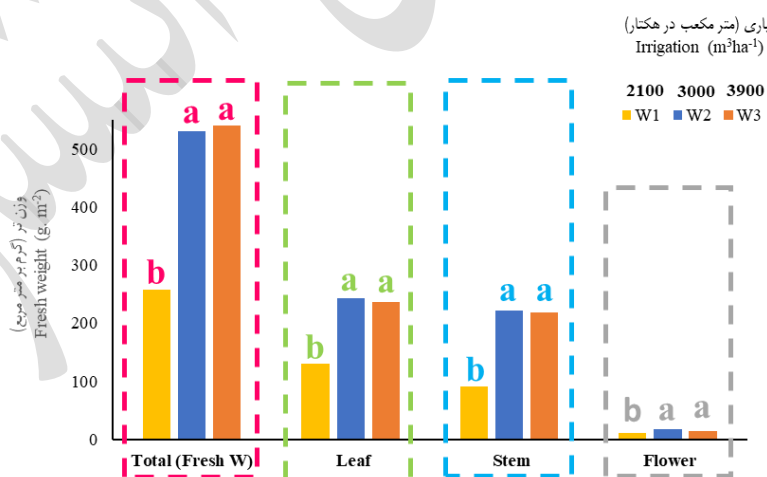
نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با کاهش سطوح آبیاری از تعداد شاخه‌های جانبی آویشن شیرازی نیز کاسته شد بطوری که اختلاف ۴۵ درصدی بین تیمارها مشاهده گردید، کاهش تعداد شاخه‌های جانبی بر اثر خشکی در آزمایش‌های زیادی بر روی گونه‌های متعددی از آویشن گزارش شده است که یافته‌های آزمایش حاضر نیز همسو با آن‌ها می‌باشد. در این باره شرفی و همکاران (Alla Sharafi, Changizi, Rafiee,) (Gomarian, & Khagani, 2019) گزارش کردند که تعداد شاخه‌های جانبی در آویشن باغی با افزایش تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت و از میانگین ۱۳ شاخه در شرایط نرمال به ۱۱ شاخه در تنش شدید خشکی (۵۵ درصد ظرفیت زراعی) رسید. همچنین عسکری و همکاران

(Askary, Parsa, Behdani, Jami Al-Ahmadi, & Mahmoodi, 2023) گزارش کردند که با کاهش میزان رطوبت خاک از ۱۰۰ به ۳۳ درصد ظرفیت زراعی تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه به میزان ۹/۵ درصد کاهش یافت. شرفی و همکاران (Sharafi, Changizi, Rafiee, Gomarian,) (Khagani, 2021) نیز گزارش کردند که بالاترین تعداد شاخه فرعی به میزان ۱۲ شاخه مربوط به تیمار شاهد بود و با اعمال تنش خشکی تعداد شاخه جانبی نسبت به شاهد کاهش یافت، به نظر می‌رسد با کاهش ارتفاع ساقه و همچنین کاهش سطح برگ، میزان مواد فتوسنتزی نیز در گیاه کاهش پیدا کرده و به تبع آن مواد فتوسنتزی کمتری برای پر شاخه و برگ‌تر شدن گیاه هزینه شده است در این صورت گسترش شاخه‌های جانبی در گیاه کاهش پیدا کرده است، بدین ترتیب می‌توان کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه را در شرایط خشکی احتمالا به عنوان یک مکانیسم سازگاری دانست.

وزن تر و خشک گیاه (برگ، ساقه، گل و بوته)

وزن تر کل بوته، برگ، ساقه و گل

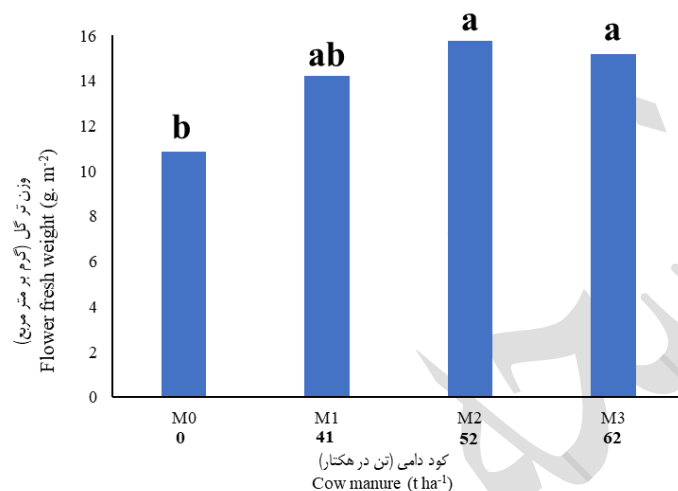
نتایج حاصل از این آزمایش در اثر تیمار آبیاری بر روی صفات وزن تر (کل بوته، وزن تر برگ، ساقه و گل) نشان داد که تیمار W1 در بین سایر سطوح آبیاری و در صفات مذکور دارای کمترین مقادیر می‌باشد به طوری که مقدار آن‌ها به ترتیب ۲۵۸، ۱۳۰، ۹۱ و ۱۰ گرم بر متر مربع شده است، همچنین در این مورد تیمار W1 نسبت به تیمار W2 در صفات وزن تر کل، برگ، ساقه و گل به ترتیب دچار ۵۱، ۴۶، ۵۸ و ۴۱ درصد کاهش وزنی در متر مربع شده است، که این نمایانگر اهمیت آب در وزن تر این گیاه می‌باشد. همچنین مقادیر وزنی تیمارهای W2 و W3 از نظر آماری در صفات وزن تر کل، برگ، ساقه و گل تفاوت معنی‌داری نداشته و مشابه بودند، که می‌توان موضوع را اینطور بیان کرد که با مصرف آب کمتر در تیمار W2 نسبت به W3 می‌توان به عملکرد بوته مشابه در متر مربع رسید (شکل ۴).



شکل ۴- اثر آبیاری بر وزن تر برگ، ساقه، گل و کل شاخساره آویشن شیرازی

Figure 4- Effect of irrigation on total fresh weight, leaf, stem and flower of *Zataria multiflora* Boiss.

