# ارزیابی اثر کودهای آلی بر شاخص‌های رشد و گل‌دهی توده اطلسی ایرانی در شرایط کم‌آبیاری

مریم کمالی[۱*] و مرتضی گلدانی[۲]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۵/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۲)


## چکیده

**کودهای آلی باعث حفظ چرخه مواد غذایی، کاهش آلودگی، اصلاح خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و پایداری گیاه در خاک می‌شوند. به منظور بررسی اثر کودهای آلی (ورمی‌کمپوست، کمپوست و دامی) بر صفات مورفوفیزیولوژیک توده اطلسی ایرانی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در شرایط گلخانه در دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (آبیاری براساس ۱۰۰٪ گنجایش زراعی به میزان ۳۶۰ میلی‌لیتر ($D_1$)، ۵۰٪ گنجایش زراعی به میزان ۱۸۰ میلی‌لیتر ($D_2$) و ۲۵٪ گنجایش زراعی به میزان ۹۰ میلی‌لیتر آب ($D_3$) در هر گلدان دو کیلویی خاک) و چهار تیمار کودی (شاهد، کمپوست، ورمی‌کمپوست و دامی) بودند. صفات مورفوفیزیولوژیک اندازه‌گیری شده عبارتند از ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، تعداد گل، حجم ریشه، وزن خشک برگ، ریشه، ساقه و گل، نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و رنگدانه‌های فتوسنتزی. نتایج نشان داد که سطوح آبیاری و کودی در تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار شدند، به طوری که بر اساس نتایج حاصل از برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی، بیشترین میزان وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، ارتفاع گیاه، تعداد گل و هدایت روزنه‌ای در تیمار ۱۰۰٪ گنجایش زراعی و در بستر حاوی کود دامی حاصل شد. در تیمار ۲۵٪ گنجایش زراعی، کود کمپوست ۳۸٪، کود دامی ۲۹٪ و کود ورمی‌کمپوست ۶۱٪ وزن ۱۰ عدد گل را نسبت به شاهد افزایش داد. در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد به دست آمد. ولی کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید در تیمار ورمی‌کمپوست مقادیر بیشتری داشتند. به طور کلی، نتایج نشان داد که خصوصیات رشدی و تعداد گل اطلسی به ترتیب در تیمار کود دامی و ورمی‌کمپوست در شرایط کم‌آبیاری مناسب‌تر بود.**


**کلمات کلیدی: گل اطلسی، ارتفاع گیاه، رنگدانه‌های فتوسنتزی، نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای**

## مقدمه

گیاهان، پیوسته توسط تنش‌های محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعضی از این تنش‌ها، مانند تنش خشکی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (۲۴). تنش خشکی باعث آسیب به غشا و سیستم فتوسنتزی می‌شود. فتوسنتز به‌وسیله تنش خشکی از دو طریق تحت تأثیر قرار می‌گیرد: الف) بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه نرسیدن دی‌اکسید کربن به کلروپلاست‌ها و ب) کاهش پتانسیل آب سلول و تأثیر منفی آن بر ساختمان

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.kamali57@yahoo.com

پیچیده فتوسنتزی. به این ترتیب، تنش خشکی می‌تواند رشد ریشه و ساقه را تحت تأثیر قرار دهد و باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (۲۸). بنابراین، یکی از راهکارهای مهم در اصلاح گیاهان برای افزایش مقاومت به خشکی این است که غشای سلولی پس از مواجه شدن با کمبود آب انسجام خود را حفظ کند و به همین علت، ثبات غشای سلولی تحت شرایط تنش خشکی به عنوان یک جزء اصلی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم، توسط محققین مطرح شده است. میزان خسارت وارده به غشاهای سلولی توسط خشکی از طریق اندازه‌گیری نشت سلولی قابل ارزیابی است (۳۶).

مدیریت آبیاری به معنای مشخص کردن زمان آبیاری و مقدار آب لازم در هر نوبت آبیاری در طول دوره رشد گیاه زراعی می‌باشد. مدیریت نامطلوب آب موجب اختلال در متابولیسم و مورفوفیزیولوژی گیاه شده و شناخت و درک صحیح مدیریت آب، برای فرایندهای درونی گیاه مهم می‌باشد (۱۳). سهرابی و همکاران (۴۰) اظهار داشتند که کمبود آب بر مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان، تغییر متابولیسم کربوهیدرات‌ها، تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها مؤثر است.

از طرفی، ماده آلی، کلید حاصلخیزی و باروری خاک است. متأسفانه میانگین مقدار مواد آلی خاک‌های کشور کمتر از ۱٪ است که این امر به علت مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، به‌خصوص کودهای نیتروژنه، و عدم استفاده از کودهای آلی در چند دهه اخیر است (۳۰). یکی از راه‌حل‌ها برای افزایش مقدار مواد آلی خاک، استفاده از کودهای آلی از قبیل کود حیوانی، کود سبز و ورمی‌کمپوست می‌باشد (۳۰). ورمی‌کمپوست منبع غنی از عناصر پُرمصرف، کم‌مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است (۳۵). از این رو، استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، سبب رشد زیاد و سریع گیاهان می‌گردد.

با مصرف کودهای شیمیایی، میزان زیادی از عناصر غذایی به خاک افزوده می‌شود. اما گیاهان قادر به جذب تمام این مواد نبوده و تجمع این مواد سبب ایجاد مشکلاتی نظیر آلودگی‌های زیست‌محیطی، انباشت نمک‌ها و تغییر pH خاک و در نتیجه کاهش باروری، ایجاد کمپلکس‌های نامطلوب، کاهش میزان کربن آلی، کاهش تنوع زیستی و فرسایش ژنتیکی شده است (۳).

بررسی‌ها نشان داده که استفاده از منابع زیستی (اُرگانیک) مانند کود دامی، ورمی‌کمپوست و کمپوست می‌تواند منجر به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول شود. زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاهان را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش می‌دهد (۳۴). کاربرد کودهای آلی (مانند کمپوست و کود دامی) در خاک‌های سنگین می‌تواند دانه‌بندی، تخلخل، نفوذپذیری و تهویه را بهبود بخشد و در خاک‌های شنی به نگه‌داری آب و مواد غذایی کمک کند (۱۲). مطالعات مختلف نشان داده که ضایعات آلی مانند کمپوست زباله و یا کود گاوی، به طور طبیعی حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از عناصر کم‌مصرف است که به علت وجود مواد آلی زیاد به صورت کلات‌های آلی در آمده‌اند و باعث افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می‌شوند (۳۵). کودهای دامی علاوه بر اثرهای مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، به علت این که به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، آلودگی کمتری را در محیط زیست ایجاد می‌کنند (۳۸).

