

## Evaluating the Physiological Traits and Grain yield of Dragon head (*Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer) under Drought Stress and application of Biological and Chemical Fertilizers

Seyedeh Vajiheh jalali<sup>1\*</sup>, Safar Nasrollahzadeh<sup>2</sup>, Jalil Shafagh Kolvanagh<sup>3</sup>

Received: January 8, 2024

Accepted: August 19, 2024

1- PhD Student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

\*Corresponding Author: Email: [nahaljjjalali66@gmail.com](mailto:nahaljjjalali66@gmail.com)

### Abstract

**Background & Objectives:** To assess the impact of water scarcity and the use of biological and chemical fertilizers on the physiological traits and seed yield of the medicinal plant *Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer, a field experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design with three replicates.

**Materials & Methods:** Different levels of irrigation (I1, I2, I3, and I4, representing irrigation after 70, 100, 130, and 160 mm of evaporation from a class A pan, respectively) were assigned to the main plots, while different fertilizer treatments (ammonium phosphate chemical fertilizer, Azoto Fertilizer 1 + Phosphate fertilizer 2, and vermicompost) were applied to the sub-plots.

**Results:** Application of fertilizer treatments improved the physiological performance and reduced leaf temperature, leading to an increase in the growth and grain yield of dragon head. However, the extent of this increase depended on the type of fertilizer used. The application of both ammonium phosphate and biofertilizer at all irrigation levels led to an increase in the relative water content of leaves, leaf chlorophyll index, grain and biological yields. The impact of using ammonium phosphate fertilizer to enhance the physiological efficiency of plants under optimal and mild drought stress conditions was much obvious. However, in cases of severe water stress, the impact of biofertilizers on improving physiological efficiency and growth of plants was more pronounced.

**Conclusion:** This result demonstrates the positive impact of biofertilizers on enhancing the grain yield of dragon head plants under severe drought stress.

**Keywords:** Water Stress, Ammonium Phosphate, Biofertilizer, Grain Yield, Plant Biomass

## ارزیابی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer) تحت تنش خشکی و استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی

سیده وجیهه جلالی<sup>۱\*</sup>، صفر نصراله زاده<sup>۲</sup>، جلیل شفق کلوانق<sup>۳</sup>

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۹ |
|--------------------------|-------------------------|

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

\* مسئول مکاتبه: Email: [nahaljjjalali66@gmail.com](mailto:nahaljjjalali66@gmail.com)

### چکیده

**مقدمه و اهداف:** برای ارزیابی اثرات محدودیت آبی و کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer)، یک آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید.

**مواد و روش‌ها:** سطوح مختلف آبیاری ( $I_1$ ،  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$ : به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و تیمارهای مختلف کودی (کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کود زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی‌کمپوست) و شاهد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** استفاده از تیمارهای کودی با بهبود کارایی فیزیولوژیکی و کاهش دمای برگ سبب افزایش رشد و عملکرد دانه بالنگوی شهری شد، هرچند که این افزایش وابسته به نوع کود مصرفی بود. استفاده از فسفات آمونیوم و کود زیستی در تمام سطوح آبی موجب افزایش درصد آب برگ، شاخص کلروفیل برگ و عملکرد دانه و بیولوژیکی گردیدند. اثر کود فسفات آمونیوم در افزایش کارایی فیزیولوژیکی گیاهان در سطح آبیاری مطلوب و تنش‌های خشکی ملایم و متوسط بارزتر بود. هرچند در تنش شدید آبی، تأثیر کودهای زیستی برافزایش کارایی فیزیولوژیکی و رشد گیاهان بیشتر بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود عملکرد گیاه بالنگوی شهری تحت تنش خشکی شدید است.

**واژه‌های کلیدی:** تنش کم‌آبی، عملکرد بیولوژیکی، فسفات آمونیوم، کود زیستی، محصول دانه

## مقدمه

بخش بزرگی از تنوع گیاهی جهان مربوط به گیاهان دارویی است. تخصیص درصد بالایی از داروهای تجویزی جهان به مواد طبیعی مشتق از گیاهان دارویی نشان‌دهنده اهمیت اقتصادی زیاد این گیاهان است (سونتار ۲۰۲۰). سنتز متابولیت‌های ثانویه به گیاهان امکان سازگاری به شرایط مختلف محیطی را فراهم می‌نماید. بنابراین، زمانی که گیاه در معرض تنش‌های مختلف قرار می‌گیرد، مقدار متابولیت‌های ثانوی در گیاه افزایش می‌یابد (آلبرگاریا و همکاران ۲۰۲۰). رشد مستمر جمعیت جهان، وقوع مکرر خشکسالی‌ها و کاهش آب سالم کشاورزی اهمیت تحقیقات در زمینه‌های مختلف تنش خشکی در کشاورزی را افزایش می‌دهد. ایران از نظر آب‌وهوا یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود و منابع آبی در بیشتر نقاط آن کمیاب است. در چنین شرایطی، بسته به زمان، مقدار و توزیع بارندگی، طبیعی است که به دلیل تنش خشکی کاهش عملکرد قابل‌توجهی حاصل گردد (اقبال و همکاران ۲۰۲۰). برنامه‌های کشاورزی سنتی نشان داده‌اند که با کمک کودهای شیمیایی می‌توان عملکرد محصول را در کوتاه‌مدت افزایش داد، اما در بلندمدت ثبات و حاصلخیزی خاک، سلامت محیط و موجودات خاکزی به خطر خواهد افتاد. یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای بیولوژیکی برای حذف یا کاهش چشمگیر استفاده از مواد صنعتی شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی است (ریاض و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، امروزه در کشاورزی پایدار بر تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاهان و افزایش حاصلخیزی خاک از طریق استفاده از کودهای زیستی تأکید می‌شود (نصراله‌زاده و همکاران ۲۰۲۳). کودهای زیستی اغلب مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم از یک یا چندگونه از میکرو ارگانیسم‌های مفید خاک یا محصولات متابولیکی آن‌ها هستند که مواد مغذی ضروری را برای گیاهان فراهم می‌کنند، با بیماری‌های خاکزی مبارزه می‌کنند و ثبات ساختار خاک را حفظ می‌نمایند (چوجناکا و همکاران ۲۰۲۰). کودهای زیستی گاهی اوقات به‌عنوان جایگزین و اغلب به‌عنوان مکمل کودهای آلی، می‌توانند تولید پایدار

در نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (کور و همکاران، ۲۰۲۰؛ امینی و همکاران، ۲۰۲۳).

بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica Fischer* & C.A. Meyer) گیاهی است دارویی به فرم رشد علفی و یک‌ساله که در اکثر نقاط جهان می‌توان آن را کشت کرد (پراوار و همکاران، ۲۰۲۲). دانه‌های بالنگو شهری در درمان بیماری‌های مختلفی از جمله برخی از ناراحتی‌های عصبی، بیماری‌های کبدی و کلیوی استفاده می‌شود و در طب سنتی ایران نیز به‌عنوان داروی مقوی و خلط‌آور استفاده شده است (الاسنافی ۲۰۱۹). با توجه به کمبود آب در کشور، هزینه بالای مدیریت تغذیه گیاه و استفاده گسترده از بالنگوی شهری در صنایع مختلف غذایی، بهداشتی، دارویی و آرایشی و با توجه به اینکه تأثیر ورمی‌کمپوست، کودهای زیستی حاوی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ و کودهای شیمیایی فسفات آمونیوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکردی بالنگوی شهری در شرایط کم‌آبیاری نیازمند بررسی‌های دقیق میدانی است، این مطالعه به‌منظور بررسی اثرات کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکردی بالنگوی شهری تحت تنش خشکی اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

## شرایط اجرای آزمایش

این آزمایش با آرایش اسپلیت پلات (کرت‌های خردشده) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در یک‌فصل رشدی در سال ۱۴۰۰ در مزرعه گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج انجام شد. این مزرعه دارای ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی بود. این منطقه از تبریز دارای میانگین بارندگی سالانه حدود ۲۲۰ میلی‌متر با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است. تیمارهای آبیاری ( $I_1$ ،  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$ ) به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) به کرت‌های اصلی و کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی (کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کود زیستی ازتو بارور ۱ + فسفات بارور ۲، ورمی‌کمپوست به همراه شاهد) به کرت‌های فرعی اختصاص یافتند. کود

فسفات آمونیوم علاوه بر نیتروژن، فسفر نیز تأمین می‌کند که برای رشد ریشه‌ها و افزایش گلدهی و میوه‌دهی گیاهان ضروری است. کود اوره تنها نیتروژن فراهم می‌کند و برای تأمین فسفر به کودهای دیگری نیاز است. بر همین اساس در این پژوهش از کود فسفات

آمونیم استفاده شد. برای ارزیابی شرایط خاک مزرعه، نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه خاک سازمان تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی ارسال شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

| عمق (cm) | pH گل اشباع | هدایت الکتریکی (dS/m) | کربن آلی (%) | کربن کلسیم معادل (%) | نیتروژن کل (%) | عناصر قابل جذب (mg.Kg <sup>-1</sup> ) |     |      |     | اجزای معدنی خاک (%) |      |    | کلاس بافت خاک |
|----------|-------------|-----------------------|--------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----|------|-----|---------------------|------|----|---------------|
|          |             |                       |              |                      |                | P                                     | K   | Zn   | Fe  | رس                  | سیلت | شن | لوم شنی       |
| ۳۰-۰     | ۷/۶۹        | ۱/۱۹                  | ۰/۸۸         | ۸/۰۹                 | ۰/۰۸           | ۱۲/۱                                  | ۳۲۱ | ۰/۹۵ | ۸/۸ | ۱۶                  | ۲۴   | ۶۰ |               |

پس از آماده‌سازی زمین زراعی، مزرعه کرت‌بندی شد. هر بلوک شامل ۱۶ قطعه (واحد آزمایشی) بود که هر کدام از قطعات دارای ۱۲ ردیف کاشت سه متری بودند. فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲ سانتی‌متر بود. پس از ضدعفونی بذرها با قارچ‌کش بنومیل (۲ گرم برای هر کیلوگرم بذر)، بذرها در عمق حدود ۲ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شدند و سپس همه کرت‌ها آبیاری شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، بوته‌ها تنک شدند و تراکم کاشت به ۲۵۰ بوته در مترمربع تنظیم شد. پس از آن بر اساس تیمارهای آبیاری، تنش خشکی اعمال گردید. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و به صورت مداوم انجام پذیرفت. استفاده از کودهای زیستی از توبرور ۱ (حاوی باکتری *Pantoea agglomerans* strain O<sub>4</sub>) و نیز فسفات بارور ۲ (حاوی باکتری‌های *Pseudomonas putida* strain P<sub>13</sub> و *Pantoea agglomerans* strain P<sub>5</sub>) بر اساس روش توصیه شده توسط شرکت سازنده (زیست فناوری سبز) به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار روی بذرهای تیمار گردید (این کودهای زیستی دارای مواد نگهدارنده برای انتقال روی بذر هستند) و کود فسفات آمونیوم بر اساس آزمون خاک به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و ورمی‌کمپوست [نیتروژن (N): حدود ۱/۲ درصد؛ فسفر (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): حدود ۰/۸ درصد؛ پتاسیم (K<sub>2</sub>O): حدود ۱/۵ درصد] به مقدار ۵ تن در هکتار به خاک مزرعه اضافه شد.

#### اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

در اواسط گلدهی برای تعیین درصد آب برگ از هر کرت ۴ بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس

برگ‌ها از گیاه جدا شده و وزن تازه آن‌ها بلافاصله تعیین گردید. در مرحله بعد، نمونه‌ها در آونی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس توزین شدند و در نهایت درصد آب برگ با توجه به رابطه زیر محاسبه شد:

$100 \times \left[ \frac{\text{وزن تر} - (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})}{\text{وزن تر}} \right] = \text{درصد آب برگ}$   
برای تعیین دمای برگ، از هر واحد آزمایشی یک بوته انتخاب شد و دمای برگ‌های بالایی، میانی و پایینی با دماسنج مادون قرمز قابل حمل (TES-1327) اندازه‌گیری گردید و میانگین این اعداد بیانگر دمای بوته در هر کرت بود. شاخص پایداری غشای سلولی نیز توسط روش نشت الکترولیت‌های سلولی اندازه‌گیری شد (بلام و ابرکان، ۱۹۸۱). شاخص کلروفیل در برگ‌ها به طور غیر تخریبی از ۱۰ بوته با استفاده از دستگاه کلروفیل متر CCM-200 اندازه‌گیری شد. برای تعیین شاخص سطح برگ، از هر کرت پنج بوته برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس برگ‌ها از هر بوته جدا و سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (ADC-AM300) اندازه‌گیری گردید و شاخص سطح برگ تعیین شد.

#### صفات مورفولوژیکی، محصول دانه و اجزای آن

در برداشت نهایی به هنگام رسیدگی دانه، بوته‌های یک مترمربع از هر کرت به طور تصادفی برداشت شدند، گیاهان هر کرت در پاکت‌های جداگانه قرار گرفتند و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند و تعداد فندقه در بوته تعیین گردید. پس از جداسازی بذرها از گیاهان برداشت شده، تعداد آن‌ها شمارش و سپس وزن هزار

دانه با ترازو دیجیتال با دقت یک درصد تعیین گردید. محصول دانه نیز از ضرب تعداد دانه در هر بوته در وزن دانه‌ها حاصل شد. در گام بعدی، گیاهان جمع‌آوری شده و بذرها در پاکت‌های مخصوص قرار گرفتند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. به این ترتیب عملکرد بیولوژیکی برای هر واحد آزمایشی تعیین گردید. برای محاسبه شاخص برداشت از معادله زیر استفاده شده است.

$$100 \times (\text{عملکرد بیولوژیکی} / \text{عملکرد دانه}) = \text{شاخص برداشت} (\%)$$

### تجزیه آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای MSTAT-C و SPSS Ver. 21 انجام شد. مقایسات میانگین داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای ترسیم شکل‌ها از برنامه اکسل استفاده شده است.