همچنین در اثر کود دامی بر وزن تر گل نیز مشاهده شد که با مصرف بیشتر کود دامی در هکتار در همه ی سطوح کودی مورد استفاده وزن تر گل نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد به طوری که وزن تر گل در تیمارهای M2 و M3 نسبت به شاهد ۴۵ درصد افزایش یافت که نشان دهنده اهمیت مصرف کود دامی در تشکیل گل و افزایش وزن تر آن می باشد (شکل ۵).

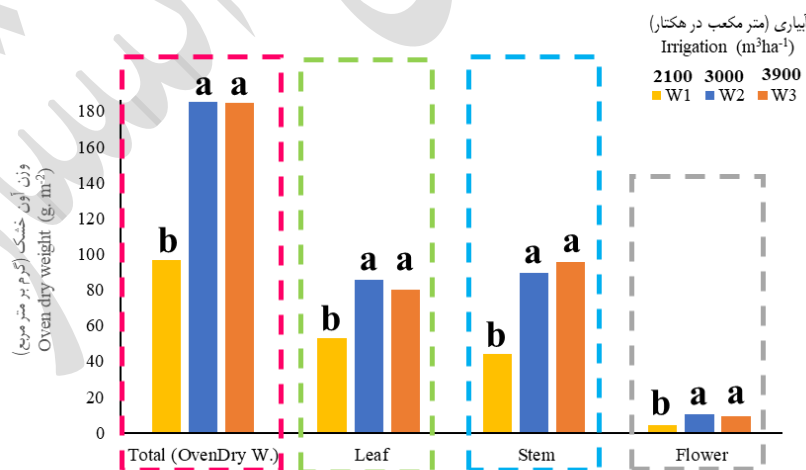


شکل ۵- اثر کود دامی بر وزن تر گل آویشن شیرازی

Figure 5- Effect of cow manure on flower fresh weight of *Zataria multiflora* Boiss.

وزن آون خشک کل بوته، برگ، ساقه و گل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار آبیاری در این بخش مشابه نتایج حاصل از صفات وزن تر این گیاه بود و تیمار W1 نسبت به سایر تیمارهای آبیاری دارای کمترین مقادیر وزنی بودند (شکل ۶).

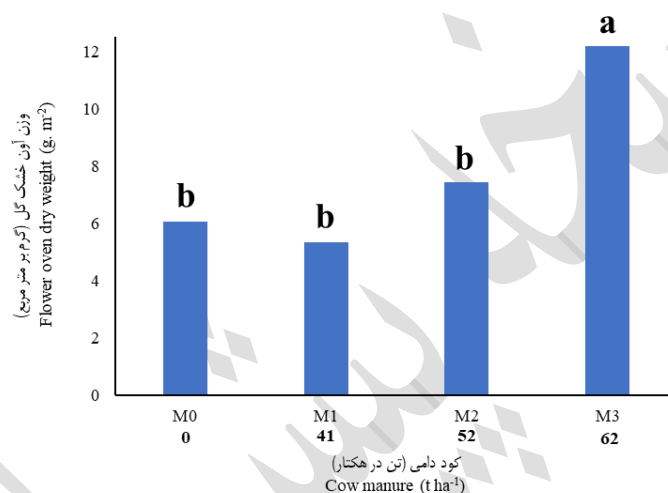


شکل ۶- اثر آبیاری بر وزن آون خشک کل، برگ، ساقه و گل آویشن شیرازی

Figure 6- Effect of irrigation on total dry weight of leaf, stem and flower of *Zataria multiflora* Boiss.

همچنین درصد رطوبت موجود در گیاه تازه برداشت شده نسبت به وزن آون خشک این گیاه برای کل بوته در تیمارهای آبیاری W2 و W1 و W3 به ترتیب معادل ۶۵، ۶۲ و ۶۵ درصد می‌باشد، در برگ به ترتیب معادل ۶۴، ۶۲ و ۶۶ درصد، در ساقه به ترتیب معادل ۵۹، ۵۱، ۵۶ درصد و در گل به ترتیب معادل ۳۹، ۶۳ و ۳۶ درصد رطوبت می‌باشد، که خشبی بودن گیاه آویشن شیرازی را نسبت به سایر گیاهان نمایش می‌دهد.

همچنین در اثر ساده تیمار کود دامی بر وزن خشک گل تیمار M3 بیشترین وزن خشک گل را نسبت به سایر سطوح کود دامی با مقدار ۱۲ گرم در متر مربع دارا بود که این مقدار نسبت به تیمار شاهد ۱۰۰ درصد افزایشی بوده است و با استفاده از این مقدار کود دامی وزن خشک گل نسبت به شاهد ۲ برابر شده است (شکل ۷).



شکل ۷- اثر کود دامی بر وزن آون خشک گل آویشن شیرازی

Figure 7- Effect of cow manure on flower dry weight of *Zataria multiflora* Boiss.

در مجموع وزن خشک گیاه، نمایانگر توانایی و قدرت گیاه در تولید و ذخیره مواد پرورده ساخته شده در طول فصل رشد می‌باشد و ماده خشک تولیدی در گیاه نیز به عنوان تابعی از نور جذب شده در طول دوره رشد و راندمان استفاده از نور تحت تاثیر شرایط محیطی و ساختار کانوپی است. با کاهش رشد سلول در اثر کمبود آب، اندازه اندام‌های هوایی گیاه محدود شده و همین مورد موجب کاهش وزن ماده خشک تولیدی در گیاه می‌شود. همچنین در شرایط کمبود آب توسعه و رشد برگ‌ها محدود شده و با کاهش سطح برگ، جذب نور توسط گیاه کاهش پیدا می‌کند، افزون بر این موارد، کارایی مصرف نور نیز کاهش یافته و در نهایت میزان فتوسنتز کل در گیاه کاهش پیدا می‌کند، در شرایط کمبود آب بدیهی است که فرآورده‌های فتوسنتزی با محدودیت مواجه شده، رشد گیاه کم شده و نهایتاً وزن ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد (Zhao et al., 2020). طبق نتایج آزمایش حاضر با کاهش سطوح آبیاری وزن تر و خشک بوته و سایر اجزاء عملکرد گیاه از جمله وزن برگ، ساقه و گل نیز کاهش پیدا کرد، که نتایج حاصل از این آزمایش با بسیاری از محققین دیگر هم سو بود و آن‌ها نیز به نتایج مشابه رسیده بودند. در این رابطه کاظم‌پور و همکاران (Kazempour et al., 2023) بیان کردند که با کاهش آبیاری وزن تر و خشک برگ نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داشت، و این موضوع ممکن است به کاهش تورگر سلولی نسبت داده شود که به نوبه خود باعث کاهش طول و توسعه سلولی می‌شود. همچنین نگاری و همکاران (Negari, Al-) (Ahmadi, & Zamani, 2023) گزارش دادند که سطح تامین رطوبت در ۶۰ و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به ۹۰ درصد، عملکرد برگ در