در تحقیقی، مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست در کشت رازیانه باعث افزایش جذب عناصر غذایی و فتوسنتز در این گیاه می‌شود (۲۵). احمدیان و همکاران (۱)، در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و مصرف کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز اعلام نمودند که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی می‌تواند ضمن کاهش اثر تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده مؤثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره سبز گردیده و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پر شدن دانه شود. همچنین، عزیزی و همکاران (۱۱)، مصرف کمپوست در شرایط

**جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش**

| | نیتروژن (٪) | فسفر (٪) | پتاسیم (٪) | EC (dS/m) | pH |
|---|---|---|---|---|---|
| خاک شاهد | ۰/۰۹ | ۰/۰۴ | ۰/۰۳ | ۱/۹ | ۵ |

تنش آبیاری را جهت حصول عملکرد کمی و کیفی مناسب بابونه توصیه نموده‌اند.

اطلسی ایرانی (*Petunia spp.*) گیاهی یکساله، گل‌دار و زینتی از خانواده سولاناسه می‌باشد. این گیاه، بومی مکزیک و آرژانتین بوده و دارای ارقام گلدانی و ارقام مناسب برای کشت در فضای سبز شهری است. توده بومی آن در ایران، که به اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*) معروف است، از عطر دلپذیری برخوردار می‌باشد و از مهم‌ترین گیاهان فصلی محسوب می‌شود (۴).

با توجه به مشکل کمبود آب، افزایش قیمت آب آبیاری، مصرف کودهای شیمیایی در بسیاری از موارد و همچنین اثر کودهای آلی (کمپوست، ورمی‌کمپوست و دامی) بر بهبود ویژگی‌های خاک، این آزمایش با هدف مطالعه سطوح مختلف آبیاری و انواع کودهای آلی (کمپوست، ورمی‌کمپوست و دامی) و بررسی برهمکنش آنها بر گل‌دهی و رشد گیاه اطلسی ایرانی انجام گردید.

## مواد روش‌ها

این پژوهش در پاییز و زمستان ۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، در شرایط گلخانه‌ای، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی طراحی و اجرا شد. فاکتور اول شامل سه سطح آبیاری شامل: ۱) ۱۰۰٪ گنجایش زراعی برابر ۳۶۰ میلی‌لیتر آب برای هر گلدان ($D_1$)، ۲) ۵۰٪ گنجایش زراعی برابر ۱۸۰ میلی‌لیتر آب ($D_2$) و ۳) ۲۵٪ گنجایش زراعی برابر ۹۰ میلی‌لیتر آب در هر گلدان ($D_3$) و فاکتور دوم تیمار کود آلی شامل سه تیمار کمپوست، ورمی‌کمپوست و دامی به میزان ۶۰ گرم در هر یک کیلوگرم خاک گلدان، و تیمار شاهد بود. خاک اصلی و پایه بستر کشت، که به عنوان شاهد نیز در نظر گرفته شد، ترکیبی از خاک مزرعه، ماسه و خاک‌برگ به نسبت ۱:۲:۲ بود. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شاهد مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

به منظور بررسی اثر میزان آب آبیاری بر رشد و گل‌دهی گیاه اطلسی، گنجایش زراعی خاک اولیه (شاهد) محاسبه و بر اساس آن میزان آب آبیاری در هر سطح تعیین گردید. گلدان های استفاده شده برای این آزمایش، گلدان‌های دو کیلویی بودند و جهت تعیین درصد گنجایش زراعی از روش صفحات فشاری استفاده شد.

میزان گنجایش زراعی به‌دست آمده از دستگاه صفحات فشاری ۱۸٪ بود که به ازای ۱۰۰ گرم خاک خشک به‌دست آمد و برای دو کیلو خاک خشک هر گلدان میزان ۳۶۰ میلی‌لیتر آب در حالت ۱۰۰٪ گنجایش زراعی محاسبه شد.

معیار آبیاری در گلدان‌های تحت تنش، شاهد آبیاری بود و هر زمان که گلدان‌های شاهد نیاز به آبیاری داشتند گلدان‌های تحت تنش نیز به صورت هم‌زمان آبیاری می‌شدند. با توجه به شرایط پاییز و زمستان، زمان آبیاری تقریباً دو روز در میان بود.

طول دوره رشد ۴۰ روز در نظر گرفته شد و در این مرحله اندازه‌گیری صفات آغاز شد. تمام نمونه‌گیری‌های برگی از برگ‌های جوان و کاملاً توسعه پیدا کرده، یعنی برگ‌های سوم و چهارم از بالای بوته، انتخاب شد. ضمن اینکه زمان اندازه‌گیری در پایان ۴۰ روز و بعد از مشاهده کامل علائم تنش آغاز شد. ضمنا اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در زمانی بود که گیاهان تحت تنش بودند و قبل از آبیاری دوره‌ای آنها نمونه‌گیری انجام می‌شد.

در مرحله گل‌دهی، تعداد و میانگین طول شاخه جانبی،

ارتفاع گیاه و تعداد برگ محاسبه شد. تعداد کل گل از ابتدای مرحله زایشی تا زمان برداشت مورد شمارش قرار گرفت. حجم ریشه با استفاده از استوانه مدرج و هدایت روزنه‌ای در برگ‌ها با دستگاه پرومتر اندازه‌گیری شدند و در نهایت وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و گل بعد از قرار دادن نمونه‌ها در آون ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

به منظور محاسبه درصد نشت الکترولیت سلول‌های برگی، ابتدا قطعاتی از برگ پس از شست‌وشو همراه با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس، لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت به‌وسیله شیکر شدیداً تکان داده شدند. در این مرحله، هدایت الکتریکی اولیه (EC1) به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. سپس، لوله‌های آزمایش جهت کشته شدن سلول‌های برگی به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ثانویه (هدایت الکتریکی ماکزیمم ، EC2) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش انجام گرفت. مقدار نشت الکترولیت از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$EL = (EC1 / EC2) \times 100 \quad [۱]$$

میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ مطابق روش درزی و همکاران (۲۵) تعیین گردید. بدین منظور، ابتدا با استفاده از متانول، عصاره‌گیری انجام و نهایتاً میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر قرائت شد. فرمول‌های ۲ تا ۴ برای محاسبه میزان کلروفیل‌ها به‌کار رفت:

$$Chla = 115.65A_{666} - 7.340A_{653} \quad [۲]$$

$$Chlb = 27.05A_{653} - 11.21A_{666} \quad [۳]$$

$$Chlt = Chla + Chlb \quad [۴]$$

آنالیز آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، تعداد گل

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثر ساده تنش خشکی بر تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ و تعداد گل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر ساده استفاده از کودهای دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست نیز در مورد تعداد شاخه جانبی در سطح ۵٪ و در مورد تعداد برگ و تعداد گل اطلسی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج مندرج در جدول ۲، برهمکنش خشکی و تیمارهای کودی در صفات تعداد شاخه جانبی و تعداد گل در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. این در حالی است که برهمکنش دو عامل مورد بررسی (سطوح آبیاری و تیمارهای کودی) در هیچیک از سطوح معنی‌دار نشد (جدول ۲). بررسی اثر ساده تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین تعداد برگ (۱۲۰/۱۱) مربوط به تیمار حاوی کود دامی، بیشترین تعداد شاخه جانبی (۳/۴۴) مربوط به تیمار حاوی کود کمپوست و بیشترین تعداد گل (۱۰/۶۶ عدد در بوته) مربوط به بستر کشت حاوی ورمی‌کمپوست می‌باشد (جدول ۳). بر اساس نتایج مربوط به برهمکنش تیمارهای خشکی و کودی، بیشترین تعداد شاخه جانبی (میانگین ۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار کمپوست و در شرایط تیمار شاهد آبیاری (۳۶۰ میلی‌لیتر آبیاری در هر گلدان) به دست آمد. ضمن این که در تیمار D3 (۹۰ میلی‌لیتر آبیاری به ازای هر گلدان) و در بستر کشت شاهد، تنها یک شاخه جانبی ایجاد شد (جدول ۴). در تیمار کود دامی و در شرایط بدون تنش خشکی، به طور میانگین ۲۰/۳ گل در بوته وجود داشت، که این میزان حدود ۱۵٪ بیشتر از تعداد گل در تیمار ورمی‌کمپوست و ۶۵٪ بیشتر از تیمار شاهد در همین سطح از آبیاری بود. کاهش زیست‌توده تولیدی و عملکرد گل طی افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد گل و شاخه جانبی در بوته، کاهش سطح برگ تولیدی و افزایش اختصاص مواد