### نتایج و بحث

#### درصد آب برگ

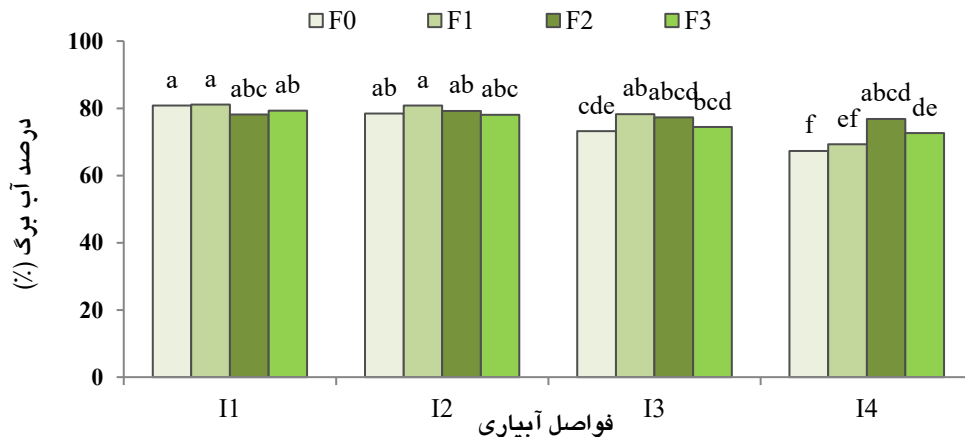
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر فواصل آبیاری و تیمار تغذیه‌ای و اثر متقابل آبیاری با تیمار تغذیه‌ای (کودی) بر درصد آب برگ معنی‌دار بود. تنش خشکی متوسط (I۳) و شدید (I۴) باعث کاهش معنی‌دار آب برگ شد. به‌طور کلی کاربرد تیمارهای کود

شیمیایی فسفات آمونیوم و کودهای زیستی تحت همه فواصل آبیاری منجر به افزایش درصد آب برگ گردید، هرچند که تأثیر کودهای فسفات آمونیوم برافزایش درصد آب برگ در فواصل آبیاری کم (تنش ملایم) مشهودتر بود. تحت تنش شدید آبی، تأثیر کودهای زیستی بر بهبود درصد آب برگ بیشتر بود (شکل ۱). درصد آب برگ یکی از کاربردی‌ترین معیارهای کمی برای ارزیابی وضعیت آب گیاه است. حفظ وضعیت صحیح آب سلولی تضمین می‌کند که فرآیندهای حیاتی گیاه در حد مطلوبی ادامه پیدا کند (زاهید و همکاران، ۲۰۱۹). کم شدن درصد آب برگ می‌تواند نتیجه چندین عامل باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به رطوبت کم محیط رشد، ناتوانی سیستم ریشه در جبران از دست دادن آب تعرق شده به دلیل کاهش جذب از سطح ریشه، کاهش طول ریشه و تسریع لیگنیفیکاسیون بافت‌های زنده ریشه اشاره کرد (یانگ و همکاران، ۲۰۲۱). مزیت استفاده از کودهای زیستی نسبت به کودهای شیمیایی برای بهبود محتوای آب برگ در شرایط محدودیت آبی، می‌تواند به افزایش رشد سیستم ریشه و در نتیجه سازگاری با اثرات منفی این تنش مربوط باشد. با تثبیت زیستی نیتروژن، تولید هورمون‌های رشد و ویتامین‌های مورد نیاز گیاه، باکتری‌های موجود در کودهای زیستی منجر به رشد و نمو بهتر ریشه و در نتیجه جذب بهینه آب و مواد مغذی شده و اثرات منفی تنش خشکی را کاهش می‌دهند (آنلی و همکاران، ۲۰۲۰؛ آزما و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی بالنگوی شهری تحت سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای کودی

| میانگین مربعات   |                 |             |          |              | درجه آزادی | منابع تغییر      |
|------------------|-----------------|-------------|----------|--------------|------------|------------------|
| شاخص کلروفیل برگ | شاخص پایدار غشا | درصد آب برگ | دمای برگ | شاخص سطح برگ |            |                  |
| ۰/۲۲۸ **         | ۲۰/۴۷ **        | ۶/۵۰۲       | ۷/۷۰۱    | ۳۳/۳۵ **     | ۲          | تکرار            |
| ۱/۰۳۶ **         | ۳۴۱/۱ **        | ۵۴۴/۳ **    | ۸۸/۷۵ ** | ۱۷۴/۳ **     | ۳          | آبیاری (I)       |
| ۰/۰۰۱            | ۰/۳۳۹           | ۲/۶۸۴       | ۲/۷۸۲    | ۱/۰۷۷        | ۶          | خطای اصلی        |
| ۰/۲۴۹ *          | ۹۱/۶۹ **        | ۶/۳۲۷       | ۲/۱۳۷    | ۲۱/۱۱ *      | ۳          | تیمار کودی (F)   |
| ۰/۰۰۷            | ۷/۷۸۹ *         | ۱/۸۵۵       | ۰/۳۳۲    | ۱۹/۲۵ *      | ۹          | I × F            |
| ۰/۰۵۵            | ۳/۳۴۵           | ۴۸/۱۷       | ۲۲/۱۹    | ۶/۹۸۷        | ۲۴         | خطای فرعی        |
| ۱۰/۵۸            | ۷/۰۴            | ۹/۹         | ۱۴/۸۱    | ۳/۴۵         | -          | ضریب تغییرات (%) |

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد آب برگ بالنگوی شهری تحت سطوح مختلف آبیاری در واکنش به تیمارهای کودی

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A

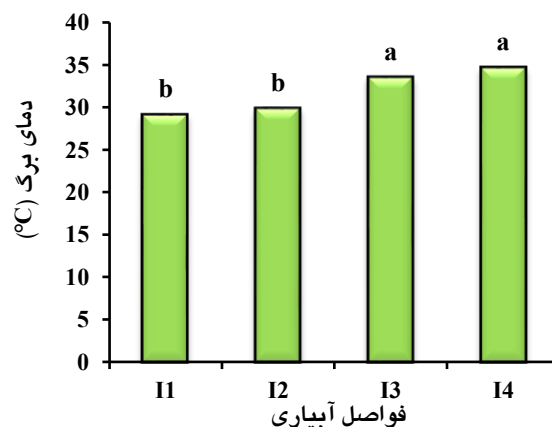
F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub>: به ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی کمپوست

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

#### دمای برگ

تیمار آبیاری بر دمای برگ اثر معنی داری داشت، هرچند که اثر معنی داری توسط تیمارهای مختلف کودی بر دمای برگ مشاهده نشد (جدول ۲). با تشدید تنش خشکی، دمای برگ ها افزایش یافت. هرچند که دمای برگ گیاه در تیمارهای I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub> مشابه بود. آبیاری گیاهان با فواصل ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک دمای برگ را نسبت به سطح اول آبیاری (I<sub>1</sub>) به طور قابل توجهی افزایش داد (شکل ۲). دمای برگ گیاهان آبیاری شده با فاصله تبخیر ۷۰ میلی متری (I<sub>1</sub>) به طور قابل توجهی

کمتر از سایر فواصل آبیاری بود، زیرا درصد آب برگ ها در این سطح آبیاری بیشتر بود (شکل ۱). با این حال، تفاوت آماری معنی داری بین تیمارهای I<sub>1</sub> و I<sub>2</sub> از این نظر مشاهده نشد (شکل ۲). دمای برگ یا دمای کانوپی گیاه معیاری برای ارزیابی وضعیت رطوبت گیاه یا تحمل به خشکی است. افزایش کمبود آب منجر به کاهش باز شدن روزنه و در نتیجه افت عملکرد سیستم سرد شدن در اثر تعرق می شود که در نهایت دمای برگ افزایش می یابد (کونراد و همکاران، ۲۰۲۱).



