Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

The effect of supplemental irrigation, salicylic acid and humic acid foliar spraying on the response of photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll total) and the amount of absorption of nutrients of the Dragon's head (*Lallemantia iberica*) in Khorramabad climate

Elnaz Khoshnoud[1], Alireza Shokoohfar[2], Tayeb Sakinejad[3], Masoud Rafee[4], Seyed Keivan Marashi[5]

[1] Department of Crop physiology, Ahvaz branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: khoshnoud.elnaz@gmail.com
[2]Department of Crop physiology, Ahvaz branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: alireza_shokuhfar@yahoo.com
[3] Department of Crop physiology, Ahvaz branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Emal: t.saki1350@yahoo.com
[4] Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran .Email: rafieemasoud@yahoo.com
[5] Department of Crop physiology, Ahvaz branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: marashi_47@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 18.11.2022
Revised: 18.12.2022
Accepted: 20.01.2023
Published:21.06.2024

Keywords
Dragon's head
Foliar application
Humic acid
Oilseeds
Salicylic acid

Abstract

This study aimed to investigate the effects of supplementary irrigation and foliar spraying with salicylic acid and humic acid on the biochemical properties of dragon's head (*Lallemantia iberica*) under Khorramabad climatic conditions at Visian Research Station. The experiment was conducted as a split-plot-factorial based on a randomized complete block design for two years 2017- 2018 and 2018-2019 in Khorramabad city. Experimental treatments consisted of supplementary irrigation at four levels (including control, budding stage, flowering stage, and budding stage + flowering stage) as the main factor; foliar spraying with salicylic acid at three levels (including control, 0.5 mM, and 1 mM) as the first subfactor, and foliar spraying with humic acid at two levels (including control and 1 mM) as the second subfactor. In this study, different characteristics such as shoot nitrogen content, shoot phosphorus content, shoot potassium content, shoot copper content, shoot iron content, chlorophyll a, chlorophyll b, and chlorophyll total were evaluated. According to the results, various levels of supplementary irrigation and foliar spraying with humic acid and salicylic acid significantly affected the above characteristics. Mean comparison results revealed that the highest nitrogen content in the shoot (3.74%), shoot iron content (182.33 mg g^{-1}), chlorophyll a (5.18 mg g^{-1} fresh weight), chlorophyll b (5.18 mg g^{-1} fresh weight) chlorophyll total (5.18 mg g^{-1} fresh weight) were recorded in the first year under treatment with supplementary irrigation at the budding stage and foliar spraying with salicylic acid (1 mM) and humic acid (1 mM).

Cite this article as Khoshnoud, E., Shokoohfar, A.R., Sakinejad, T., Rafee, M., Marashi, S.K. (2023). The effect of supplemental irrigation, salicylic acid and humic acid foliar spraying on the response of photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll total) and the amount of absorption of nutrients of the Dragon's head (*Lallemantia iberica*) in Khorramabad climate. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(2): 131-150.

©The author(s) Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر آبیاری تکمیلی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید بر واکنش رنگیزه‌های گیاهی (کلروفیل a، کلروفیل b و کروفیل کل) و میزان جذب عناصر غذایی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) در شرایط آب و هوایی خرم آباد

الناز خشنود[۱]، علیرضا شکوه‌فر[۲]، طیب ساکی‌نژاد[۳]، مسعود رفیعی[۴]، کیوان مرعشی[۵]

[۱] گروه فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، رایانامه: khoshnoud.elnaz@gmail.com
[۲] گروه فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، رایانامه: alireza_shokuhfar@yahoo.com
[۳] گروه فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، رایانامه: t.saki1350@yahoo.com
[۴] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران، رایانامه: rafieemasoud@yahoo.com
[۵] گروه فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، رایانامه: marashi_47@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰
تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

واژه‌های کلیدی:
بالنگوی شهری
سالیسیلیک اسید
گیاهان روغنی
محلول پاشی
هیومیک اسید

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و محلولپاشی اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید بر خصوصیات بیوشیمیایی توده‌های بالنگوی شهری در شرایط آب و هوایی خرم آباد در ایستگاه تحقیقاتی ویسیان بود. بدین منظور آزمایشی به صورت اسپلیت پلات_ فاکتوریل به مدت دوسال در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۷ در شهرستان خرم آباد انجام شد. فاکتور اصلی آبیاری تکمیلی در چهار سطح شامل شاهد، آبیاری در مرحله غنچه دهی، در مرحله گل دهی، در مرحله غنچه دهی و گل دهی و عامل فرعی محلول‌پاشی اسید سالیک در سه سطح شامل شاهد، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی مولار، با غلظت ۱ میلی مولار و عامل فرعی محلول‌پاشی هیومیک اسید در دو سطح شامل شاهد و با غلظت ۱ میلی مولار بود. صفات مورد ارزیابی در این آزمایش شامل میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس و آهن اندام هوایی، کروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل a و b بودند. سطوح مختلف آبیاری تکمیلی و محلولپاشی اسید هیومیک و سالیسیک اسید به صورت معنی داری بر صفات فوق اثرگذار بودند. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین مقدار نیتروژن در اندام هوایی، آهن در اندام هوایی، کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل در سال اول، در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی- محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار و محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار حاصل شد.

استناد: خشنود، الناز؛ شکوه‌فر، علیرضا؛ ساکی‌نژاد، طیب؛ رفیعی، مسعود؛ مرعشی، کیوان. (۱۴۰۳). بررسی اثر شوری و نیتروژن بر رشد و تولید لیپید در ریزجلبک *Chlorella vulgaris* EP 33 با روش سطح پاسخ. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۲)، ۱۵۰-۱۳۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

کشور ایران در کمربند بیابانی جهان قرار دارد و به‌عنوان بخشی از مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود متوسط بارندگی در کشور در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان یک سوم متوسط بارندگی در جهان می‌باشد. عدم بارندگی کافی و توزیع یکنواخت آن در طول فصل رشد باعث شده است نیازآبی گیاهان زراعی و باغی به قدر کافی تأمین نگردد. بنابراین قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش خشکی بخصوص در برخی از مواقع سال امری اجتناب ناپذیر است (Ayari, 2016).

آبیاری تکمیلی به معنی اضافه کردن آب به گیاهان در شرایط دیم است، در دوره‌ایی که بارندگی به منظور تأمین رطوبت کافی و یا رشد بهینه گیاه و بهبود ثبات عملکرد کم می‌باشد تعریف شده است (Oweis and Hachum, 2006). از طرف دیگر، کاربرد آن در زمانی که بارندگی برای رشد گیاه زراعی کافی به نظر میرسد، نامناسب است (Eskandari et al., 2016). Rahimi و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و مصرف کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کتان روغنی نشان دادند که تیمار دو بار و یک بار آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم، عملکرد دانه کتان را به‌ترتیب به میزان ۵۱ و ۳۵ درصد افزایش داد. در پژوهش دیگری (Prakash el al., 2018) با بررسی واکنش‌های سویا به آبیاری تکمیلی و تنش آبی در بالای دشت Indo-Gangetic نشان دادند که تنش آبی در مرحله رشد رویشی وگل‌دهی سویا توسط مدل زراعی شبیه‌سازی شده، عملکرد و ماده خشک کل (TDM) را به طور معنی‌داری کاهش داد، در حالی که آبیاری تکمیلی در مرحله رشد رویشی وگل دهی، عملکرد و ماده خشک کل (TDM) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

در شرایط کمبود آب یکی از روش‌های فیزیولوژیک استفاده از مواد تخفیف‌دهنده تنش و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب کم آبی مؤثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد. اسید سالیسیلیک یکی از ترکیبات فنلی تولیدی در گیاهان و هورمونی است که در مقادیر کم به فرم آزاد و گلیکوزیل وجود دارد و نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند و بر رشد گیاه، جوانه زنی دانه، ساختار غشا، جذب و انتقال یون، میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه تأثیر می‌گذارد (Zargaran et al., 2016). Fazli و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر رژیم آبیاری و تیمارهای کودی بر خصوصیات رویشی و عملکردی، بالنگوی شهری نشان دادند بالاترین ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، عملکرد روغن و عملکرد موسیلاژ با تیمار رژیم آبیاری کامل حاصل شد.همچنین بالاترین وزن هزار دانه نیز به رژیم آبیاری تکمیلی اختصاص داشت.

استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسیدهیومیک، بدون اثر مخرب زیست-محیطی، جهت بالا بردن عملکرد میتواند مؤثر واقع شود (Mozaffari et al., 2017). اسیدهیومیک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به کار گرفته شود (Abedi and Pakniyat, 2010). Zandi و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و صفات مورفولوژیک برخی ارقام گلرنگ بیان کردند که بالاترین غلظت اسید هیومیک موجب افزایش معنی

دار صفات مورفولوژیک، اجزاء عملکرد، عملکرد و میزان روغن گلرنگ گردید. بیشترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد روغن با کاربرد غلظت ٤ در هزار اسید هیومیک در رقم فرامان حاصل شد. در پژوهشی Mostafavi و Jalilian (۲۰۱۹) با بررسی تغییرات عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیک و کیفیت بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) تحت تاثیر کودشیمیایی، زیستی-آلی وتعداد دفعات آبیاری نشان دادند که در تیمار دفعات آبیاری (دو بار آبیاری، یک بارآبیاری و بدون آبیاری) بیشترین کروفیل a (٤/٩٦ میلیگرم درگرم وزن تر)، کلروفیل b (١/٤٥ میلی گرم درگرم وزن تر)، کروفیل کل (٦/٤٠ میلیگرم دروزن تر)، عملکرد دانه (٦٠٨/٣٣ کیلوگرم در هکتار)، عملکردبیولوژیک (١٩٢٢/٢٩ کیلوگرم در هکتار)، ماده خشک قابل هضم (٥٥/٤٦ درصد)، فیبرخام (٤٣/٦٦ درصد)، در تیمار دفعات آبیاری (دو بار آبیاری) و بالاترین میزان پروتین خام (٩/٩٥درصد)، کربوهیدرات محلول در آب (٢١/٦٨ درصد)، خاکستر (٦/٥٨ درصد) در شرایط بدون آبیاری حاصل شد.

Attia و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی تأثیر محلول پاشی مواد طبیعی (سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید) و مواد نانو روی ترکیبات شیمیایی برگ پنبه تحت تنش خشکی نشان دادند که بیشترین درصد N، P و K در برگ‌ها از فواصل آبیاری ۲۱ و ۲۸ روز بدست آمد. همچنین فواصل آبیاری تفاوت معنی‌داری در غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ (کلروفیل a و کلروفیل کل)، کل کربوهیدرات‌ها و قندهای کل در هر دو سال و کلروفیل b و کاروتنوئیدها فقط در سال دوم تحت دور آبیاری ۲۱روز نشان داد. محلول پاشی با ۳ سانتی مترمکعب بر لیتر اسید هیومیک در سه مرحله (تشکیل غوزه، تشکیل غنچه‌ها، گلدهی) به طور معنی‌داری درصد N، P و K را افزایش داد. در برگ‌ها، بیشترین غلظت رنگریزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها)، کربوهیدرات‌های کل و قندهای کل با اعمال محلول پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۲۰۰ppm به‌دست آمد و حداقل مقادیر از گیاهان تیمار نشده در دو سال بدست آمد. ازطرفی، اعمال ۵ سانتی مترمکعب بر لیتر اسید هیومیک اسید کمترین مقادیر پرولین، پراکسیداز و فعالیت فنلوکسیداز را در برگ با پیروی اعمال اسید سالیسیلیک به میزان ppm ۲۰۰ نشان داد.

با توجه به اهمیت مسایل بیان شده و نیاز فزاینده کشور به روغن‌های خوراکی، توسعه سطح زیرکشت دانه‌های روغنی بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تاثیرآبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و هیویک اسید بر خصوصیات بیوشیمیائی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) در شرایط آب و هوایی خرم آباد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید بر خصوصیات بیوشیمیائی توده‌های بالنگوی شهری در شرایط اب وهوایی خرم آباد، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات_ فاکتوریل درقالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی ویسیان واقع در ۳۵ کیلومتری شهرستان خرم آباد اجرا گردید. شهرستان خرم آباد در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۱۱۷۵ متری از سطح دریا قرار دارد. مدت زمان خشکی سالیانه منطقه ۵ ماه می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه براساس آمار ۳۵ ساله گزارشات ایستگاه

هواشناسی خرم آباد ٥٦١ میلی‌متر بود و میانگین درجه حرارت منطقه ۱۷/۹درجه سانتی گراد است.

مشخصات خاک محل اجرای آزمایش: قبل از کشت با رعایت اصول نمونه‌برداری خاک، در قطعه زمین مورد نظر جهت اجرای آزمایش یک نمونه برداری مرکب از سطح خاک تا عمق ۳۰ و عمق ٦٠-٠ سانتی‌متری صورت پذیرفت و بعد از تهیه نمونه جهت انجام تجزیه‌های مربوطه، به آزمایشگاه تجزیه خاک گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان ارسال گردید و مشخصات آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: خلاصه وضعیت‌های جوی منطقه براساس ایستگاه سینوپتیک شهرستان خرم آباد

میانگین سالیانه بارندگی (mm)	عرض جرافیایی (دقیقه)	طول جغرفیایی (دقیقه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین سالیانه دما (سانتی‌گراد)
٥٦١ میلی‌متر	۳۳ درجه و ٢٦ دقیقه شمالی	٤٨ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی	۱۱۷۵ متر	۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد

جدول ۲: نتایج تجزیه فیزیکی وشیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش

عمق خاک Depth (cm)	هدایت الکتریکی Ec (ds/m)	اسیدیته pH	مواد خنثی شونده TNV(%)	درصد کربن‌آلی Om (%)	فسفر قابل جذب P(ppm)	پتاسیم قابل جذب K(ppm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil Texture
۰-۳۰	٥٧٣	٧/٥٣	۲۷/۰	۱/٦۳	٧/٦	۳٤۰	۱۳	۳۸	٤۹	رسی
۰-٦۰	٦۳۲	٧/٦۱	۲۱/۲	۱/٥۰	٥/٦	۲۲۰	۱۰	۳۹	٥۱	رسی

روش کشت: بذور مورد نیاز از توده محلی کردستان (رقم سارا) تهیه گردید و کاشت بذور بالنگوی شهری به وسیله دستگاه ریزدانه کار به صورت یکنواخت وردیفی پس از عملیات تهیه بستر بذر شامل شخم، تسطیح و نرم کردن خاک در اواسط آبان ماه (۱۷ /۹۷/۸) انجام شد. سمپاشی علفکش‌های پیش رویشی پس از کاشت بالنگو و قبل از سبز شده آن انجام شد. در زمان کاشت ٥٠-٥٠-٢٥ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از منابع سولفات پتاسیم، سوپرفسفات تریپل و اوره که همزمان با کاشت بصورت نواری توسط دستگاه کارنده در زیر بذر قرار گرفت. ۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره نیز در مرحله رشد سریع در اسفند ماه ۱۳۹۷ پس از بارندگی به صورت سرک در مزرعه پخش شد. نقشه کاشت کمی قبل از گل دهی پیاده گردید. هر کرت اصلی شامل ٦ کرت فرعی و هر کرت فرعی شامل ٥ خط کاشت به فواصل ۲۵ سانتی‌متری به عرض ۱/۲۵ و طول ۳ متر می‌باشد. فاصله بین دو بوته در روی هر ردیف ۳ سانتی متردرنظر گرفته شد. در واقع بذور با تراکم ۱۳۳ بوته در متر مربع و به میزان ۰/٦ گرم در متر مربع کشت گردید. سمپاشی علفکش‌های پیش رویشی پس از کاشت بالنگو و قبل از سبز شده آن انجام شد. درطول فصل رشد مراقبت‌های لازم شامل عمل تنک کردن به منظور ایجاد تراکم‌های مورد نظر در مرحله سه تا چهار برگی گیاهان و مبارزه با علف‌های هرز (وجین دستی) حدود ۲۰ روز پس از سبز شدن در مرحله اول و در مرحله دوم به فاصله ۳۰ روز پساز سبز شدن و مبارزه با آفات و بیماری‌ها (سفیدک با قارچ کش ردو میل) صورت گرفت. تیمارهای آبیاری تکمیلی پس از پایان دوره رشد رویشی گیاه و همزمان با آغاز

ورود گیاه به مرحله زایشی انجام شد. بدین صورت که اولین آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی و دومین آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی با حجم آب آبیاری ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار در هر نوبت آبیاری انجام شد. مقدارآبیاری تکمیلی بر اساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظریت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Benami and Ofen,1984).

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A]/100$$

که در این رابطه، FC، درصد وزنی رطوبت درحد ظرفیت مزرعه‌ای، WP، درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD، جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلو گرم برمتر مکعب)، D، عمق توسعه ریشه (متر)، ASM، رطوبت خاک مزرعه درزمان قبل از آبیاری و A مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد.

در مرحله گلدهی، علاوه بر آبیاری تکمیلی؛ محلول پاشی سالیسیلیک اسید (شاهد، ۰/۵ میلی‌مولار و ۱ میلی‌مولار) و هیومیک اسید (شاهد و ۱ میلی‌مولار)، سه روز بعد از آبیاری تکمیلی با استفاده از سمپاش پشتی ۱۰ لیتری و تهیه محلول تیمارهای مورد نظر با آب (با غلظت یک در هزار) انجام شد. (بدین صورت که برای محاسبه مقدار اسید هیومیک و سالیسیلیک مورد نیاز جهت محلولپاشی، با در نظرگرفتن مساحت زمین تیمار مورد نظر، بر اساس مقادیر عددی آن تیمار ابتدا مقدار اسید هیومیک و سالیسیلیک مورد نیاز محاسبه می‌شود در ادامه این مقدار به دقت با ترازوی دیجیتال وزن شده و برای کلیه تیمارها در حجم ثابتی از آب به صورت کامل حل می‌گردد). به دلیل اثرگذاری بیشتر و مؤثرتر محلول پاشی به واسطه تبخیر کمتر آب به کار رفته جهت انحلال اسید هیومیک و ماندگاری بیشترآن (پرهیز از خشک شدن سریع و از دست دادن رطوبت) محلولپاشی در ساعات پایانی روز و نزدیک به غروب آفتاب توسط سمپاش پشتی انجام گردید و میزان محلول پاشی باید به حد ریزش قطرات محلول بعد از خیسی کامل برگ‌ها برسد. سپس برداشت نهایی گیاهان براساس مشاهده علائم ظاهری رسیدگی شامل زردی و خشک شدن برگ‌ها و نیمه قهوه‌ای شدن کپسول‌ها در بوته انجام گردید.

