

Optimization of greenhouse cucumber plant and fruit growth in response to foliar spraying of salicylic acid and boric acid

DOI: [10.22055/ppd.2024.47687.2193](https://doi.org/10.22055/ppd.2024.47687.2193)

Mohammad Hossein Shahbazi¹, Seyyed Javad Mousavizadeh*², Kambiz Mashayekhi³, Ayoub Ghorbani Dehkordi⁴

- 1- M.Sc. Graduate of Horticultural Sciences, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran.
- 2- *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran. (Email: mousavizadeh@gau.ac.ir)
- 3- Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran.
- 4- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran.

Abstract

Introduction: Cucumber is one of the vegetables that has a large area under greenhouse cultivation in Iran. There are many problems in greenhouse cucumber cultivation, most of which is the reduction of water and food absorption due to various environmental stresses, which has a direct effect on the quantitative and qualitative characteristics of cucumber. Meanwhile, salicylic acid acts as a vital regulator as well as a potential tool for product protection and sustainable production. In addition, boron plays a role in the transfer of sugars and hormones, fruit formation, leaf and flower bud formation in plants. Therefore, the main purpose of this experiment is to evaluate the combined effect of salicylic acid and boric acid on Gohar cultivar greenhouse cucumber, which is carried out under soil cultivation conditions on the quantitative and qualitative characteristics of the plant and fruit.

Materials and methods: The present study was implemented as a factorial arrangement based on a randomized complete block design in three replications. The first factor was spraying salicylic acid in three concentrations (0, 0.5 and 1 mM) and the second factor was spraying boric acid in three concentrations (0, 2 and 4 mM). After the emergence of the second true leaf of cucumber, foliar spraying was done with an interval of 10 days, and four times of foliar spraying were done in total. Morphological traits such as plant length, number of leaves, single leaf area and petiole length were measured. Leaf biochemical traits such as chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and fruit quality traits such as total sugar, sucrose, glucose and fructose and finally the number of fruit and yield were measured.

Results and Discussion: According to the results, salicylic acid and boric acid had a significant effect on the traits. A higher number of leaves with an average of 47.33 was observed in 0.5 mM salicylic acid and 0 mM boric acid. In 0 mM salicylic acid and 2 mM boric acid, the upper leaf area was recorded as 306.03 cm². Similarly, the highest amount of total chlorophyll was recorded with 12.11 and 10.8 mgg⁻¹FW, respectively, in 0 and 1 mM salicylic acid along with 2 mM boric acid. The maximum amount of fruit sucrose and fructose was seen with 226.28 and 87.9 mgg⁻¹FW, respectively, in 1 mM salicylic acid and 0 mM boric acid. 1 mM salicylic acid in 2 mM boric acid showed the highest amount of fruit glucose with 368.71 mgg⁻¹FW. The highest number of fruits with 86.33 and the highest total fruit yield with 9.59 kg/plant and 21.10 kg/m² was obtained corresponding to 0.5 mM salicylic acid in 2 mM boric acid. Likewise, the lowest number of fruits with 44 and the lowest yield with 3.39 kg/plant was recorded in control.

Conclusion: By evaluating the obtained results, salicylic acid had a more noticeable effect than boric acid. However, the combination of salicylic acid and boric acid showed a more optimal result than their single application. In general, 0.5 mM salicylic acid in 2 mM boric acid achieved better results in most quantitative and qualitative traits.

Keywords: Chlorophyll, Fruit number, Leaf area, Sucrose, Sugar.

بهینه سازی رشد بوته و میوه خیار گلخانه‌ای در پاسخ به محلول پاشی برگی اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک

امیر حسین شهبازی^۱، سیدجواد موسوی‌زاده^{۲*}، کامبیز مشایخی^۳، ایوب قربانی دهکردی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی گروه علوم باغبانی دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم باغبانی دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (ایمیل:

mousavizadeh@gau.ac.ir)

۳- استاد، گروه علوم باغبانی دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

چکیده

خیار یکی از سبزیجات با سطح زیر کشت گلخانه‌ای گسترده در ایران می‌باشد. در کشت خیار گلخانه‌ای مشکلات متعددی وجود دارد که بخش اعظم آن مربوط به جذب آب و مواد غذایی در اثر تنش‌های محیطی مختلف می‌باشد که تأثیر مستقیم بر خصوصیات کمی و کیفی خیار دارد. در این بین اسید سالیسیلیک به عنوان یک تنظیم کننده حیاتی و همچنین ابزاری بالقوه برای حفاظت و تولید پایدار محصول عمل می‌کند. علاوه بر این، عنصر بور در انتقال قندها و هورمون‌ها، تشکیل میوه، شکل گیری جوانه‌های برگ و گل در داخل گیاه نقش ایفا می‌نماید. بنابراین هدف اصلی این آزمایش بررسی کاربرد همزمان اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک بر شاخصه‌های کمی و کیفی بوته و میوه خیار گلخانه‌ای رقم گوهر در شرایط کشت خاکی می‌باشد. پژوهش حاضر به صورت آرایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در سه غلظت (۰، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و فاکتور دوم محلول پاشی اسیدبوریک در سه غلظت (۰، ۲ و ۴ میلی مولار) بود. پس از ظهور برگ دوم حقیقی خیار با فاصله ۱۰ روز و در مجموع چهار مرتبه تیماردهی انجام گردید. صفات مورفولوژیکی از قبیل طول بوته، تعداد برگ، سطح تک برگ و طول دم‌برگ اندازه‌گیری شد. صفات بیوشیمیایی برگ مانند میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، آنتوسیانین و صفات کیفی میوه مانند قند کل، ساکارز، گلوکز و فروکتوز و در نهایت تعداد میوه و عملکرد اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش حاضر، تیمار اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک تأثیر معنی داری بر تمام صفات اندازه‌گیری شده داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده تعداد برگ بالاتری با میانگین ۴۷/۳۳ عدد در ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریک مشاهده شد. میزان سطح برگ بالای ۳۰۶/۰۳ سانتیمتر مربع در تیمار صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۲ میلی مولار اسیدبوریک ثبت گردید. همین طور بیشترین میزان کلروفیل کل برگ با ۱۲/۱۱ و ۱۰/۸ میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب مربوط به صفر و یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک به همراه ۲ میلی مولار اسیدبوریک بود. بیشترین میزان ساکارز و فروکتوز میوه به ترتیب با ۲۲۶/۲۸ و ۸۷/۹ میلی گرم بر گرم وزن تر

مربوط به تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در صفر میلی مولار اسیدبوریک بود. تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۲ میلی مولار اسیدبوریک بالاترین میزان گلوکز میوه با ۳۶۸/۷۱ میلی گرم بر گرم وزن تر را نشان داد. بیشترین تعداد میوه با ۸۶/۳۳ عدد و بالاترین عملکرد کل میوه با ۹/۵۹ کیلوگرم در بوته و ۲۱/۱۰ کیلوگرم در مترمربع مربوط به تیمار ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۲ میلی مولار اسیدبوریک به دست آمد. همین طور کمترین تعداد میوه نیز با ۴۴ عدد و کمترین عملکرد کل میوه نیز با ۳/۳۹ کیلوگرم در بوته در تیمار شاهد ثبت شد. با ارزیابی اطلاعات به دست آمده می توان گفت که اسیدسالیسیلیک در مورد صفتهای اندازه گیری شده، اثر محسوس تر نسبت به اسید بوریک داشت با این حال ترکیب دو تیمار اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک نتیجه مطلوب و بهینه تری نسبت به کاربرد تکی آنها نشان داد. به طور کلی تیمار ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۲ میلی مولار اسیدبوریک در اکثر صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده بازده مثبت و بهتری را حاصل نمود.

کلیدواژه: تعداد میوه، ساکارز، سطح برگ، قند، کلروفیل.

