J. Soil Plant Interact. 2025; 15(4): 37–51. https://doi.org/10.47176/jspi.15.4.21481

Journal of Soil and Plant Interactions

Journal homepage: https://jspi.iut.ac.ir/

ISSN: 2783-5014 EISSN: 2783-5286

Research Article

Effect of Different Levels, Method and Time of Application of Calcium Carbide on The Growth and Yield of Monoicous Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Hasan Bagherian Lemraski[1], Kambiz Mashayekhi[1*], Seyyed Alireza Movahedi Naeini[2] and Seyyed Javad Mousavizadeh[1]

1- Department of Horticulture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Department of Soil Science, Faculty of Soil and Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

* Corresponding author, Email: kambizm@yahoo.com

(Received: 3 September 2024; Revised: 18 October 2024; Accepted: 2 November 2024)

Abstract

Calcium carbide (CaC_2) is a good source of acetylene and ethylene; these compounds have an effective role on the physiological processes of plants and the expression of sex in cucumber. To investigate the effect of the method and time of application of different levels of calcium carbide on the growth indicators and yield of monoecious cucumber (*Cucumis sativus* L.), a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete blocks design in three replications in a farm located in Galugah city of Mazandaran province. The treatments included different amounts of calcium carbide (zero, 5, 10, 15 g m^{-2}) which were applied in three forms (i.e., solid, liquid and gas) and in three growth stages of the plant (i.e., 4, 6 and 8 leaves). The results showed that the highest number of fruits and fruit yield were obtained for the treatment of calcium carbide of 15 g m^{-2} in liquid form and at the six leaves level (30.4 and 3.08 kg $plant^{-1}$, respectively). Also, the highest fresh weights of shoot and root, plant height, leaf area, leaf nitrogen content and total chlorophyll content were observed in the calcium carbide treatment of 10 g m^{-2} in the gas form and at the time of six leaves. The results indicated that applying calcium carbide at the six-leaves stage with concentrations of 10 g m^{-2} as a gas and 15 g m^{-2} in the liquid form increased the vegetative indices and the yield of monoecious cucumber, respectively.

Keywords: Fruit number, Leaf area, Vegetative indices, Yield, Nitrogen.

Introduction: Cucumber (*Cucumis sativus*) is one of the most important species of the Cucurbitaceae family. Calcium carbide is a rich source of acetylene and ethylene. This compound reacts with soil water and leads to the production of acetylene gas and delays the availability of NH_4^+ and NO_3^- in the plant, and acetylene acts as a controller of NH_4^+ and NO_3^- in the soil. As a result of the activity of natural microorganisms in the soil, especially different strains of Azotobacter, acetylene is converted into ethylene ($C_2H_2 + H_2 \rightarrow C_2H_4$) (Shakar et al., 2015). Therefore, acetylene increases the efficiency of nitrogen consumption due to its role in inhibiting nitrification and reduces the amount and frequency of fertilizer application, which in addition to positive effects on plant growth leads to many economic and environmental benefits (Mastorakis and Iqbal, 2014). This research was conducted to investigate the effect of the method and time of application of different levels of calcium carbide on the growth indices and yield of monoicous cucumber.

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by IUT Press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Methods: The experiment was conducted in 2019 in an area located in Galugah city of Mazandaran province and implemented in a factorial arrangement in the form of a randomized complete blocks design in three replications. The treatments included different amounts of calcium carbide (i.e., zero, 5, 10, 15 g m^{-2}) which were applied in three ways (i.e., solid, liquid and gas) and in three growth stages (i.e. 4, 6 and 8 leaves). Victor (F1) cucumber seeds were planted inside the tray in April. Calcium carbide treatment was applied at intervals of about 7 to 10 days including stages of four, six and eight visible leaves. Sampling and evaluation of traits was done 5 days after the beginning of flowering until the end of harvest. Traits of shoot and root fresh weights, shoot length, internode length, number of lateral branches, leaf area, fruit number, fruit yield, total leaf chlorophyll and leaf nitrogen were eval
uated.

Results: The results showed that the treatments had a significant effect on the evaluated traits. Thus, the highest number of fruits per plant (30.4) and fruit yield (3.08 kg $plant^{-1}$) were obtained in the treatment of calcium carbide 15 g m^{-2} in the liquid form and at the time of six leaves. Also, the highest fresh weights of shoot (1951 g per plant) and root (150 g per plant), plant height (220 cm), leaf area (336 cm^2 per plant), leaf nitrogen content (42 mg g^{-1}) and total chlorophyll content (35 mg g^{-1}) were observed in the calcium carbide treatment of 10 g m^{-2} in the gas form and at the time of six leaves.

Conclusions: According to the obtained results, applying calcium carbide at the six-leaf stage and with concentrations of 10 g m^{-2} as gas and 15 g m^{-2} as liquid, respectively, increased the vegetative indices and yield of monoecious cucumber.

References:

1. Mastorakis, N.E., Iqbal, S., 2014. Effect of humic acid and calcium carbide on growth and yield of tomato. In: Mastorakis, N.E., Batzias, F., Guarnaccia, C. (Eds.), Recent Advances in Urban Planning, Sustainable Development and Green Energy (Proceedings of the 5th International Conference on Urban Sustainability, Cultural Sustainability, Green Development, Green Structures and Clean Cars, USCUDAR '14). WSEAS Press, November 22–24, Florence, Italy, pp. 174–179.
2. Shakar, M., Yaseen, M., Arshad, M., Rizwan, A., 2015. Soil applied calcium carbide-mediated changes in morpho-physiology, femaleness and fruit yield of cucumber plants and their relationship with endogenous plant ethylene. J. Anim. Plant Sci. 25, 1685–1692.

How to Cite: Bagherian Lemraski, H., Mashayekhi, K., Movahedi Naeini, S.A., Mousavizadeh, S.J., 2025. Effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on the growth and yield of monoicous cucumber (*Cucumis sativus* L.). J. Soil Plant Interact. 15(4), 37–51 (In Persian). https://doi.org/10.47176/jspi.15.4.21481

روابط خاک و گیاه ۱۴۰۳؛ (۴)۱۵: ۵۱-۳۷، https://doi.org/10.47176/jspi.15.4.21481

روابط خاک و گیاه

صفحه خانگی فصلنامه: https://jspi.iut.ac.ir/

شاپا: ۵۰۱۴-۲۷۸۳ شاپا الکترونیکی: ۵۲۸۶-۲۷۸۳

مقاله پژوهشی

بررسی اثر سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر رشد و عملکرد خیار تک‌پایه (*Cucumis sativus* L.)