اندازه‌گیری کلروفیل‌ها و عناصر غذایی در زمان گلدهی و برداشت: در مرحله گلدهی کامل و پس از آبیاری تکمیلی و محلول پاشی، ۱۰ بوته از هر کرت فرعی از از وسط بوته بریده شد و نیمه بالائی بوته‌ها در پلاستیک فریزر قرار داده شد و با تانکر نیتروژن مایع با دمای ۷۲- درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل گردید. در زمان برداشت همچنین نمونه ۲۰۰ گرمی از دانه هر کرت فرعی برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمایی شامل عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیوم، کلسیم) و کم مصرف (آهن، مس، روی، بر، منگنز) آسیب گردید وبه آزمایشگاه منتقل شد.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ: برای تعیین مقدار کلروفیل برگ ۰/۲۵ گرم برگ تازه بالنگوی شهری کاملاً توسعه یافته و در زمان ۸۰ ٪ گلدهی، خرد کرده و در یک‌هاون چینی به همراه ۵ میلی لیتر استون ۸۰ ٪، در محیط تاریک و خنک ساییده خواهد شد تا به صورت توده همگنی درآید. میزان جذب مخلوط بدست آمده، پس از صاف کردن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ٦٤٦ و ٦٦٣ نانومتر قرائت می‌شود. غلظت کلروفیل‌های a، b وکل با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد (Lichtenthaler, 2001)

کلروفیل b + کلروفیل a = کلروفیل کل (میلی‌گرم در وزن تر)

کلروفیل a =(OD663 × 12/25) - (OD646 × 2/79)

(میلی‌گرم در وزن تر)

کلروفیل b =(OD646 × 21/21) - (OD663 × 5/1)

(میلی‌گرم در وزن تر)

اندازه‌گیری میزان عناصر غذایی: برای اندازه گیری نیتروژن از روش کجدال استفاده شد (Mulvaney and Bremer,1982). اندازه گیری پتاسیم با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر و همچنین فسفر به روش کالری متری و دستگاه اسپکتروفتومتر سنجش شد. عناصر آهن، روی، مس ومنگنز نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند (Ryan et al., 2001).

جامعه آماری: در هر کرت فرعی طول ۱/۲۵ (یعنی ۵ خط کاشت ۰/۲۵) و عرض ۳ متر بوده که مساحت ٤ متر مربع می‌باشد. در هر کرت اصلی طول شامل ٦ کرت فرعی با عرض ۱/۲۵ (٦×۱/۲۵=۷/۵ متر) بعلاوه ۵ فاصله ۰/۵ متری یعنی ۲/۵ متر جمعاً (۷/۵+۲/۵=۱۰ متر) و عرض هر کرت اصلی ۳ متر که مساحت ۱۰×۳=۳۰ متر مربع می‌باشد. طول هر تکرار شامل طول ٤ کرت اصلی (٤×۱۰=٤۰ متر) بعلاوه ۳ فاصله ۲ متری یعنی ٦ متر جمعاً ٤۰+٦=٤٦ متر و عرض هر تکرار ۳ متر بنابراین مساحت ٤٦×۳=۱۳۸ متر مربع می‌باشد. مساحت کل زمین برابر طول تکرار (٤٦ متر) × عرض تکرارها (۳ تکرار ۳ متری=۹ متر) به‌علاوه ۲ فاصله ۳ متری یعنی ٦ متر جمعاً ۹+٦=۱۵ متر کلاً (۱۵×٤٦) ٦۹۰ مترمربع می‌باشد. در جدول ۲ به‌طور خلاصه جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش و مفهوم هریک ارائه شده است.

جدول ۳: خلاصه تیمارها و جامعه آماری مورد بررسی

I1						I2						I3						I4					
S1	S1	S2	S3	S2	S3	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S2	S1	S1	S3	S2	S1	S2	S3	S2	S3	S1
H1	H2	H2	H2	H1	H1	H2	H2	H1	H1	H1	H2	H1	H2	H2	H1	H2	H1	H1	H1	H1	H2	H2	H2

I2						I1						I4						I3					
S1	S2	S3	S2	S1	S3	S3	S2	S1	S1	S3	S2	S2	S1	S3	S2	S1	S3	S2	S2	S3	S1	S1	S3
H2	H2	H1	H1	H1	H2	H2	H1	H1	H2	H1	H2	H2	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H1	H2	H2	H1	H1

I3						I1						I4						I2					
S3	S1	S2	S1	S3	S2	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S1	S3	S1	S2	S3	S2
H1	H2	H1	H1	H2	H2	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H1	H1	H1	H2	H2	H1	H2	H1	H1

I 1= شاهد

S1 = (محلولپاشی با آب مقطر) شاهد

H1= (محلولپاشی با آب مقطر) شاهد

I2 = آبیاری تکمیلی درمرحله غنچه دهی

S2 = محلولپاشی اسیدسالیسیلیک با غاظت ۰/۵ میلی‌مولار

H= آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه دهی وگل دهی

H2= محلولپاشی باغلظت ۱ میلی مولار

I3= آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی

S3= محلولپاشی اسیدسالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار

I4= آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه دهی وگل دهی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار Mini Tab و SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. برای مقایسات میانگین از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel (Ver. 2013) استفاده شد.

نتایج

نتیجه تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده برای سال اول و دوم در جدول زیر آورده شده است و در زیر بخش‌های این بند به توضیح تکمیلی برخی صفات پرداخته شده است.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اندام هوایی بالنگوی شهری درتیمارهای آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیک اسید و هیومیک اسید در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	آهن	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
R	۲	۰/۰۳ns	۰/۰۰ns	۰/۰۳ns	۲/۶۳ns	۵۰/۳۸ns	۰/۰۳ns	۰/۱۱ns	۰/۱۸ns
A	۳	۰/۶۸**	۰/۰۰۲ns	۰/۰۱ns	۳/۵۳ns	۵۲/۲۴ns	۲/۶۲**	۲/۰۳ns	۹/۲۴**
r*a	۶	۰/۰۷ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۱ns	۳/۰۰ns	۱۰۷/۵۰ns	۰/۰۵ns	۰/۰۹ns	۰/۲۷ns
B	۲	۰/۵۱*	۰/۰۱ns	۰/۰۲ns	۳/۴۶ns	۱۴۴/۶۷ns	۰/۱۳ns	۰/۰۲ns	۰/۲۲ns
C	۱	۱/۹۶**	۰/۴۹**	۱۷/۲۹**	۱۰۰۷/۲۶**	۴۸۷۷۶/۰۶**	۲۱/۶۲**	۲۱/۱۸**	۸۵/۶۰**
a*b	۶	۰/۱۵ns	۰/۰۰۴ns	۰/۱۸ns	۱۱/۱۱ns	۸۲۶/۱۳ns	۰/۵۰ns	۰/۵۸ns	۲/۰۵ns
a*c	۳	۰/۰۵ns	۰/۰۴۰**	۱/۴۴**	۴۰/۴۰*	۱۲۴۳/۱۳*	۰/۲۳ns	۰/۲۶ns	۰/۹۳ns
b*c	۲	۰/۰۴ns	۰/۰۰۳ns	۰/۱۴ns	۵/۴۰ns	۰/۰۶ns	۰/۴۵ns	۰/۸۵ns	۲/۵۴ns
a*b*c	۶	۰/۰۷ns	۰/۰۱ns	۰/۰۷ns	۷/۳۳ns	۳۷۷/۴۱ns	۰/۳۶ns	۰/۴۴ns	۱/۵۹ns
خطا	۴۰	۰/۱۰	۰/۰۰۳	۰/۰۸	۱۱/۲۵	۴۱۱/۴۷	۰/۴۳	۰/۵۳	۱/۸۷
ضریب تغییرات		۱۰/۰۲	۱۵/۲۷	۱۲/۳۱	۱۲/۳۵	۱۴/۰۱	۱۷/۰۳	۲۵/۱۶	۲۰/۲۸

a آبیاری تکمیلی، b-محلولپاشی اسید سالیسیلیک و c-محلول پاشی هیومیک اسید

** و * به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

ns: غیر معنی‌دار

جدول ٤: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده دانه بالنگوی شهری درتیمارهای آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیک اسید و هیومیک اسید در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	grain Cu	grain Fe
R	۲	۱/۳۸**	۰/۰۰	۰/۰۲**	۰/۳۳**	۱۱۲/۵۱**
A	۳	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰*	۰/۱۲	۳۶/۳۵**
r*a	۶	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰**	۰/۰۶	۹/۹۰
B	۲	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۱/۳۵
C	۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰/۱۳
a*b	۶	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۵/۲۹
a*c	۳	۰/۱۴	۰/۰۱*	۰/۰۰	۰/۰۴	۳/۰۹
b*c	۲	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۴
a*b*c	۶	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۹/۲۸
خطا	۴۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۵/۴۲
ضریب تغییرات		۱۹/۳۲	۱۳/۰۲	۳/۹۹	۲/۹۹	۳/۷۷