آویشن باغی را به ترتیب ۲۰ و ۳۸ درصد و عملکرد ساقه را ۳۸ و ۵۱ درصد کاهش داد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. همچنین پارسا و همکاران (Parsa, Behdani, Askari, Jami, & Mahmoudi, 2020b) بیان کردند که در شرایط تنش خشکی تلفات برگ و در نتیجه درصد برگ‌های خشک افزایش و درصد برگ‌های باقی مانده روی گیاه آویشن دناپی نسبت به حالت شاهد کاهش یافت، در نتیجه با کاهش تعداد برگ، نسبت وزن برگ خشک به ساقه کاهش یافت. همچنین در آزمایشی که توسط نگاری و همکاران (Negari et al., 2023) صورت گرفت شاهد افزایش وزن ساقه در رطوبت بیشتر بودند به نظر می‌رسد که رطوبت بیشتر باعث تحریک ساقه قوی‌تر و بزرگ‌تر می‌گردد که این واکنش می‌تواند عمل خود-تنظیمی گیاه برای تحمل برگ و گل بیشتر و این که مواد غذایی در ساقه برای زمستان گذرانی ذخیره می‌شود. برگ آویشن‌ها علاوه بر اینکه محل مهم واکنش‌های بیوشیمیایی کربن گیری، فتوسنتز، تولید و ذخیره مواد غذایی و اکسیژن و همچنین تبخیر، تعریق و تعرق است، مهم‌ترین محل تشکیل غدد اسانس است. ساقه گیاه نیز پل ارتباطی اندام هوایی و زیر زمینی، ذخیره‌گاه مواد غذایی و محل نگهداری برگ، گل و میوه است. علاوه بر این در پژوهش‌های صورت گرفته مشخص شد که با افزایش سطح تنش کم آبی از عملکرد سرشاخه‌های گلدار نیز کاسته شد. (Goshasbi, Heidari, Sabbagh, & Makarian, 2020; Goshasbi, Heidari, Sbbagh, & Makarian, 2021) و متعاقب آن عملکرد گل در دو گونه مختلف آویشن کاهش پیدا کرد (Parsa, Behdani, Askari, Jami, & Mahmoudi, 2020a). تحت شرایط تنش خشکی سطح برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش پیدا کردند و باعث کاهش انتقال این مواد به سمت گل‌ها شده که در نهایت باعث کاهش عملکرد خشک گل می‌گردد (Parsa et al., 2020a). از آنجا که اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش کم آبی دارند و محدودیت نمو گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد، به همین دلیل در مرحله زایشی، گیاه حساسیت خاصی نسبت به تنش آب دارد. تنش خشکی از میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل جلوگیری می‌کند (Abdi, Asghari, Abolhassani, Amerian, & Bodi, 2022b). در شرایط کمبود آب رنگیزه‌های فتوسنتزی و سطح برگ کاهش پیدا می‌کند و به تبع آن مواد فتوسنتزی کاهش یافته و این مواد به سمت گل‌ها کمتر منتقل می‌شود که نهایتاً سبب کاهش عملکرد ماده خشک گل می‌شود (Shojaei, Salehi Shanjani, Zarghami, Jafari, & Nurmohammadi, 2021). در تحقیقی بر روی آویشن باغی مشخص شد که افزایش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن تر بوته شد (Farag, Abdelbar, & Shehata, 2019)، همچنین در تحقیقی دیگر اعمال تنش خشکی موجب کاهش وزن خشک بوته گردید (Tutoni et al., 2021). عباس‌زاده و همکاران (Abbaszadeh, Layeghhighi, Azimi, & Hadi, 2020) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی وزن تر و خشک بوته نسبت به شاهد کاهش نشان داد. این کاهش احتمالاً می‌تواند یا بر اثر کاهش میزان کلروفیل II و بازدهی فتوسنتز بوده و یا تحت تاثیر تخصیص بیشتر بیوماس تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها باشد.

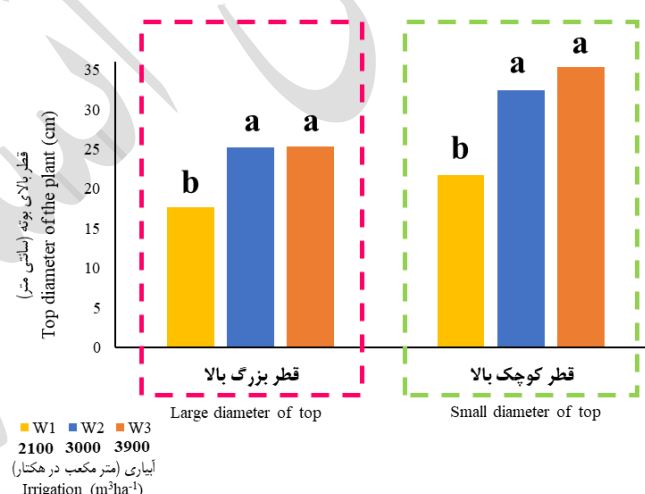
در آزمایش حاضر تاثیر معنی‌دار کود دامی فقط بر وزن گل ($P \leq 0.01$) مشاهده شد و بر سایر صفات بی‌معنی بود و در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. در این باره نتایج آزمایش بیستگانی و همکاران (Bistgani et al., 2018) نیز با تحقیق حاضر مطابقت داشت و بیان داشتند که کود دامی هیچ تاثیر مثبتی بر روی بیوماس و عملکرد اسانس گیاه آویشن باغی نداشت. از طرفی در تعدادی از پژوهش‌های صورت گرفته مصرف کود دامی وزن خشک بوته آویشن باغی و همچنین وزن برگ، ساقه و گل را نسبت به شاهد افزایش داد (Tutoni et al., 2021 ; Parsa et al., 2020a).