مقدمه

خیار (*Cucumis sativus*) جزو خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) بوده و یکی از سبزیهای قدیمی جهان است که منشأ آن هند بوده و سپس کشت آن در غرب آسیا و جنوب اروپا گسترش یافته است (Abbasi et al., 2019). همچنین این محصول یکی از سبزیهای مطلوب در جهان است و سالانه حدود ۹۵ میلیون تن از آن در جهان تولید می گردد (FAO, 2022). در کشور ایران خیار از سبزیهای با تولید و مصرف بالا محسوب می شود که سطح زیر کشت گلخانه ای آن در ایران ۳۴۲۰ هکتار و سطح زیر کشت مزرعه ای آن ۲۲۶۸۶ هکتار برآورد گردیده است (Agricultural statistics, 2022). از مشکلاتی که در گلخانههای با کشت خاکی وجود دارد آهکی بودن اکثر خاکهای کشور است که کاهش جذب عناصر مغذی در گیاهان را موجب می گردد. از جمله عنصر مغذی کم مصرفی که نشانههای کمبود آن در خاکهای آهکی بیشتر مشاهده می شود عنصر بور می باشد (Marschner, 2011). بور تنها شبه فلز در بین عناصر غذایی ضروری کم مصرف می باشد که در محلول خاک و در شرایط pH فیزیولوژیکی و غیاب ملکولهای زیستی به صورت اسید بوریک بدون بار $[B(OH)_3]$ وجود دارد و به همین صورت نیز از طریق ریشه جذب گیاه می گردد (Onuh and Miwa, 2021).

2021). که نقشهای متنوعی در فرآیندهای گیاهی از جمله نمو و تمایز سلولی، سنتز دیواره سلولها، تکامل آوندچوبی، انتقال قندها و هورمونها در داخل گیاه، حفظ ساختار غشای سلولی، تشکیل میوه و بذر، رشد و جوانه زنی دانه گرده و نیز شکل گیری جوانه های برگ و گل ایفا می نماید. بور نقش انکارناپذیری در کیفیت محصولات بخصوص محصولات باغی دارد (Tohidloo and Souri, 2009; Khalaj et al., 2017) کمبود بور در گیاهان موجب کاهش گل هایی که به میوه تبدیل می شوند می گردد (Brdar-Jokanovic, 2020). در اکثر گیاهان تاثیر بور در مرحله ی زایشی گیاه نسبت به دوره رویشی آن مشهودتر است (Kohli et al., 2022). به شکلی که گیاهان تحت شرایط کمبود متوسط بور در مرحله رویشی، زیاد تحت تاثیر قرار نمی گیرند ولی در دوره زایشی با مشکلات مختلفی مواجه می شوند (Marschner, 2011; Onuh and Miwa, 2021). از طرف دیگر نیز افزایش بیش از حد بور سبب سمیت آن در گیاه گشته و آسیب هایی را به همراه دارد. در نتیجه باید غلظت مناسبی از این عنصر مورد استفاده قرار گیرد (Onuh and Miwa, 2021).

اسید سالیسیلیک نیز نقش مهمی در تولید و رشد گیاهان دارد. اسید سالیسیلیک به عنوان یک هورمون گیاهی در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف از جمله جوانه زنی بذر، رشد ریشه، گلدهی و پاسخ به تنش های محیطی نقش دارد. این ماده به

نقش دارد. مقدار بهینه و حد کمبود و سمیت عنصر بور بسیار به هم نزدیک است و به همین دلیل در ارتباط با تعیین شرایط مناسب تغذیه‌ای بور در گیاهان مختلف مطالعات متناقضی وجود دارد. اسیدسالیسیلیک نیز تنظیم کننده درون‌زای رشد گیاه است که نقش بسزایی در کارکرد سلولی، اعمال فیزیولوژیکی و واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دارد (Marschner, 2011). از اینرو یافتن بهترین ترکیب اسید-سالیسیلیک و اسید بوریک برای بهینه شدن شرایط رشد گیاه و ارتقای کیفیت میوه ضروری می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش نیز بررسی محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسید-سالیسیلیک و اسید بوریک بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بوته و ارتقای کیفیت میوه خیار گلخانه‌ای رقم گوهر در کشت خاکی در شرایط غیرتنشی بود.

مواد و روش‌ها

زمان و مکان آزمایش

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ (۲۵ دی ماه ۱۴۰۰ تا اواخر اردیبهشت ۱۴۰۱) در گلخانه با وسعت ۳۰۰۰ مترمربع با بستر خاکی واقع در روستای قلعه جیق از توابع شهرستان آق قلا استان گلستان انجام گرفت. متوسط دمای گلخانه در روز بین ۲۱ الی ۲۴ و در شب ۱۶ الی ۱۸ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۷۰-۵۰ درصد بود. خاک گلخانه دارای بافت لومی رسی، مواد خنثی شونده ۱۲/۲ درصد، دارای ۱/۵ درصد کربن آلی، نیتروژن کل ۰/۱۲ درصد، فسفر قابل جذب ۱۴/۲ میلی‌گرم در لیتر، پتاسیم قابل جذب ۳۴۹ میلی‌گرم در لیتر، آهن ۸/۳ میلی‌گرم در لیتر، روی ۱/۰۱۲ میلی‌گرم در لیتر، منگنز ۵/۹۱ میلی‌گرم در لیتر و واکنش خاک pH ۷/۸۷ بود. سیستم گرمایشی در این گلخانه از نوع هیترگازی فن‌دار بود و به‌منظور کاهش دمای گلخانه از سیستم مه‌پاش استفاده گردید. برای رعایت مسائل بهداشتی به هنگام ورود و خروج پرسنل در گلخانه اتاق ایزوله تعبیه شده بود.

ترکیب تیمارهای آزمایشی

تیمارهای اعمال شده در این پژوهش اسیدسالیسیلیک (ساخت

دلیل توانایی خود در القای مقاومت اکتسابی سیستمیک (SAR) در گیاهان شناخته شده است و مکانیسم‌های دفاعی گیاهان را در برابر پاتوژن‌ها بهبود می‌بخشد (Bagautdinova *et al.*, 2022). اسید سالیسیلیک یا اورتی هیدروکسی بنزویک اسید دارای یک حلقه آروماتیک با یک گروه هیدروکسیل است که به گروه ترکیبات فنلی تعلق دارد. این ماده به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد درونی گیاه است، در غلظت‌های کم به‌طور وسیعی بر متابولیسم‌ها و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان تأثیر می‌گذارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک می‌تواند در دامنه‌ای از فرایندهای مختلف در گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن، بسته شدن روزنه‌ها، نفوذپذیری غشاء، سرعت رشد و تبادل و انتقال یون‌ها اثر داشته باشد (Ali *et al.*, 2020; Lefevere *et al.*, 2020). تحقیقات دیگر روی کاربردهای اسید سالیسیلیک، اثرات مثبت آن را روی فتوسنتز و رشد گیاهان نشان داده است (Ali *et al.*, 2020). به دنبال محلول‌پاشی گیاه با اسیدسالیسیلیک، جذب عناصر غذایی تحت شرایط خشکی و شوری بهتر صورت گرفته و موجب بهبود صفات مورفولوژی گیاه می‌گردد (Bagautdinova *et al.*, 2022; Hassoon and Abduljabbar, 2019). افزایش ۳۲ درصدی میانگین شاخص کلروفیل برگ و نیز افزایش ۲۱ و ۹/۴ درصدی در میانگین سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک ۳ میلی‌مولار روی گیاه خیار مزرعه‌ای رقم کیش مشاهده شد (Nikbakht *et al.*, 2020). پیش‌تیمار کردن بذرها با اسیدسالیسیلیک باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها در لوبیا چشم‌بلبلی شده است (EITaher *et al.*, 2022).