a-آبیاری تکمیلی، b-محلولپاشی اسید سالیسیلیک و c-محلول پاشی هیومیک اسید

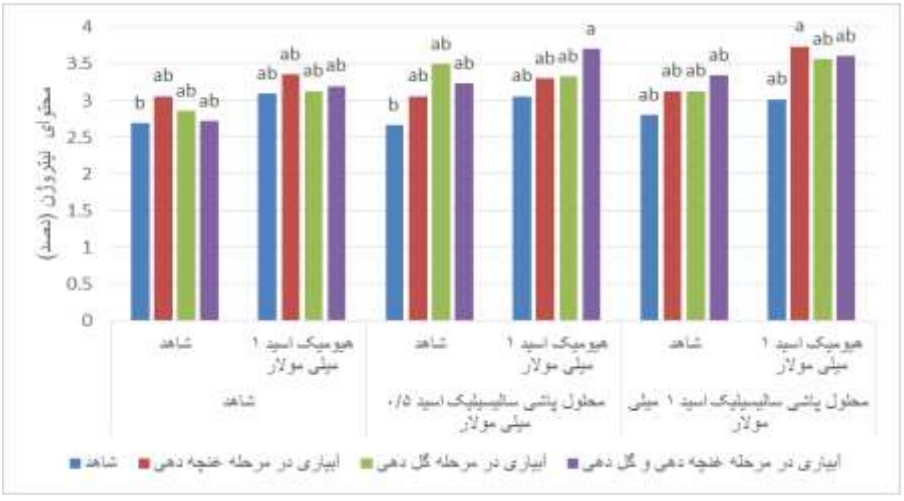
** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱درصد و ۵ درصد

ns: غیر معنی دار

محتوی نیتروژن: بر اساس نتایج به دست آمده، مشاهده شد که این صفت تحت تأثیر معنی‌دار آبیاری تکمیلی و محلول پاشی هیومیک اسید در سطح ۵ درصد و محلول پاشی سالیسیلیک اسید در سطح ۱ درصد قرار گرفت و در سال دوم تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. نتایج مقایسه

میانگین‌ها در سال اول نشان داد که محتوی نیتروژن در سطوح مختلف آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. آبیاری تکمیلی باعث افزایش نیتروژن اندام هوایی نسبت به شاهد شد. به‌طوری که محتوی نیتروژن را از ۲/۸۹ (درصد) در شاهد به ۳/۳۰ (درصد) در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی و گلدهی افزایش داد. محلول پاشی سالیسیلیک اسید نیز باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن از ۳/۰۲ (درصد) در شاهد به ۳/۲۹ (درصد) در تیمار محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار شد. محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار نیز باعث افزایش محتوی نیتروژن از ۳/۰۱ (درصد) در شاهد به ۳/۳٤ (درصد) در شاهد شد. در رابطه با برهمکنش تیمارهای مورد بررسی نیز مشاهده شد که در برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی – محلول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید– محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در برهمکنش سه گانه هر سه تیمار مورد بررسی، میانگین محتوای نیتروژن بین سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین مقدار محتوای نیتروژن (۳/۷٤ درصد) در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی– محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار و محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۱).

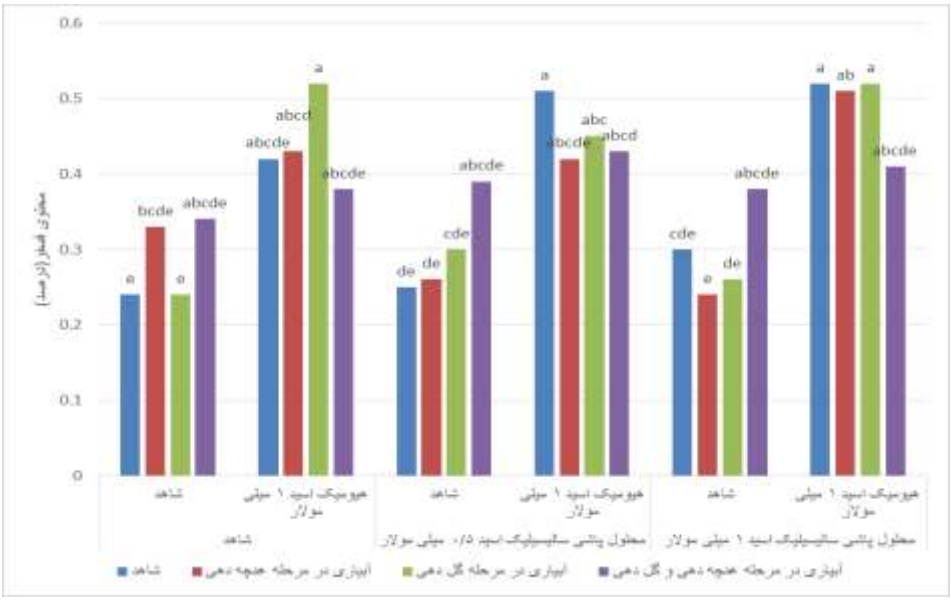
نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال دوم در رابطه با محتوای نیتروژن اندام هوایی نیز نشان داد که محتوای نیتروژن در سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. ولی در برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی– محلول پاشی سالیسیلیک اسید و آبیاری تکمیلی– محلول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید – محلول پاشی هیومیک اسید و برهمکنش سه گانه هرسه تیمار میانگین محتوای نیتروژن بین سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین محتوای نیتروژن اندام هوایی (۱٦۱/۳۳درصد) در تیمار عدم آبیاری تکمیلی – عدم محلول پاشی سالیسیلیک اسید و عدم محلول پاشی هیومیک اسید حاصل شد. چنین به نظر می‌رسد علاوه بر زمان آبیاری تکمیلی، نحوه مصرف هومیک، زمان و غلظت هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید در نتایج حاصله مؤثر باشد.



شکل ۱: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر محتوی نیتروژن سال در اول

محتوی فسفر: بر اساس نتایج به دست آمده، مشاهده شد که این صفت تحت تاثیر معنی‌دار محلول پاشی هیومیک اسید در سطح و برهمکنش محلول پاشی هیومیک اسید-آبیاری تکمیلی در سطح ۵ درصد و در سال دوم نیز تحت تاثیر معنی دار آبیاری تکمیلی- محلول پاشی هیومیک اسید در سطح ۱ درصد قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که محتوی فسفر تنها در سطوح مختلف محلول پاشی هیومیک اسید تفاوت معنی‌داری نشان داد به‌طوری که محلول پاشی هیومیک اسیدبا غلظت ۱ میلی‌مولار باعث افزایش مقدار فسفر از ۰/۳ (درصد) در شاهد به ۰/٤٦ (درصد) شد و در رابطه با برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسی نیز مشاهده شد که در برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی -محلول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید- محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در برهمکنش سه گانه هر سه تیمار مورد بررسی، میانگین محتوای فسفر بین سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین مقدار محتوای فسفر (۰/۵۲ درصد) در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی- محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار و محلول پاشی هیومیک اسید باغلظت ۱ میلی‌مولار بود که با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با تیمارهایی عدم محلول پاشی هیومیک اسید تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۲).

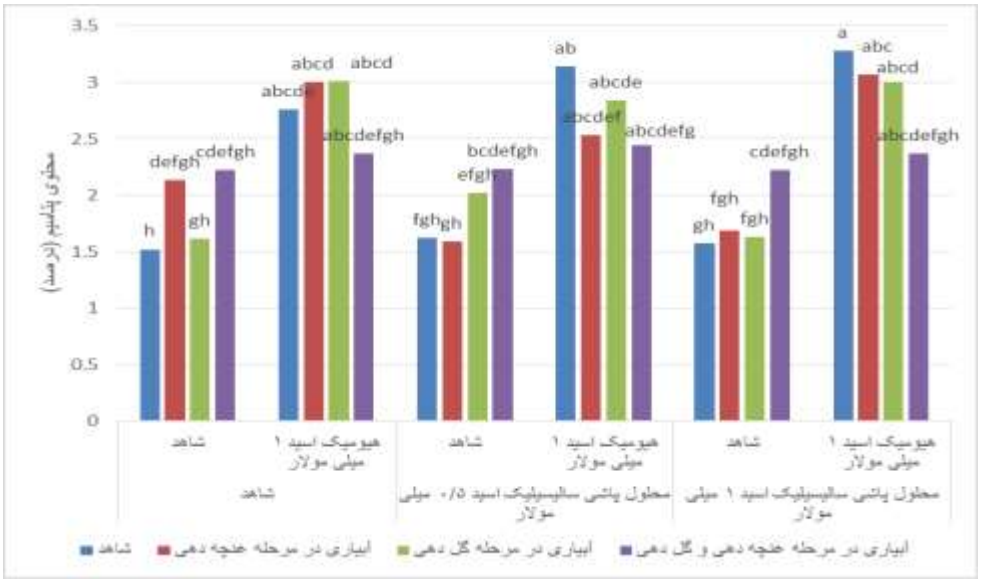
نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال دوم در رابطه با محتوای فسفر اندام هوایی نیز نشان داد که محتوای فسفر در سطوح مختلف تیمارها و برهمکنش آنها تفاوت معنی داری مشاهده نشد.