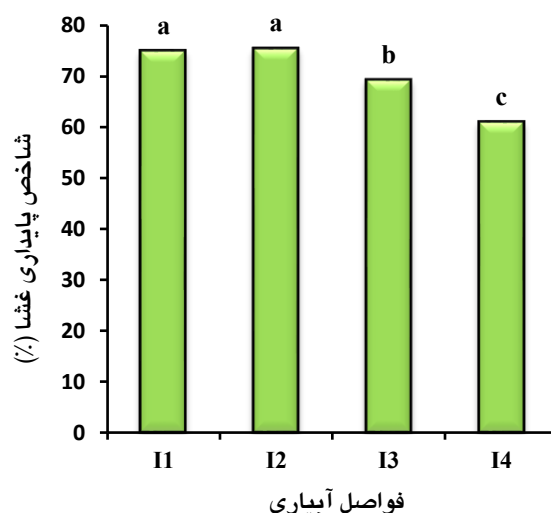
شکل ۲- مقایسه میانگین دمای برگ بالنگوی شهری تحت تیمارهای مختلف آبیاری

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

## شاخص پایداری غشا

شاخص پایداری غشای سلولی تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت، هرچند که اثر تیمارهای کودی بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). شاخص پایداری غشا تحت سطوح آبیاری I<sub>1</sub> و I<sub>2</sub> مشابه بود، ولی در سطوح I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>، شاخص پایداری غشا به ترتیب حدود ۷ و ۱۸ درصد کمتر از سطح I<sub>1</sub> گردید (شکل ۳). غشاهای سلولی از اولین محل‌های متأثر از تنش‌های غیر زیستی در گیاه محسوب می‌شوند. افزایش دمای برگ و تغییر در ساختار غشا به دلیل آسیب ناشی از تنش اکسیداتیو در



شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشا برگ بالنگوی شهری تحت تیمارهای مختلف آبیاری

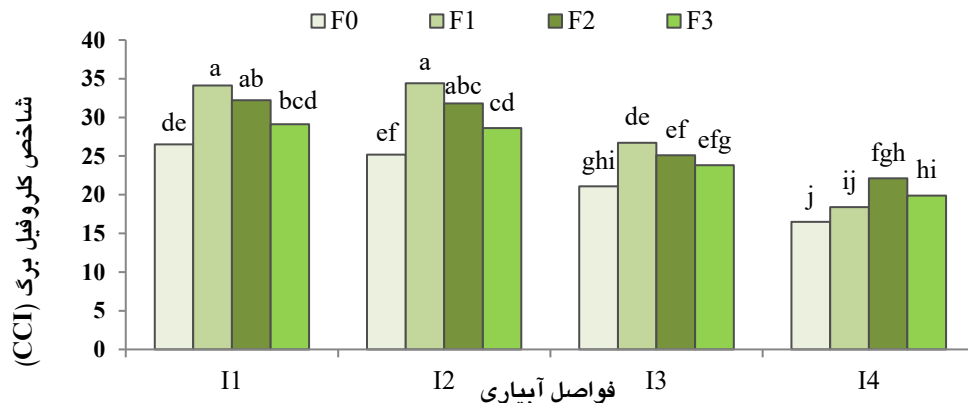
I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

برگ‌ها را به‌طور مؤثرتری نسبت به سایر تیمارهای کودی افزایش داد (شکل ۴). به نظر می‌رسد کاهش شاخص کلروفیل برگ بالنگوی شهری تحت تیمارهای تنش آبی متوسط و شدید عمدتاً به تغییر متابولیسم نیتروژن به سمت تولید پرولین و کاهش سنتز کلروفیل مربوط باشد. تحت تنش‌های محیطی گلوتامات می‌تواند به دلیل ساخت پرولین، بیشتر مصرف‌شده و در نهایت ساخت کلروفیل کم شود. با بدتر شدن شرایط تحت تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های کلروفیل‌لاز و گونه‌های فعال اکسیژن نیز افزایش می‌یابد و باعث تخریب کلروفیل گیاه می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

## شاخص کلروفیل برگ

آبیاری، مصرف کودهای آلی و شیمیایی و اثر متقابل این عوامل بر شاخص کلروفیل برگ گیاه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). به‌طور کلی آبیاری گیاهان بعد از ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک باعث کاهش معنی‌داری در شاخص کلروفیل برگ شد. اثر کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص کلروفیل برگ در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود. کاربرد کود فسفات آمونیوم باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی خفیف تا متوسط شد. تحت شرایط مذکور، تفاوت آماری معنی‌داری بین کودهای فسفات آمونیوم و کودهای آلی وجود نداشت. با این حال، تحت خشکی شدید، کاربرد کودهای زیستی شاخص کلروفیل



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص کلروفیل برگ (CCI) بالنگوی شهری تحت سطوح مختلف آبیاری در واکنش به تیمارهای کودی

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A

F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub>: به ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی کمپوست

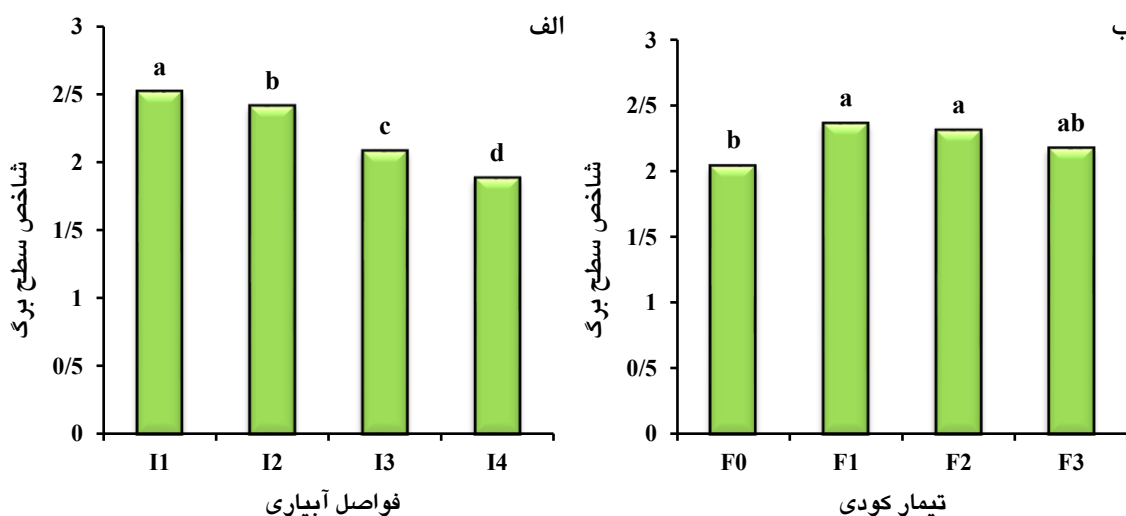
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

#### شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ گیاه به طور معنی داری تحت

تأثیر آبیاری و تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۲). با کاهش میزان آب در دسترس گیاه، شاخص سطح برگ نیز کاهش یافت (شکل ۵ الف). بیشترین شاخص سطح برگ از مصرف کود فسفات آمونیوم به دست آمد که نسبت به شاهد ۱۵/۶ درصد افزایش داشت. با وجود این، تفاوت معنی داری بین تیمار کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی کمپوست با کود شیمیایی

فسفات آمونیوم وجود نداشت (شکل ۵ ب). کم شدن آب برگ (شکل ۱) و شاخص کلروفیل (شکل ۴) باعث کاهش رشد و شاخص سطح برگ بالنگوی شهری شد. یکی از فرآیندهایی که در گیاهان در شرایط کمبود آب رخ می دهد، تغییر در سطح برگ است. بنابراین، کاهش سطح برگ به دلیل کاهش تقسیم سلولی و رشد سلول ها یک مکانیسم سازگاری است که گیاهان در مواجهه با شرایط کم آبی از خود نشان می دهند (کوتسای و همکاران، ۲۰۲۱).