لزوم تغذیه مناسب گیاهان و استفاده از عناصر و ترکیباتی که سبب افزایش عملکرد با حفظ و ارتقای کیفیت شوند، ضروری می‌باشد. بور یک عنصر ضروری در رشد و توسعه سلولی گیاه می‌باشد که در فرآیند تقسیم و تولید شدن سلول

ایران) در سه غلظت (۰/۵ و ۱ میلی مولار برابر با ۰/۰۶/۶۹ و ۱۳۸/۱۲ میلی گرم بر لیتر) و اسیدبوریک (ساخت ایران) در سه غلظت (۰/۲ و ۴ میلی مولار برابر با ۰/۰۶۶/۱۲۳ و ۲۴۷/۳۲ میلی گرم بر لیتر) بودند (Javaheri et al., 2012; Ghorbani et al., 2015). در مجموع نه ترکیب تیماری با آرایش فاکتوریل اعمال گردید. شروع تیمار دهی ۱۵ روز پس از انتقال نشاء به گلخانه انجام گردید و با فاصله ۱۰ روز یکبار (چهار مرحله) تیماردهی انجام شد. محلول پاشی توسط سمپاش دو لیتری دستی صورت پذیرفت. هر پشته با طول ۴۰ متر و با دو ردیف کشت به چهار قسمت تقسیم شد. هر قسمت به عنوان یک تیمار و یک تکرار در نظر گرفته شد. بین تکرار ها هشت بوته به عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت و داشت

خیار گلخانه ای رقم گوهر (*Cucumis sativus* cv. Gohar) از شرکت نانهمز هلند برای کشت استفاده شد که رقمی قوی با پوشش برگی متوسط، ارتفاع بوته متوسط و چند گل می باشد. این رقم مناسب کاشت بهاره بوده و در تمامی مناطق گلخانه ای کشور کشت می شود. دارای طول میوه ۱۶ تا ۱۸ سانتیمتر و مناسب جهت صادرات و بازار داخلی است. جهت شروع کشت، ابتدا بذره‌های خیار در داخل سینی نشاء که شامل ۴۰ درصد کوکوپیت و ۶۰ درصد پرلیت بود کشت شدند. نشاءها در تاریخ ۲۵ دی ماه ۱۴۰۰ در مرحله دو برگی به زمین گلخانه انتقال یافتند. قبل از کشت زمین گلخانه تسطیح و پشته‌بندی شد. الگوی کشت بوته‌های خیار به صورت زیکزاکی با فاصله کشت ۴۵ سانتی متر روی پشته‌های ۷۰ سانتی متری و با راهروهای ۹۰ سانتی متر صورت پذیرفت. در هر پشته بوته‌ها در دو ردیف کشت شدند. آبیاری بوته‌ها در گلخانه توسط سیستم آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. برای استفاده بهینه از فضای عمودی گلخانه، بوته‌های خیار توسط ریسمان به سیم‌هایی که در قسمت وتر گلخانه به این منظور تعبیه شده بود متصل گردید و با ادامه رشد گیاه به صورت دستی به دور ریسمان پیچیده شد تا بوته‌های خیار بهتر بتوانند

رشد عمودی خود را ادامه دهند. تا فاصله ۲۰ سانتی متری از سطح خاک تمام جوانه‌های جانبی بوته‌ها حذف شدند و بارگیری از بوته خیار روی تنه اصلی انجام شد و کلیه شاخه‌های فرعی حذف شد. در طول دوره مبارزه با علف‌های هرز انجام گرفت.

برنامه تغذیه

بر اساس نتایج آزمون خاک، به جهت واکنش تقریباً قلیایی خاک از کودهای گوگردی استفاده شد تا pH خاک اصلاح شود و عناصر کم مصرف در خاک قابلیت جذب پیدا کنند. در این راستا برنامه کودی پیش از کاشت بدین صورت بود که ۱۰ تن کود گاوی پوسیده، ۳ تن کود مرغی، ۱۲۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۵۰ گرم اوره گوگردی و ۵۰ کیلوگرم دی آمونیوم فسفات به خاک گلخانه اضافه گردید. بعد از شروع باردهی و بعد از هر ۵۰۰ کیلوگرم برداشت همراه با آب آبیاری، نترات کلسیم ۱۷۰۰ گرم، سولفات منیزیم ۱۰۰۰ گرم، سولفات پتاسیم ۱۲۰۰ گرم، کود ۱۲-۰۳-۴۳ (نترات پتاسیم) ۴۰۰ گرم و کلات آهن به فرم EDDHA 100 گرم به بوته‌ها داده شد.

اندازه گیری صفات

پس از پایان تیماردهی، صفات مورفولوژیکی از قبیل طول بوته، تعداد برگ، سطح تک برگ و طول دم‌برگ اندازه‌گیری شد. به منظور ثبت داده‌هایی که ملزم به استفاده از امکانات آزمایشگاهی بود نمونه‌هایی از برگ و میوه وسط بوته گرفته شد و بلافاصله در کیسه مشکی و در فلاسک یخ به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردید. صفات بیوشیمیایی برگ مانند میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و آنتوسیانین اندازه‌گیری شد. صفات کیفی میوه مانند قند کل، ساکارز، گلوکز و فروکتوز مورد سنجش قرار گرفت.

اندازه گیری صفات مورفولوژیکی

ارتفاع بوته (۷۷ روز بعد از کاشت) به وسیله متر، طول دم‌برگ با خط کش، سطح برگ (سطح یک برگ وسط بوته

بر اساس سانتی متر مربع) و تعداد برگ (۷۰ روز بعد از کاشت) توسط شمارش دستی، تعداد میوه بصورت شمارشی از ابتدای برداشت تا ۷۰ روز بعد از کاشت و عملکرد (برحسب کیلوگرم برای هر بوته) اندازه گیری شدند (Rostaghi *et al.*, 2021).

اندازه گیری صفات بیوشیمیایی

کلروفیل و کاروتنوئید برگ

رنگدانه‌های کاروتنوئید و کلروفیل برگ توسط دی متیل سولفوکساید (DMSO) استخراج شد، جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل UV-Vis 2800- Unico) در طول موج ۶۶۳ برای کلروفیل a و ۶۴۵ برای کلروفیل b و برای کاروتنوئید ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت شد و در نهایت میزان کاروتنوئید کل بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر بیان شد (Barnes *et al.*, 1992).

آنتوسیانین برگ

سنجش آنتوسیانین برگ با استفاده از متانول اسیدی اندازه‌گیری شد و جذب آنها در طول موج ۵۵۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت و بر حسب میلی مولار بیان گردید (Wagner, 1979).

اندازه گیری قندهای محلول میوه

اندازه‌گیری قند کل میوه (Mc Cready *et al.*, 1950)، ساکارز میوه (Handel, 1968)، گلوکز میوه (Miller, 1959)، فروکتوز میوه (Ashwell, 1957) برحسب میلی گرم بر گرم وزن تر صورت گرفت.

طرح آزمایشی

طرح آزمایشی پژوهش حاضر به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول حاوی اسیدسالیسیلیک در سه غلظت (۰، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و فاکتور دوم حاوی اسیدبوریک در سه غلظت (۰، ۲ و ۴ میلی مولار) و در مجموع نه ترکیب تیماری اعمال گردید. آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار SAS 9.1 انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح

پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ بوته

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) در مورد صفت تعداد برگ اثر تیمار اسیدسالیسیلیک و اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک معنادار شده است. به دلیل معنادار شدن اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک از مقایسه میانگین اثرات ساده صرف نظر گردید. بر اساس جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک (جدول ۲) تعداد برگ بالاتری با میانگین ۴۷/۳۳ عدد در ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریک مشاهده شد. بعد از آن ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریک، صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۲ میلی مولار اسیدبوریک، صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک و ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک از تعداد برگ بالاتری برخوردار بودند. همچنین کم‌ترین آن را در تیمار ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک- ۴ و ۲ میلی مولار اسیدبوریک و صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریک به دست آمد.

در تحقیقی کاربرد اسیدسالیسیلیک در گیاه گوجه فرنگی از زمان کاشت نشاء تا برداشت محصول باعث افزایش تعداد میوه، گل و همین‌طور تعداد برگ گردید (Hafeznia *et al.*, 2015). در تحقیق دیگری که اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر بوته‌های خیار تحت شرایط تنش شوری نتیجه گیری شد که محلول پاشی یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک موجب بهبود اثرات نامطلوب تنش و همچنین افزایش تعداد برگ گردید (Yildirim *et al.*, 2008). بیان شده است که افزایش تعداد برگ خیار در تیمار اسید سالیسیلیک، اثر غیرمستقیم این ترکیب در گیاه می‌باشد، چون اسید سالیسیلیک در خیار موجب تحریک افزایش جذب مواد غذایی می‌شود و این افزایش جذب موجب افزایش تعداد برگ در خیار می‌گردد

خيار موثر دانسته شده است (Bommesh *et al.*, 2017).

(Abbasi *et al.*, 2019). در تحقیقی دیگر نقش بور در افزایش متابولیسم گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد برگ در

Table 1- Variance analysis of the effect of salicylic acid and boric acid on the morphological and phytochemical traits of the leaves and plants of greenhouse cucumber cv. Gohar.