2020a). در آزمایش حاضر مشخص شد که با افزایش مقدار کود مورد استفاده وزن گل نیز نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد، که این یافته با نتایج آزمایشات متعدد و مشابهی مطابقت دارد، افزایش عملکرد گل در نتیجه استفاده از کود دامی را می‌توان به افزایش عناصر غذایی خاک و فراهم آوردن قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه مرتبط دانست (Parsa et al., 2020b).

قطر بوته

قطر بزرگ و کوچک بالای بوته

در شکل ۸ دیده می‌شود که تیمار W1 آبیاری موجب شد تا قطر بزرگ و همچنین قطر کوچک بالای بوته به طور قابل توجهی کاهش پیدا کند و کمترین قطر را در بین سطوح آبیاری با مقادیر ۲۱ و ۱۷ سانتی‌متر به ترتیب برای قطر بزرگ و قطر کوچک داشته باشد. در این میان قطر بزرگ و کوچک بالای بوته در تیمار W1 نسبت به تیمار W2 به ترتیب ۳۲ و ۳۰ درصد کاهش یافت. همچنین تیمارهای W2 و W3 چه در قطر بزرگ بالا و چه در قطر کوچک بالای بوته از نظر آماری مقادیر یکسانی داشتند. درصد تغییرات قطر کوچک بالا نسبت به قطر بزرگ بالا در حدود ۱۸-۲۸ درصد در سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد. به نظر می‌رسد بالای بوته به خاطر شرایط محیطی و سایر موارد به صورت شعاعی رشد نکرده است و به رشدش یک سمت منحرف شده و نامتقارن شده است و این شاید به خاطر فضای کم بوته‌ها روی ردیف بر اثر رشد بالای بوته و اشغال فضای روی ردیف توسط شاخه‌ها باشد، در ضمن کمترین درصد تغییرات قطر کوچک نسبت به قطر بزرگ در بالای بوته مربوط به تیمار W1 می‌باشد. این بوته‌ها به خاطر اینکه تنش رطوبتی به آن‌ها وارد شده و رشدشان کمتر بوده کوچک تر مانده‌اند و در روی ردیف فضای بیشتری در اختیار داشته‌اند، و به این خاطر احتمالاً شعاعی‌تر و متقارن‌تر رشد کرده‌اند.



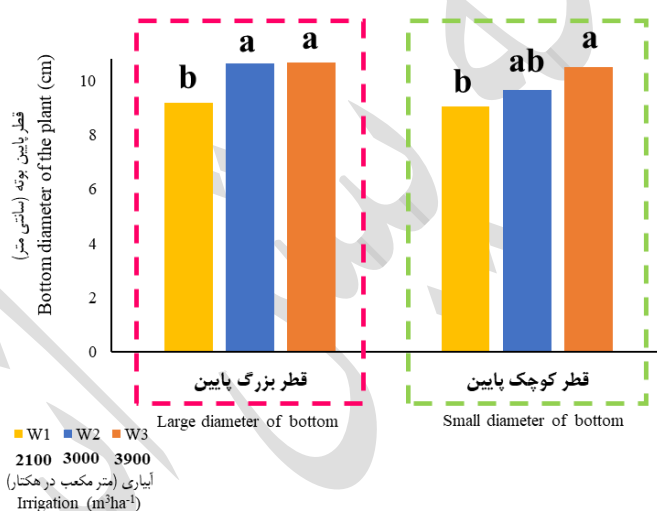
شکل ۸- اثر آبیاری بر قطر بزرگ و کوچک بالای بوته آویشن شیرازی

Figure 8- Effect of irrigation treatment on the large and small diameter of the top of the plant of *Zataria multiflora* Boiss.

قطر بزرگ و کوچک پایین بوته

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در اثر ساده تیمار آبیاری نشان داد که تیمار W1 دارای کمترین قطر بزرگ و کوچک پایین بوته به ترتیب با مقادیر ۹/۲ و ۹ سانتی متر است، و همچنین مقادیر قطر بزرگ و کوچک پایین بوته برای تیمارهای W2 و W3 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و مقدار آن به طور متوسط در حدود ۱۰ سانتی‌متر بود. با بررسی درصد تغییرات مشاهده شد که در هر دو مورد قطر بزرگ و کوچک پایین بوته در تیمار W1 نسبت به تیمار W2 به مقدار ۱۳ درصد کاهش یافت.