حسن باقریان لمراسکی[۱]، کامبیز مشایخی[۱*]، سید علیرضا موحدی نائینی[۲] و سید جواد موسوی‌زاده[۱]

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kambizm@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۲)

چکیده

کاربید کلسیم (CaC_2) منبع خوبی از استیلن و اتیلن بوده و این ترکیبات نقش مؤثری در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان و بیان جنسیّت گل در خیار دارد. به‌منظور بررسی اثر روش، مقدار و زمان مصرف سطوح مختلف کاربید کلسیم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد خیار تک‌پایه (*Cucumis sativus* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان گلوگاه استان مازندران اجرا شد. تیمارها شامل مقادیر مختلف کاربید کلسیم (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم بر مترمربع) بودند که به سه روش (جامد، مایع و گاز) و در سه مرحله رشدی گیاه (۴، ۶ و ۸ برگی) اعمال شدند. نتایج نشان داد بیش‌ترین تعداد و عملکرد میوه به‌ترتیب با مقادیر ۳۰/۴ عدد و ۳/۰۸ کیلوگرم در بوته در تیمار کاربید کلسیم ۱۵ گرم بر مترمربع در زمان شش‌برگی و با روش کاربرد مایع حاصل شد. همچنین بیش‌ترین وزن تازه شاخساره و ریشه، ارتفاع بوته، سطح برگ، میزان نیتروژن برگ و محتوای کلروفیل کل در تیمار کاربید کلسیم ۱۰ گرم در مترمربع در زمان شش‌برگی و با روش کاربرد گازی مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده کاربرد کاربید کلسیم در مرحله شش‌برگی و با غلظت‌های ۱۰ گرم در مترمربع به‌صورت گاز و ۱۵ گرم در مترمربع به‌صورت مایع به‌ترتیب موجب افزایش شاخص‌های رویشی و عملکرد خیار تک‌پایه شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد میوه، سطح برگ، شاخص‌های رویشی، عملکرد، نیتروژن.

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) است که از محبوبیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تولید سالیانه این گیاه در جهان حدود ۹۵ میلیون تن بوده و ایران با تولید ۴۱۱۰ تن در جایگاه چهاردهم جهان قرار دارد (FAO, 2022). میوه این گیاه حدود ۹۶ درصد آب دارد و به علت فراوانی انواع ویتامین‌ها از جمله C، B و K، املاح معدنی و اسیدهای آلی، در تغذیه مدرن امروزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Sharma et al., 2020).

کاربرد بیرونی هورمون‌های رشد گیاهی یکی از روش‌های مهم در تولید محصولات باغبانی است. اتیلن به‌عنوان یک هورمون گیاهی نقش مهمی در کلیه فرآیندهای فیزیولوژیک مانند تحریک جوانه‌زنی بذر، رشد شاخساره و ریشه و رسیدگی محصولات کشاورزی دارد (Khan et al., 2024). استفاده از اتیلن به‌صورت طبیعی به دلیل ماهیت گازی آن، محدودیت‌هایی در تولیدات محصولات کشاورزی دارد. کشف ترکیبات آزادکننده اتیلن مانند اتفون (۲-کلرواتیل فسفونیک اسید) در دهه ۱۹۶۰ این مشکل را حل کرد، اما به دلیل هزینه زیاد اتفون استفاده از آن برای کشاورزان مقرون به صرفه نبوده و از سوی دیگر، میزان اتیلن تولیدشده توسط این ماده در موارد حساس به غلظت قابل کنترل نیست. بنابراین برای رفع این مشکل می‌توان از ترکیبات آزادکننده اتیلن مانند کاربید کلسیم استفاده نمود (Abbasi et al., 2012).

کاربید کلسیم (CaC_2) منبع غنی استیلن و اتیلن است. این ترکیب با آب خاک واکنش داده و منجر به تولید گاز استیلن می‌شود. استیلن فراهمی NH^+_4 و NO^-_3 را در گیاه به تأخیر می‌اندازد؛ به‌عبارتی استیلن به‌عنوان کنترل‌کننده NH^+_4 و NO^-_3 در خاک عمل می‌نماید. ضمن این‌که در اثر فعالیت ریزجانداران بومی خاک، به‌ویژه سویه‌های مختلف ازتوباکتر، استیلن به اتیلن ($C_2H_2 + H_2 \rightarrow C_2H_4$) تبدیل می‌شود (Shakar et al., 2015). در نتیجه استیلن به دلیل نقش آن در مهار نیتریفیکاسیون کارایی مصرف نیتروژن را افزایش داده و در نتیجه مقدار و تعداد دفعات مصرف کود را کاهش می‌دهد که این امر آثار مثبتی بر رشد گیاه دارد. همچنین سنگ کاربید کلسیم به دلیل ارزان بودن و دسترسی آسان دارای مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی است (Mastorakis and Iqbal, 2014). Mashayekhi et al. (2017) نشان دادند کاربرد کاربید کلسیم با غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ ppm موجب افزایش تعداد گل‌های ماده، تعداد میان‌گره، سطح برگ، محتوای کلروفیل میوه و عملکرد در گیاه خیار (*Cucumis sativus* L.) شد. همچنین کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کاربید کلسیم، وزن خشک ساقه، تعداد گل و عملکرد میوه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) را افزایش داد (Mastorakis and Iqbal, 2014). در پژوهشی دیگر کاربرد کاربید کلسیم با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، تعداد میوه، گل و عملکرد میوه فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) را افزایش داد (Ahmed et al., 2014).

با توجه به پرمصرف بودن محصول خیار در دنیا و آثار کاربرد کاربید کلسیم در بهبود رشد گیاهان و همچنین نقش مؤثر آن در تعیین جنسیت گل از راه بیان ژن‌های موثر در تولید گل‌های ماده خیار و افزایش عملکرد آن، این پژوهش به‌منظور بررسی اثر نوع، مقدار و زمان کاربرد سطوح مختلف کاربید کلسیم بر رشد و عملکرد خیار تک‌پایه انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۹ در منطقه‌ای (روستای لمراسک) واقع در شهرستان گلوگاه استان مازندران (طول جغرافیایی ۱۳ درجه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۵ متر) انجام شد. این آزمایش در آرایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مقادیر مختلف کاربید کلسیم (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم بر مترمربع) بود که به سه روش مصرف (جامد، مایع و گازی) و در سه مرحله رشدی (۴، ۶ و ۸ برگی) اعمال شدند. برای شروع آزمایش در فروردین‌ماه بذرهای خیار رقم ویکتور (F_1) در سینی کشت که

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil used in the study

بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	رسانایی الکتریکی Electrical conductivity EC (dS/m)	pH	نیتروژن Nitrogen (%)	پتاسیم Potassium (mg kg^{-1})	فسفر Phosphorus (mg kg^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)
Sandy clay loam	27.6	32.4	41.0	1.2	7.3	0.05	110	11.5	0.60

شامل کوکوپیت و پیت ماس کشت شدند. زمین مزرعه تسطیح شده و نمونه خاک از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری ویژگی‌های آن برداشت شد (جدول ۱). بر اساس آزمون خاک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌صورت کود اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به میزان ۱۰۰، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک افزوده شد. بر اساس نتایج آزمون خاک با توجه به کمبود پتاسیم و واکنش کمی قلیایی خاک، از کود سولفات پتاسیم استفاده شد تا pH خاک اصلاح شود و فراهمی عناصر کم‌مصرف در خاک بهبود یابد. گیاهچه‌ها در مرحله ۲ برگی با فواصل ۵۰ در ۱۵۰ سانتی‌متر به زمین اصلی انتقال یافتند. تیمار کاربید کلسیم با فواصل حدود ۷ الی ۱۰ روز شامل مراحل چهار، شش و هشت برگی اعمال شد.