SOV	df	Antocianin	Carotenoid	Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Petiole length	Plant height	leaf area	Leaf number
Block	2	0.0004 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.69 ^{ns}	0.56 ^{ns}	32.25 ^{ns}	173.91 ^{ns}	1.92 ^{ns}
Salicylic acid	2	0.0009*	1.01**	5.84*	0.07 ^{ns}	5.38**	4.03*	2332.70**	2436.92**	51.59**
Boric acid	2	0.001**	0.33**	32.83**	20.45**	1.52*	0.06 ^{ns}	610.03 ^{ns}	762.41 ^{ns}	5.81 ^{ns}
Salicylic acid *Boric acid	4	0.0006	0.31**	6.21**	7.28**	1.61*	0.98 ^{ns}	1402.75**	4126.33**	43.37**
Error	1/6	0.0002	0.03	1.17	0.85	0.41	0.54	312.21	561.12	2.009
CV%		11.16	6.46	12.34	18.67	16.99	4.92	7.37	09.9	24.3

**Significance at 1%, * Significance at 5%, ^{ns} not significant.

Table 2- Mean comparison of the effect of salicylic acid and boric acid on morphological and phytochemical traits of leaves and plants of greenhouse cucumber cv. Gohar.

Salicylic acid (mM)	Boric acid (mM)	Antocianin ($\mu\text{mol/g FW}^{-1}$)	Carotenoid (mg/g^{-1} FW)	Total chlorophyll (mg/g^{-1} FW)	Chlorophyll b (mg/g^{-1} FW)	Chlorophyll a (mg/g^{-1} FW)	Plant height (cm)	leaf area (cm ²)	Leaf number
0	0	0.112 bc	2.19 c	6.85 ef	3.1 d	3.74 ab	230 a	243.1 cd	40 c
	2	0.138 ab	3.15 ab	12.11 a	8.19 a	3.92 ab	246.3 a	306.03 a	45.33 ab
	4	0.10 c	2.40 c	8.12 cde	3.90 cd	4.22 a	238.3 a	289.1 ab	45 ab
0.5	0	0.15 a	3.17 ab	9.02 bcd	5.02 bc	4 ab	247.3 a	256.8 bcd	47.33 a
	2	0.132 abc	3.20 ab	9.63 bc	4.92 bc	4.71 a	258.6 a	268.8 abc	44.33 b
	4	0.129 abc	3.19 ab	9.58 bc	4.81 c	4.77 a	263 a	221.5 d	46.66 ab
1	0	0.149 a	3.36 a	5.42 f	2.62 d	2.79 bc	251.3 a	294.7 ab	46.33 ab
	2	0.119 bc	3.2 ab	10.8 ab	6.60 ab	4.20 a	232 a	225.5 cd	39.66 c
	4	0.11 c	2.86 b	7.36 def	5.45 bc	1.9 c	189.3 b	239.3 cd	38 c

Means followed by similar letter (s) in each row are not significantly different by Duncan's multiple range test at

5%.

از جمله سطح برگ گردید (Alinejad-Elahshah *et al.*, 2018).

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس اثر ساده تیمار اسیدسالیسیلیک در سطح یک درصد و اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک در سطح پنج درصد در مورد ارتفاع بوته معنادار شده است (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، به غیر از تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک سایر تیمارها داری ارتفاع بوته بین ۲۳۰ تا ۲۶۳ سانتیمتر بودند. کمترین ارتفاع بوته با ۱۸۹/۳ سانتیمتر مربوط به تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک بود (جدول ۲). با توجه به خاصیت سیگنالی اسید سالیسیلیک احتمال می رود در محلول پاشی با غلظت ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک گیاه به حالت تعدیل تنش درآمده باشد و اثر منفی بر ارتفاع گیاه ایجاد کرده باشد. با اعمال اسیدسالیسیلیک با غلظت یک میلی مولار به صورت محلول پاشی روی بوته های گوجه موجب کاهش ارتفاع بوته گوجه فرنگی گردیده است (Hafeznia *et al.*, 2015). در سایر تحقیق ها تیماردهی با اسیدسالیسیلیک بر بوته های خیار تحت شرایط تنش شوری سبب افزایش سازگاری گیاه، افزایش بیوماس و ارتفاع گیاه نسبت به شاهد گردیده است (Yildirim *et al.*, 2008). تاثیر مثبت عنصر بور با افزایش میزان سایتوکنین بر ارتفاع گیاه نیز اثبات گردیده است (Kohli *et al.*, 2022).

طول دمبرگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تنها اثر ساده تیمار اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنادار در مورد صفت طول دمبرگ شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر ساده اسیدسالیسیلیک نشان داد که بیشترین میزان طول دمبرگ با ۱۵/۶۶ سانتیمتر مربوط به صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک یا

سطح برگ

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس در مورد صفت سطح برگ اثر ساده تیمار اسیدسالیسیلیک و اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک در سطح یک درصد معنادار شده است (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها (جدول ۲)، میزان سطح برگ بالایی با ۳۰۶/۰۳ سانتیمترمربع در تیمار صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۲ میلی مولار اسیدبوریک مشاهده شد. تیمارهای ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۲ میلی مولار اسیدبوریک، ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریک و صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک در رتبه دوم سطح برگ قرار گرفتند. کمترین سطح برگ با ۲۲۱/۵ سانتیمترمربع مربوط به ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک بود (جدول ۲). محققین با انجام آزمایشی مشاهده نمودند که تیماردهی اسیدسالیسیلیک و سیلیکون در گیاه خیار با افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه، سازگاری گیاه با تنش های مختلف را بالا برده و موجب بهبود رشد گیاه و همچنین افزایش سطح برگ می گردد (Jafari *et al.*, 2015). از پژوهش دیگری نیز نتیجه گیری شد که اسیدسالیسیلیک با افزایش میزان سطح برگ در خیار ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش داده و موجب بهبود رشد گیاه و عملکرد آن می گردد (Orabi *et al.*, 2010). در پژوهشی بیان شد که اسیدسالیسیلیک به عنوان یک تنظیم کننده رشد اثر مثبتی در خواص مورفولوژیکی گیاه گوجه فرنگی در شرایط سایه دهی داشته و سطح برگ گیاه را نسبت به شاهد را افزایش نمود (Azarmi and Izadi, 2020). در پژوهشی دیگر روی توت فرنگی رقم اروماس با تیمار سولفات روی و اسیدبوریک انجام گرفت که طی یافته های این پژوهش به علت ارتباط این دو عنصر کم مصرف با سنتز هورمون های گیاهی کاربرد آنها موجب بالا رفتن عملکرد و بهبود صفات رشدی

افزایش عملکرد می‌کنند (Aschan & Pfan, 2003). در تحقیقی در مقایسه بین فتوستتر برگ، دمبرگ و ساقه خیار مشخص شد که در مقایسه با برگ، محتویات کلروفیل ساقه‌ها و دمبرگ‌های خیار کمتر بود و ساقه‌ها و دمبرگ‌ها تعداد کلروپلاست و تعداد روزنه‌های کمتری داشتند اما تعداد لاملاهای تیلاکوئید گرانا بیشتر و اندازه‌های بزرگ‌تر بودند. همچنین نرخ کل فتوستتر ساقه‌ها و دمبرگ‌ها معادل ۶ تا ۸ درصد یک برگ بود، اما نرخ تنفس در هر سه اندام مشابه بود (Sun *et al.*, 2021). به لحاظ تجربی نیز گلخانه‌داران بوته‌های خیار با دمبرگ بلند را می‌پسندند زیرا سایه‌اندازی روی هم‌دیگر و برگ‌های پایین کمتر شده و بوته در فضای عرضی بیشتری پخش می‌شود همچنین گردش هوا در بین بوته‌ها بهتر انجام می‌شود.

همان تیمار شاهد است و تیمارهای ۰/۵ و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب با ۱۴/۸۸ و ۱۴/۳۳ سانتیمتر موجب کاهش طول دمبرگ شده است (شکل ۱). بیان شده است که اسیدسالیسیلیک موجب کاهش برخی صفات ظاهری گیاه به ویژه طول دمبرگ شده است (Bagautdinova *et al.*, 2022; Hassoon and Abduljabbar, 2019). از طرف دیگر نتایج تحقیقات دیگر پژوهشگران نشان می‌دهد مصرف بهینه سالیسیلیک اسید در شرایط تنش می‌تواند موجب افزایش رشد اندام‌های گیاهی محدود شده در اثر تنش نسبت به شاهد شود ولی در غلظت‌های بالا این اثر به صورت معکوس خواهد بود (Miao *et al.*, 2020).