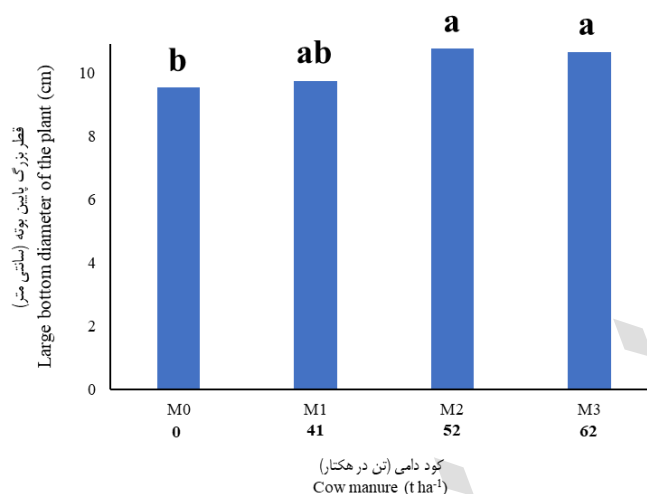
همچنین با بررسی درصد تغییرات قطر کوچک پایین بوته نسبت به قطر بزرگ پایین آن مشاهده شد که مقدار آن در حدود ۱ درصد در سطوح مختلف آبیاری می‌باشد که روشن‌گر این است که در این آزمایش بوته‌های آویشن شیرازی تا ارتفاع ۵ سانتی‌متری از سطح طوقه به صورت شعاعی و متقارن رشد کرده‌اند ولی پس از آن به دلیل کمبود فضای رشدی بر روی ردیف دچار انحراف رشدی شده‌اند و باعث شده تا شاخه‌های این گیاه به سمتی که فضای رشدی کافی در اختیار دارند کشیده شوند که این مورد سبب نامتقارن شدن رشد بوته در قسمت بالای آن شده است ولی در پایین آن، بوته‌ها به صورت متقارن رشد خود را شروع کرده‌اند (شکل ۹).



شکل ۹- اثر آبیاری بر قطر بزرگ و کوچک پایین بوته آویشن شیرازی

Figure 9- Effect of irrigation treatment on the large and small diameter of the bottom of the plant of *Zataria multiflora* Boiss.

بررسی اثر کود دامی نشان داد که با افزایش استفاده از کود دامی میزان قطر بزرگ پایین بوته نیز افزایش یافت به طوری که بیشترین قطر بزرگ پایین بوته مربوط به تیمارهای M2 و M3 با مقادیر ۱۰/۷ و ۱۰/۶ سانتی‌متر و کمترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد (با مقدار ۹/۵ سانتی‌متر) بود، علاوه بر این مقدار قطر بزرگ پایین بوته در تیمار M2 نسبت به شاهد ۱۳ درصد افزایش یافت (شکل ۱۰).



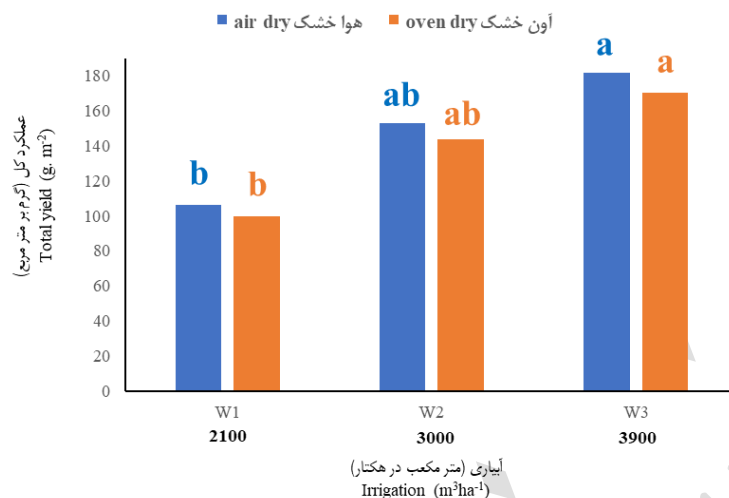
شکل ۱۰- اثر کود دامی بر قطر بزرگ پایین بوته آویشن شیرازی

Figure 10- Effect of cow manure on the large diameter of the bottom of the plant of *Zataria multiflora* Boiss.

در آزمایش حاضر با کاهش سطوح آبیاری از قطر کانوپی کاسته شد که با نتایج ماچانی و همکاران (Machiani et al., 2021) مطابقت دارد، کاهش قطر کانوپی با افزایش تنش خشکی را می‌توان به توسعه و گسترش کمتر سلول‌ها در نتیجه کمبود رطوبت و به تبع آن جذب کمتر عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه نسبت داد. در این باره رضائی و همکاران (razaei, safarnejad, arab, Alamdari, & dalir, 2016) نیز دریافتند که بین بزرگترین قطر تاج پوشش، کوچک‌ترین قطر تاج پوشش و سطح تاج پوشش و ارتفاع ساقه، و همچنین با تعداد ساقه در بوته و وزن تر و خشک بوته نیز همبستگی بالایی وجود دارد. با افزایش تعداد ساقه در بوته، مساحت و قطر بزرگ و کوچک بوته نیز افزایش می‌یابد، که منجر به افزایش عملکرد وزن تر و وزن خشک می‌شود. با افزایش ارتفاع ساقه طول گل آذین نیز افزایش می‌یابد.

عملکرد کل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر آبیاری بر عملکرد کل آون خشک نشان داد که کمترین عملکرد کل مربوط به تیمار آبیاری W1 با مقدار ۹۹ گرم بر متر مربع است و بیشترین آن مربوط به تیمار آبیاری W3 با مقدار ۱۷۰ گرم بر متر مربع می‌باشد. همچنین عملکرد کل در تیمار W1 نسبت به تیمار W3 به خاطر کاهش مقدار آبیاری به مقدار ۴۱ درصد کاهش یافت که این مقدار کاهش نشان دهنده تحمل پایین آویشن شیرازی نسبت به تنش‌های رطوبتی بوده که به تبع آن کاهش در بیوماس و عملکرد کل را موجب می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اثر آبیاری بر عملکرد کل (هوا خشک و آون خشک) آویشن شیرازی
Figure 11- Effect of irrigation on total yield (air dry and oven dry) of *Zataria multiflora* Boiss.