فتوسنتزی به ریشه، نسبت به بخش هوایی گیاه، باشد.

نتایج نشان داد که هر یک از کودهای مصرفی به نوعی سبب افزایش عملکرد گل و بهبود اجزای عملکرد شدند. افزایش عملکرد گل طی استفاده از کودهای دامی در شرایط تنش می‌تواند مربوط به تأثیر آن بر افزایش عناصر غذایی خاک و فراهم آوردن قابلت جذب آن‌ها توسط گیاه باشد.

## طول شاخه‌های جانبی و ارتفاع گیاه

اثر ساده تیمارهای آبیاری مربوط به میانگین طول شاخه‌های جانبی و ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر ساده تیمارهای کودی نیز بر میانگین طول شاخه جانبی در سطح ۱٪ و در ارتفاع در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. ضمن این که برهمکنش تیمار خشکی و تیمار کودی در هر دو صفت ارتفاع شاخه اصلی و میانگین طول شاخه‌های جانبی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج جدول ۳، با کاهش میزان آب آبیاری از سطح D1 به D3، میانگین طول شاخه جانبی از ۴۰/۹ به ۱۱/۳۷ سانتی‌متر کاهش یافت.

استفاده از تیمارهای کودی نیز منجر به کاهش میانگین طول شاخه جانبی شد. به این ترتیب که بیشترین میانگین طول شاخه جانبی در تیمار شاهد مشاهده شد. میانگین طول شاخه جانبی در تیمار کمپوست، دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب ۳۴، ۲۰ و ۱۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳).

بر اساس داده‌های حاصل از شکل ۱، تیمار کمپوست در سطح یک آبیاری (D1) و تیمار شاهد در سطح ۲ آبیاری (D2) کمترین میانگین طول شاخه جانبی را داشتند. با کاهش سطوح آبیاری، ارتفاع گیاه هم کاهش داشت. کمترین ارتفاع در تیمار شاهد و بیشترین ارتفاع در بستر کشت حاوی کود دامی بود (جدول ۳). ضمن این که با توجه به جدول ۴، استفاده از کودهای دامی، ورمی‌کمپوست و کمپوست، ارتفاع گیاه را به ترتیب به میزان ۵۰، ۳۵ و ۲۶ درصد نسبت به بستر کشت شاهد در سطح D1 آبیاری افزایش داد.

یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، خصوصاً در ساقه و برگ‌ها، است که با کاهش رشد سلول و اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر و تعداد کمتر برگ‌ها تشخیص داد (۱۷). به‌علاوه، در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و در نتیجه رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور و گنجایش کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (۲).

مصرف کودهای دامی به علت داشتن اثر تغذیه‌ای، بهبود بخشیدن ساختمان فیزیکی خاک، افزایش توسعه‌ی ریشه، کاهش فرسایش و جلوگیری از رواناب و نگهداری آب در خاک، یکی از روش‌هایی است که منجر به حفظ رطوبت در خاک می‌شود (۳۱) و می‌تواند روی افزایش صفاتی نظیر ارتفاع مؤثر باشد. طبق گزارش سعید نژاد و رضوانی مقدم (۶) نیز کود دامی در مقایسه با کمپوست، تأثیر بهتری در افزایش ارتفاع زیره سبز داشت. یاداو و همکاران (۴۲) افزایش ارتفاع گیاه اسفرزه رابر اثر مصرف کودهای دامی گزارش کردند. آرانکون و همکاران (۱۶) هم افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه را در توت‌فرنگی در اثر مصرف کود دامی مشاهده کردند.

## حجم ریشه، وزن خشک برگ، ریشه، ساقه و وزن خشک گل در بوته

بر اساس نتایج حاصل از میانگین مربعات، اثر ساده سطوح آبیاری در صفات ذکر شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). ضمن این که اثر ساده تیمارهای کودی نیز در صفات حجم ریشه، وزن خشک برگ و ساقه، وزن خشک ۱۰ گل در سطح احتمال ۱٪ و همچنین وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). اثر متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی نیز در وزن خشک برگ، ساقه و گل معنی‌دار شد. کاهش میزان آب آبیاری از ۳۶۰ میلی‌لیتر

**جدول ۲. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برخی صفات اندازه‌گیری شده در گیاه اطلسی**

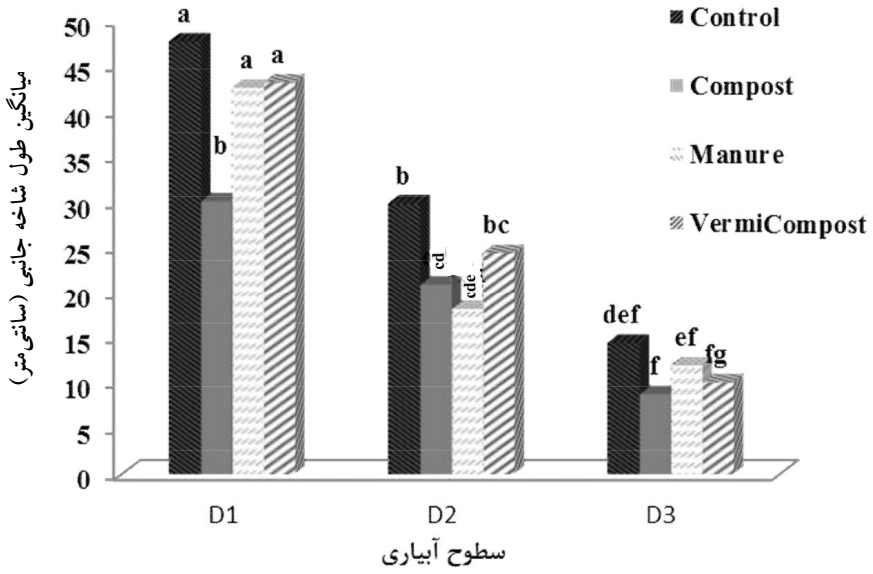
| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد شاخه جانبی | تعداد برگ | تعداد گل | میانگین طول شاخه جانبی | ارتفاع | حجم ریشه | وزن خشک ریشه | وزن خشک برگ | وزن خشک ساقه | وزن خشک ۱۰ گل |
| تنش خشکی | ۲ | ۸/۳۶$^{**}$ | ۴۰۲۲۳/۳۶$^{**}$ | ۶۷۱/۸۶$^{**}$ | ۲۶۴۶/۹۵$^{**}$ | ۴۴۱۰/۰۱$^{**}$ | ۴۸$^{**}$ | ۳/۷۱$^{**}$ | ۸۷/۴۱$^{**}$ | ۶۱$^{**}$ | ۰/۷۶۱$^{**}$ |
| تیمار کودی | ۳ | ۳/۳۶$^{*}$ | ۳۹۹۹/۸$^{**}$ | ۴۳/۲۸$^{**}$ | ۱۷۶/۰۸$^{**}$ | ۹۹/۵۱$^{*}$ | ۱۱/۷۵$^{**}$ | ۰/۱۸۹$^{*}$ | ۳/۹۶$^{**}$ | ۱۰/۳۷$^{**}$ | ۰/۱۲۶$^{**}$ |
| تنش خشکی × تیمار کودی | ۶ | ۲/۰۲$^{**}$ | ۴۵۸/۶۹ns | ۱۷/۸۹$^{*}$ | ۴۳/۷۶$^{*}$ | ۹۶/۸۴$^{*}$ | ۱/۵۸ns | ۲/۰۲۸ns | ۰/۶۱$^{*}$ | ۱/۹۴$^{**}$ | ۰/۰۱۲$^{**}$ |
| خطا | ۲۴ | ۱/۰۱ | ۲۶۱/۸۳ | ۷/۶۲ | ۱۸/۸۲ | ۳۲/۵۵ | ۰/۸۷ | ۰/۰۴۴ | ۰/۱۷ | ۰/۳۶ | ۰/۰۰۳ |