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بالنگوی شهری در سطوح مختلف آبیاری (الف) و تیمار کودی (ب)

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A

F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub>: به ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی کمپوست

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

## تعداد فندقه در بوته

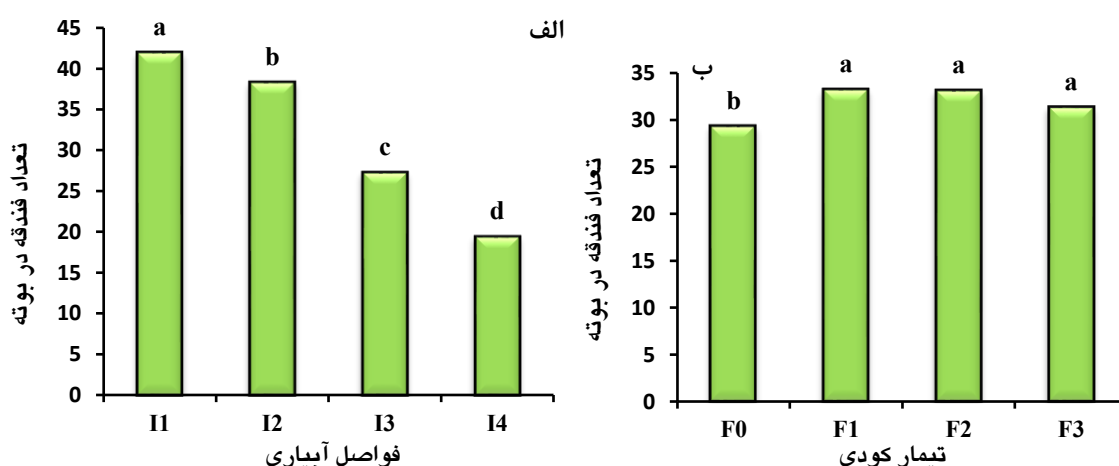
تعداد فندقه در بوته بالنگوی شهری به طور معنی داری تحت تأثیر آبیاری و کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۳). کمبود آب، تعداد فندقه در بوته را کاهش داد (شکل ۶). بیشترین تعداد فندقه در بوته با مصرف کود فسفات آمونیوم به دست آمد که سبب افزایش حدود ۱۳ درصدی تعداد فندقه در بوته نسبت به شاهد شد. شایان ذکر است که بین استفاده از کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی کمپوست تفاوت آماری معنی داری از نظر تعداد فندقه مشاهده نشد (شکل ۶). بخشی از کاهش رشد و تعداد فندقه در بوته، ناشی از

کم شدن کارایی فیزیولوژیکی گیاه مانند کم شدن شاخص کلروفیل (شکل ۴) و سطح برگ (شکل ۵) است که در نهایت منجر به کاهش رشد و تعداد فندقه در بوته شده است. یکی از دلایل کم شدن تعداد فندقه در بوته تحت تنش خشکی، اختلال در فرایندهای مرتبط با رشد و در نهایت افت میزان ماده خشک گیاه است. تولید ماده خشک یکی از معیارهای کاربردی در تعیین بازتاب گیاه به انواع شرایط محیطی است (پارکاش و سینگ، ۲۰۲۰). اثرات مثبت کودهای شیمیایی و زیستی در افزایش تعداد فندقه در بوته می تواند حاصل افزایش کارایی فیزیولوژیکی گیاه تحت تنش آبی باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه بالنگوی شهری تحت سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای کودی

| منابع تغییر      | درجه آزادی | میانگین مربعات |          |          |              | تعداد فندقه در بوته | تعداد دانه در فندقه | وزن هزار دانه | عملکرد دانه  | عملکرد بیولوژیکی | شاخص برداشت دانه |
|------------------|------------|----------------|----------|----------|--------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------|------------------|------------------|
|                  |            |                |          |          |              |                     |                     |               |              |                  |                  |
| تکرار            | ۲          | ۱۰/۴           | ۰/۰۳۳    | ۰/۰۲۳    | ۲۰۶۵۰/۱ **   | ۱۶۸۶۴۳/۷ **         | ۹۸/۲۵ **            | ۰/۰۳۳         | ۲۰۶۵۰/۱ **   | ۱۶۸۶۴۳/۷ **      | ۹۸/۲۵ **         |
| آبیاری (I)       | ۳          | ۱۲۷۴/۱ **      | ۰/۴۵۹ ** | ۰/۳۵۲ ** | ۲۱۰۷۹۱۴/۱ ** | ۲۰۶۳۶۳۲۲/۶ **       | ۰/۳۲۷               | ۰/۳۵۲ **      | ۲۱۰۷۹۱۴/۱ ** | ۲۰۶۳۶۳۲۲/۶ **    | ۰/۳۲۷            |
| خطای اصلی        | ۶          | ۳/۳۹۲          | ۰/۰۱۷    | ۰/۰۰۹    | ۱۵۰۰/۹       | ۸۴۱۲/۴              | ۲/۵۲۲               | ۰/۰۱۷         | ۱۵۰۰/۹       | ۸۴۱۲/۴           | ۲/۵۲۲            |
| تیمار کودی (F)   | ۳          | ۴۰/۴۲ **       | ۰/۰۴۱    | ۰/۰۶۵ *  | ۸۳۶۲۶/۱ **   | ۸۴۵۷۶۹/۸ **         | ۰/۴۵۵               | ۰/۰۴۱         | ۸۳۶۲۶/۱ **   | ۸۴۵۷۶۹/۸ **      | ۰/۴۵۵            |
| I × F            | ۹          | ۲/۵۹۵          | ۰/۰۰۲    | ۰/۰۰۱    | ۷۱۰۰/۱ *     | ۴۶۴۲۳/۱ *           | ۱/۲۵۳               | ۰/۰۰۲         | ۷۱۰۰/۱ *     | ۴۶۴۲۳/۱ *        | ۱/۲۵۳            |
| خطای فرعی        | ۲۴         | ۵/۵۸۱          | ۰/۰۰۶    | ۰/۰۲۱    | ۲۹۹۷/۱       | ۱۹۵۹۶/۹             | ۱۱/۹۷               | ۰/۰۰۶         | ۲۹۹۷/۱       | ۱۹۵۹۶/۹          | ۱۱/۹۷            |
| ضریب تغییرات (%) | -          | ۷/۴۵           | ۹/۳۵     | ۳/۱۳     | ۵/۵۹         | ۴/۵۳                | ۱۰/۸۷               | ۳/۱۳          | ۵/۵۹         | ۴/۵۳             | ۱۰/۸۷            |

