Research Article

Agricultural Engineering., 45(3) (2022) 283-298
DOI: 10.22055/AGEN.2023.41463.1639

ISSN (P): 2588-526X
ISSN (E): 2588-5944

Investigating the use of chitosan on yield and some quality characteristics of tomatoes

F. Zandian[1], A. Farnia[2*], M. Sheikholeslami[3] and A. Rezaizad[4]

1. PhD student, Department of Agriculture, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agriculture, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran.
3. Associate Professor, Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.
4. Associate Professor, Horticulture Crops Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.

Received: 11 August 2022 Accepted: 19 December 2022

Abstract

Introduction: Tomato is one of the most consumed vegetables with an annual production of about 50 million tons. Chitosan is a biological polymer which obtains from the chitin of crustaceans, fungi and arthropoda, and is the most abundant polysaccharide on the earth's surface after cellulose. According to the quality improvement of some plant products by chitosan, the study and knowing the effect of chitosan as biostimulant spraying on the quantitative and qualitative properties of tomato has particular importance in agricultural research.

Materials and Methods: The present study was performed to investigate the effect of chitosan biostimulant on the growth, yield and some quality characteristics of tomato as factorial in a randomized complete block design with three replications in two crop years of 2017-2018 in the fields belonging to Dasht-e-Sabz Company, Kermanshah, Iran. The factors were five levels of chitosan (including control (S0), 1/1000(S1), 2/1000(S2), 3/1000(S3) and seed coating. The experiment included 15 plots, each plot with a length of 4.2 meters and a width of 2.1 meters. Three rows were planted in each plot with 21 plants. The distance between the rows was 1.4 meters and the distance between 2 plants on the row was 30 cm. The planting density was about 2.38 plants per square meter.

Results and Discussion: The results showed that the effect of chitosan spraying on all studied traits was significant. The highest yield was obtained in S3 treatment in the second year with the average amount of 227 tons per hectare. Chitosan spraying in the first and second year increased the yield compared to the control treatment. It was seen that in the first year, in the treatments of S1, S2, S3 and K, chitosan application caused an increase of 20, 27, 47 and 31% of the fruit yield, respectively, and in the second year it caused an increase of 11, 14, 15 and 1% compared to the control (S0) treatment. The highest amount of fresh weight was observed in the treatment of S3. The highest amount of dry weight in the treatment of S2 was 399 grams per plant in the second year, which was significantly different from other treatments. The application of chitosan increased the amount of total soluble solids (TSS) compared to the control treatment, so that the

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

S1, S2, S3 and K treatments caused an increase of 7, 4, 3 and 10% in the amount of TSS compared to the S0 treatment, respectively. The amount of leave' s nitrogen in the first and second year in the S2, S3 and K treatments was higher than the S0 treatment and this increase was 5, 6 and 1%, respectively. However, in the S1 treatment, this value was less than the S0 treatment (13%). On average, in the treatments of S1 and S2, chitosan foliar spraying increased the amount of potassium by 1 and 15% compared to the S0 treatment. The treatments of S3 and K caused a decrease in the amount of potassium compared to the S0 treatment. In the first and second year, phosphorus content in the S3 and K treatments increased by 9% and 2%, respectively, compared to the S0 treatment. The highest percentage of calcium was obtained in the S1 treatment in the first year, and the lowest amount of calcium was measured in the second year in the K treatment. Chitosan foliar spraying in S1 treatment caused 82% increase in the amount of calcium compared to the S0 treatment. The mean comparison results showed that the highest amount of sodium was in S3 treatment in the second year by 0.275 ppm. Chitosan foliar spraying in S3 and S2 treatments caused an increase of sodium content by 5 and 11% compared to S0 treatment. The highest amount of ascorbic acid was measured in S3 treatment by 0.45 ppm, which was significantly different from other treatments. Lowest amount of ascorbic acid was obtained by 0.306 ppm in S2 treatment which caused a 9% decrease in the amount of vitamin C, but in the S1, S3 and K treatments this parameter increased by 14, 33, and 29%, respectively, compared to the S0 treatment.

Conclusion: Results of this experiment indicated the significant effect of chitosan on the growth,yield and some quality characteristics of tomato fruit. Based on the results, the use of chitosan as a biological stimulant enhanced the absorption of water and nutrients and had a positive effect on physiological processes of tomato. Improvement of vegetative growth caused an increase in yield, fresh weight, dry weight, soluble solids and vitamin C. However, in the case of nitrogen, phosphorus, potassium, sodium and calcium elements, there was no linear trend in the increase of elements. In general, chitosan foliar application increased the percentage of the investigated elements compared to the control treatment.

Keywords: Seed coating, bio stimulant, foliar, sustainable agriculture, ascorbic acid

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۵ شماره۳، پاییز ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

بررسی کاربرد کیتوزان بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی

فرشاد زندیان[۱]، امین فرنیا[۲*]، مهیار شیخ الاسلامی[۳] و عباس رضایی زاد[۴]

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.