در پژوهش حاضر با کاهش مقدار آبیاری از عملکرد کل گیاه آویشن شیرازی کاسته شد، این یافته با نتایج آزمایش رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2023) روی آویشن باغی مشابه بود، آن‌ها بیان کردند که رشد سلولی مهمترین فرآیند کلیدی است که به وسیله کمبود آب تحت تاثیر قرار گرفته و این مورد ناشی از فشار آماس پایین می‌باشد، زمانی که سطح برگ کاهش می‌یابد، گنجایش پذیرش نور نیز کاهش می‌یابد، که متعاقبا ظرفیت فتوسنتزی کل را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، تنش خشکی منجر به ایجاد روزنه‌هایی با دهانه کوچکتر شده، که سبب کاهش معنی دار نرخ تبادل دی اکسید کربن می‌شود، چنین کاهش نهیاً منجر به فتوسنتز پایین‌تر شده و در نتیجه رشد، عملکرد و کارایی گیاه را کاهش می‌دهد. علاوه بر این نتایج حاضر نشان داد که سطوح کود دامی اختلاف معناداری با هم نداشتند که با نتایج آزمایش پارسا و همکاران (Parsa et al., 2020a) مغایرت داشت، در بررسی آن‌ها کاربرد کود دامی میزان وزن خشک کل نسبت به شرایط عدم استفاده از کود دامی در دو گونه آویشن دنبایی و باغی را افزایش داد که بیانگر اثرات مثبت کود دامی بر صفات رویشی و در نهایت وزن خشک کل بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های حاصل از این آزمایش می‌توان بیان داشت که کاهش حجم آبیاری تاثیر منفی بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه آویشن شیرازی داشت، بطوری که تعداد شاخه جانبی، ارتفاع ساقه و بوته، شاخص سطح برگ، قطر بزرگ و کوچک، وزن (بوته، برگ، ساقه و گل) و همچنین عملکرد کل کاهش پیدا کرد، یکی از تاثیرات تنش خشکی بر وزن خشک گیاه را احتمالا می‌توان مربوط به کاهش سطح برگ به دلیل عوامل فیزیولوژیکی حادث شده در گیاه دانست، در این آزمایش تیمار W1 نسبت به W2 سطح برگ را به مقدار ۴۷ درصد کاهش داد، در این رابطه احتمال می‌رود کاهش سطح فتوسنتز کننده و در نتیجه کاهش مواد فتوسنتزی سبب گردید تا وزن برگ کاهش یابد و با تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به ساقه به عنوان نگهدارنده بخش‌های هوایی گیاه وزن آن نیز کاهش یافته و به تبع آن از ارتفاع بوته نیز کاسته شود و در نتیجه رشد هوایی گیاه محدود شده از قطر کانوپی و تعداد شاخه‌های جانبی کاسته می‌شود و متعاقبا گیاه دچار عقب‌ماندگی و کاهش وزن خشک می‌گردد. کود دامی نیز بر روی صفات قطر بزرگ پایین بوته و وزن گل تاثیر گذار بود و با افزایش کود این صفات بیشتر شدند.

بدینوسیله از جناب آقای محمدرضا شمشادی بابت حمایت و پشتیبانی و سرکار خانم مهوش مجدی بابت راهنمایی و کمک‌هایشان در طول پروژه

تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

1. Abbasi, S., Houshmand, S., & Ahmadi, T. (2024). Volatile compositions and glandular trichomes of *Zataria multiflora* in different phenological stages under normal and drought stress conditions. *BMC Plant Biology*, 24(1), 483. doi:https://doi.org/10.1186/s12-0-05196-024-870
2. Abbaszadeh, B., Layeghhaghighi, M., Azimi, R., & Hadi, N. (2020). Improving water use efficiency through drought stress and using salicylic acid for proper production of *Rosmarinus officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 144, 111893. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111893
3. Abdi, L., Asghari, H. R., Abolhassani, M. T., Amerian, M. R., & Bodi, H. N. (2022a). Effect of salicylic acid on growth and phytochemical characteristics of *Thymus daenensis* under drought irrigation. *a89*, 195-210. doi:http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1610-fa.html
4. Ahadi, H., Aliahmadi, A., & Mirjalili, M. H. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of the carvacrol-rich essential oils of *Zataria multiflora* Boiss. (Lamiaceae) from southern natural habitats of Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(4), 779-787. doi:https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1824688
5. Akhzari, D., & Kavian, H. (2021). Effect of Drought Stress on Morphophysiological Traits of *Thymus vulgaris* L. in a Field Experiment, Borujerd, Iran. *Journal of Rangeland Science*, *a84*, 470-479.
6. Alla Sharafi, G., Changizi, M., Rafiee, M., Gomarian, M., & Khagani, S. (2019). Investigating the effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphological and biochemical characteristics of *Thymus vulgaris* L. *Arch. Pharm. Pract*, *a109*, 137-145.
7. Ashrafi, M., Azimi-Moqadam, M.-R., MohseniFard, E., Shekari, F., Jafary, H., Moradi, P., . . . Mastinu, A. (2022). Physiological and Molecular Aspects of Two *Thymus* Species Differently Sensitive to Drought Stress *BioTech*, *a111*, 8. doi:https://doi.org/10.3390/biotech11020008
8. Ashrafzadeh, M. K., Morshidi, S., Dashtabi, M., & Mohseni, M. (2021). The effect of Acosorb superabsorbent polymer and irrigation on the performance of Shirazi thyme medicinal plant. *a60*. doi:https://civilica.com/doc/1762255
9. Askary, M., Behdani, M. A., Parsa, S., Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2019). Effects of water stress and application of manure on growth indices and accumulation of dry matter of *Thymus vulgaris* and *Thymus daenensis*. *Journal of Agroecology*, *a18*, 703-721. doi:https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.63227
10. Askary, M., Parsa, S., Behdani, M. A., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2023). Evaluation of Quantitative Yield of Two Thyme Species Affected as Different Levels of Drought Stress and the Manure Application. *Journal of Medicinal plants and By-product*, *a6*, 11-27. doi:https://doi.org/10.22092/jmpb.2021.352601.1293
11. Babaee, K., Dehaghi, M. A., Sanavi, S. A. M. M., & Jabbari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *a13*, 26. doi:https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6939
12. Bistgani, Z. E., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G., Hashemi, M., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2018). Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, *a1*, 434-440. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.048
13. Chubeigi, N. (2013). A review of the morphological effects of drought stress on medicinal plants. doi:https://civilica.com/doc/215317
14. da Cunha Honorato, A., de Assis, R. M. A., Maciel, J. F. A., Nohara, G. A., de Carvalho, A. A., Pinto, J. E. B. P., & Bertolucci, S. K. V. (2024). Fertilization with different manure sources and doses provides quantitative-qualitative gains in the production of *Thymus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, *a102*, 345-355. doi:https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.052
15. Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., . . . Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366(6471), eaax3100. doi:doi:10.1126/science.aax3100
16. Fakhri, K., Sayfzadeh, S., Sarajooghi, M., Valadabadi, S. A., & Masouleh, I. H. (2023). Effect of Biochar, Planting Pattern and Irrigation Methods on Yield and Yield Components of Essential Oil and Nutrient Content