شکل ۲: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید بر محتوی فسفر در سال اول

محتوی پتاسیم: بر اساس نتایج به دست آمده، مشاهده شد که این صفت تحت تاثیر معنی‌دار محلول پاشی هیومیک اسید و برهمکنش آبیاری تکمیلی - محلول پاشی هیومیک اسید در سطح ۱ درصد و در سال دوم تحت تاثیر معنی دار تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که محتوی پتاسیم تنها در سطوح مختلف تیمار محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار تفاوت

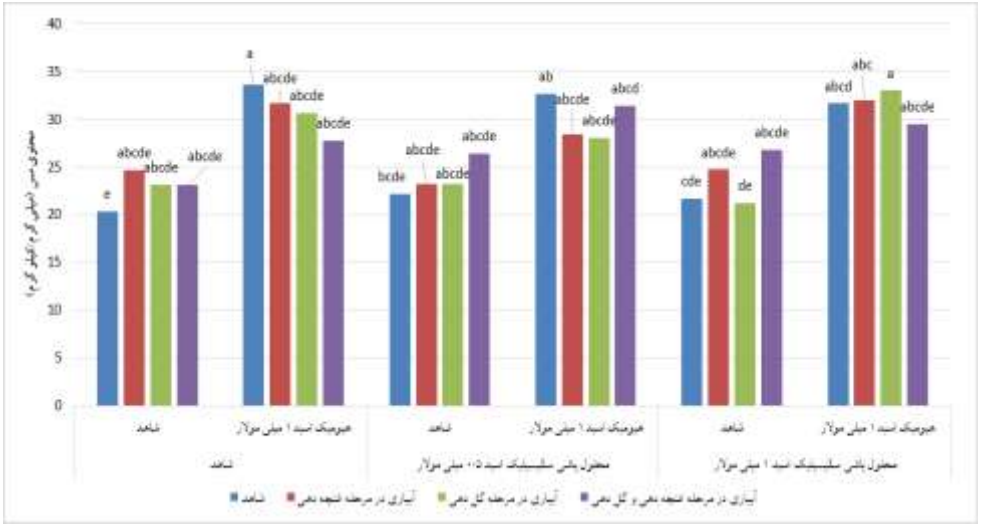
معنـی‌داری نشـان داد و محتـوای پتاسـیم را از ۱/۸٤ (درصد) به ۲/۸۲ (درصـد) افـزایش داد. در رابطـه بـا برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسی نیـز مشاهده شد که در برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی- محلول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید- محلـول پاشـی هیومیـک اسـید و همچنـین در بـرهمکنش سـه گانـه هـر سـه تیمـار مـورد بررسـی، میانگین محتوای پتاسیم بین سـطوح مختلـف تیمارهـا تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین مقدار محتوای پتاسیم (۳/۲۸درصد) در تیمار عـدم آبیـاری تکمیلـی، محلول پاشی ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و محلول پاشی۱ میلی‌مولار هیومیک اسید حاصـل شـد (شـکل ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال دوم نیز نشـان داد کـه محتـوای پتاسـیم در سـطوح مختلـف تیمارهـا و برهمکنش سـطوح مختلـف آنهـا تفـاوت معنـی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۳: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید بر محتوی پتاسیم در سال اول

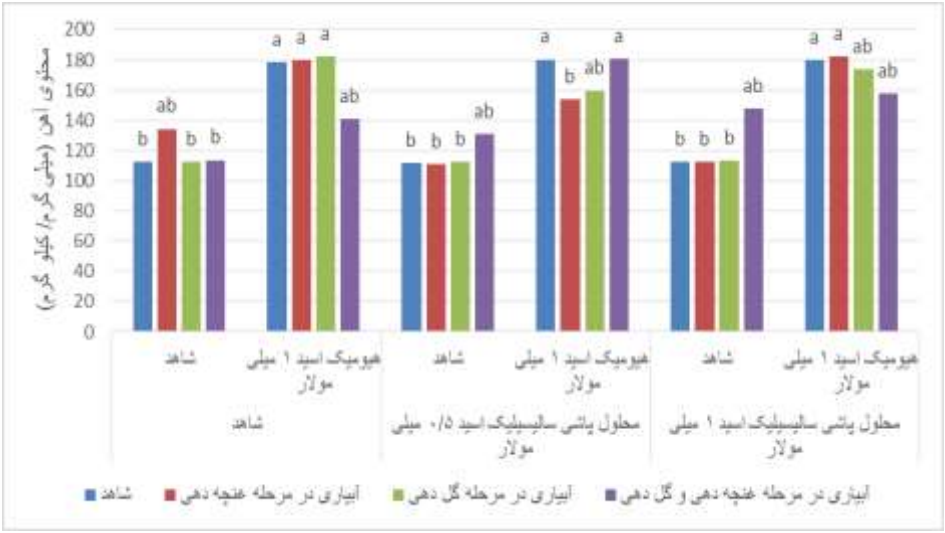
محتوی مس: بر اساس نتایج به دست آمـده، مشـاهده شد که این صفت تحت تأثیر معنـی‌دار محلـول پاشـی هیومیک اسید در سطح ۱ درصد و برهمکنش آبیـاری تکمیلی - محلول پاشـی هیومیـک اسـید در سـطح ۵ درصـد و در سـال دوم تیمارهـای آزمـایش تـاثیر معنی‌داری بـر محتـوی مـس نداشـتند. نتـایج مقایسـه میانگین‌ها در سال اول نشان داد که محتوی مـس تنهـا در سطوح مختلف تیمار محلول پاشی هیومیـک اسـید تفاوت معنی‌داری نشان داد و محلول پاشـی هیومیـک اسید با غلظت ۱ میلی‌مـولار مقـدار مـس را از ۲۳/۳۹ (میلـی‌گـرم/ کیلـوگرم) در شـاهد بـه ۳۰/۸۸ (میلـی گرم/کیلـوگرم) افـزایش داد. در رابطـه بـا بـرهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسـی نیـز مشـاهده شد که در برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی -محلـول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسـید- محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در بـرهمکنش سه گانه هر سه تیمار مورد بررسی، میـانگین محتـوای مس بین سطوح مختلف تیمارهـا تفـاوت معنـی‌داری مشاهده شد (شکل ٤) بالاترین محتوای مـس (۳۳/٦۷ میلی‌گرم/کیلوگرم) در تیمار عدم آبیاری تکمیلی- عدم

محلـول پاشـی سالیسـیلیک اسـید و محلـول پاشـی هیومیک اسید با غلظـت ۱ میلـی مـولار بدسـت آمـد. نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال دوم نیز نشـان داد کـه محتوای مس در سطوح مختلف تیمارها و بـرهمکنش سطوح مختلف آنها تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

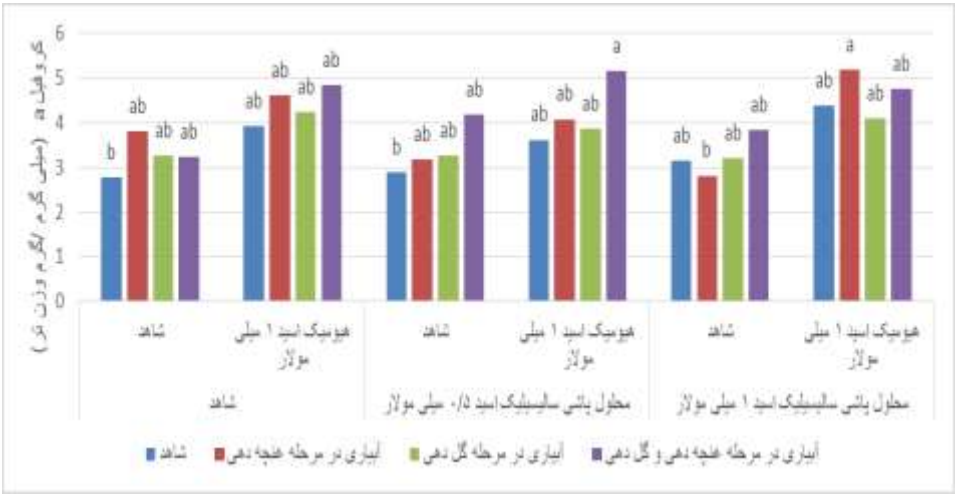


شکل ٤: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید بر محتوی مس در سال اول

محتوی آهن: بر اساس نتایج به دست آمـده، مشـاهده شد که این صفت تحت تأثیر معنـی‌دار محلـول پاشـی هیومیک اسیددر سطح ۱ درصد و بـرهمکنش آبیـاری تکمیلـی-محلـول پاشـی هیومیـک اسـید در سـطح ۵ درصد قـرار گرفـت و در سـال دوم نیـز تحـت تـاثیر آبیاری تکمیلی در سطح ۱ درصد قرار گرفـت. نتـایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشـان داد کـه محتـوی آهـن تنهـا در سـطوح مختلـف تیمـار محلـول پاشـی هیومیک اسید تفاوت معنی‌داری نشان داد. به‌طوری‌کـه محلول پاشی هیومیک اسید بـا غلظـت ۱ میلـی‌مـولار باعث افزایش معنی‌دار آهـن از ۱۱۸/۷۲ (میلـی‌گـرم / کیلوگرم) در شاهد بـه ۱۷۰/۷۸ (میلـی‌گرم/کیلـوگرم) شد. در رابطه با برهمکنش سطوح مختلف تیمارهـای مورد بررسی نیز مشاهده شد که در برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی -محلول پاشی هیومیک اسید، محلـول پاشی سالیسیلیک اسید- محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در برهمکنش سه گانه هـر سـه تیمـار مـورد بررسی، میانگین محتوای آهـن بـین سـطوح مختلـف تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین مقدار محتوای آهن (۱۸۲/۳۳ میلی گرم/کیلـوگرم) در تیمـار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه دهی- محلـول پاشـی سالیسیلیک اسید بـا غلظـت ۱ میلـی‌مـولار و محلـول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلـی مـولار حاصـل شد (شکل ۵). نتایج مقایسه میـانگین‌هـا در سـال دوم نیز نشـان داد کـه محتـوای آهـن در سـطوح مختلـف تیمارها و برهمکنش سطوح مختلف آنها تفاوت معنی داری مشاهده نشد.