در روش کپسوله (جامد)، پودر سنگ کاربید کلسیم (CaC_2) در کپسول‌های ژلاتینی تعبیه شده و سپس کپسول‌ها به‌صورت مستقیم در زیر خاک و در محدوده ریشه قرار داده شد. روش مایع، با انحلال کاربید کلسیم در آب مقطر و انتقال محلول حاصله از راه مجاری آبیاری زیرسطحی به زیر خاک اعمال شد. در روش گازی نیز انحلال سنگ کاربید در آب مقطر در مخزن مجزا انجام شد و سپس گاز حاصل از واکنش سنگ کاربید و آب، از راه لوله‌های از پیش طراحی شده بر روی همان مخزن به عمق خاک انتقال یافت. در هر سه روش، تیمارها در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک و در محدوده ریشه اعمال شدند.

لازم به ذکر است با توجه به نیاز آبی خیار و به‌دلیل استفاده از روش مایع (یکی از روش‌های اعمال تیمار) و به‌منظور یکسان‌سازی اثر آب قابل استفاده، پس از اعمال تیمار در هر مرحله، تمام بوته‌ها آبیاری شدند. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی انجام شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات نیز ۵ روز پس از آغاز گل‌دهی تا پایان برداشت انجام شد.

صفات مورفولوژیک

اندازه‌گیری وزن تازه شاخساره و ریشه بلافاصله پس از نمونه‌برداری توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد (Mashayekhi et al., 2017). برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه (از محل طوقه تا بلندترین نقطه شاخساره) و فاصله میان‌گره‌ها از متر فلزی استفاده شد (Haghighi et al., 2021). همچنین تعداد میوه در بوته و تعداد شاخه جانبی شمارش شد (Mashayekhi et al., 2017) و اندازه‌گیری سطح برگ به وسیله دستگاه سطح برگ‌سنج (England Delta-T Device LTD) انجام شد (Najafi et al., 2021). عملکرد در بوته نیز با توزین میوه‌های برداشت‌شده تا ۴۵ روز پس از اعمال تیمارها از هر بوته به‌دست آمد و بر حسب کیلوگرم بیان شد (Javan and Nazarideljou, 2018).

صفات فیزیولوژیک

کلروفیل کل برگ: استخراج کلروفیل کل برگ با استفاده از دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) انجام شد و جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex 6600) در طول موج ۶۶۳ نانومتر (A_{663}) برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر (A_{645}) برای کلروفیل b قرائت شدند. در نهایت میزان کلروفیل کل (Total Chl) با رابطه (۱) برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ محاسبه شد (Soroori et al., 2023):

$$\text{Total Chl} = 20.2\ (A_{645}) +$$

$$8.02\ (A_{663}) \times V/\ (1000 \times W) \quad (۱)$$

که در این فرمول V حجم نهایی محلول و W وزن نمونه است.

نیتروژن برگ: اندازه‌گیری غلظت نیتروژن در برگ به روش میکروکجلدال در سه مرحله هضم، تقطیر و عیارسنجی (تیتراسیون) انجام شد و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ بیان شد (Eleduma, 2023).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۳) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

وزن تازه شاخساره: نتایج نشان داد آثار ساده، دوگانه و سه‌گانه سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر وزن تازه شاخساره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر ساده تیمارها نشان داد غلظت کاربید کلسیم در سطح ۱۰ گرم در مترمربع موجب افزایش وزن تازه شاخساره شد. همچنین کاربرد کلسیم کاربید به شکل گاز در مرحله شش‌برگی بیش‌ترین تأثیر را بر وزن تازه شاخساره داشت (جدول ۳)، به‌طور کلی مقایسه میانگین تیمارها نشان داد.

بیش‌ترین وزن تازه شاخساره با مقدار ۱۹۵۱ گرم در بوته در تیمار گازی کاربید کلسیم در مرحله شش‌برگی و با غلظت ۱۰ گرم در مترمربع و کم‌ترین آن با مقدار ۵۲۴ گرم در بوته در شاهد به‌دست آمد (جدول ۴).

وزن تازه ریشه: نتایج نشان داد آثار ساده، دوگانه و سه‌گانه سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر وزن تازه ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). آثار ساده تیمارها نشان داد وزن تازه ریشه با افزایش غلظت کاربید کلسیم تا سطح ۱۰ گرم در مترمربع افزایش یافت. همچنین کاربرد کلسیم کاربید به شکل مایع و در مرحله چهار برگی بیش‌ترین تأثیر را در وزن تازه ریشه نشان داد (جدول ۳)، به‌طور کلی مقایسه میانگین آثار سه‌گانه تیمارها نشان داد بیش‌ترین وزن تازه شاخساره (برابر ۱۵۰ گرم در بوته) در تیمار مایع کاربید کلسیم در مرحله شش برگی و با غلظت ۱۰ گرم در مترمربع و کم‌ترین مقدار آن (برابر ۳۵ گرم) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۴).

ارتفاع گیاه: نتایج نشان داد آثار ساده، دوگانه و سه‌گانه سطوح مختلف کاربید کلسیم و روش و زمان اعمال آن بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر ساده غلظت کاربید کلسیم نشان داد سطوح ۵ و ۱۰ گرم در مترمربع تأثیر مثبتی بر ارتفاع گیاه داشت همچنین کاربرد کاربید کلسیم به شکل مایع و در مرحله شش برگی موجب افزایش ارتفاع گیاه شد (جدول ۳). به‌طور کلی بیش‌ترین ارتفاع گیاه با مقدار ۲۲۰ سانتی‌متر در تیمار گازی در مرحله شش برگی و با غلظت ۱۰ گرم در مترمربع مشاهده شد که با تیمار مایع در مرحله شش برگی و غلظت ۱۰ گرم در مترمربع اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار این کمّیت (۱۳۵ سانتی‌متر) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۴).

طول میان‌گره: یافته‌ها نشان داد اثر ساده روش اعمال کاربید کلسیم بر طول میان‌گره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، درحالی‌که سایر آثار ساده، دوگانه و سه‌گانه بر این کمّیت معنی‌دار نشد (جداول ۲ و ۴). بیش‌ترین طول میان‌گره (۵ سانتی‌متر) در روش اعمال کاربید کلسیم به شکل مایع و کم‌ترین مقدار آن (۴/۱۱ سانتی‌متر) در روش جامد مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد شاخه جانبی: نتایج این آزمایش نشان داد اثر ساده روش اعمال کاربید کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر دوگانه زمان اعمال و غلظت کاربید کلسیم و اثر دوگانه روش و زمان اعمال کاربید کلسیم به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد، درحالی‌که سایر آثار ساده، دوگانه و سه‌گانه معنی‌دار نشد (جداول ۲ و ۳). بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی (۴/۶۶) در روش اعمال کاربید کلسیم به شکل مایع و کم‌ترین مقدار آن (۳/۸۸) در روش کاربرد به شکل گاز به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر رشد و عملکرد خیار تک‌پایه

Table 2. Analysis of variance of the effects of different levels, method and time of application of calcium carbide on the growth and yield of monoecious cucumber