- of Thyme (*Thymus vulagris*). *Agricultural Knowledge Journal*, *a58*, 73-84. doi:<https://doi.org/10.22034/saps.2022.49278.2782>
17. Farag, R., Abdelbar, O., & Shehata, S. (2019). IMPACT OF DROUGHT STRESS ON SOME GROWTH, BIOCHEMICAL AND ANATOMICAL PARAMETERS OF *Thymus vulgaris* L. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, *a104*, 37-50. doi:<https://dx.doi.org/10.21608/ajs.2019.43065>
 18. Goshasbi, F., Heidari, M., Sabbagh, S. K., & Makarian, H. (2020). Effect of irrigation interval, bio and non-biofertilizers on yield components and some of biochemical compounds in Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, *a86*, 51-68. doi:<https://doi.org/10.22070/hpn.2020.5084.1070>
 19. Goshasbi, F., Heidari, M., Sbbagh, S. K., & Makarian, H. (2021). Effect of water deficit stress and bio and non-bio-fertilizers on flowering branches yield, photosynthetic pigments and concentration of macro elements in thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *a62*, 157-172. doi:<https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.293187.654660>
 20. Kazempour, A., Sharghi, Y., Sanavi, S. A. M. M., Zahedi, H., & Kon, a. F. S. (2023). Effect of amino acid foliar application on morphophysiological characteristics and thyme essential oil under different irrigation regimes. *operation and function of plants*, *a16*, 71-90. doi:<http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1708-fa.html>
 21. Khairi, A., & Tori, A. (2014). Introducing the most important medicinal plants that can be cultivated in dry and wet conditions. doi:<https://civilica.com/doc/330045>
 22. khosravi, s., akbarpor, v., bahmaniar, m., & andi, s. (2023). The effect of zinc sulfate on some morphological traits of Shirazi thyme (*Zataria multiflora* boiss.) under drought stress conditions. *Medicinal and Aromatic Plants*, *a26*, 29. doi:<https://civilica.com/doc/1804649>
 23. Kochaki, A., & Khajah-Hosseini, M. (2017). Low water agriculture in Iran: strategies and applications. doi:<https://profdoc.um.ac.ir/book-abstract-224131.html>
 24. Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M., & Azizi, G. (2021). The effects of water stress and defoliation on some of quantitative traits of *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*. *Iranian Agricultural Research Journal*, *a61*, 89-106. doi:<https://doi.org/10.22067/gsc.v2i1.1167>
 25. Lebaschi, M. H., Ashoorabadi, E. S., Tafti, M. M., & Asadi-Sanam, S. (2018). Effect of plant density on quality and quantity yield of *Thymus vulgaris* in dry farming conditions in seven provinces of Iran. *Journal of Agricultural Crops Production*, 113-12. doi:<https://doi.org/10.22059/jci.2018.226925.1663>
 26. Liu, F., Song, Q., Zhao, J., Mao, L., Bu, H., Hu, Y., & Zhu, X. G. (2021). Canopy occupation volume as an indicator of canopy photosynthetic capacity. *New Phytologist*, *232*(2), 941-956. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.17611>
 27. Luo, Q., Xie, H., Chen, Z., Ma, Y., Yang, H., Yang, B., & Ma, Y. (2023). Morphology, photosynthetic physiology and biochemistry of nine herbaceous plants under water stress. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1147208. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1147208>
 28. Machiani, M. A., Javanmard, A., Ostadi, A., Morshedloo, M. R., & Chabokpour, J. (2021). Effects of harvest time and mycorrhiza fungus application on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil at different irrigation levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *a95*, 1022-1037. doi:<https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351323.2835>
 29. Meamari, S., Yavari, A., & Bikeloo, M. (2020). Investigation of chemical diversity of essential oil of natural populations of *Zataria multiflora* Boiss. in Hormozgan province. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *a42*, 669-677. doi:<https://doi.org/10.22059/ijhs.2020.306929.1826>
 30. Miri, Z., Shahidi, A., Siouki, A. K., & Rouhian, M. H. (2022). The Effect of Irrigation Cycle on Yield and Yield Components of *Zataria multiflora* (Case Study: Aliabad Fars). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *a55*, 751-761. doi:<https://civilica.com/doc/1534294>
 31. Mohammadi, M., Karim, M. H., Dahmardeh, M., & Ghasemi, A. (2021). The Prospect of Investment in Medicinal Plants at Sistan Region1. *Journal of Medicinal plants and By-product*, *10*(2), 127-132. doi:<https://doi.org/10.22092/jmpb.2021.342441.1195>
 32. Moshrefi-Araghi, A., Nemati, H., Azizi, M., Hadian, J., Moshtaghi, N., & Shoor, M. (2023). Screening of distributed horsemint (*Mentha longifolia* L.) accessions for agricultural drought tolerance based on biological responses. *Acta Physiologiae Plantarum*, *a115*, 130. doi:<https://doi.org/10.1007/s11738-023-03605-9>
 33. Naderi, R., Afranjeh, E., & Shabani, M. (2022). Effects of application of superabsorbent on Physiological responses of German chamomile under water deficit irrigation. *a27*. doi:<https://civilica.com/doc/1312580>
 34. Naseri, H., Ahmadipour, S., & meteor, g.-n. (2023). The effect of using some biofertilizers and iron chelate on quantitative and qualitative traits of Shirazi thyme (*Zataria multiflora* L.). *a65*. doi:<https://civilica.com/doc/1693535>
 35. Negari, A. K., Al-Ahmadi, M. J., & Zamani, G. (2023). The study of responses of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) to the elicitors of coronatine, methyl jasmonate and cyclodextrin in different levels of supplying moisture