اندام اصلی فتوستتر در گیاهان، برگ است، اما بافت‌های سبز برگ مانند دمبرگ و ساقه نیز ساختار تشریحی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی اولیه فتوستتر را دارند و کمک شایانی به

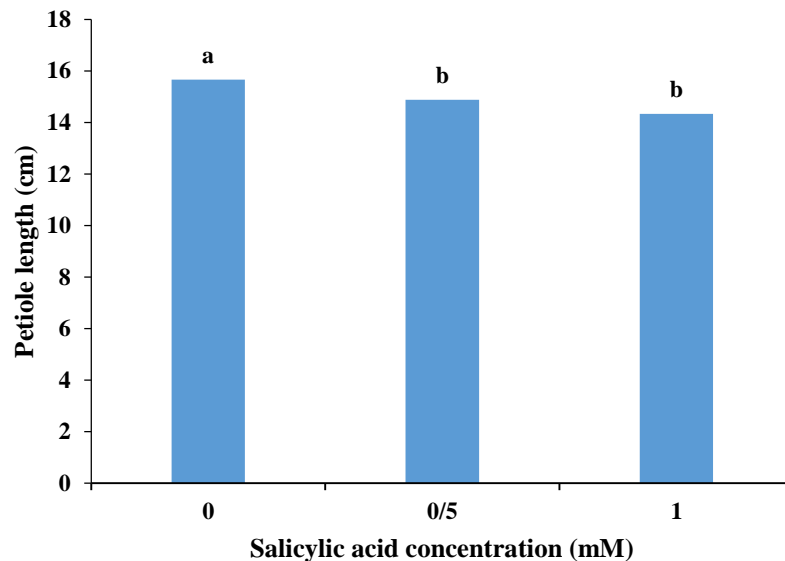


Figure 1- The effect of salicylic acid on petiole length of greenhouse cucumber cv. Gohar.

درصد، اثر ساده تیمار اسیدبوریک در سطح پنج درصد و نیز اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد معنادار گردید. همچنین در مورد کلروفیل کل و کلروفیل b، اثر ساده اسیدبوریک و

کلروفیل برگ

طبق اطلاعات به دست آمده از جدول تجزیه واریانس در مورد کلروفیل a، اثر ساده تیمار اسیدسالیسیلیک در سطح یک

اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسیدبوریکی در سطح یک درصد معنادار گردید. همین طور در مورد اثر اسیدسالیسیلیک در مورد کلروفیل کل و کلروفیل b معنادار نگردید (جدول ۱). پس از تحلیل مقایسه میانگین تیمارها بیشترین میزان کلروفیل a با مقدار بین ۴/۲۰ تا ۴/۷۷ میلی گرم بر وزن تر مربوط به تیمارهای صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک با ۴ میلی مولار اسیدبوریکی، ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک به همراه ۴ و ۲ میلی مولار اسیدبوریکی، ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک با ۲ میلی مولار اسیدبوریکی به دست آمد. همچنین کمترین مقدار کلروفیل a با مقدار بین ۱/۹ میلی گرم بر وزن تر در تیمار ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی گرم بر لیتر اسیدبوریکی مشاهده گردید (جدول ۲). همچنین در مورد کلروفیل b بیشترین مقدار با ۸/۱۹ میلی گرم بر گرم وزن تر در تیمار ۰ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۲ میلی گرم بر لیتر اسیدبوریکی) و همچنین با مقدار با ۶/۶۰ میلی گرم بر گرم وزن تر در تیمار ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۲ میلی گرم بر لیتر اسیدبوریکی مشاهده شد. همچنین کمترین میزان بین ۲/۶۲ تا ۳/۱ میلی گرم بر گرم وزن تر در تیمار شاهد و ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی گرم اسیدبوریکی مشاهده شد (جدول ۲). همین طور بیشترین میزان کلروفیل کل برگ با ۱۲/۱۱ و ۱۰/۸ میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب مربوط به صفر و یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک به همراه ۲ میلی مولار اسیدبوریکی بود. کمترین مقدار آن نیز با ۵/۴۲ میلی گرم بر گرم وزن تر متعلق به یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریکی بود (جدول ۲).

در پژوهشی اعلام شده است که اسیدسالیسیلیک به علت کاهش دادن فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز از تجزیه کلروفیل جلوگیری نموده و میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهد (Elizabeth and Munn'e-Bosch, 2008). در مطالعه دیگری روی گیاه خیار رقم کیش نیز اثر تیمار اسیدسالیسیلیک با غلظت ۰/۳ میلی مولار نیز مثبت ارزیابی شد و موجب افزایش

میزان کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل گردید (Nikbakht et al., 2020).

طی پژوهشی اثر دو تیمار ساکارز و بور روی گیاه توت فرنگی مورد ارزیابی قرار گرفت که بیشترین مقدار کلروفیل ثبت شده مربوط به تیمار ۱۰ درصد ساکارز و ۰/۲ درصد اسید بوریکی بود که به علت تسهیل انتقال قندها توسط عنصر بور، اثر مثبت بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل داشته است (Mashayekhi and Atashi, 2012). در تحقیق با اعمال تیمار سولفات روی و اسیدبوریکی روی گیاه توت فرنگی رقم اروماس، افزایش معنادار مقدار کلروفیل a و کلروفیل b در تیمار اسیدبوریکی نسبت به شاهد مشاهده شد. ولی در غلظت بالای اسید بوریکی به علت ایجاد حالت سمیت عنصر بور میزان کلروفیل a و کلروفیل b کاهش یافت (Alinejad-Elahshah et al., 2018). بعلاوه اثرات مثبت مصرف محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نشاء خیار روی فتوسنتز، افزایش سنتز تنظیم کننده‌های متابولیکی و افزایش محتوای کلروفیل گیاه (Miao et al., 2020) و همچنین تاثیر بور بر افزایش محتوای کلروفیل خیار و گوجه فرنگی ن در شرایط گلخانه‌ای (Ekinici et al., 2020) گزارش شده است.

کاروتنوئید برگ

بر حسب نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس در مورد کاروتنوئید برگ اثر ساده تیمار اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریکی و همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسید بوریکی در سطح یک درصد معنادار شده است (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، میزان کاروتنوئید بالایی با ۳/۳۶ میلی گرم بر گرم وزن تر را مربوط به در یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک و صفر میلی مولار اسیدبوریکی ثبت گردید. همچنین کمترین مقدار کاروتنوئید مربوط به تیمار شاهد و تیمار صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۴ میلی مولار اسیدبوریکی بود (جدول ۲).

در آزمایشی اسیدسالیسیلیک روی گیاه گوجه فرنگی موجب کاهش اثرات نامطلوب حاصل از شرایط محیطی شد و

با ۰/۱۵ و ۰/۱۴۹ میکرومول بر گرم وزن تر در تیمارهای ۰/۵ و یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در صفر میلی مولار اسیدبوریک مشاهده شد. همین طور کمترین مقدار آنتوسیانین برگ به ترتیب با ۰/۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر مربوط به تیمارهای صفر و یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۴ میلی مولار اسیدبوریک بود (جدول ۲).

تولید و سنتز آنتوسیانین در گیاه به عوامل مختلف درونی و بیرونی مانند دما، میزان نور، محتوی کربوهیدرات گیاه و همچنین هورمون‌های گیاهی بستگی دارد (Marschner, 2011). در مطالعه ای روی گیاه فلفل نشان داده شد که کاربرد اسیدسالیسیلیک میزان آنتوسیانین را در این گیاه افزایش داده است (Sudha and Ravishankar, 2003).

میزان پایداری غشا و محتوی کاروتنوئید را افزایش داد (Hafeznia et al., 2015). همین طور در پژوهشی محلول پاشی ۱۰ درصد ساکارز به همراه ۰/۱ درصد اسیدبوریک موجب افزایش میزان کاروتنوئید برگ گوجه‌فرونگی تا ۰/۲۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر شد (Mashayekhi et al., 2016).

آنتوسیانین برگ

طبق ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد میزان آنتوسیانین برگ اثر ساده تیمار اسیدسالیسیلیک در سطح پنج درصد، اثر ساده تیمار اسیدبوریک در سطح یک درصد و اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسیدبوریک نیز در سطح پنج درصد معنادار شده است (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین میزان آنتوسیانین برگ به ترتیب

Table 3- Variance analysis of the effect of salicylic acid and boric acid on fruit quality and yield of greenhouse cucumber cv. Gohar.