۳- دانشیار بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۴- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸

کلمات کلیدی:

بذر مال،

کشاورزی پایدار،

محرک زیستی،

محلول پاشی،

ویتامین ث

* عهده دار مکاتبات:

Email: ffamin441@gmail.com

چکیده

اهمیت گوجه فرنگی به علت وجود انواع ویتامین‌ها و املاح معدنی است. کیتوزان به دلیل خاصیت ضد میکروبی که در مقابل طیف وسیعی از باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها و همچنین در جهت ایجاد یک پوشش نازک روی میوه و سبزیجات که به صورت یک پوشش محافظ ضد باکتری و ضد قارچ اهمیت دارد. به منظور بررسی اثر محرک زیستی کیتوزان بر رشد، عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزارع متعلق به مجتمع کشت و صنعت روژین تاک واقع در شهرستان کرمانشاه انجام شد. آزمایش شامل ۱۵ کرت، هر کرت با طول ٤/۲ و عرض ۲/۱ متر در نظر گرفته شد. در هرکرت سه ردیف و در هر ردیف ۷ بوته و ۲۱ بوته در هر کرت کشت گردید. فاصله بین ردیف ها ۱/٤ متر و همچنین فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مجموع در این آزمایش ۳۱۵ بوته کشت شد. تراکم کشت حدود ۲/۳۸ بوته در متر مربع یا ۲۳۸۰۰ بوته در هکتار بود. در این آزمایش محرک زیستی کیتوزان در پنج سطح مورد ارزیابی قرار گرفت که شامل: شاهد (S_0) ، ۱/۱۰۰۰ یک در هزار (S_1)، ۲/۱۰۰۰ دو در هزار (S_2)، ۳/۱۰۰۰ سه در هزار (S_3) و تیمار بذر مال(K) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کیتوزان در سطح یک درصد بر تمامی صفات معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد در تیمارS_3 در سال اول به مقدار ۲۲۷ تن در هکتار بدست آمد. اثر تیمارهای کیتوزان S_1، S_2، S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ١٤، ۱۹، ۲۵ و ۱۱ درصدی عملکرد نسبت به تیمار S_0 شد.

بیش‌ترین مقدار وزن تر، درصد فسفر، سدیم، نیتروژن و ویتامین ث در تیمار S_3 به بدست آمد. بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول و اسیدیته در تیمار K مشاهده شد. در مجموع محلول‌پاشی کیتوزان در تمامی غلظت های مورد استفاده با تاثیر بر افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی، رشد رویشی را افزایش داده در نتیجه باعث افزایش مقدار عملکرد و جذب بیشتر عناصر غذایی شد.

مقدمه

گوجه فرنگی یکی از محصولاتی است که در بین سبزیجات، بیش‌ترین مصرف را به خود اختصاص داده و در طی قرن گذشته با تولید سالانه حدود ۵۰ میلیون تن یکی از پرمصرف‌ترین سبزی‌ها محسوب می‌شود. با توجه به صدور فرآورده‌های آن به سایر کشورها، رونق بازار جهانی تولیدات حاصل از این سبزی و امکانات وسیع تولید و فرآوری آن در ایران، اهمیت زیادی یافته و با توجه به ارز آوری مناسب، مورد توجه مسئولین، صاحبان صنایع و کشاورزان قرار گرفته است. در سال های اخیر سطح زیر کشت این محصول به شدت افزایش یافته است. به طوری که به عنوان یک گیاه زراعی در سطح وسیع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۱۸). اهمیت گوجه فرنگی و مطرح شدن آن به صورت امروزی به علت وجود انواع ویتامین‌ها و املاح معدنی است که به مقادیر زیاد در آن یافت می‌شود و حتی به عنوان خوراکی مناسب برای سیستم گوارشی و مبتلایان به ورم رماتیسم از آن یاد می‌شود (۲).

کیتوزان[1] یک پلیمر زیستی است که جزء کیتین سخت پوستان، قارچ‌ها و بند پایان است و بعد از سلولز فراوان‌ترین پلی ساکارید در سطح زمین می‌باشد (۵). همچنین ماده‌ای غیر سمی، آب دوست، زیست تخریب پذیر، ضد باکتری و سازگار با محیط زیست است (۲۹). همچنین دارای خاصیت منعکس کننده‌ی نور و ضد تعرقی می‌باشد که باعث کاهش از دست رفتن آب از گیاه و در نتیجه خنک شدن گیاه می‌شود (۳۸).