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی DF	وزن تازه شاخساره Fresh weight of shoot	وزن تازه ریشه Fresh weight of root	ارتفاع گیاه Plant height	طول میان‌گره Internode length	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	سطح برگ Leaf area	تعداد میوه Fruit number	عملکرد میوه Fruit yield	کلروفیل کل برگ Total chlorophyll	نیتروژن برگ Leaf nitrogen
بلوک Block	2	2563*	8.80ns	9.12ns	3.70*	0.59ns	836ns	1026**	2.46*	2.04ns	1.98ns
روش اعمال Method	2	116175**	1102**	2129**	5.77**	4.11*	578ns	3757**	6.07*	88.6**	76.2**
زمان اعمال Time	2	328786**	2421**	3601**	0.11ns	1.77ns	772ns	4.30ns	1.84*	78.3**	65.0**
غلظت Concentration	2	454650**	1237**	1803**	1.77ns	0.44ns	6706*	571*	3.07*	50.6**	41.3**
روش × زمان Method × Time	4	614194**	1381**	1977 **	1.11ns	3.94**	5885ns	159ns	1.66*	35.8**	24.8**
روش × غلظت Method × Concentration	4	143614**	980**	1211**	0.77ns	0.61ns	1999ns	789**	3.48*	50.7**	40.4**
زمان × غلظت Time × Concentration	4	461031**	1045**	1517**	1.11ns	2.77*	13804**	286ns	4.65*	86.4**	83.8**
روش × زمان × غلظت Method × Time × Concentration	8	422722**	581**	660**	1.36ns	1.19ns	612**	337*	2.83*	30.0**	21.9**
خطا Error	52	517	110	148	0.85	0.97	0.93	153	1.59	1.99	1.50
ضریب تغییرات CV (%)	–	18.4	11.4	13.3	18. 6	18.7	18.0	18.1	14.1	9.3	8.9

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر اثر غیرمعنی‌دار و آثار معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and ** indicate non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ساده سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد خیار تک‌پایه

Table 3. Mean comparison of the effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on some growth indices of monoecious cucumber

تیمار Treatment		وزن تازه شاخساره (گرم در بوته) Fresh weight of shoot (g per plant)	وزن ریشه (گرم در بوته) Fresh weight of root (g per plant)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول میان‌گره (سانتی‌متر) Internode length (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) Leaf area (cm^2 per plant)	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	عملکرد میوه (کیلوگرم در بوته) Fruit yield ($kg\ plant^{-1}$)	کلروفیل کل برگ (میلی‌گرم در گرم) Total chlorophyll ($mg\ g^{-1}$)	نیتروژن برگ (میلی‌گرم در گرم) Leaf nitrogen ($mg\ g^{-1}$)
غلظت Concentration ($g\ m^{-2}$)	0	400^{d}	32.0^{d}	128^{c}	4^{a}	4^{a}	160^{d}	13.2^{d}	1.08^{d}	12.6^{d}	20.1^{d}
	5	1056^{c}	79.0^{b}	190^{a}	4.33^{a}	4.33^{a}	265^{a}	21.8^{a}	2.16^{b}	25.1^{b}	30.1^{c}
	10	1299^{a}	93.2^{a}	184^{a}	4.77^{a}	4.11^{a}	250^{ab}	19.0^{b}	2.17^{b}	21.9^{c}	33.6^{b}
	15	1098^{b}	56.0^{c}	174^{b}	4.33^{a}	4.33^{a}	233^{a}	22.1^{a}	2.48^{a}	26.4^{a}	35.7^{a}
روش اعمال Application method	جامد Solid	916^{c}	84.5^{c}	174^{c}	4.11^{b}	4.22^{ab}	250^{a}	21.2^{b}	2.38^{ab}	27.5^{a}	26.1^{c}
	گاز Gas	1310^{a}	115^{b}	182^{b}	4.33^{b}	3.88^{b}	244^{a}	17.5^{c}	2.07^{b}	22.7^{b}	36.3^{a}
	مایع Liquid	1226^{b}	138^{a}	1992^{a}	5.00^{a}	4.66^{a}	253^{a}	25.1^{a}	2.49^{a}	23.2^{b}	34.9^{b}
زمان اعمال Application time	۴ برگی 4 Leaves	1146^{b}	101^{a}	178^{b}	4.44^{a}	4.11^{a}	254^{a}	21.6^{a}	2.38^{a}	23.6^{b}	48.0^{a}
	۶ برگی 6 Leaves	1264^{a}	99.0^{b}	196^{a}	4.44^{a}	4.55^{a}	250^{a}	20.8^{a}	2.39^{a}	27.4^{a}	34.5^{c}
	۸ برگی 8 Leaves	1043^{c}	95.4^{c}	174^{b}	4.55^{a}	4.11^{a}	244^{a}	21.8^{a}	2.17^{b}	22.3^{b}	36.0^{b}

در هر ستون و در هر گروه، حروف یکسان بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

In each column and in each group, similar letters stand for non-significant differences (Duncan, $p < 0.05$).

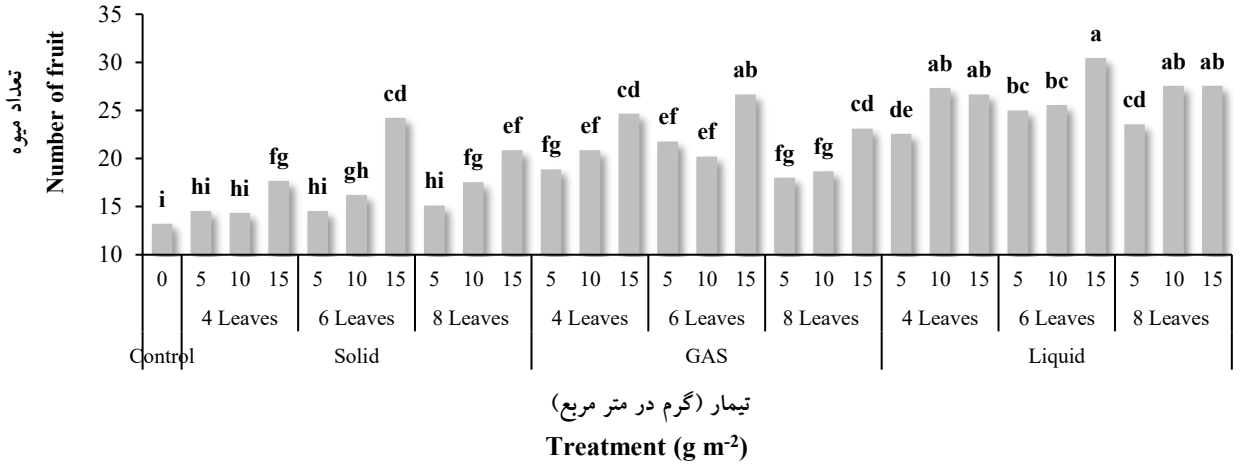
جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر برخی شاخص‌های رشدی خیار تک‌پایه

Table 4. Mean comparison of the interaction effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on some growth indices of monoecious cucumber