SOV	df	Yield per plant	Yield per m ²	Fruit number per plant	Fructose	Glucose	Total sugar	Sucrose
Block	2	0.017 ^{ns}	0.084 ^{ns}	21.92 ^{ns}	67.21**	367.41**	501.37**	351.25**
Salicylic acid	2	27.32 **	132.24 **	1845.3 **	1234.61**	11651.58**	46225.21**	11691.22**
Boric acid	2	3.44 **	16.67 **	45.6 ^{ns}	122.20**	3757.68**	5596.73**	6733.38**
Salicylic acid *Boric acid	4	3.8 **	18.43 **	286.87 **	98.78**	1243.31**	61.61 ^{ns}	4434.28**
Error	16	0.37	1.81	17.80	1.58	31.09	97.06	14.49
CV%		10.15	10.15	6.47	1.86	1.81	3.001	2.48

**Significance at 1%, * Significance at 5%, ^{ns} not significant.

Table 4- Mean comparison of the effect of salicylic acid and boric acid on fruit quality and yield of greenhouse cucumber cv. Gohar.

Salicylic acid (mM)	Boric acid (mM)	Yield per plant (kg/plant)	Yield per m ² (kg)	Fruit number per plant	Fructose (mgg ⁻¹ FW)	Glucose (mgg ⁻¹ FW)	Sucrose (mgg ⁻¹ FW)
0	0	3.39 e	7.46 e	44 e	56.89 g	243.82 g	100.25 h
	2	5.06 d	11.13 d	53.33 d	62.65 f	309.15 d	152.94 e
	4	5.34 d	11.47 d	59.33 cd	51.14 h	290.15 e	82.69 i
0.5	0	7.7 b	17.11 b	79.33 ab	70.53 d	299.48 e	137.82 f
	2	9.59 a	21.10 a	86.33 a	61.64 f	314.15 d	207.17 b
	4	6.53 c	14.37 c	76 b	64.87 e	266.26 f	170.51 d
1	0	5.94 cd	13.08 cd	74.33 b	87.9 a	331.71 c	226.28 a
	2	5.56 cd	12.24 cd	61.33 c	73.46 c	368.71 a	180.38 c
	4	5.03 d	11.07 d	52.66 d	78.91 b	345.37 b	123.33 g

Means followed by similar letter (s) in each row are not significantly different by Duncan's multiple range test at

5%.

طبق نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان قند کل میوه با ۴۰۰ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به غلظت یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک و کمترین میزان قند کل میوه نیز با ۲۵۶/۶۷ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۲). همچنین ارزیابی مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف اسید بوریک، بیشترین میزان قند کل میوه را با ۳۵۱/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به غلظت ۲ میلی گرم در لیتر اسیدبوریک و کمترین میزان قند کل را نیز با ۳۰۱/۷۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد نشان داده شد (شکل ۳).

در گزارشات ذکر شده است که اسیدسالیسیلیک می‌تواند با جلوگیری از تخریب رنگیزه کلروفیل و افزایش کارایی سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه، ظرفیت فتوسنتز را افزایش دهد که به طبع ترکیبات تولید شده در فرآیند فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (Bagautdinova *et al.*, 2022; Hassoon and Abduljabbar, 2019). در آزمایشی کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک، محتوی قند کل گیاه را نسبت به شاهد افزایش داد (Miao *et al.*, 2020).

عنصر بور نیز در گیاه نقش‌های متفاوتی را در گل و میوه‌دهی گیاه، عمل هورمون‌های مختلف، سنتز اسید مالیک و به خصوص نقل و انتقالات قندها دارا است (Onuh and Miwa, 2021). همچنین کمبود این عنصر موجب اختلال در این فرآیندها گردیده و میزان فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد (Kohli *et al.*, 2022). در پژوهشی روی گیاه توت‌فرنگی رقم کاماروسا دو تیمار اسیدبوریک و ساکارز اعمال شد و مشاهده گردید که این ترکیب تیماری موجب افزایش محتوی قندهای میوه به خصوص قند کل گردید (Mashayekhi and Atashi, 2012).

ساکارز میوه

براساس ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد میزان ساکارز میوه اثر اسیدسالیسیلیک، اسیدبوریک و همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسیدبوریک در سطح یک درصد معنادار شده است (جدول ۳).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین میزان ساکارز میوه با ۲۲۶/۲۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در صفر میلی مولار اسیدبوریک بود. همین‌طور کمترین مقدار ساکارز میوه با ۸۲/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر در صفر میلی مولار اسیدسالیسیلیک و ۴ میلی مولار اسیدبوریک مشاهده شد (جدول ۴).

با توجه این که در تیمارهای حاوی غلظت متوسط ۲ میلی مولار اسیدبوریک میزان ساکارز بالاتری مشاهده شد احتمال می‌رود به علت خاصیت تسهیل حرکت قندها توسط عنصر بور و ایجاد کمپلکس قند-بور (Brdar-Jokanović, 2020; Du *et al.*, 2020)، این افزایش ساکارز ایجاد شده باشد. همچنین ذکر گردیده است که این کمپلکس ساده تر از حالت عادی بور می‌تواند از غشا سلولی عبور نماید (Kohli *et al.*, 2022). در آزمایشی روی گیاه توت‌فرنگی گزارش گردید که بیشترین محتوی ساکارز میوه در ۱۰ درصد ساکارز و ۰/۲ درصد اسیدبوریک مشاهده شد (Mashayekhi and Atashi, 2012).

قند کل میوه

براساس ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد میزان قند کل میوه اثر ساده اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک در سطح یک درصد معنادار و اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسید بوریک معنادار نشد است (جدول ۳).

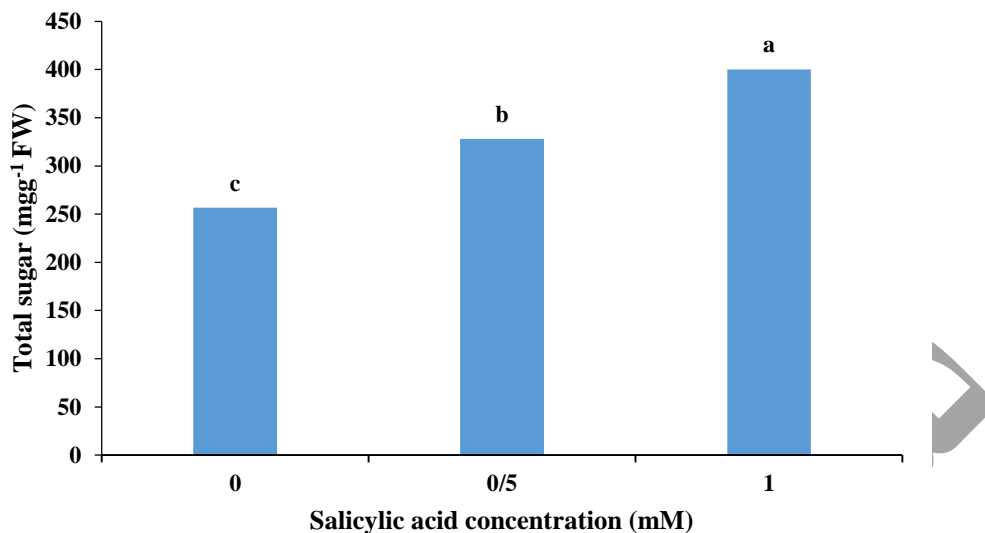


Figure 2- The effect of salicylic acid on total sugar content of greenhouse cucumber cv. Gohar.

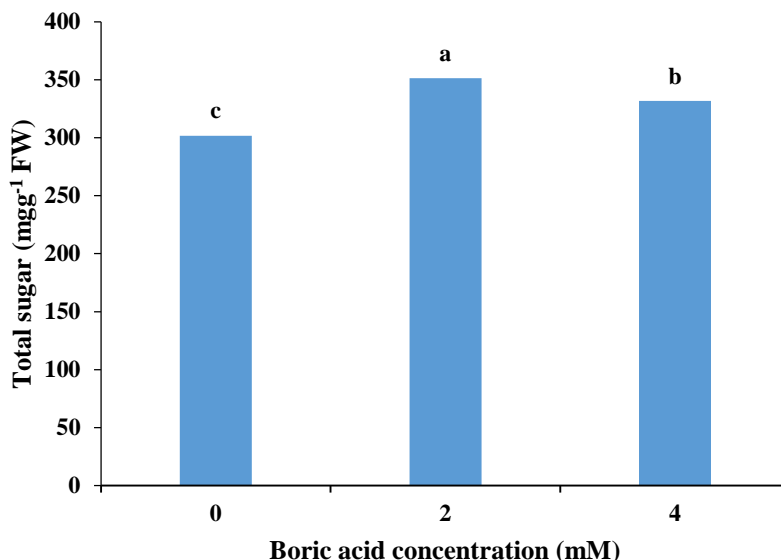


Figure 3- The effect of boric acid on total sugar content of greenhouse cucumber cv. Gohar.