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

**جدول ۳. مقایسه میانگین اثرهای ساده تنش خشکی و تیمارهای کودی بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گیاه اطلسی**

| تیمار | تعداد شاخه جانبی | تعداد برگ | تعداد گل | میانگین طول شاخه جانبی (cm) | ارتفاع (cm) | حجم ریشه ($cm^3$) | وزن خشک ریشه (g) | وزن خشک برگ (g) | وزن خشک ساقه (g) | وزن خشک ۱۰ گل (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سطح تنش | | | | | | | | | | |
| D1* | ۳/۵a | ۱۶۲/۵ a | ۱۶/۴۱a | ۴۰/۹۰a | ۵۴/۶۶a | ۷/۴۱a | ۱/۴۸a | ۶/۳۲a | ۵/۲۵a | ۰/۸۸۵a |
| D2 | ۳/۱۶b | ۸۳/۸۳b | ۵/۳۳b | ۲۳/۳۹b | ۳۶/۸۷b | ۵/۴۱b | ۰/۸۴b | ۲/۵۷b | ۲/۸۷b | ۰/۴۹b |
| D3 | ۱/۹۱c | ۴۹/۵۸c | ۲/۱۶c | ۱۱/۳۷c | ۱۶/۳۵c | ۳/۴۱c | ۰/۳۷c | ۱/۰۸c | ۰/۷۴c | ۰/۴۱b |
| تیمارهای کودی | | | | | | | | | | |
| شاهد | ۲c | ۷۲/۸۸d | ۶/۶۶c | ۳۰/۷۰a | ۳۲/۰۵d | ۳/۹۴d | ۰/۷۲c | ۲/۵۱d | ۱/۷۲d | ۰/۴۵d |
| کمپوست | ۳/۴۴a | ۹۰/۷۷c | ۵/۷۷c | ۲۰d | ۳۴/۵۵c | ۶/۵a | ۱/۰۷a | ۳/۱۳c | ۲/۴۱c | ۰/۶۳a |
| دامی | ۳b | ۱۲۰/۱۱a | ۸/۷۷b | ۲۴/۲۷c | ۳۹/۵۵a | ۶/۱۱b | ۰/۹۲b | ۴/۰۸a | ۴/۰۰۲a | ۰/۵۷b |
| ورمی‌کمپوست | ۳b | ۱۱۰/۷۷b | ۱۰/۶۶a | ۲۵/۹۲b | ۳۷/۷b | ۵/۱۱c | ۰/۸۷b | ۳/۵۶b | ۳/۶۹b | ۰/۷۳c |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارند (D1، D2 و D3 به ترتیب برابر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ سی‌سی آبیاری هر گلدان است).




**شکل ۱. اثر برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر میانگین طول شاخه جانبی در گیاه اطلسی (D1، D2 و D3 به ترتیب برابر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ میلی‌لیتر آبیاری در هر گلدان است).**

(D1) به ۹۰ میلی‌لیتر (D3) منجر به کاهش مقادیر تمامی صفات ذکر شده شد (جدول ۳)، به طوری که حجم ریشه از ۷/۴۱ سانتی‌متر مکعب در D1 به ۳/۴۱ سانتی‌متر مکعب در D3 و وزن خشک ریشه از ۱/۴۸ گرم به ۰/۳۷ گرم در هر گیاه رسید. وزن خشک برگ، ساقه و ۱۰ گل نیز به ترتیب ۸۲، ۸۵ و ۵۳ درصد کاهش یافت. بیشترین وزن خشک برگ و ساقه در بستر کشت حاوی کود دامی و پس از آن در بستر کشت حاوی ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول ۳). بررسی برهمکنش سطوح آبیاری و تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار ۳۶۰ میلی‌لیتر آبیاری (D1) و در تیمارهای دامی و ورمی‌کمپوست بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر بود (جدول ۴). استفاده از کودهای کمپوست، دامی و ورمی‌کمپوست در گلدان‌هایی که با ۹۰ میلی‌لیتر آب آبیاری شده بودند (D3)، وزن خشک ساقه را نسبت به بستر شاهد در همین سطح آبیاری به ترتیب ۳/۸، ۶ و ۵/۶ برابر کرد. بیشترین میزان وزن خشک برگ (۷/۶۷ گرم در بوته) نیز در سطح D1 و بستر حاوی کود دامی مشاهده شد. بیشترین وزن خشک ۱۰ گل (۱/۰۹ گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست و پس از آن کمپوست (۰/۹۶گرم) و دامی (۰/۸۴گرم) بود. در سطح D3، کود کمپوست ۳۸٪، کود دامی ۲۹٪ و کود ورمی‌کمپوست ۶۱٪ وزن ۱۰ گل را نسبت به شاهد در همین سطح تنش بهبود دادند (شکل ۲).