سطح برگ (سانتی‌مترمربع در بوته) Leaf area (cm^2 per plant)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	طول میان‌گره (سانتی‌متر) Internode length (cm)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تازه ریشه (گرم در بوته) Fresh weight of root (g per plant)	وزن تازه شاخساره (گرم در بوته) Fresh weight of shoot (g per plant)	غلظت کاربید کلسیم (گرم در مترمربع) Calcium carbide concentration ($g\ m^{-2}$)	زمان اعمال Time	روش اعمال Application method
165^{f}	4.00^{a}	4.00^{a}	135^{i}	35.0^{j}	524	Zero		شاهد Control
185^{ef}	5.00a	5.00^{a}	194^{bc}	65.0^{g}	703^{q}	5	۴ برگی 4 Leaves	جامد Solid
300^{ab}	5.00a	5.00^{a}	140^{hi}	86.3^{e}	1170^{i}	10		
223^{cd}	6.00a	6.00^{a}	163^{fg}	45.5^{i}	840°	15		
244^{bc}	5.00a	5.00^{a}	185^{cd}	70.9^{f}	756^{p}	5	۶ برگی 6 Leaves	
285^{ab}	5.00a	5.00^{a}	202^{ab}	97.5^{g}	1499^{e}	10		
233^{cd}	4.00a	4.00^{a}	165^{fg}	60.0^{g}	931^{n}	15		
277^{ab}	5.00a	5.00^{a}	194^{bc}	91.8^{g}	576^{r}	5	۸ برگی 8 Leaves	
285^{ab}	6.00^{a}	6.00^{a}	194^{bc}	108^{e}	1000^{m}	10		
224^{cd}	4.00^{a}	4.00^{a}	159^{gh}	44.0^{i}	721^{pq}	15		
228^{cd}	4.00^{a}	4.00^{a}	170^{fg}	110^{e}	1121^{k}	5	۴ برگی 4 Leaves	گاز Gas
215^{de}	4.00^{a}	4.00^{a}	165^{fg}	127^{cd}	1275^{g}	10		
238^{bc}	4.00^{a}	4.00^{a}	167^{fg}	92.0^{g}	1211^{h}	15		
227^{cd}	4.00^{a}	4.00^{a}	215^{ab}	131^{c}	1700^{c}	5	۶ برگی 6 Leaves	
336^{a}	4.00^{a}	4.00^{a}	220^{a}	140^{b}	1951^{a}	10		
214^{de}	5.00^{a}	5.00^{a}	215^{ab}	88.0^{g}	1620^{d}	15		
171^{f}	5.00^{a}	5.00^{a}	163^{fg}	100^{ef}	830^{o}	5	۸ برگی 8 Leaves	
231^{cd}	5.00^{a}	5.00^{a}	161^{g}	125^{cd}	1164^{i}	10		
222^{cd}	4.00^{a}	5.00^{a}	174^{ef}	80.0^{g}	921^{n}	15		
212^{de}	3.00^{a}	3.00^{a}	210^{ab}	99.0^{ef}	1500^{e}	5	۴ برگی 4 Leaves	مایع Liquid
255^{bc}	5.00^{a}	5.00^{a}	185^{cd}	135^{c}	1420^{f}	10		
316^{ab}	4.00^{a}	4.00^{a}	195^{bc}	65.1^{h}	1073^{l}	15		
270^{ab}	4.00^{a}	4.00^{a}	195^{bc}	120^{d}	755^{p}	5	۶ برگی 6 Leaves	
336^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	205^{ab}	150^{a}	1903^{b}	10		
213^{de}	4.00^{a}	4.00^{a}	181^{de}	76.0^{g}	1164^{i}	15		
293^{ab}	4.00^{a}	4.00^{a}	170^{fg}	120^{d}	1450^{f}	5	۸ برگی 8 Leaves	
273^{ab}	4.00^{a}	4.00^{a}	206^{ab}	140^{b}	1121^{k}	10		
216^{de}	4.00^{a}	4.00^{a}	173^{ef}	53.6^{i}	1055^{l}	15		

در هر ستون، حروف یکسان بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

In each column, similar letters stand for non-significant differences (Duncan, $p < 0.05$).



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر تعداد میوه خیار تک‌پایه. حروف یکسان روی ستون‌ها بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

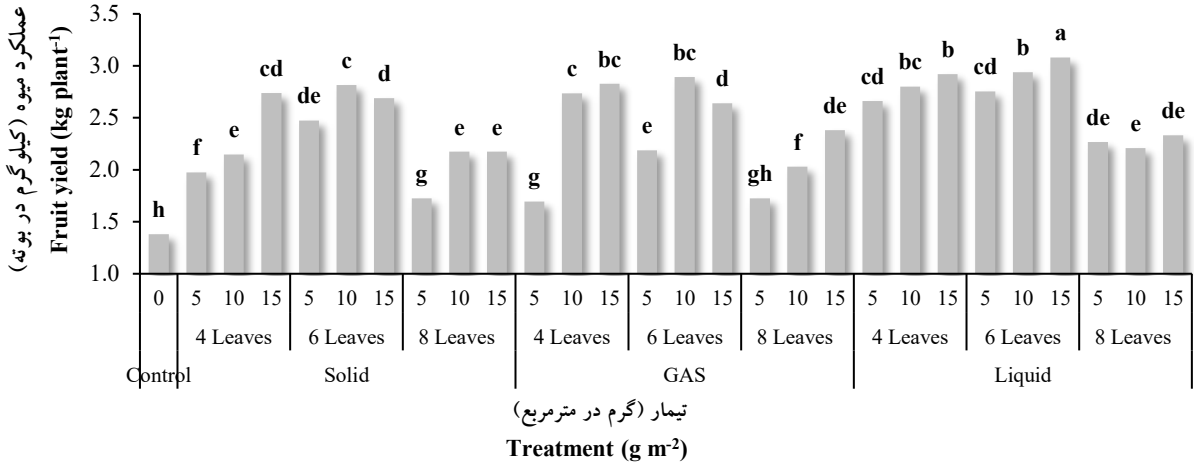
Fig. 1. The effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on number of fruit of monoecious cucumber. Similar letters on the bars stand for non-significant differences (Duncan, $p < 0.05$).

سطح برگ: نتایج نشان داد اثر ساده غلظت کاربید کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر دوگانه زمان و غلظت و همچنین آثار سه‌گانه تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر ساده تیمار کاربید کلسیم ۱۰ گرم در مترمربع بیش‌ترین تأثیر را در افزایش سطح برگ گیاه نشان داد (جدول ۳). به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح برگ با مقدار ۳۳۶ سانتی‌مترمربع در بوته در تیمار کاربید کلسیم ۱۰ گرم در مترمربع مایع در مرحله شش برگی مشاهده شد که با تیمار کاربید کلسیم ۱۰ گرم در مترمربع کاربید کلسیم گاز در مرحله شش برگی اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار این صفت (۱۶۵ سانتی‌مترمربع در بوته) در شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

تعداد میوه در بوته: نتایج نشان داد اثر ساده روش اعمال در سطح احتمال ۱ درصد و اثر غلظت کاربید کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد میوه معنی‌دار شد. اثر دوگانه روش و غلظت در سطح احتمال ۱ درصد و آثار سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر ساده غلظت کاربید کلسیم و روش اعمال آن نشان داد غلظت ۱۵ گرم در مترمربع به شکل مایع بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد میوه داشت (جدول ۳). به‌طور کلی بیش‌ترین تعداد میوه (۳۰/۴ عدد در بوته) در تیمار ۱۵ گرم در مترمربع کاربید کلسیم مایع و در مرحله شش برگی و کم‌ترین مقدار آن (۱۳/۲ عدد در بوته) در شاهد به‌دست آمد (شکل ۱).