کمترین مقدار گلوکز میوه با ۲۶۶/۲۶ میلی گرم بر گرم وزن تر در ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۴ میلی مولار اسید بوریک مشاهده شد (جدول ۴). در آزمایش حاضر تاثیر هر دو تیمار اسیدبوریک و اسیدسالیسیلیک بر میزان گلوکز میوه مثبت مشاهده شده که احتمال می رود با بالا بردن سطح مقاومت گیاه و کمک به سنتز آنزیمهای آنتی اکسیدانی تولید کربوهیدرات را در گیاه بهبود بخشد و موجب افزایش گلوکز و قند در گیاه شود

گلوکز میوه

براساس ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد میزان گلوکز میوه اثر اسیدسالیسیلیک، اسیدبوریک و همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسیدبوریک در سطح یک درصد معنادار شده است (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین میزان گلوکز میوه با ۳۶۸/۷۱ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۲ میلی مولار اسیدبوریک بود. همین طور

(Kohli *et al.*, 2022). اسید بوریک با کمک به حرکت قندها از طریق ایجاد ترکیب قند-بور (Brdar-Jokanović, 2020; Du *et al.*, 2020)، سبب تولید و افزایش گلوکز در میوه شده است. دلیل وقوع همچنین موضوعی، قوی بودن میوه‌های خیار به لحاظ قدرت سینکی گیاه در مقایسه با برگ-ها و ساقه‌ها است.

فروکتوز میوه

بر اساس ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد میزان فروکتوز میوه اثر اسیدسالیسیلیک، اسیدبوریک و همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسیدبوریک در سطح یک درصد معنادار شده است (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین میزان فروکتوز میوه با ۸۷/۹ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار یک میلی مولار اسیدسالیسیلیک در صفر میلی مولار اسیدبوریک بود. همین طور کمترین مقدار فروکتوز میوه با ۶۲/۶۵ و ۶۱/۶۴ میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب در صفر و ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک در ۲ میلی مولار اسیدبوریک مشاهده شد (جدول ۴).

در پژوهش حاضر اسیدسالیسیلیک تاثیر مثبتی بر محتوی فروکتوز میوه داشت که میتوان علت آن را افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش های محیطی توسط اسیدسالیسیلیک و در ادامه ایجاد شرایط مطلوب برای فتوسنتز و سنتز کربوهیدرات های مختلف در گیاه دانست (Bagautdinova *et al.*, 2022; Hassoon and Abduljabbar, 2019). نتیجه داده های مختلف در مورد بور نیز نشان می دهد که محلول پاشی بور روی بوته گوجه فرنگی، ماندگاری و میزان ترکیبات جامد محلول، قندها، اسیدیت و اسید اسکوربیک میوه را به طور قابل توجهی افزایش داد (Raj *et al.* 2012).

تعداد میوه و عملکرد کل

بر اساس ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد میزان تعداد میوه اثر ساده اسیدسالیسیلیک و همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسیدبوریک در سطح یک درصد معنادار

شده است و اثر ساده اسیدبوریک اثر معنی داری بر تعداد میوه نداشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین تعداد میوه با ۸۶/۳۳ و ۷۹/۳۳ عدد به ترتیب مربوط به تیمار ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۲ و صفر میلی مولار اسیدبوریک بود. همین طور کمترین تعداد میوه نیز با ۴۴ عدد در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

بر اساس ارزیابی جدول تجزیه واریانس در مورد عملکرد میوه در بوته و همچنین در مترمربع اثر اسیدسالیسیلیک، اسیدبوریک و همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک در اسید بوریک در سطح یک درصد معنادار شده است (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بالاترین عملکرد کل میوه با ۹/۵۹ کیلوگرم در بوته و ۲۱/۱۰ کیلوگرم در مترمربع مربوط به تیمار ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک در ۲ میلی مولار اسیدبوریک بود. بعد از آن عملکرد کل بالاتر با ۷/۷ کیلوگرم در بوته مربوط به تیمار ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک در صفر میلی مولار اسیدبوریک بود. همین طور کم ترین عملکرد کل میوه نیز با ۳/۳۹ کیلوگرم در بوته و ۷/۴۶ کیلوگرم در مترمربع در تیمار شاهد ثبت شد (جدول ۴).

زمانی که اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک از ابتدای رشد رویشی اعمال گردد تولید میوه در مرحله زایشی تحت تاثیر قرار می گیرد. دلیل این امر آن است که خیار در مرحله رشد رویشی با افزایش تعداد و سطح برگ، ذخیره کربوهیدرات خود را در ساقه و برگ ها انباشته می کند و از آن برای افزایش تولید میوه استفاده می کند. از طرف دیگر نیاز بوته خیار به کربوهیدرات در مرحله تشکیل گل و میوه دهی زیاد می باشد. بنابراین با بکارگیری اصول بهزاری و همچنین تغذیه تکمیلی با اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک میزان فتوسنتزی بالا رفته و تولید کربوهیدرات بیشتر می گردد که در نهایت سبب گلدهی، شکل گیری میوه و رشد میوه می شود. در تحقیقی بیان شده است که عنصر بور سفتی و ماندگاری میوه گوجه-فرنگی را افزایش می دهد و کمبود این عنصر معمولاً سبب کاسته شدن رشد، عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی می شود

زده می شود که استفاده همزمان این دو ماده می تواند موثرتر از کاربرد تکی آنها باشد. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش حاضر نیز، اسیدسالیسیلیک و اسیدبوریک تاثیر معناداری بر تمام صفات اندازه گیری شده داشتند. اثر مثبت اسید سالیسیلیک در مورد ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ و نیز طول دمیرگ محسوس تر از اثر اسیدبوریک بود با این حال ترکیب این دو تیمار نتایج مطلوب تری را حاصل نمود. در رابطه با صفات فیتوشیمیایی و قندهای محلول نیز، ترکیب دو تیمار اسیدسالیسیلیک و اسید بوریک نتیجه بهینه تری نسبت به کاربرد تکی آنها نشان داد. به طور میانگین تیمار ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک، ۲ میلی مولار اسیدبوریک در اکثر صفات اندازه گیری شده بازده مثبت و بهتری را حاصل نمود. با نگرش به این که در کشت گلخانه ای خیار، گیاه با تنش های مختلف محیطی مختلفی مواجه است به نظر می رسد به دلیل نقش مفید اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات و افزایش مقاومت گیاه نسبت به این تنش ها، این تیمار سبب بهبود شرایط گیاه و در ادامه افزایش فتوسنتز و ذخایر کربوهیدراتی در گیاه شده باشد. همچنین تیمار اسیدبوریک احتمال می رود به علت وظایف مختلف عنصر بور در گیاه به خصوص تسهیل انتقال قندها، گل و میوه دهی و نیز استحکام دیواره سلولی موجب این اثرات مثبت گردیده باشد.

(Rab and Haq, 2012). کاربرد بور باعث افزایش وزن تر میوه های گوجه فرنگی در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر شده است که این ممکن است به دلیل آن باشد که بور در تقسیم و انبساط سلول ها شرکت کرده و حجم فضای بین سلولی را در سلول های مزوکاریپیک افزایش داده و انتقال سریع تر متابولیت ها از منبع به سینک ها (میوه ها) را افزایش می دهد (Onuh and Miwa, 2021; Kohli et al., 2022). همچنین بیشترین عملکرد گوجه فرنگی در گیاهان در معرض نور کامل و تیمار شده با ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک گزارش شده است (Azarmi and Izadi, 2020). همچنین کارلیداک و همکاران (۲۰۰۹) مصرف اسید سالیسیلیک را بر عملکرد توت فرنگی به واسطه افزایش تحریر تنظیم کننده های متابولیکی و اکینسی و همکاران (۲۰۱۵) مصرف بور را بر عملکرد گوجه فرنگی و خیار به واسطه افزایش انتقال قندها و ترکیبات فتوسنتزی مثبت ارزیابی کردند.