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد فندقه در بوته بالنگوی شهری در سطوح مختلف آبیاری (الف) و تیمار کودی (ب)

I1, I2, I3 و I4: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A

F0, F1, F2 و F3: به ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی کمپوست حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

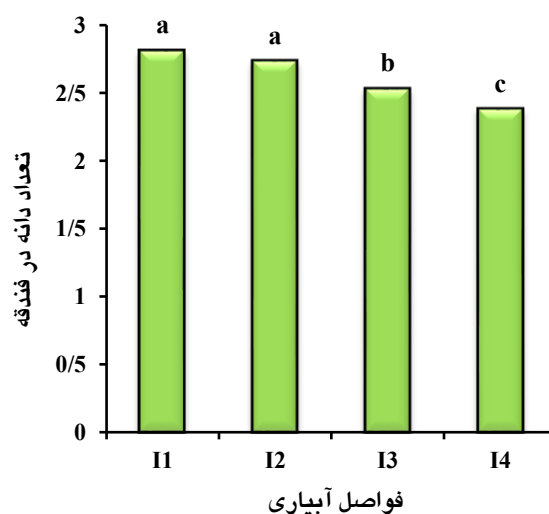
## تعداد دانه در فندقه

اثر آبیاری بر تعداد فندقه در بوته معنی‌دار بود، ولی تیمارهای کودی اثری بر این صفت ایجاد نکردند (جدول ۳). افزایش فواصل آبیاری به ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک اثر معنی‌داری بر تعداد فندقه در بوته نداشت. هرچند که با افزایش بیشتر فواصل آبیاری تعداد دانه در فندقه کاهش یافت. محدودیت آبی توسط کاهش آب برگ (شکل ۱)، شاخص کلروفیل (شکل ۴) و شاخص سطح برگ (شکل ۵) سبب کاهش و محدودیت فرایندهای فتوسنتزی گشته و تعداد گل‌های بارور در گیاه را کاهش می‌دهد (ررینگ و همکاران، ۲۰۲۰) که در نهایت موجب کاهش تعداد دانه در فندقه می‌شود.

## وزن هزار دانه

وزن هزار دانه بالنگوی شهری به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و کودی قرار گرفت، هرچند

که اثر متقابل این تیمارهای آبی و کودی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). وزن دانه‌ها در سطوح آبیاری مطلوب و تنش ملایم از نظر آماری یکسان بود، ولی در سطوح تنش متوسط و شدید آبی، وزن هزار دانه به‌ترتیب ۵/۲ و ۷/۷ درصد کمتر از تیمار آبیاری مطلوب گشت (شکل ۸ الف). تمامی تیمارهای کودی سبب افزایش وزن دانه بالنگوی شهری شدند، هرچند که افزایش وزن دانه در پاسخ به استفاده از ورمی‌کمپوست در قیاس با گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۸ ب). کاهش کارایی فیزیولوژیکی گیاهان بر اثر وقوع تنش خشکی سبب کاهش وزن دانه می‌گردد. تنش خشکی تولیدات فتوسنتزی را در گیاه محدود کرده و در نتیجه وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد (سان و همکاران، ۲۰۲۰).



شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در فندقه بالنگوی شهری تحت تیمارهای مختلف آبیاری

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

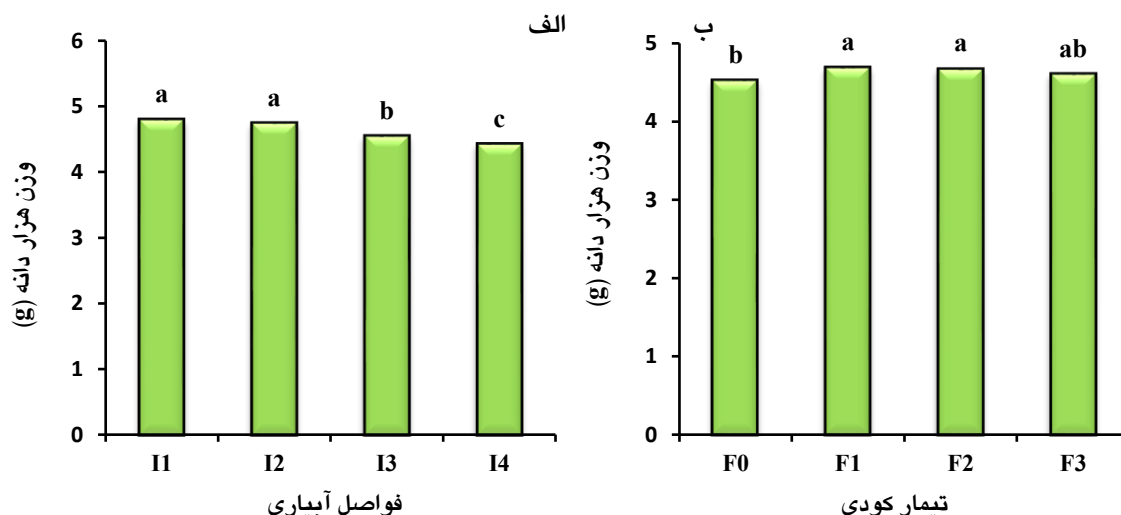
## عملکرد دانه

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودی بر عملکرد دانه بالنگوی شهری معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طور کلی، تنش آبی موجب کاهش عملکرد دانه بالنگوی شهری شد و استفاده از تیمارهای کودی فسفات آمونیوم و کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ در همه فواصل آبیاری موجب افزایش عملکرد دانه شدند، ولی اثر کود فسفات آمونیوم در افزایش عملکرد دانه تحت آبیاری مطلوب و تنش‌های خشکی ملایم و متوسط آشکارتر بود.

از سوی دیگر، تحت تنش شدید خشکی اثر کودهای زیستی بر بهبود عملکرد دانه بیشتر بود (شکل ۹) که نشان‌دهنده اثرات بهتر کودهای زیستی بر عملکرد گیاه بالنگوی شهری تحت تنش شدید خشکی است. کاهش محصول دانه بر اثر تنش خشکی را می‌توان به کم شدن آب برگ (شکل ۱)، شاخص کلروفیل (شکل ۴)، سطح برگ (شکل ۵)، تعداد فندقه در بوته (شکل ۶)، تعداد دانه در فندقه (شکل ۷) و وزن هزار دانه (شکل ۸) نسبت داد. کمبود آب از طریق کاهش فتوسنتز، جذب عناصر مغذی

پرورده به دانه‌ها تحت تنش کم‌آبی سبب افت وزن دانه‌ها و محصول نهایی می‌شود (ژائو و همکاران، ۲۰۲۰).