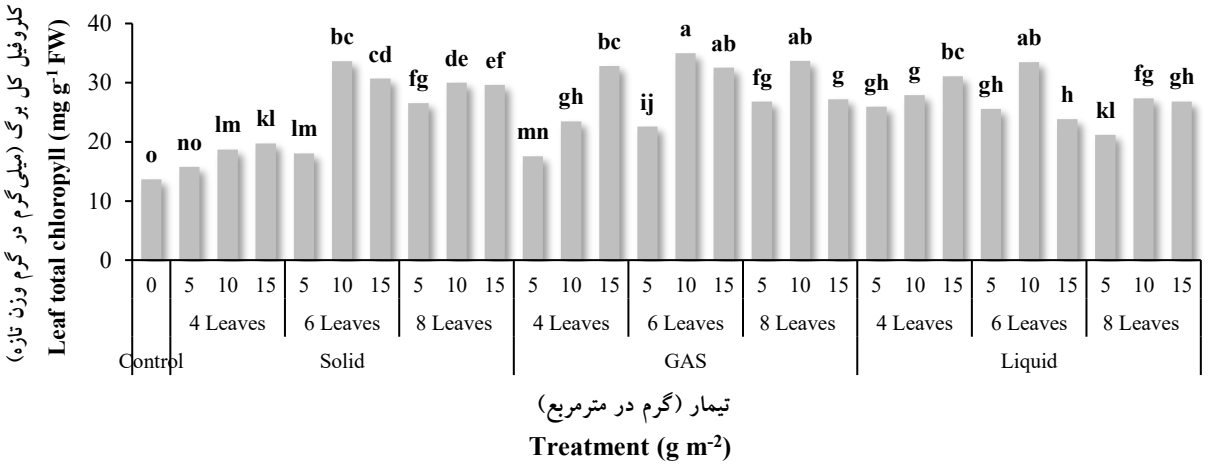
عملکرد میوه در بوته: یافته‌ها نشان داد اثر ساده روش اعمال کاربید کلسیم و آثار دوگانه روش و زمان اعمال و غلظت و زمان اعمال و آثار سه‌گانه آن‌ها بر عملکرد میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر ساده غلظت کاربید کلسیم در تیمار ۱۵ گرم در مترمربع بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش عملکرد میوه نشان داد. همچنین اثر ساده روش اعمال در تیمار مایع بیش‌ترین بود و زمان‌های اعمال در مرحله شش برگی و چهار برگی نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). همان‌طور که از شکل ۲ نمایان است بیش‌ترین عملکرد میوه (۳/۰۸ کیلوگرم در بوته) در تیمار کاربید کلسیم مایع با غلظت ۱۰ گرم در مترمربع در مرحله شش برگی و کم‌ترین آن (۱/۳۸ کیلوگرم در بوته) در شاهد مشاهده شد.

کلروفیل کل: یافته‌ها نشان داد اثر ساده، دوگانه و سه‌گانه روش، زمان اعمال و غلظت کاربید کلسیم تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار داشت (جدول ۱). اثر ساده غلظت، روش اعمال و زمان اعمال نشان داد



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر عملکرد میوه خیار تک‌پایه. حروف یکسان روی ستون‌ها بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 2. The effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on fruit yield of monoecious cucumber. Similar letters on the bars stand for non-significant differences (Duncan, $p < 0.05$).

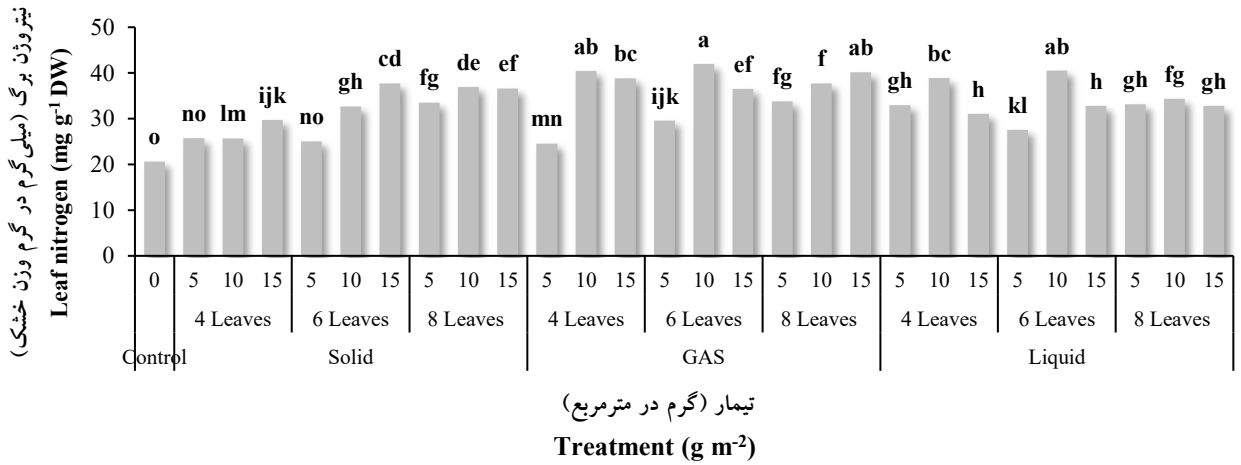


شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر میزان کلروفیل کل برگ خیار تک‌پایه. حروف یکسان روی ستون‌ها بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 3. The effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on leaf total chlorophyll of monoecious cucumber. Similar letters on the bars stand for non-significant differences (Duncan, $p < 0.05$).

بیش‌ترین کلروفیل کل به‌ترتیب در غلظت ۱۵ گرم در مترمربع، کاربرد به‌صورت جامد و در مرحله شش برگی حاصل شد (جدول ۳). نتایج اثر سه‌گانه تیمارها بیش‌ترین کلروفیل کل (۳۵/۰۰ گرم در میلی‌گرم وزن خشک) در تیمار کاربید کلسیم ۱۰ گرم در مترمربع گازی در مرحله شش برگی و کم‌ترین مقدار آن (۱۳/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در شاهد مشاهده شد (شکل ۳).

نیتروژن برگ: نتایج نشان داد اثر ساده، دوگانه و سه‌گانه روش، زمان اعمال و غلظت کاربید کلسیم تأثیر معنی‌داری بر محتوای نیتروژن برگ در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۱). اثر ساده غلظت کاربید کلسیم نشان داد بیش‌ترین محتوای نیتروژن برگ در تیمار ۱۵ گرم در مترمربع به‌دست آمد. همچنین کاربرد کاربید کلسیم به‌صورت گاز و در مرحله چهار برگی محتوای نیتروژن برگ را افزایش داد (جدول ۳). یافته‌های اثر سه‌گانه



شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف، روش و زمان اعمال کاربید کلسیم بر میزان نیتروژن برگ خیار تک‌پایه. حروف یکسان روی ستون‌ها بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 4. The effect of different levels, method and time of application of calcium carbide on leaf nitrogen of monoecious cucumber. Similar letters on the bars stand for non-significant differences (Duncan, $p < 0.05$).