- under farm conditions. *Environmental Stresses In Crop Sciences*, a116, 467-485. doi:https://doi.org/10.22077/escs.2023.4746.2064
36. Parsa, S., Behdani, M. A., Askari, M., Jami, M., & Mahmoudi, S. (2020a). Investigating the performance and components of biomass performance and some physiological traits of two species of thyme (*Thymus daenensis* & *Thymus vulgaris*) under drought stress conditions and fertilizer application. *Environmental Stresses In Crop Sciences*, a81, 47-63. doi:https://doi.org/10.22077/escs.2017.161.1041
 37. Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, 12(13), 5488. doi:https://doi.org/10.3390/su12135488
 38. Pourhosseini, S. H., Mirjalili, M. H., Ghasemi, M., Ahadi, H., Esmaeili, H., & Ghorbanpour, M. (2020). Diversity of phytochemical components and biological activities in *Zataria multiflora* Boiss. (Lamiaceae) populations. *South African Journal of Botany*, 135, 148-157. doi:https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.024
 39. Rahimi, A., Gitari, H., Lyons, G., Heydarzadeh, S., TUNÇTÜRK, M., & TUNÇTÜRK, R. (2023a). Effects of Vermicompost, Compost and Animal Manure on Vegetative Growth, Physiological and Antioxidant Activity Characteristics of *Thymus vulgaris* L. under Water Stress. *Journal of Agricultural Sciences*, a5, 40-53. doi:https://doi.org/10.29133/yyutbd.1124458
 40. razaei, m., safarnejad, a., arab, m., Alamdari, S. B. L., & dalir, m. (2016). Investigation of Morphologic Variation and Essence Value in several Thyme Native Species (*Thymus* sp) of Iran. *Journal of Horticultural Science*, a43, 3. ۳۹۴-۸۳ doi:https://doi.org/10.22067/jhorts4.v30i3.30435
 41. Riaz, U., Iqbal, S., Sohail, M. I., Samreen, T., Ashraf, M., Akmal, F., . . . Khan, N. I. (2021). A comprehensive review on emerging importance and economical potential of medicinal and aromatic plants (MAPs) in current scenario. *Pakistan Journal*. doi:https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2021/34.2.381.392
 42. Rosa, L., Chiarelli, D. D., Rulli, M. C., Dell'Angelo, J., & D'Odorico, P. (2020). Global agricultural economic water scarcity. *Science Advances*, 6(18), eaaz6031. doi:https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz6031
 43. Saatsaz, M. (2020). A historical investigation on water resources management in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 1749-1785. doi:https://doi.org/10.1007/s10668-018-003-07y
 44. Safaai, L., Ashoorabadi, E. S., & Aminazarm, D. (2023). The study of three Populations of *Zataria multiflora* L. using Agronomical and Phytochemical Traits in Isfahan. *Agricultural Knowledge Journal*, a73, 173-184. doi:https://doi.org/10.22034/saps.2022.49287.2784
 45. Sasanihoma, R., Gholami, M., & Sarikhani, H. (1390). Effect of LED Light on Plant Growth and Essential Oil Quality of *Zataria multiflora* in In vitro Condition. a126 .
 46. Sefidkan, F., & Naderi, M. (2021). Investigation of constituent compounds of Shirazi thyme essential oil, *Zataria multiflora* Boiss. *Research of medicinal and aromatic plants of Iran*, a38, 92-102. doi:https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351323.2835
 47. Sepahvand, A., Jafari, A., Sefidkon, F., & Kalatejari, S. (2021). Effects of water stress on seedling growth and physiological traits in four thyme species. *Journal of Rangeland Science*, 11(1), 1-14. doi:https://www.sid.ir/files/server/je/1004020210101.pdf
 48. Sharafi, G., Changizi, M., Rafiee, M., Gomarian, M., & Khagani, S. (2021). Effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphophysiological traits of *Thymus vulgaris* L., a117, 147-159. doi:http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1458-fa.html
 49. Shojaei, A., Salehi Shanjani, P., Zarghami, R., Jafari, A. A., & Nurmohammadi, G. (2021). (Effect of Water Deficit on Grain Yield and Yield Components Ispaghula (*Plantago ovata* Forssk.). *Journal of Medicinal plants and By-Products*, 10(2), 193-198. doi:https://doi.org/10.22092/jmpb.2020.352135.1269
 50. Tutoni, M., Mousavi, M., & Mitra, R. (۲۰۲۱). The effect of organic fertilizer on the morphological and physiological characteristics of thyme under drought stress conditions. a66. doi:https://civilica.com/doc/1692335
 51. Vaičiulytė, V., Ložienė, K., & Sivická, I. (2022). Effect of Organic Matter Fertilizers on the Composition of Volatiles, Morphometrical and Anatomical Parameters of Essential Oil-Bearing *Thymus × citriodorus* Cultivated in an Open Field Conditions. *Horticulturae*, a4, 917. doi:https://doi.org/10.3390/horticulturae8100917
 52. Walia, S., Kumar, V., Kalra, V. P., Kaur, T., Alfagham, A. T., AL-Humaid, L. A., . . . Haider, F. U. (2023). Effects of Organic Manures and Bio-Fertilizer on Yield, Oil Content, and Soil Health of Japanese Mentha (*Mentha arvensis* L.). *Environmental Sciences*, a97, 417. doi:https://doi.org/10.20944/preprints202308.0721.v1
 53. Yavari, A. R., Nazeri, V., Sefidkon, F., & Hassani, M. E. (2010). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Thymus migricus* Klovov & Desj.-Shost. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, a31, 227-238. doi:https://www.sid.ir/paper/105570/fa
 54. Zhao, W., Liu, L., Shen, Q., Yang, J., Han, X., Tian, F., & Wu, J. (2020). Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. *Water*, 12(8), 2127. doi:https://doi.org/10.3390/w12082127