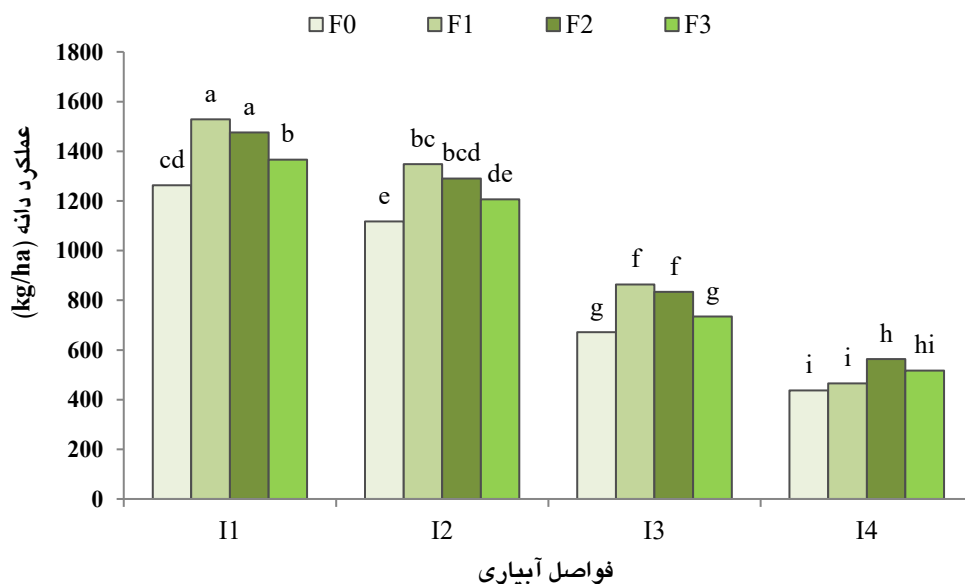
و فرایندهای فیزیولوژیکی تولید مواد پرورده را کاهش داده و موجب افت محصول دانه می‌گردد (سلیمان و همکاران، ۲۰۲۰). کاهش فتوسنتز و جریان محدود مواد



شکل ۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه بالنگوی شهری در سطوح مختلف آبیاری (الف) و تیمار کودی (ب)

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub>: به ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی‌کمپوست. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).



شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه بالنگوی شهری تحت سطوح مختلف آبیاری در واکنش به تیمارهای کودی

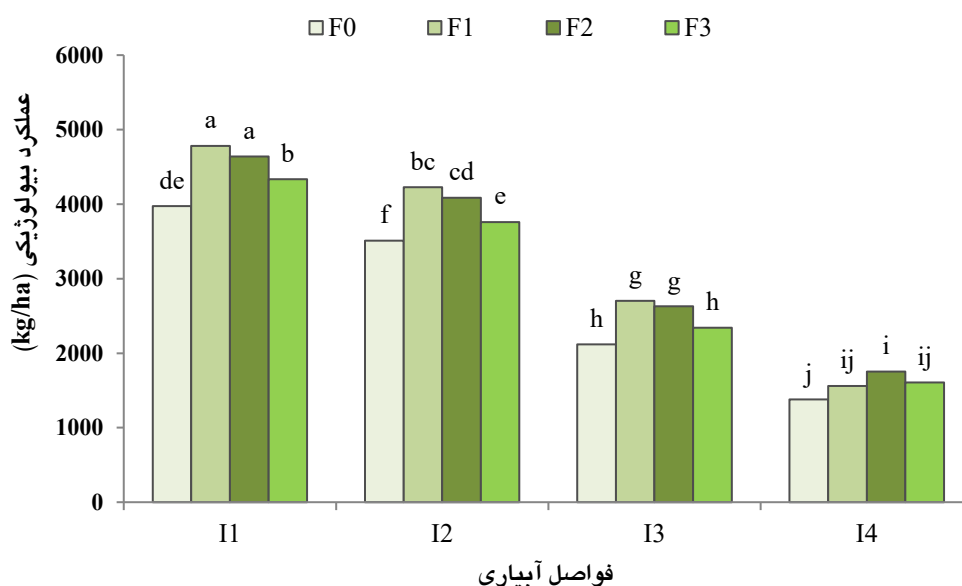
I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub>: به ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی‌کمپوست. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

### عملکرد بیولوژیکی

اثر آبیاری، استفاده از کودهای بیولوژیکی و شیمیایی و اثر متقابل این عوامل بر عملکرد بیولوژیکی بالنگوی شهری معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طورکلی آبیاری گیاهان پس از تبخیر ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متری از تشتک تبخیر باعث کاهش قابل‌توجهی (تا حدود ۶۴ درصد) در عملکرد بیولوژیکی شد. اثرات کودهای بیولوژیکی و شیمیایی در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی متفاوت بود. کاربرد کود فسفات آمونیوم باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی ملایم تا متوسط شد. تحت این شرایط تفاوت معنی‌داری بین کودهای شیمیایی فسفات آمونیوم و کودهای بیولوژیکی وجود نداشت. بالاین‌حال، در شرایط تنش خشکی شدید، استفاده از کود

زیستی در افزایش عملکرد بیولوژیکی نسبت به سایر کودها مؤثرتر بود (شکل ۱۰). کاهش محتوای آب (شکل ۱)، شاخص کلروفیل (شکل ۴)، شاخص سطح برگ (شکل ۵) و محصول دانه سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی بالنگوی شهری گردید. کاربرد کودهای آلی و شیمیایی تأثیر مثبتی بر عملکرد بیولوژیکی بالنگوی شهری داشت (شکل ۱۰). کودهای مورداستفاده از طریق بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و اجزای محصول گیاه توانستند که اثر مثبتی بر عملکرد بیولوژیکی گیاهان بگذارند. آزما‌ت و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که استفاده از کودهای بیولوژیکی تحت تنش خشکی سبب افزایش چشمگیری در رشد گیاهان می‌شود و محصول بیولوژیکی را در این شرایط بهبود می‌دهد.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی بالنگوی شهری تحت سطوح مختلف آبیاری در واکنش به تیمارهای کودی

I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub>: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub>: به‌ترتیب شاهد، کود شیمیایی فسفات آمونیوم، کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ و ورمی‌کمپوست

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

### شاخص برداشت

آبیاری و کاربرد کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر شاخص برداشت بالنگوی شهری تأثیری نداشت (جدول ۳). شاخص برداشت دانه، توانایی تقسیم مواد فتوسنتزی و ماده خشک را در دانه‌ها بیان می‌کند که ممکن است

بر اثر شرایط محیطی تغییر یابد. پایداری شاخص برداشت عامل اصلی و مهم در عملکرد دانه است (مبین و همکاران، ۲۰۲۱). شاید دلیل اصلی عدم معنی‌داری اثرات تیمارهای آبیاری و تیمارهای کودی در این تحقیق این باشد که سطوح مختلف این تیمارها باعث تغییر عملکرد

خاک، افزایش فعالیت میکروبی و تامین عناصر مغذی به طور مداوم، می توانند نیازهای تغذیه ای گیاه را بهتر تأمین کنند و در نتیجه، مقاومت گیاه را در برابر تنش های محیطی افزایش دهند. از سوی دیگر، استفاده از کودهای زیستی می تواند هزینه های تولید را کاهش داده و سلامت خاک و محیط زیست را در بلندمدت حفظ کند. بنابراین، برای دستیابی به حداکثر بازدهی و پایداری در کشت بالنگوی شهری، توصیه می شود که کشاورزان به استفاده از کودهای زیستی توجه ویژه ای داشته باشند.