تیمارها نشان داد بیش‌ترین میزان نیتروژن برگ (۴۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار ۱۰ گرم در مترمربع کاربید کلسیم به روش گازی در مرحله شش برگی و کم‌ترین مقدار آن (۲۰/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در شاهد مشاهده شد (شکل ۴).

بحث

نتایج نشان داد کاربرد کاربید کلسیم رشد و عملکرد خیار تک‌پایه را افزایش داد. کاربرد این ترکیب در مرحله چهار و شش برگی بیش‌ترین تأثیر را در بهبود صفات مورد ارزیابی داشت (جدول ۴) که دلیل آن می‌تواند مربوط به نقش اتیلن در گسترش ریشه و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی در مراحل آغازین رشد باشد (Abbasi et al., 2012). همچنین کاربرد به شکل مایع به دلیل حل‌شدن یکنواخت کاربید کلسیم در آب آبیاری دسترسی بهتر ریشه‌ها به محلول و کاربرد به شکل گازی به‌دلیل سرعت بیش‌تر گسترش گاز در منافذ خاک، جایگزینی با هوای خاک و نفوذ به اعماق خاک بیش‌ترین تأثیر را در بهبود صفات رشدی خیار نشان داد. کاربرد کاربید کلسیم با آب و واکنش حاصل موجب آزاد شدن کلسیم، یون و استیلن (C_2H_2) می‌شود. ریزجانداران خاک با کمک آنزیم نیتروژناز، استیلن را به اتیلن (C_2H_4) تبدیل می‌کنند (Mastorakis and Iqbal, 2014). با توجه به این‌که ساختار شیمیایی استیلن تقریباً مشابه با ساختار شیمیایی اتیلن است، انتظار می‌رود که این دو ترکیب آثار مشابهی داشته باشند (Mashayekhi et al., 2017).

استیلن و اتیلن تمام مراحل رشدی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و از راه افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردند (Siddiq et al., 2012). در این پژوهش کاربرد کاربید کلسیم موجب افزایش وزن تازه شاخساره و ریشه شد (جدول ۴) که دلیل آن می‌تواند مربوط به نقش اتیلن در افزایش آنزیم نیترات ردوکتاز و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و گوگرد باشد. همچنین کاربرد این ماده موجب افزایش شدت فتوسنتز و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهبود رشد و گسترش ریشه می‌گردد که افزایش شاخص‌های رویشی را به همراه دارد (Iqbal et al., 2012). همچنین به دلیل اثر بر فتوسنتز، کاربرد اتیلن بر کارایی مصرف آب نیز تأثیر می‌گذارد و موجب افزایش هدایت روزنه‌ای، فعالیت چرخه روبیسکو و سرعت انتقال الکترون می‌گردد. بنابراین کارایی مصرف آب بیشتر، رشد رویشی گیاه را بهبود می‌بخشد (Siddiq et al., 2012). ولی در پژوهش حاضر، غلظت ۱۵ گرم

در مترمربع موجب کاهش وزن تازه شاخساره، ارتفاع بوته و وزن تازه ریشه شد (جدول ۴) زیرا غلظت زیاد اتیلن منجر به مهار گسترش ریشه شده است (Shakar et al., 2015). همچنین فعالیت آنتی‌جیبرلینی هورمون اتیلن، موجب توقف تقسیم سلولی میتوزی در ناحیه مریستمی آپیکال ریشه و اندام هوایی شده است (Baral et al., 2022). Abbasi et al. (2012) نیز تأثیر کاربید کلسیم را بر ارتفاع گیاه و عملکرد سیب‌زمینی گزارش نمودند. همچنین در طالبی اتیلن آزادشده توسط اتفن وزن تازه برگ و بوته را افزایش داد (Heidari et al., 2018).

در مراحل اولیه نمو گل خیار، پریموردیای گل دوجنسیتی بوده و شامل شکل‌های اولیه بساک و مادگی است و جنسیت در گل‌ها با نمو انتخابی پریموردیای پرچم یا مادگی تعیین می‌شود (Bagheri et al., 2022). هورمون اتیلن به‌عنوان عامل افزاینده گل‌های ماده و در نهایت محصول بیش‌تر در اغلب گیاهان خانواده کدوئیان شناخته شده است. در پژوهش حاضر کاربرد بیشترین غلظت کاربید کلسیم موجب افزایش تعداد میوه و عملکرد بوته شد (شکل‌های ۱ و ۲). دلیل آن را می‌توان به کاهش رشد رویشی در غلظت‌های زیاد نسبت داد که در نتیجه میزان کربوهیدارات گیاه را از راه کاهش تنفس افزایش داده و منجر به بهبود رشد زایشی در گیاه می‌شود (Shakar et al., 2015). Polly et al. (2022) نیز افزایش عملکرد میوه آناناس را با کاربرد کلسیم کاربید گزارش نمودند. همچنین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Mashayekhi et al. (2017) پیرامون تأثیر کاربید کلسیم بر تعداد گل ماده و میوه خیار همخوانی دارد.

در این پژوهش سطح بهینه اتیلن نقش مثبتی در بزرگ شدن سلول‌ها و در نتیجه افزایش سطح برگ نشان داد (جدول ۴) که می‌تواند مربوط به نقش آن در جذب نیتروژن و افزایش فتوسنتز باشد (Iqbal et al., 2012). نیتروژن رشد برگ را از راه تولید پروتئین‌های درگیر در رشد سلول، تقسیم سلولی، دیواره سلولی و تولید سیتوکنین تحریک می‌کند که منجر به افزایش سطح فتوسنتز می‌شود (Bassi et al., 2018). Shaker et al. (2015) و Mashayekhi et al. (2017)، افزایش سطح برگ خیار را در شرایط کاربرد کاربید کلسیم گزارش نمودند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کاربرد کاربید کلسیم محتوای کلروفیل کل خیار را افزایش داد، زیرا اتیلن با افزایش سطح برگ، فتوسنتز را افزایش می‌دهد و موجب بازشدن روزنه‌ها و افزایش سرعت انتشار CO_2 از جو به به حفره‌های بین‌سلولی می‌شود (Iqbal et al., 2012). از سویی دیگر اتیلن با تأثیر بر بیان ژن آنزیم‌های ساخت رنگریزه‌های فتوسنتزی و افزایش جذب نیتروژن (Heidari et al., 2018)، محتوای کلروفیل کل برگ را افزایش می‌دهد (شکل‌های ۳ و ۴). گزارش شده است در چمن *Japonica zoysia* کاربرد اتیلن تولید شده از اتفن محتوای کلروفیل برگ را از راه مهار آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل بهبود بخشید (Zhang et al., 2024).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاربرد کاربید کلسیم میزان جذب نیتروژن برگ خیار را افزایش داد (جدول ۳ و شکل ۳). زیرا اتیلن فعالیت آنزیم اکسیدکننده آمونیاک را که در نیتریفیکاسیون دخیل است، مهار کرده و در نتیجه باعث مهار نیتریفیکاسیون و نیترات‌زدایی و افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌گردد (Khan et al., 2015). همسو با نتایج پژوهش حاضر، در گیاه خردل اتیلن آزاد شده از اتفن میزان نیتروژن گیاه را افزایش داد (Iqbal et al., 2012).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد کاربید کلسیم شاخص‌های رشدی و عملکرد خیار تک‌پایه را افزایش داد، به‌طوری‌که با کاربرد کاربید کلسیم ۱۵ گرم در مترمربع به شکل مایع بیش‌ترین تعداد میوه و عملکرد بوته در زمان شش برگی به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین وزن تازه شاخساره و ریشه، ارتفاع بوته، سطح برگ، میزان نیتروژن برگ و محتوای کلروفیل کل در اثر کاربرد تیمار کاربید کلسیم ۱۰ گرم در مترمربع به شکل گاز و در زمان شش برگی مشاهده شد. به‌طور کلی کاربرد کاربید کلسیم در مرحله شش برگی و غلظت ۱۵ گرم در مترمربع به‌صورت مایع تعداد میوه و عملکرد خیار تک‌پایه را بهبود بخشید.