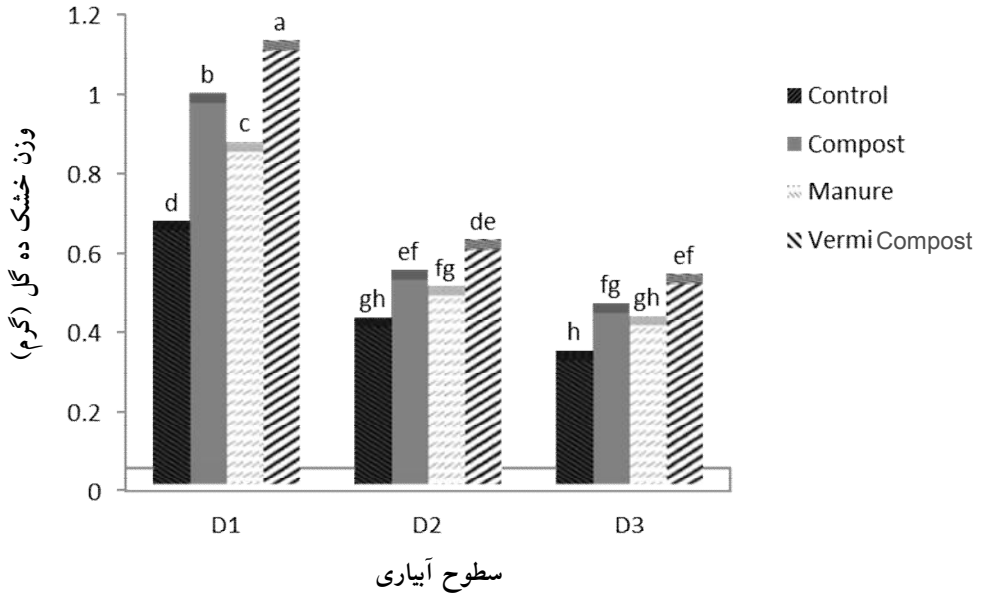
تحقیقات نشان داده که استفاده از ورمی‌کمپوست در سبزی‌های نشایی موجب افزایش رشد این گیاهان می‌شود (۲۰). افزایش ۴۰ درصدی سطح برگ و وزن خشک گوجه‌فرنگی و بهبود خصوصیات رشدی گیاهان زینتی چوبی تحت تأثیر افزودن ۲۰٪ حجمی ورمی‌کمپوست به بستر کشت آن‌ها گزارش شده است (۳۹). کاربرد ۱۰٪ ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری وزن خشک گیاه *Magnolia virginiana* را افزایش داد (۲۰). مطالعه روی دو گیاه برگ زینتی آگلونما و دیفن باخیا نشان داد که محلول‌پاشی با زه‌آب خروجی از بستر ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری ارتفاع، وزن خشک، قطر، وزن تر و میزان نیتروژن را در دو گیاه افزایش داده است (۳۳).

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که با کاهش میزان آب آبیاری، تمام صفات رشدی گیاه نظیر طول و تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، تعداد گل و وزن خشک ساقه، برگ و ریشه کاهش یافت. مطالعات شمس و همکاران (۸) در مورد سه رقم

**جدول ۴. مقایسه اثر برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گل اطلسی**

| سطوح آبیاری | تیمارهای کودی | تعداد شاخه جانبی | تعداد گل | ارتفاع (cm) | وزن خشک برگ (g) | وزن خشک ساقه (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | شاهد | ۳bc | ۱۲/۳۳cd | ۴۲/۶۶c | ۵/۰۱d | ۳/۰۵cd |
| D1 | کمپوست | ۵a | ۱۵/۳۳bc | ۵۴b | ۵/۷۹c | ۴/۲۳b |
| D1 | دامی | ۳/۳۳abc | ۲۰/۳۳a | ۶۴a | ۷/۶۷a | ۷/۲۷a |
| D1 | ورمی‌کمپوست | ۲/۶۶bcd | ۱۷/۶۶ab | ۵۸ab | ۶/۸۱b | ۶/۴۷a |
| D2 | شاهد | ۲cd | ۶ ef | ۳۴/۵c | ۲/۴۳ef | ۱/۹۳ef |
| D2 | کمپوست | ۳/۳۳abc | ۲fg | ۳۸/۶۶c | ۲/۰۸fg | ۲/۳۱de |
| D2 | دامی | ۴ab | ۳/۶۶fg | ۳۶/۳۳c | ۳/۰۶e | ۳/۶۱bc |
| D2 | ورمی‌کمپوست | ۳/۳۳abc | ۹/۶۶de | ۳۸c | ۲/۷۱ef | ۳/۶۱bc |
| D3 | شاهد | ۱d | ۱/۶۶fg | ۱۹d | ۱/۱۹h | ۰/۶۹g |
| D3 | کمپوست | ۲cd | ۰g | ۱۱d | ۰/۴۵i | ۰/۱۸g |
| D3 | دامی | ۱/۶۶cd | ۲/۳۳fg | ۱۸/۳۳d | ۱/۵۲gh | ۱/۱۱fg |
| D3 | ورمی‌کمپوست | ۳bc | ۴/۶۶f | ۱۷/۱d | ۱/۱۶hi | ۱/۰۱fg |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارند (D1، D2 و D3 به ترتیب برابر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ میلی‌لیتر آبیاری هر گلدان است).




**شکل ۲. اثر برهمکنش تیمارهای آبیاری و کودی بر وزن خشک ۱۰ گل در اطلسی (D1، D2 و D3 به ترتیب برابر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ میلی‌لیتر آبیاری در هر گلدان است)**

**جدول ۵. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه اطلسی**

| منابع تغییر | درجه آزادی | نشت الکترولیت | هدایت روزنه‌ای | کلروفیل a | کلروفیل b | کارتنوئید | کلروفیل کل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تنش خشکی | ۲ | ۳۶۳۱/۶۹$^{**}$ | ۶۵۶/۳۹$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۰/۰۱۵$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۱$^{**}$ |
| تیمار کودی | ۳ | ۶۹۷/۶۷$^{**}$ | ۶۶۱/۱۱$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۰/۰۰۷$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۲$^{**}$ |
| تنش خشکی × تیمار کودی | ۶ | ۸۳/۲۸$^{**}$ | ۱۳۲/۹۸$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۰۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ |
| خطا | ۲۴ | ۲/۶۴ | ۳/۰۹۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۸ |

** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

اطلسی نیز نشان داد که تنش خشکی ۵۰٪، کاهش معنی‌داری در تعداد شاخه اصلی و فرعی، تعداد گل و قطر گل در همه ارقام مورد مطالعه داشته است (۹). تمامی کودهای زیستی استفاده شده، وزن خشک گل را نسبت به شاهد در شرایط تحت تنش و فاقد تنش افزایش دادند؛ هر چند، کود ورمی‌کمپوست و پس از آن کمپوست نسبت به کود دامی نتایج بهتری داشتند. با کاربرد کود دامی، بیشترین میزان ارتفاع، تعداد گل و وزن خشک برگ در شرایط بدون تنش مشاهده شد. پس از کود دامی، کاربرد کود ورمی‌کمپوست نتایج مطلوب‌تری نسبت به کمپوست و شاهد در این صفات داشت. ضمن این که وزن خشک ساقه در هر دو کود دامی و ورمی‌کمپوست بدون اختلاف معنی‌دار بیشتر از کمپوست و شاهد بود. در شرایط تنش ۲۵٪ گنجایش زراعی، بیشترین تعداد گل (با میانگین ۴/۶ عدد) مربوط به کود ورمی‌کمپوست و پس از آن مربوط به کود دامی (۲/۳) بود. ضمن این که در همین سطح از تنش، وزن خشک برگ در دو تیمار ورمی‌کمپوست و دامی بیشتر از کمپوست و شاهد بود (جدول ۳). نتایج رشتبری و علیخانی (۵) برای گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی، نتایج تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر بهینه ورمی‌کمپوست بر عملکرد را تصدیق می‌کند. رشتبری و علیخانی (۵) گزارش کردند که کاربرد تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست از مزیت نسبی بیشتری در افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی برخوردار بوده است. آتیه و همکاران (۱۸) نیز افزایش وزن گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با ورمی‌کمپوست را به دلیل تغییر در شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و زیست‌محیطی بستر کشت اعلام کردند. ورمی‌کمپوست، رشد گیاهان را بهتر از مواد مغذی معدنی تحریک می‌کند که احتمالاً به دلیل اثر مواد هومیک موجود در ورمی‌کمپوست است (۱۵). چن و همکاران (۲۳) گزارش کردند که با افزایش غلظت مواد هومیک، افزایش رشد در گیاه مشاهده می‌شود. سوبلر و همکاران (۴۱)، با جایگزینی ۱۰ و ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست با بستر کشت، بهبود رشد و جوانه‌زنی گیاهان اطلسی، همیشه بهار، فلفل، کلم تکمه‌ای و گوجه‌فرنگی را گزارش نمودند. آرانکون و همکاران (۱۴) در آزمایشی روی توت‌فرنگی، گزارش نمودند که ورمی‌کمپوست، وزن خشک، سطح برگ، تعداد ساقه و تعداد گل را نسبت به تیمار کود شیمیایی افزایش داد. اثر مطلوب ورمی‌کمپوست نسبت به کمپوست احتمالاً به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی کم‌مصرف و پُرمصرف می‌باشد (۲۹).

## نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و رنگدانه‌های فتوسنتزی

طبق نتایج جدول ۵، اثر ساده سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر صفات درصد نشت الکترولیت‌های سلول‌های برگی، هدایت روزنه‌ای و رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. برهمکنش دو عامل مورد بررسی (سطوح آبیاری و سطوح کود) در صفات درصد نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل a اختلاف معنی‌داری ($p\leq0.01$) نشان داد (جدول ۵).

**جدول ۶. مقایسه میانگین اثر ساده تنش خشکی و تیمارهای کودی بر نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گل اطلسی**

| تیمار | نشت الکترولیت (٪) | هدایت روزنه‌ای ($mmol/m^3s$) | کلروفیل a (mg/gfw) | کلروفیل b (mg/gfw) | کارتنوئید (mg/gfw) | کلروفیل کل (mg/gfw) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سطح تنش | | | | | | |
| D1 | ۳۰/۵۰c | ۴۴/۸۲a | ۰/۰۶a | ۰/۰۶c | ۰/۰۱b | ۰/۱۴c |
| D2 | ۵۱/۶۳b | ۳۷/۳۷b | ۰/۰۶a | ۰/۰۹b | ۰/۰۲ab | ۰/۱۷b |
| D3 | ۶۵/۰۱a | ۳۰/۰۳c | ۰/۰۲b | ۰/۱۳a | ۰/۰۳a | ۰/۲۰a |
| تیمارهای کودی | | | | | | |
| شاهد | ۶۰/۸a | ۲۴/۸۱c | ۰/۰۸a | ۰/۱۰b | ۰/۰۲b | ۰/۱۷b |
| کمپوست | ۴۹/۵۸b | ۴۹/۹۱b | ۰/۰۵b | ۰/۰۷c | ۰/۰۱b | ۰/۱۳c |
| دامی | ۴۲/۹۲c | ۴۳/۹۵a | ۰/۰۳c | ۰/۰۸bc | ۰/۰۱b | ۰/۱۳c |
| ورمی‌کمپوست | ۳۹/۸۸d | ۳۹/۹۶b | ۰/۰۳c | ۰/۱۳a | ۰/۰۴a | ۰/۲۴a |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارند (D1، D2 و D3 به ترتیب برابر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ میلی‌لیتر آبیاری هر گلدان است).

با کاهش میزان آب آبیاری، نشت الکترولیت افزایش یافت و از ۳۰٪ در سطح D1 به ۶۵٪ در سطح D3 رسید. در بین تیمارهای کودی نیز کمترین درصد نشت الکترولیت در تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد. هدایت روزنه‌ای در D3، ۳۲٪ نسبت به سطح شاهد (D1) کاهش نشان داد (جدول ۶). بررسی برهمکنش سطوح آبیاری و تیمارهای کودی نیز گویای همین مطلب بوده و کمترین میزان نشت در بستر حاوی کود ورمی‌کمپوست در شاهد تنش به‌دست آمد (جدول ۷). بیشترین هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در تیمار دامی و هنگامی که گیاهان به مقدار ۳۶۰ میلی‌لیتر آبیاری شدند به‌دست آمد (جدول ۷).

با افزایش سطح تنش آبیاری از D2 به D3، میزان کلروفیل a کم شد (جدول ۶). این در حالی است که میزان کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل روند رو به افزایش داشت. در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد بود. ولی کلروفیل b، کل و کارتنوئید در تیمار ورمی‌کمپوست مقادیر بیشتری داشتند. در تأیید افزایش کلروفیل با استفاده از تیمار ورمی‌کمپوست، آتیه و همکاران (۱۸) بیان کردند که یون‌های آمونیومی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به طور سطحی جذب می‌شوند و یا طی فرایند نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل می‌شوند. جذب ترکیبات نیتراته از یک طرف و افزایش میزان عناصری نظیر آهن و منگنز در گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست از طرف دیگر، خود دلیلی بر افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاه می‌باشد (۱۸).

اثرهای ساده مربوط به تنش خشکی نشان داد که با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل افزایش یافته است. گزارش‌های مختلفی در رابطه با افزایش غلظت کلروفیل (۱۹) یا کاهش آن (۱۰) در شرایط تنش رطوبتی وجود دارد. در گندم زمستانه، افزایش SPAD نیز دیده شده، که با بروز تنش خشکی قرائت می‌یابد (۱۹).