شکل ۵: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید بر محتوی آهن در سال اول

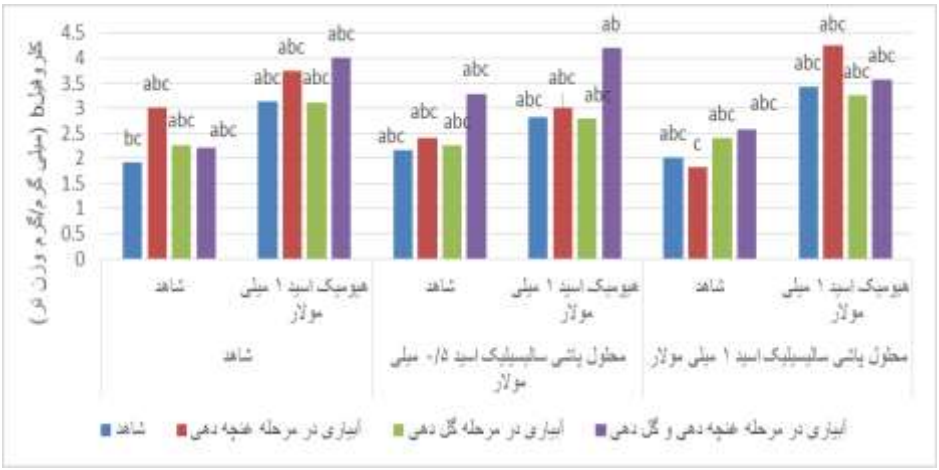


شکل ٦: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید بر کلروفیل a

کلروفیل a: بر اساس نتایج به دست آمده، مشاهده شد که این صفت تحت تأثیر معنی‌دار آبیاری تکمیلی و محلول پاشی هیومیک اسید در سطح ۱ درصد قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که محتوی کلروفیل a در سطوح مختلف تیمار آبیاری تکمیلی و محلول پاشی هیومیک اسید تفاوت معنی‌داری نشان داد. آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی و گلدهی باعث افزایش معنی دار کلروفیل a از ۳/٤٦ (میلی‌گرم/گرم وزن تر)در شاهد به ٤/۳٤ (میلی‌گرم / گرم وزن تر) شد. محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار نیز باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a از ۳/۳۰ (میلی‌گرم/ گرم وزن تر) در شاهد به ٤/٤٥ (میلی‌گرم/گرم وزن تر) شد. در رابطه با برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسی نیز مشاهده شد که برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی –محلول پاشی سالیسیلیک اسید، آبیاری

تکمیلی –محلول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید– محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در برهمکنش سه گانه هر سه تیمار مورد بررسی، میانگین محتوی کلروفیل a بین سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی داری داشت. بالاترین مقدار کلروفیل (۵/۱۸ میلی‌گرم/گرم وزن تر) در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی–محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار و محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ٦).

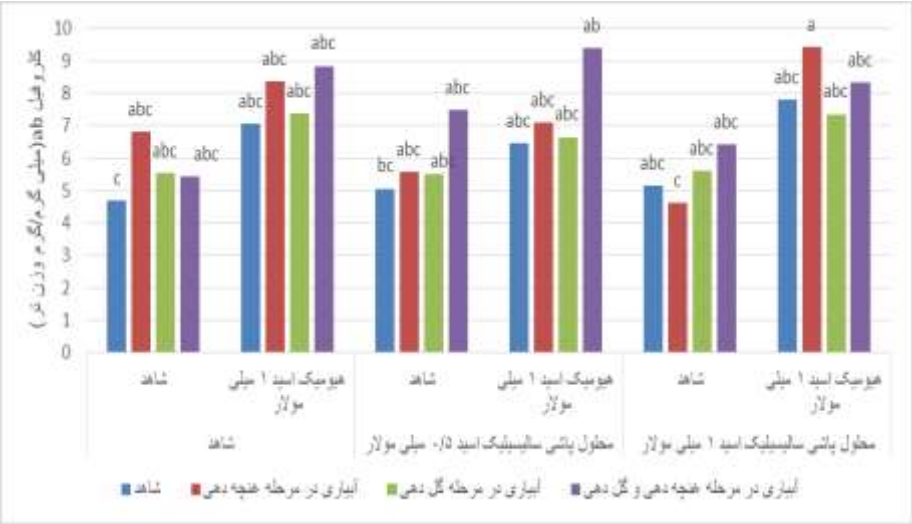
کلروفیل b: بر اساس نتایج به دست آمده، مشاهده شد که این صفت تحت تاثیر معنی دار محلول پاشی هیومیک اسید در سطح ۱ درصد قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که محتوی کلروفیل b در سطوح مختلف تیمار آبیاری تکمیلی و محلول پاشی هیومیک اسید تفاوت معنی داری نشان داد. آبیاری تکمیلی در دو مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی باعث افزایش کلروفیل b از ۲/۵۸ (میلی‌گرم/گرم وزن تر) در شاهد به ۳/۳۱ (میلی‌گرم/گرم وزن تر) شد. محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار نیز باعث افزایش کلروفیل b از ۲/۳٦ (میلی گرم/گرم وزن تر) به ۳/٤٥ (میلی‌گرم / گرم وزن تر) شد. در رابطه با برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسی نیز مشاهده شد که برهمکنش دوگانه، آبیاری تکمیلی– محلول پاشی هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید– محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در برهمکنش سه گانه هر سه تیمار مورد بررسی، میانگین محتوی کلروفیل b بین سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی داری داشت بالاترین مقدار کلروفیل (٤/۲۵میلی گرم/گرم وزن تر) در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه دهی– محلول پاشی هیومیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار و محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار حاصل شد (شکل ۷).



شکل ۷: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول پاشی هیومیک اسید بر کلروفیل b

کلروفیل کل: بر اساس نتایج به دست آمده، مشاهده شد که این صفت تحت تأثیر معنی دار آبیاری تکمیلی و محلول پاشی هیومیک اسید در سطح ۱ درصد قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که محتوی کلروفیل **کل** در سطوح مختلف تیمار آبیاری تکمیلی و محلول پاشی هیومیک اسید تفاوت معنی‌داری نشان داد. در رابطه با برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسی نیز مشاهده شد که برهمکنش دوگانه آبیاری تکمیلی –محلول پاشی سالیسیلیک اسید، آبیاری تکمیلی–محلول پاشی

هیومیک اسید، محلول پاشی سالیسیلیک اسید- محلول پاشی هیومیک اسید و همچنین در برهمکنش سه گانه هر سه تیمار مورد بررسی، میانگین محتوی کلروفیل **کل** بین سطوح مختلف تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. بالاترین مقدار کلروفیل (۹/٤۲ میلی‌گرم/گرم وزن تر) در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی-محلول پاشی ۱ میلی مولار هیومیک اسید و محلول پاشی ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید حاصل شد (شکل ۸).



شکل ۸: اثر برهمکنش سه گانه آبیاری تکمیلی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر کلروفیل کل

بحث

نیتروژن اندام هوایی: تقریباً یک درصد از کل آبی که ریشه جذب می‌کند برای مصرف گیاه استفاده شده و بقیه آن به صورت بخار آب از گیاه خارج می‌شود. بنابراین، افزایش محتوای آب گیاه به هر شکل ممکن است باعث بهبود رشد گیاه و افزایش جذب عناصر به خصوص درشرایط کم آبی شود. در همین راستا چنین به نظر می‌رسد که آبیاری تکمیلی باعث کاهش غلظت املاح محلول در محیط ریشه و درنتیجه کاهش پتانسیل اسمزی خاک می‌شود که این امر باعث افزایش جذب عناصر غذایی تا حد زیادی می‌شود از طرفی محلول پاشی هیومیک اسید در سال اول با تحریک جذب NO_3 توسط افزایش بیان پروتئین حامل نیتروژن در سطح غشایی سلولی و همچنین تغییر در میزان کاتیون‌ها جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد. همچنین می‌توان اثر هورمونی شبیه جیبرلین این ماد را در جذب نیتروژن دخیل دانست (Khaled and Fawy, 2011). از مزایای مهم هیومیک اسید، کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره برای غلبه بر کمبود عناصر غذایی است (Abedi and Pakniat, 2010). ازآنجا که فرم کلات یک عنصر (نیتروژن) در مقایسه با فرم معمولی آن بسیار راحت‌تر و سریع‌تر توسط گیاه جذب می‌شوند و در این صورت راندمان جذب عناصر غذایی آن عنصر افزایش می‌یابد. همچنین به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید در این شرایط با افزایش دادن میزان فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز که به دنبال آن جذب نیتروژن افزایش می‌یابد؛ محتوای نیتروژن برگ را افزایش داده است. اسید هیومیک می‌تواند با

بهبود جذب نیتروژن سبب افزایش میزان آنزیم‌ها، انواع پروتئین‌ها، به ویژه آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت کننده در چرخه فتوسنتزی نظیر سیتوکروم‌ها، فردوکسین‌ها، پلاستوسیانین و آنزیم روبیسکو شده و از این طریق رشد را افزایش دهد (Dordas and Sioulas, 2008).