نتیجه گیری کلی

علیرغم مطالعات تیمارهای توام اسیدسالیسیلیک و اسید بوریک به صورت محلول پاشی برگی در گیاهان، اطلاعات کمی در ارتباط با تاثیر این دو ماده در خیار گلخانه ای در شرایط کشت خاکی وجود دارد. با توجه به نقش هایی که اسیدسالیسیلیک و اسید بوریک در گیاه ایفا می کنند تخمین

منابع

1. Abbasi, F., Khaleghi, A. & Khadivi, A. (2019). The effect of salicylic acid on physiological and morphological traits of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Dream). *Journal of Crop Health*, 72: 155-162.
2. Agricultural statistics. (2022). Crops. Ministry of Agriculture. Vice President of Statistics of Information and Communication Technology Center. Iran. 103 p.
3. Ali, M. Y., Sina, A. A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., & Gan, S. H. (2020). Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. *Foods*, 10(1), 45.
4. Alinejad-Elahshah, A., Moradi, H., & Sadeghi, H. (2018). Effect of foliar application of zinc and boron on quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruit (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) in hydroponic system. *Journal of Horticultural Science*, 32(2), 213-226.
5. Aschan, G., & Pfan, H. (2003). Non-foliar photosynthesis – a strategy of additional carbon acquisition. *Flora*, 198: 81-97.
6. Ashwell, G. (1957). Colorimetric analysis of saccharides. P 73-105, In: colomick SP, Kaplan No, ds. *Methods in enzymology*, Vol. 3. Academic Press INC., New York.

7. Azarmi, R., & Izadi Jeloudar, N. (2020). Effect of salicylic acid on some morphological properties, growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under shading conditions. *Journal of Plant Production Research*, 27(3), 191-204.
8. Bagautdinova, Z. Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A. V., Kovrizhnykh, V. V., Lavrekha, V. V., & Zemlyanskaya, E. V. (2022). Salicylic acid in root growth and development. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2228.
9. Barnes, J.D; Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S., & Davison, A.A. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for extraction and determination of chlorophyll a and b in lichens and higher plants. *Environmental Experimental Botany Journal*, 32, 85-100.
10. Bommesh, J. C., Irene Vethamoni, P, Kumar, S., Nagaraju, K., Goudar, R., & Kumar Pandav, A. (2017). Effect of boron levels on physiology and quality characters of greenhouse parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Environment and Ecology*, 35(2), 676-680.
11. Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1424.
12. Du, W., Pan, Z. Y., Hussain, S. B., Han, Z. X., Peng, S. A., & Liu, Y. Z. (2020). Foliar supplied boron can be transported to roots as a boron-sucrose complex via phloem in citrus trees. *Frontiers in Plant Science*, 11, 250.
13. Ekinci, M., Esringu, A., Dursun, A., Yildirim, E. & Turan, M. (2015). Growth, yield, and calcium and boron uptake of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) as affected by calcium and boron humate application in greenhouse conditions. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 39, 613-632.
14. Elizabeth, M.A., & Munné-Bosch, S. (2008). Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plant. *Environmental and Experimental Botany*, 64, 105–112.
15. ElTaher, A.M., Abd, El-Raouf, H.S., Osman, N.A., Azoz, S.N., Omar, M.A., Elkelish, A., & Abd El-Hady, M.A.M. (2022) Effect of Salt Stress and Foliar Application of Salicylic Acid on Morphological, Biochemical, Anatomical, and Productivity Characteristics of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Plants. *The Plant Journal*, 11, 115.
16. FAO STA. (2022). Available online: <http://faostat.fao.org>.
17. Ghorbani, D.A., Mashayekhi, K., & Kamkar, B. (2015). Effect of foliar application sucrose, boron, potassium nitrate and salicylic acid on yield and yield components of tomato var. Super A. *Research in Crop Ecosystems*, 2(1), 43-52.
18. Hafeznia, M., Mashayekhi, K., & Ghaderi- Far, F. (2015). Effect of foliar application time of salicylic acid on some of the morphology properties and pigments of tomato (*Lycopersicum esculentum*) fruit. *Journal of Plant Production Research*, 22(2), 203-217.
19. Handel, Van, E. (1968). Direct microdetermination of sucrose. *Analytical biochemistry*, 22(2), 280-283.
20. Hassoon, A. S., & Abduljabbar, I. A. (2019). Review on the role of salicylic acid in plants. *Sustainable Crop Production*, 61-64.
21. Jafari, S. R., Arvin, S. M. J., & Kalantari, K. M. (2015). Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings to exogenous silicon and salicylic acid under osmotic stress. *Acta Biologica Szegediensis*, 59(1), 25-33.
22. Javaheri, M., Mashayekhi, K., Dedham, A., & Zaker Tavallae. F. (2012). Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4 (16), 1184-1187.
23. Karlidag, H., Yildirim, E. & Turan, M. (2009). Exogenous application of salicylic acid affects quality and yield of strawberry grown under antifrost heated greenhouse conditions. *Journal Plant Nutrition*, 172, 270–276.
24. Khalaj, K., Ahmadi, N. & Souri, M.K., (2017). Improvement of postharvest quality of asian pear fruits by foliar application of boron and calcium. *Horticulturae*, 3(1), p.15.
25. Kohli, S. K., Kaur, H., Khanna, K., Handa, N., Bhardwaj, R., Rinklebe, J. & Ahmad, P. (2022). Boron in plants: Uptake, deficiency and biological potential. *Plant Growth Regulation*, 1-16.
26. Lefevere, H., Bauters, L., & Gheysen, G. (2020). Salicylic acid biosynthesis in plants. *Frontiers in Plant Science*, 11, 338.

27. Marschner, P. (2011). Mineral nutrition of higher plants. 3rd edition. Academic Press, London.
28. Mashayekhi, K., & Atashi, S. (2012). Effect of foliar application of boron and sucrose on biochemical parameters of "camarosa" strawberry. *Journal of plant production*, 19(4), 157-171.
29. Mashayekhi, K., Keykha, Z., Movahedi Naeini, S. A., Kamkar, B., & Mousavizadeh, S. J. (2016). Seedling and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicum* Var. Supra) in response to spraying sucrose and boric acid. *Journal of Vegetables Sciences*, 2(2), 61-73.
30. McCready, R. M., Guggolz, J., Silveira, V., & Owens, H. S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22(9), 1156-1158.
31. Miao, Y., Luo, X., Gao, X., Wang, W., Li, B. & Hou, L. (2020). Exogenous salicylic acid alleviates salt stress by improving leaf photosynthesis and root system architecture in cucumber seedlings. *Scientia Horticulturae*, 272, 109577.
32. Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.
33. Nikbakht, J., mohammadi, E., & Barzegar, T. (2020). Effect of Salicylic Acid Foliar Application under Deficit Irrigation Conditions on Yield and Water Use Efficiency in Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Kish F1). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(3), 553-561.
34. Onuh, A. F., & Miwa, K. (2021). Regulation, diversity and evolution of boron transporters in plants. *Plant and Cell Physiology*, 62(4), 590-599.
35. Orabi, S. A., Salman, S. R., & Shalaby, M. A. (2010). Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6(3), 252-259.
36. Rab, A. & Haq-Ihsan-Ul, (2012). Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Turkey Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 695-701.
37. Rostaghi, M., Mousavizadeh, S. J., Mashayekhi, K., & Sangdoveini, S. (2021). Combined Application of Branch Pruning and Biofertilizer on Leaf Photosynthetic Pigments and Fruit Quantity and Quality of Greenhouse Cucumber. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(2), 177-188.
38. Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*, 195, 19-23.
39. Sudha, G., & Ravishankar, G. A. (2003). Influence of methyl jasmonate and salicylic acid in the enhancement of capsaicin production in cell suspension cultures of *Capsicum frutescens* Mill. *Current Science*, 1212-1217.
40. Sun, W., Ma, N., Huang, H., Wei, J., Ma, S., Liu, H., Zhang, S., Zhang, Z., Sui, X., & Li, X. (2021). Photosynthetic contribution and characteristics of cucumber stems and petioles. *BMC Plant Biology*, 21(1), 454.
41. Tohidloo, G. & Souri, M.K., (2009). Uptake and translocation of boron in two different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) genotypes. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 50(6), 487-491.
42. Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, 64(1), 88-93.
43. Yildirim, E., Turan, M., & Guvenc, I. (2008). Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31(3), 593-612.