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح تنش، درصد نشت الکترولیت افزایش یافته است. در واقع، تحت شرایط تنش خشکی، یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بینند غشای پلاسمایی است (۱۹). زیرا در شرایط تنش خشکی، تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل افزایش می‌یابد (۲۷). این ترکیبات به چربی‌ها، پروتئین‌ها،

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و تیمارهای کودی بر نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل a در گیاه اطلسی

| سطوح آبیاری | تیمارهای کودی | نشت الکترولیت (٪) | هدایت روزنه‌ای ($mmol/m^2s$) | کلروفیل a (mg/gfw) |
|---|---|---|---|---|
| D1 | شاهد | ۴۶/۳۰f | ۳۲/۲۶cd | ۰/۰۷b |
| D1 | کمپوست | ۳۱/۳۴h | ۴۰/۶bc | ۰/۰۷b |
| D1 | دامی | ۲۰/۷۲j | ۶۰/۸۶a | ۰/۰۵c |
| D1 | ورمی‌کمپوست | ۲۳/۶۶i | ۴۵/۵۶b | ۰/۰۷b |
| D2 | شاهد | ۶۲/۸۸c | ۲۶/۳۶d | ۰/۱۱a |
| D2 | کمپوست | ۵۶d | ۴۶/۸b | ۰/۰۸b |
| D2 | دامی | ۴۹/۶e | ۳۵/۸۳c | ۰/۰۲de |
| D2 | ورمی‌کمپوست | ۳۸g | ۴۰/۵۰bc | ۰/۰۱e |
| D3 | شاهد | ۷۳/۲۶a | ۱۵/۸۰e | ۰/۰۵c |
| D3 | کمپوست | ۶۱/۴۱c | ۳۵/۳۳cd | ۰/۰۱e |
| D3 | دامی | ۶۷/۳۸b | ۳۵/۱۶cd | ۰/۰۱۹e |
| D3 | ورمی‌کمپوست | ۵۷/۹۸d | ۳۳/۸۳cd | ۰/۰۲۹d |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون LSD ($p\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارند (D1، D2 و D3 به ترتیب برابر ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ میلی‌لیتر آبیاری هر گلدان است).

کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند و با تغییر ساختمان غشا، در اثر پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها (۳۲)، تراوایی غشای سلولی را افزایش می‌دهند، که منجر به نشت الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون می‌شود (۲۲) و در نتیجه رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اگر افزایش مقدار کود دامی دلیلی بر کاهش شدت تنش خشکی باشد، از لحاظ این صفت، میزان سودمندی کود دامی با افزایش شدت تنش افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد کود دامی شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشیده و با افزایش گنجایش نگهداری آب خاک، گیاه کمتر با خشکی مواجه شده است.

افزایش سطح تنش از D1 به D3 (یعنی کاهش آب از ۳۶۰ میلی‌لیتر به ۹۰ میلی‌لیتر در هر بار آبیاری) صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه نظیر تعداد شاخه جانبی، تعداد گل، ارتفاع و هدایت روزنه‌ای کم شد. استفاده از هر سه کود بیولوژیک کمپوست، ورمی‌کمپوست و کود دامی تأثیر مثبتی بر بهبود صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده، استفاده از کود دامی تأثیر بهتری در میزان صفات اندازه‌گیری شده داشت، به طوری که تعداد گل، ارتفاع، وزن خشک برگ و ساقه و هدایت روزنه‌ای در تیمار کودی نتایج بهتری داشتند. ضمن این که درصد نشت الکترولیت در هر دو تیمار دامی و ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش در یک سطح معنی‌داری و در کمترین میزان خود بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در بین سه تیمار کودی کمپوست، ورمی‌کمپوست و کود دامی، استفاده از کود دامی در بهبود صفات مورفولوژیک و همچنین فیزیولوژیک گل اطلسی مؤثرتر باشد.

## نتیجه‌گیری

این آزمایش با هدف مطالعه سطوح مختلف آبیاری (D1، D2 و D3، به ترتیب ۳۶۰، ۱۸۰ و ۹۰ میلی‌لیتر آبیاری در هر گلدان) و کودهای آلی کمپوست، ورمی‌کمپوست و دامی و بررسی برهمکنش آنها بر گل‌دهی و رشد گیاه اطلسی ایرانی انجام شد. طبق نتایج، بیشترین تعداد برگ (۱۲۰/۱۱) مربوط به تیمار حاوی کود دامی، بیشترین تعداد شاخه جانبی (۳/۴۴) مربوط به تیمار حاوی کود کمپوست و بیشترین تعداد گل (۱۰/۶۶ عدد در بوته) مربوط به تیمار حاوی ورمی‌کمپوست می‌باشد. بیشترین تعداد شاخه جانبی (میانگین ۵ عدد در بوته) مربوط به

تیمار کمپوست و تیمار شاهد آبیاری (D1) به دست آمد. در تیمار D3 و در بستر کشت شاهد، تنها یک شاخه جانبی ایجاد شد. در تیمار کود دامی و بدون تنش خشکی، به طور میانگین ۲۰/۳ گل در بوته به‌دست آمد. با کاهش میزان آب آبیاری از سطح D1 به D3، میانگین طول شاخه جانبی از ۴۰/۹ به ۱۱/۳۷ سانتی‌متر کاهش یافت. استفاده از تیمارهای کودی منجر به کاهش میانگین طول شاخه جانبی شد. بیشترین طول شاخه جانبی در تیمار شاهد مشاهده شد. میانگین طول شاخه جانبی در تیمارهای کمپوست، دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب ۳۴، ۲۰ و ۱۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. حجم ریشه از ۷/۴۱ سانتی‌متر مکعب در D1 به ۳/۴۱ سانتی‌متر مکعب در D3 و وزن خشک ریشه از ۱/۴۸ گرم به ۰/۳۷ گرم در هر گیاه رسید. وزن خشک برگ، ساقه و تعداد ۱۰ گل نیز به ترتیب ۸۲، ۸۵ و ۵۳ درصد کاهش یافت. بیشترین وزن خشک برگ و ساقه در تیمار کود دامی و پس از آن در تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد. استفاده از کودهای کمپوست، دامی و ورمی‌کمپوست در گلدان‌های D3، وزن خشک ساقه را نسبت به بستر شاهد در همین سطح آبیاری به ترتیب ۳/۸، ۶ و ۵/۶ برابر کرد. بیشترین وزن خشک برگ (۷/۶۷ گرم در بوته) در سطح D1 و بستر حاوی کود دامی مشاهده شد. بیشترین وزن خشک ۱۰ گل (۱/۰۹ گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست و پس از آن کود کمپوست (۰/۹۶گرم) و کود دامی (۰/۸۴گرم) بود. با کاهش میزان آب آبیاری، نشت الکترولیت از ۳۰٪ در سطح D1 به ۶۵٪ در سطح D3 رسید. کمترین درصد نشت الکترولیت در تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد. هدایت روزنه‌ای در D3، ۳۲٪ نسبت به D1 کاهش داشت. بر اساس برهمکنش سطوح آبیاری و تیمارهای کودی، کمترین میزان نشت در تیمار کود ورمی‌کمپوست در شاهد به‌دست آمد. بیشترین هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در تیمار کود دامی و D1 به‌دست آمد. با افزایش سطح تنش خشکی، میزان کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل افزایش یافت.

## منابع مورد استفاده


۱. احمدیان، ا.، ا. قنبری، ب. سیاه سر، م. حیدری، م. رمرودی و س. م. موسوی نیک. ۱۳۸۹. اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های زراعی ایران ۸۸(۴): ۶۶۸-۶۷۶.

۲. احمدیان، ا.، ا. قنبری و ب. سیاه سر. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و مصرف انواع کود آلی و معدنی و بقایای آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد بابونه آلمانی. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۳(۳): ۳۸۳-۳۹۵.

۳. حسن زاده، ا. ۱۳۸۶. تأثیر انواع کودهای بیولوژیکی حاوی تسهیل کننده جذب فسفر بر مقادیر مصرف کود شیمیایی فسفره بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۴. خلیقی، ا. ۱۳۷۶. گلکاری (پرورش گیاهان زینتی ایران). انتشارات گلشن تهران، ۳۶۰ صفحه.