فسفر اندام هوایی: فسفر یکی از عوامل مهم دانه‌بندی می‌باشد. در شرایط کم آبیاری، کاهش سرعت انتشار فسفر در خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیشتر است، عدم تحرک فسفر در اسیدیته بالا و تثبیت آن، به ویژه در تنش‌های کمبود آب دلیل اصلی کاهش تجمع آن در بافت برگی در شرایط دیم می‌باشد (Pirzad et al., 2006). در این آزمایش تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه دهی، افزایش میزان فسفر منطقی به نظر می‌رسد. در محلولپاشی هیومیک با توجه به قرارگیری فسفر خارجی در اختیار گیاه بخصوص تحت شرایط آبیاری تکمیلی افزایش میزان فسفر منطقی به نظر می‌رسد. علاوه بر این افزایش جذب عناصر غذایی پرنیاز از طریق سالیسیلیک اسید به اثبات رسیده است (Nematollahi et al., 2013). که با یافته‌های حاصل از آزمایش حاضر مطابقت دارد.

پتاسیم اندام هوایی: با افزایش تنش کم آبی، بر میزان پتاسیم اندام هوایی افزوده میشود دلیل این افزایش نقش این کاتیون در تنظیم فشار اسمزی و کنترل روزنه ای عنوان کردند (Zhao, 2000) که تاییدی بر نتایج حاصل از آزمایش ما می باشد. پتاسیم به عنوان یک تنظیم کننده اسمزی مهم که بعد از مدت طولانی خشکی افزایش می‌یابد در زمانی که رطوبت مساعد باشد ممکن است درصد پتاسیم در بافتهای گیاه کاهش یابد و این موضوع می‌تواند به علت رقیق شدن آن باشد. به‌طورکلی نظر بر این است که در هنگام تنش با انجام آبیاری تکمیلی میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد و آن به دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است. در مواردی هم مشاهده شده که درصد پتاسیم در گیاهان تحت تنش کم تر بوده و دلیل آن می تواند کاهش قابلیت دسترسی این عناصر در شرایط کمبود رطوبت باشد. به این صورت که در اثر وجود آب زیادتر، یون‌های یک ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک به‌طور نسبی بیش‌تر از یون‌های دوظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم افزایش می‌یابد. اما به تدریج که خاک خشک می‌شود، کلوئیدهای رس با قدرت بیش تری پتاسیم (یون‌های یک ظرفیتی) را به سطح خود جذب کرده و مانع از جدا شدن این یون‌ها می‌شوند. علت افزایش غلظت پتاسیم با محلول پاشی اسید هیومیک را احتمالاً می‌توان ناشی از افزایش قابلیت جذب این عنصر به واسطه تحریک مواد هیومیکی دانست. مواد هیومیکی از طریق تحرک بخشیدن یون‌ها و نیز متابولیسم فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب عناصر غذایی نظیر پتاسیم و بالطبع افزایش محتوی پتاسیم اندام هوایی شد. به احتمال فراوان، اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی اکسیدانی و غیرآنتی- اکسیدانی گیاه، باعث کاهش میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن یاخته‌ای شده و در نتیجه میزان سلامت غشاء یاخته‌ای افزایش یافته و باعث افزایش انتقال بیشتر پتاسیم به درون سیتوپلاسم از طریق انتقال دهنده‌های پتاسیم شده است.

مس اندام هوایی: محلول پاشی هیومیک اسید کارا یی و جذب عناصر به‌ویژه عناصر ریزمغذی را افزایش می‌دهد. افزایش غلظت مس در تیمارهای دارای اسید هیومیک را احتمالاً می‌توان ناشی از افزایش قابلیت جذب این عنصر به واسطه تحریک مواد هیومیکی دانست. مواد هیومیکی از طریق تحرک بخشیدن یون‌ها و نیز متابولیسم فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش راندمان جذب عنصر بدین ترتیب در نهایت باعث

افزایش رشد زایشی گیاه می‌شود (Ghorbani et al., 2010).

آهن اندام هوایی: مصرف خارجی سالیسیلیک اسید بر محدوده وسیعی از فرایندها از جمله انتقال یون‌ها و نفوذپذیری غشا تأثیرگذار است (Metwally et al., 2003). از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش کارایی جذب عناصر غذایی می‌شود (Rajpar et al., 2011). مولکول‌های هیومیک اسید می توانند از غشاء سلول عبور و در آپوپالست باعث احیای آهن شوند و در دستر بودن آهن را افزایش دهند (Mackowiak et al., 2001). در آزمایش حاضر چنین به نظر می‌رسد علاوه بر فراهمی رطوبت قابل دسترس از طریق آبیاری تکمیلی در مرحله غنچه‌دهی در سال اول، اثر افزایش جذب آهن توسط هیومیک اسید احتمالاً به خاصیت احیاء کنندگی آن برمی‌گردد که در دستر بودن و تجم آهین را در بافت گیاهی افزایش می‌دهد همچنین محلول پاشی سالیسیلیک اسید از طریق بهبود جذب و انتقال عناصر غدایی و افزایش نفوذپذیری غشا سبب افزایش میزان آهن در اندام هوایی شد. اثرات مفید مواد هیومیکی با قابلیت‌های آنها به وسیله فعالیت‌هایی نظیر آزادسازی الکترون‌ها و مداخله در زنجیره تنفسی سلول و نیز افزایش منبع انرژی برای سلول‌ها توجیه می‌شود.

کلروفیل a: محتوای کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت مبدأ شناخته می‌شود، زیرا کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاه است، بنابراین کاهش آن در شرایط رژیم آبیاری می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای در فتوسنتز به حساب می‌آید (Ghosh et al., 2004). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط خشکی به افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز نسبت داده شده است. هرچند علاوه بر تأثیر کلروفیز در تجزیه کلروفیل، پراکسیداز و ترکیبات فنلی را نیز در این رابطه دخیل دانستند. مهمترین آثار بیولوژیک اسیدهیومیک بر موجودات زنده شامل تحریک جوانه زنی بذر و رشد، تحریک تجمع زیست توده درگیاهان، تحریک تجمع نیتروژن و تحریک جذب عناصر غذایی معدنی می‌باشد (Zachariakis et al., 2001). موادی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن و مس در تشکیل کلروفیل استفاده می‌شوند که مصرف اسید هیومیک باعث فراهمی بیشتر این عناصر برای گیاه می‌شود. دربین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش سبزینه گیاه دارد. احتمالاً با فعال شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، کلروفیل‌سازی افزایش یافته که در پی آن بهبود فرایند فتوسنتز در مقایسه با شاهد اتفاق می‌افتد. هیومیک اسید با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت کلروفیل a را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را راحت‌تر کند (Nasuti et al., 2010). همچنین افزایش کلروفیل a تحت تیمار SA را می‌توان به علت اثر SA بر تحریک مسیر سنتزی این رنگدانه‌ها دانست. افزایش کلروفیل a تحت تیمار SA گویای اثر محافظتی این تنظیم کننده رشد بر روی فتوسنتز و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان تحت تنش می‌باشد.

کلروفیل b: به‌طورکلی هرچه شرایط تغذیه‌ایی و محیطی از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت در دسترس برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود از این رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند احتمالا بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیرکروفیل b اثر دارند (Demir, 2004). در این آزمایش، میزان کاهش کلروفیل b در اثر تنش خشکی بیشتر از کلروفیل a می‌باشد (تیمار شاهد). زیرا در اثر تنش

خشکی مقدار کمپلکس پروتئینی جذب کننده نور chl a/b موجود در فتوسیستم II به شدت کاهش پیدا می‌کند. بخش کلروفیل b این کمپلکس پروتئینی درون غشاء کلروپلاست قرار دارد. اثر افزایشی محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند در ارتباط با متابولیسم نیترات داخلی بافت‌ها و بیوسنتز کلروفیل و همچنین تأثیر آن بر تحریک فعالیت آنزیم رابیسکو و میزان فتوسنتز باشد (Idrees et al., 2011). اسید هیومیک سبب افزایش ماندگاری بافت‌های فتوسنتزکننده شده و از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی، از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش کلروفیل برگ را باعث می‌شود (Naderi et al., 2014). از طرفی موادی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن و مس در تشکیل کلروفیل‌ها استفاده می‌شوند که محلول پاشی اسید هیومیک فراهمی، سرعت و میزان جذب بیشتر این عناصر برای گیاه سبب می‌شود. در پژوهشی مشاهده شد که اسید هیومیک بیش از اسید فولویک و هیومین بر فعالیت کلروفیل b تأثیر می‌گذارد.