تشکر و سپاسگزاری

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

References

1. Abbasi, N.A., Zahoor, M., Khan, H.A., Qureshi, A.A., 2012. Effect of encapsulated calcium carbide application at different growth stage on potato (*Solanum tubersum* L.) growth, yield and tuber quality. Pak. J. Bot. 44(5), 1543–1550.
2. Ahmed, W., Yaseen, M., Arshad, M., Shahid, M., 2014. Effect of polyethylene coated calcium carbide on physiology, photosynthesis, growth and yield of sweet pepper. Pak. J. Agric. Sci. 51, 59–65.
3. Bagheri, M.R., Ghasimi Hagh, Z., Khoshghalb, H., 2022. The effect of 1-methylcyclopropene and cobalt chloride on some vegetative and reproductive characteristics of gynoecious cucumber. Plant Prod. Technol. 14(1), 111–121. https://doi.org/10.22084/ppt.2023.26336.2079. (In Persian with English abstract)
4. Baral, B., Shrestha, M., Subedi, S., Dulal, P.R., Joshi, N.R., 2022. Effect of foliar spray of ethephon doses and pruning intensities on growth, sex expression, and yield of cucumber (var- Bhaktapur local) in Kaski, Nepal. Arch. Agri. Environ. Sci. 7(3), 347–354. https://dx.doi.org/10.26832/24566632.2022.070307.
5. Bassi, D., Menossi, M. and Mattiello, L., 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. Sci. Rep. 8, 2327. https://doi.org/10.1038/s41598-018-20653-1.
6. Eleduma, A.F., 2023. Agronomic and yield performances of cucumber (*Cucumis sativus*) on soil amended with different rates of cattle manure in derived Savannah agroecological zone of Ondo State, Nigeria. J. Plant Sci. 8(2), 056–060. https://dx.doi.org/10.17352/ojps.000057.
7. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crop. Prod. Data 2022. Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.
8. Haghighi, M., Nazarri, Z., Sajedimehr, H., 2021. The effect of chilling and high-temperature stresses on the growth and physiological changes of grafted cucumber in Iranian endemic squash and cucumbers. J. Soil Plant Interact. 11(4), 15–31. https://doi.org/10.47176/jspi.11.4.14918. (In Persian with English abstract)
9. Heidari, M., Bahremand, N., Mohamadinejad, G., 2018. Effect of plant growth regulators on growth, fruit yield and quality in Cantaloupe plant (*Cucumis melo* Var. Cantaloupensis cv. Shahpasandi). J. Crop Prod. Proc. 7 (4), 15–28. https://doi.org/10.29252/jcpp.7.4.15. (In Persian with English abstract)
10. Iqbal, N., Khan, N.A., Nazar R., Silva, J.A.T., 2012. Ethylene-stimulated photosynthesis results from increased nitrogen and sulfur assimilation in mustard types that differ in photosynthetic capacity. Environ. Exp. Bot. 78, 84–90. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.12.025.
11. Javan, Y., Nazarideljou, M.J., 2018. Growth and developmental parameters, quality and productivity of cucumber as affected by K:Ca ratios of nutrient solution in soilless system. J. Hortic. Sci. 32(3), 383–391. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i3.60489.
12. Khan, M., Trivellini, A., Fatma, M., Masood, A., Francini, A., Iqbal, N., Ferrante, A., Khan, N.A., 2015. Role of ethylene in responses of plants to nitrogen availability. Front. Plant Sci. 6, 927. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00927.
13. Khan, S., Alvi, A.F., Khan, N.A., 2024. Role of ethylene in the regulation of plant developmental processes. Stresses. 4, 28–53. https://doi.org/10.3390/stresses4010003.
14. Mashayekhi, K., Jafari, S., Shomali, A., Mousavizadeh, J., 2017. Applying calcium carbide solution affects sex expression and increases yield of monoicous cucumber. J. Plant Physiol. Breed. 7(1), 99–104.
15. Mastorakis, N.E., Iqbal, S., 2014. Effect of humic acid and calcium carbide on growth and yield of tomato. In: Mastorakis, N.E., Batzias, F., Guarnaccia, C. (Eds.), Recent Advances in Urban Planning, Sustainable Development and Green Energy (Proceedings of the 5th International Conference on Urban Sustainability, Cultural Sustainability, Green Development, Green Structures and Clean Cars, USCUDAR '14). WSEAS Press, November 22–24, Florence, Italy, pp. 174–179.
16. Najafi, M., Arouiee, H., Aminifard M.H., 2022. Effects of folic acid and amino acid application on some morphophysiological characteristics of *Cucumis sativus* L. under deficit irrigation conditions. J. Soil Plant Interact. 12(4), 19–36. https://doi.org/10.47176/jspi.12.4.20271. (In Persian with English abstract)
17. Polly, Main Uddin Miah, M., Khairul Mazed, H.E.M., Eliyachur Rahman, M., Yesmin, K., 2022. Effect of different plant hormones on early production of two commercial pineapple varieties in Bangladesh. Eur. Academic Res. 7, 2354–2382.
18. Shakar, M., Yaseen, M., Arshad, M., Rizwan, A., 2015. Soil applied calcium carbide-mediated changes in morpho-

physiology, femaleness and fruit yield of cucumber plants and their relationship with endogenous plant ethylene. J. Anim. Plant Sci. 25, 1685–1692.
Sharma, V., Sharma, L., Sandhu, K.S., 2020. Cucumber (*Cucumis sativus* L.). In: Ahmad Nayik, G., Gull, A. (Eds.), Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits, Springer Nature, Singapore, Pte Ltd., pp. 333–340. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7470-2_17.
19. Siddiq, S., Yaseen, M, Arshad, M., Ahmed, N., 2012. Effect of calcium carbide on photosynthetic characteristics, growth and yield of tomato cultivars. Pak. J. Agric. Sci. 49, 505–510.
20. Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K.H., Ladan Moghadam, A., 2021. The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of spermidine, citric acid and proline under drought stress and in a post-harvest. J. Agric. Sci. Technol. 23(06), 1339–1353. https://doi.org/20.1001.1.16807073.2021.23.6.6.9.
21. Zhang, J., Li, L., Zhang, Z., Han, L., Xu, L., 2024. The effect of ethephon on ethylene and chlorophyll in *Zoysia japonica* leaves. Int. J. Mol. Sci. 25, 1663. https://doi.org/10.3390/ijms25031663.