۵. رشتبری، م. و ح. علیخانی. ۱۳۹۰. بررسی کارایی و سطوح مناسب ورمی‌کمپوست و کمپوست زباله شهری در جذب عناصر غذایی و عملکرد کلزا تحت شرایط تنش خشکی. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) ۳۴(۲): ۸۵-۹۶.

٦. سعید نژاد، ا. م. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر مصرف کمپوست، ورمی‌کمپوست و کودهای دامی روی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*). نشریه علوم باغبانی ۲۴(۲): ۱۴۲-۱۴۸.

۷. شبانیان بروجنی، ح. ۱۳۸۱. بررسی اثر پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل بر رشد و غلظت عناصر سنگین چند نمونه گیاهان فضای سبز و گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. شریفی، م.، م. افیونی و ا. خوشگفتارمنش. ۱۳۸۹. تأثیر لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر رشد و عملکرد و جذب آهن، روی، منگنز و نیکل در گل جعفری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱(۲): ۴۳-۵۳.

۹. شمس، ج.، ن. اعتمادی، پ. نجفی و ع. رضایی. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک سه رقم گل اطلسی. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

۱۰.کافی، م. و م. رستمی. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن سه ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. پژوهش‌های زراعی ایران ۵(۱): ۱۲۲-۱۳۱.

۱۱.عزیزی ارانی، م.، ف. رضوانی، م. حسن زاده خیاط، ا. لکزیان و ح. نعمتی. ۱۳۸۰. تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان اسانس بابونه آلمانی رقم Goral. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴(۱): ۸۲-,۹۳

12. Abusharer, T.M. 1996. Modification of hydraulic properties of a semiarid soil in relation to seasonal application of sewage sludge and electrolyte producing compounds. Soil Technol. 9: 1-13.
13. Alijani, K., M.J. Bahrani and S.A. Kazemeini. 2012. Short-term responses of soil and wheat yield to tillage, corn residue management and nitrogen fertilization. Soil Till. Res. 124: 78-82.
14. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J.D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries. I. Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93: 145-153.
15. Arancon, N.Q., S. Lee, C.A. Edwards and R.M. Atiyeh. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. The 7th International Symposium on Earthworm Ecology, Pedobiol. 47: 741-744.
16. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, S. Lee and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. Eur. J. Soil Biol. 42(S1): 65-69.
17. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine, betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
18. Atiyeh, R.M., N.Q. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresour. Technol. 75: 175-180.
19. Bachman, G.R. and J.D. Metzeger. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedobiol. 32: 419-423.
20. Bachman, G.R. and W.E. Davis. 2000. Growth of *Magnolia virginiana* liners in vermicompost amended media. Pedobiol. 43: 579-590.
21. Barraclough, P.B. and J. Kate. 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter reading in wheat. J. Plant Nutr. 92: 722-723.
22. Blum, A., J. Mayer and G. Gozland. 1982. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. Field Crops Res. 5: 137-146.
23. Chen, Y. and T. Aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth. PP. 161-186. *In:* MacCarthy, P., C.E. Clapp, R.L. Malcolm and P.R. Bloom (eds.), Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings, ASA and SSSA, Madison, WI.
24. Cheong, Y.H., K.N. Kim, G.K. Pandey, R. Gupta, J.J. Grant and S. Luan. 2003. CBL1, a calcium sensor that differently regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. Plant Cell 15: 1833-1845.
25. Darzi, M., A. Ghalavand and F. Rejali. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowing, biological yield and root colonization in fenel (*Feoniculum vulgare*). Iran. J. Crop Sci. 10(1): 88-109.
26. Dere, S., T. Gunes and R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Am. J. Bot. 22: 13-17.
27. Foyer, C.H., M. Leadis and K.J. Kunert. 1994. Photo-oxidative stress in plants. Plant Physiol. 92: 696-717.
28. Hopkins, W.G. and N.P. Huner. 2004. Introduction to Plant Physiology. 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
29. Jat, R.S. and I.P.S. Ahlawat. 2008. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. J. Sustain. Agric. 28(1): 41-54.
30. Johri, A.K, L.J. Srivastava, J.M. Singh and R.C. Rana.1992. Effect of time of planting and level of nitrogen on flower and oil yields on German chemomile (*Matricaria recutita*). Indian J. Agron. 37: 305-304.
31. Leamaster, B., J.R. Hollyer and J.L. Sullivan. 1998. Composted animal manure: Precautions and processing. Anim. Waste Manage. 6: 100-105.

32. Liang, Y., Q.I.N. Chen, Q. Liu, W. Zhang and R. Ding. 2003. Exogenous silicone (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). J. Plant Physiol. 160: 1157-1164.
33. Mahboub Khomami, A. 2005. Effect of liquid bio-fertilizer (vermiwash) in foliar application on Dieffenbachia and Aglaonema nutrition and growth indices. J. Agr. Sci. 1(4): 175-187.
34. Parmar, D.K., P.K. Sharma and T.R. Sharma. 1998. Integrated nutrient supply system for 'DPP 68' vegetable pea (*Pisum sativum* var aravense) in dry temperate zone of Himachal Pradesh. Indian J. Agric. Sci. 68: 247-253.
35. Prabha, M.L., I.A. Jayraaj, R. Jayraaj and D.S. Rao. 2007. Effect of vermicompost on growth parameters of selected vegetable and medicinal plants. Asian J. Microbiol., Biotech. Environ. Sci. 9: 321-326.
36. Raison, J.K., G.A. Berry, R.A. Armond and C.K. Pike. 1980. Membrane properties in relation to the adaptation of plants to temperature stress. PP. 261-273. *In:* Turner, N.C. and P.J. Kramer (Eds.), Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress, John Wiley and Sons, Inc., N. Y.
37. Razavi Toosi, A. 2000. Interaction effects of compost, compost leachate and Mn on growth and chemical composition of spinach and rice seedlings. MSc. Thesis, College of Agriculture, Shiraz University, Iran.
38. Roe, N.E., J. Stoffella and D. Graetz. 1997. Compost from various municipal solid waste feedstocks affect vegtable crops. II. Growth, yield and fruit quality. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122: 433-437.
39. Scott, M.A. 1988. The use of worm-digested animal wastes as a supplement to peat in leas composts for hardy nursery stocks. PP. 221-229. *In:* Edwards, C.A. and E. Neuhayser (Eds.), Earthworm in Waste and Enviromental Management, SPB Academic Press, Netherlands.
40. Sohrabi, Y., G. Heidari, W. Weisany, K. Ghasemi Golezani and K. Mohammadi. 2012. Some physiological responses of chickpea (*Cicer aritinum* L.) cultivars to arbuscular mycorrhiza under drought stress. Russ. J. Plant Physiol. 59(6): 708-716.
41. Subler, S., C. Edwards and J. Metzger. 1998. Comparing vermicomposts and composts. Biocycle 39: 63-66.
42. Yadav, R.D., G.L. Keshwa and S.S. Yadav. 2002. Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). J. Med. Arom. Plant Sci. 25: 668-671.