کلروفیل کل: محتوی کلروفیل از مهمترین عواملی است که ظرفیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، حفظ رنگیزه‌هایی مانند کلروفیل a و b می‌تواند سبب افزایش ثبات فتوسنتز و کلروفیل‌سازی در گیاهان شود. افزایش غلظت کلروفیل کل در پاسخ به محلول پاشی سالیسیلیک اسید ممکن است به دلیل سنتز کربوهیدرات‌های بیشتر در گیاهان تیمارشده با این تنظیم کننده رشد گیاهی باشد. سالیسیلیک اسید با ممانعت از فعالیت ACC اکسیداز و جلوگیری از تولید اتیلن و تنظیم عملکرد هورمون اسید آبسیزیک از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و می‌تواند محتوای کلروفیل را بالا ببرد (Jabbari et al., 2017). افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه میتواند منجر به افزایش کلروفیل شود. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش سبزینه گیاه دارد (Kausar and Azam, 1985). بنابراین، در محلول پاشی غلظت‌های زیاد اسید هیومیک، میزان جذب عناصر مغذی، به خصوص نیتروژن، را افزایش می‌دهد. تأمین مناسب وکافی نیتروژن موجب می‌شود که گیاه نیتروژن کافی باری تولید کروفیل در اختیار داشته باشد و به دنبال آن میزان کلروفیل و فتوسنتز گیاه روبه به افزایش می‌گذارد. Mostafavi و Jlilian (۲۰۱۹) با بررسی تغییرات عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیک وکیفیت بالنگوی شهری تحت تاثیر کود شیمیایی، زیستی-آلی و تعداد دفعات آبیاری نشان دادند که در تیمار دفعات آبیاری (دو بار آبیاری، یک بارآبیاری و بدون آبیاری) بیشترین کروفیل a کلروفیل b و کلروفیل کل در تیمار دو بار آبیاری تکمیلی حاصل شد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی، تغییر شرایط آب و هوایی در چند دهه اخیر منجر به کاهش میزان بارندگی و تغییر در توزیع آن در مناطق خشک و نیمه خشک شده است. لذا به نظر می‌رسد با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی، تغییر در راهکارهای مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل گیاهان زراعی در این مناطق ضروری است. بنابراین انجام حداقل یک نوبت آبیاری (آبیاری تکمیلی) راهکاری است که در بهبود شرایط محصولات دیم در مراحل حساس رشد می‌تواند به کار رود. در شرایط کمبود آب یکی از روش‌های فیزیولوژیک استفاده از مواد تخفیف دهنده تنش و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب کم آبی مؤثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد. از طرفی محلول پاشی اسید هیومیک نیز در ارتباط با میزان تولید محصول و مصرف بهینه آب حائز اهمیت است. و مهم‌تر از آن، کاربرد کود آلی اسید هیومیک به جای

کود شیمیایی می‌تواند نویدبخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی باشد. پیشنهاد می‌شود با توجه به خواص دارویی و صنعتی بالنگو و نقش آن در کشاورزی، میزان و زمان آبیاری تکمیلی وکاربرد سایر تخفیف دهنده‌های تنش‌های غیر زنده و کاربرد سایر کودهای آلی مؤثر در کاهش اثرات تنش در ارقام بالنگو در مکان‌های مختلف جغرافیایی مورد بررسی قرار گیرد.

References

Abedi, T. and Pakniyat, H. (2010). Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 46: 27-34.

Attia, A. N., Sultan, M. S., Emara, M.A. and El-Shazly, B.W. (2017). Effect of Foliar Spraying with Nano and Natural Materials under Water Stress Conditions on Cotton Leaves Chemical Composition. Journal of Plant Production. 8(2):161 -169.

Ayari, M. (2016). Effect of seed pretreatment and supplementary irrigation on some physiological characteristics of urban lallemantia plant. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

Benami, A. and Ofenm, A. (1984). Irrigation engineering-sprinkler, trickle and surface irrigation: principles, design and agricultural practices. Irrigation Engineering Scientific Publications.pp.257.

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology. 28: 85-90.

Dordas, C. and Sioulas, S. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis and water efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Crop Product. 27: 78-85.

Eskandari, H.A. and Valizadeh Amrayi, A. (2016). Effect of supplementary irrigation in reproductive growth stage on grain yield, oil and energy efficiency of rapeseed production system in rainfed conditions. Journal of Agriculture. 18 (4): 907-919.

Fazli, M., A., Mir Mahmoudi, T., Rahimi, A. and Yazdan Seta, S. (2020). Effect of irrigation regime and fertilizer treatments on vegetative and yield properties of *Lallemantia royleana* Benth Journal of Environmental Stress in Crop Sciences. 14(4): 1015-1003.

Ghorbani S., Khazayi H.M, Kafi, M. and Banayanaval M. (2010). Effect of Humic acid in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Journal of Ecology. 2(1):131-123.

Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K. and Hati, K.M. (2004). Comprative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer NPK on three cropping system in vertisoils of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology, 95: 85-93.

Idrees, M., Khan, M.M.A., Naeem, M., Aftab, T., Hashmi, N. and Alam, M. (2011). Modulation of defence responses by improving photosynthetic activity, antioxidative metabolism and vincristine and vinblastine accumulation in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don through salicylic acid under water stress. Russian Agricultural Sciences. 37: 474-482.

Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H.R. and Samadzadeh, A.R. (2017). Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices. Saffron Agronomy and Technology. 5(1): 21-35.

Kausar, A. and Azam, F. (1985). Effect of humic acid on wheat seeding growth. Environmental and Experimental Botany 25: 245-252.

Khaled, H. and Fawy, H. (2011) Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research. 6(1): 21-29.

Lichtenthaler, H.K. and Bustchmann, C. (2001). Chlorophylls and Carotenoids: Measurement UNIT F4.3 and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, F4.3.1-F.4.3.8.

Mackowiak, C.L., Grossl, P.R. and Bugbee, B.G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Society of America Journal. 65:1744-1750.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. J. (2003). Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiology, 132(1): 272-281.

Mostafavi, Ro. and Jlilian, J. (2019). Investigation of yield changes, physiological characteristics and quality of *Lallemantia iberica* under the influence of chemical, bio-organic fertilization and frequency of irrigation, Iranian Journal of Rainfed Agriculture, 8 (1): 95-115.

Mozaffari, M. Khorasani Nejad, S. and Gorgini Shabankareh, H. (2017). Effect of irrigation regimes and application of HA on some physiological and biochemical characteristics of *Portulaca oleracea* under greenhouse conditions. Journal of Agriculture, 19 (2): 401-416.

Mulvaney CS and Bremer JM (1982). Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological Properties. Part. 2, Pp. 595-624.

Nematollahi, A., Jafari, A. and Bagheri. A. (2013). Effects of drought and salicylic acid on photosynthetic pigment and nutrient uptake of the cultivated sunflower (Helianthus annuus L.). Journal of Plant EchoPhysiology. 5(12): 86-102.

Naderi, R., Valizadeh, M., Toorchi, M., and Shakiba, M.R. (2014). Antioxidant enzyme changes in response to osmotic stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling. Acta Biologica Szegediensis, 58(2): 95-101.

Nasuti Miandoab, R., Samavat, S. and Tehrani, M. M. (2010) Humic acid fertilizer on plants and soil properties. Food Agriculture 101: 53-55.

Oweis, T. and Hachum, A. (2006). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural water management, 80(1-3): 57-73.

Pirzad, A., Alyari, H. Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S. and Mohammadi, A. (2006). Essential oil content and composition of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy. 5(3): 451-455.

Prakash, K., Soora, N.K. and Soora, V.M. (2018). Responses of soybean to water stress and supplemental irrigation in upper Indo-Gangetic plain: Field experiment and modeling approach. Field crop Research 219:76-86.

Rahimi, N., Jalilian, J., Pirzad, A.R., and Gholinejad, A. (2019). Study of changes in grain yield and oil of linseed oil (*Linum usitaissimum*). Journal of Plant Ecophysiology, 20th Year, 41: 42-52.

Rajpar, I., Bhatti, M.B. Ul-hassan, Z. Shah, A.N. and Tunio, S.D. (2011). Humic acid improves growth, yield and oil content of Brassica compestris L. Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Science. 27(2): 125-133.

Ryan J, Estefan, G. and Rashid A (2001). Soil and plant Analysis: Laboratory manual, interaction center for agricultural research in the dry areas (ICARDA). 2nd Ed. A leppo, Syrian, pp: 1-18.

Zachariakis, M., Tzorakakis, E., Kritsotakis, I., Siminis, C.I. and Manios, V. (2001). Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. Acta Horticulturae, 549: 131-13.

Zandi, N., Khalesroo, Sh., Badakhshan, H. and Haidarf, Gh. (2020). Effect of HA foliar application on yield and morphological traits of some safflower cultivars. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 13 (4): 2-14.

Zargaran, S.M. Tehran Far, A. Nemati, H. and Siavashpour, B. (2016). Effect of SA on some morphophysiological characteristics of sunflower flowers in water deficit conditions. Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries) 30 (1): 151-162.

Zhao, H. C. (2000). Influence of water stress on the lipid physical membrance from P.betuloefolia. Biointerfaces 19: 181-185.