#### سیاس گذاری

بدین وسیله از اعضای محترم هیأت علمی، کارکنان و کارشناسان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز جهت مساعدت در اجرا و اتمام این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

دانه و زیست توده گیاهی به نسبت تقریباً مساوی می شود.

#### نتیجه گیری

تنش خشکی سبب کاهش کارایی فیزیولوژیکی و محصول دانه بالنگوی شهری شد. استفاده از تیمارهای کودی موجب بهبود رشد، کارایی فیزیولوژیکی و محصول دانه گردید. بر اساس نتایج این پژوهش، استفاده از کودهای زیستی از تو بارور ۱ + فسفات بارور ۲ تحت تنش شدید آبی موجب افزایش ۲۰ درصدی شاخص کلروفیل گیاه، ۱۲ درصدی عملکرد بیولوژیکی و ۲۱ درصدی محصول دانه در مقایسه با تیمار کود شیمیایی گردید که نشان دهنده اهمیت استفاده از این کودها در شرایط تنش آبی است. کودهای زیستی می توانند به عنوان یک راهکار پایدار و دوستدار محیط زیست به کار گرفته شوند. این کودها با بهبود ساختار

#### منابع

- Albergaria ET, Oliveira AFM. and Albuquerque UP. 2020. The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. South African Journal of Botany, 131: 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.002>
- Al-Snafi AE. 2019. Medical benefit of *Lallemantia iberica*-A review. To Chemistry Journal, 3: 97-102.
- Amini R, Zafarani-Moattar P, Shakiba MR. and Hasanfarid A. 2023. Inoculating moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) with mycorrhizal fungi and bacteria may mitigate the adverse effects of water stress. Scientific Reports, 13: 16176. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43539-3>
- Anli M, Baslam M, Tahiri A, Raklami A, Symanczik S, Boutasknit A, Ait-El-Mokhtar M, Ben-Laouane R, Toubali S, Ait Rahou Y. and Ait Chitt M. 2020. Biofertilizers as strategies to improve photosynthetic apparatus, growth, and drought stress tolerance in the date palm. Frontiers in plant science, 11: 516818. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.516818>
- Azmat A, Yasmin H, Hassan MN, Nosheen A, Naz R, Sajjad M, Ilyas N. and Akhtar M.N. 2020. Co-application of bio-fertilizer and salicylic acid improves growth, photosynthetic pigments and stress tolerance in wheat under drought stress. PeerJ, 8: e9960. <https://doi.org/10.7717/peerj.9960>
- Blum A. and Ebercon A. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat 1. Crop Science, 21: 43-47. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100010013x>
- Chojnacka K, Moustakas K. and Witek-Krowiak A. 2020. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. Bioresource Technology, 295: 122223. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122223>
- Goswami B, Rankawat R. and Gadi BR. 2020. Physiological and antioxidative responses associated with drought tolerance of *Lasiurus indicus* Henr. endemic to Thar desert, India. Brazilian Journal of Botany, 43, 761-773. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00666-9>
- Iqbal MS, Singh AK. and Ansari MI. 2020. Effect of drought stress on crop production. New frontiers in stress management for durable agriculture, 35-47. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1322-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1322-0_3)
- Konrad W, Katul G. and Roth - Nebelsick A. 2021. Leaf temperature and its dependence on atmospheric CO<sub>2</sub> and leaf size. Geological Journal, 56: 866-885. <https://doi.org/10.1002/gj.3757>

- Kour D, Rana KL, Yadav AN, Yadav N, Kumar M, Kumar V, Vyas P, Dhaliwal H.S. and Saxena A.K. 2020. Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23: p.101487. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.10148>
- Kutasy E, Buday-Bódi E, Virág IC, Forgács F, Melash AA, Zsombik L, Nagy A. and Csajbók J. 2021. Mitigating the negative effect of drought stress in oat (*Avena sativa* L.) with silicon and sulphur foliar fertilization. *Plants*, 11: p.30. <https://doi.org/10.3390/plants11010030>
- Mubeen M, Bano A, Ali B, Islam ZU, Ahmad A, Hussain S, Fahad S. and Nasim W. 2021. Effect of plant growth promoting bacteria and drought on spring maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Bot*, 53: 731-739. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-2\(38\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-2(38))
- Nasrollahzadeh S, Mamnabi S, Ghassemi-Golezani K, Raei Y. and Weisany W. 2023. PGPR and vermicompost with reduced chemical fertilizer enhances biodiesel production, nutrient uptake and improve oil composition of rapeseed grown under water deficit stress. *South African Journal of Botany*, 159: 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.06.001>
- Paravar A, Maleki Farahani S. and Rezazadeh A. 2022. *Lallemantia Iberica* and *Lallemantia royleana*: the effect of mycorrhizal fungal inoculation on growth and mycorrhizal dependency under sterile and non - sterile soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53: 880-891. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2034844>
- Parkash, V. and Singh, S., 2020. A review on potential plant-based water stress indicators for vegetable crops. *Sustainability*, 12: p.3945. <https://doi.org/10.3390/su12103945>
- Rering CC, Franco JG, Yeater KM. and Mallinger RE. 2020. Drought stress alters floral volatiles and reduces floral rewards, pollinator activity, and seed set in a global plant. *Ecosphere*, 11: p.e03254. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3254>
- Riaz U, Mehdi SM, Iqbal S, Khalid HI, Qadir AA, Anum W, Ahmad M. and Murtaza G. 2020. Bio-fertilizers: eco-friendly approach for plant and soil environment. *Bioremediation and Biotechnology: Sustainable Approaches to Pollution Degradation*, 189-213. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0_9)
- Sai CB. and Chidambaranathan P. 2019. Reproductive stage drought tolerance in blackgram is associated with role of antioxidants on membrane stability. *Plant Physiology Reports*, 24: 399-409. <https://doi.org/10.1007/s40502-019-00471-x>
- Seleiman MF, Al-Suhaibani N, Ali N, Akmal M, Alotaibi M, Refay Y, Dindaroglu T, Abdul-Wajid H.H. and Battaglia M.L. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10: 259. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>
- Sun Y, Wang C, Chen HY. and Ruan H. 2020. Response of plants to water stress: a meta-analysis. *Frontiers in plant science*, 11: p.978. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00978>
- Süntar I. 2020. Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. *Phytochemistry Reviews*, 19: 1199-1209. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09629-9>
- Yang X, Lu M, Wang Y, Wang Y, Liu Z. and Chen S. 2021. Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3): 50. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>
- Zahid A, T. Abbas H, Imran MA, Qaraqe KA, Alomainy A, Cumming DR. and Abbasi QH. 2019. Characterization and water content estimation method of living plant leaves using terahertz waves. *Applied Sciences*, 9: 2781. <https://doi.org/10.3390/app9142781>
- Zhang G, Su X, Ayantobo OO. and Feng, K. 2021. Drought monitoring and evaluation using ESA CCI and GLDAS-Noah soil moisture datasets across China. *Theoretical and Applied Climatology*, 144: 1407-1418. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03609-w>
- Zhao W, Liu L, Shen Q, Yang J, Han X, Tian F. and Wu J. 2020. Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. *Water*, 12: 2127. <https://doi.org/10.3390/w12082127>