کیتوزان از پلی ساکاریدهای نیتروژن‌دار است که با واکنش استیل زدای کیتین به صورت طبیعی ایجاد می شود (۴۲). این پلی ساکارید به طور برجسته در پوسته سخت پوستانی مانند خرچنگ، میگو، کوتیکول حشرات و دیواره سلولی قارچ‌ها یافت می‌شود (۴۳). کیتوزان کاربردهای بسیاری در کشاورزی دارد. به دلیل خاصیت ضد میکروبی که در مقابل گسترده وسیعی از باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها دارد (۷). و در جهت ایجاد یک پوشش نازک روی خوراکی‌هایی نظیر میوه و سبزیجات که به صورت یک پوشش محافظ ضد باکتری و ضد قارچ مانع از فساد محصولات کشاورزی می‌شود (۴۵) و با فعال نمودن تعدادی از آنزیم‌ها نظیر فیتواکسین[2] و کیتینازها[3] مقاومت گیاه را در برابر شرایط نامساعد محیطی و تنش‌ها افزایش داده و صدمات ناشی از آن‌ها را کاهش داد (۳). با توجه به برخی شواهد که حاکی از بهبود کیفیت محصولات گیاهی توسط کیتوزان شده است، مطالعه و شناخت اثر محلول‌پاشی محرک زیستی کیتوزان بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان مهم نظیر،گوجه فرنگی اهمیت ویژه در پژوهش‌های کشاورزی دارد مطالعات مربوط به تولید این محصولات، در ایران و سایر کشورها چندان مورد توجه و مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین شناخت تأثیر محلول-پاشی کیتوزان جهت ارزیابی عملکرد کمی و کیفی گیاهان و تعیین شرایط بهینه کشت آنها نیازمند مطالعه و تحقیق است.

1- Chitosan

2- Phytotoxins
3- Chitinases

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر محرک زیستی کیتوزان بر رشد و عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزارع متعلق به شرکت دشت سبز مجتمع کشت و صنعت روژین تاک واقع در شهرستان کرمانشاه انجام شد. ماده کیتوزان مورد نیاز با نام تجارتی کیتوپلاس از شرکت کیمیا سبزآور تهیه شد. آزمایش شامل ۱۵ کرت بود. هر کرت با طول ۴/۲ و عرض ۲/۱ متر در نظر گرفته شد. در هرکرت سه ردیف و در هر ردیف ۷ بوته و ۲۱ بوته در هر کرت کشت گردید. فاصله بین ردیف ها ۱/۴ متر و همچنین فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مجموع در این آزمایش ۳۱۵ بوته کشت شد. تراکم کشت حدود ۲/۳۸ بوته در متر مربع یا ۲۳۸۰۰ بوته در هکتار بود. در این آزمایش محرک زیستی کیتوزان در پنج سطح مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای مورد استفاده شامل: محلول پاشی کیتوزان با غلظت صفر شاهد (S_0) ، ۱/۱۰۰۰ یک در هزار (S_1)، ۲/۱۰۰۰ دو در هزار (S_2)، ۳/۱۰۰۰ سه در هزار (S_3) و تیمار بذر مال(K) بود. تیمار بذر مال در هنگام کاشت بذرها و تیمار محلول‌پاشی برگی در مرحله ۶-۴ برگی اعمال شد. درصد عناصر خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

صفات مورد ارزیابی

وزن تر و خشک بوته: وزن تر بوته‌ها در مرحله برداشت با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک بوته، در پایان آزمایش گیاه از سطح خاک قطع شد. نمونه‌ها در پاکت گذاشته شد و به مدت ۷۲ ساعت در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از خشک شدن وزن شدند. میانگین وزن ۵ بوته به عنوان وزن خشک آن واحد آزمایشی در نظر گرفته شد.

عملکرد میوه: برای محاسبه عملکرد کل، میوه‌ها در برداشت‌های متوالی در هر کرت اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بوته از جمع نمودن وزن محصول برداشت-های متوالی برای تمام بوته‌ها و تقسیم آن بر تعداد بوته‌های موجود عملکرد کل برای هر بوته محاسبه و نیز عملکرد در هکتار برای آن تیمار محاسبه و ثبت شد.

غلظت عناصر غذایی: به منظور تعیین میزان عناصر غذایی در برگ نمونه‌های، برگ در انتهای آزمایش تهیه و جهت از بین بردن گرد و خاک احتمالی با آب مقطر شسته شدند و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت درآون خشک شد. نمونه‌های خشک شده به وسیله آسیاب برقی پودر شده و جهت اندازه‌گیری مواد مورد نظر استفاده شد. روش تهیه عصاره به روش امامی (۱۹۹۶) انجام شد (۱۷). اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش اولسن و اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر انجام شد. اندازه‌گیری کلسیم به روش جذب اتمی با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام شد (۱۷).

تعیین pH : با استفاده از دستگاه pH متر اندازه گیری شد. تعیین غلظت مواد جامد محلول: در این قسمت پس از برداشت میوه ها برای تعداد ۵ عدد میوه از هر واحد آزمایشی درصد وزن مواد جامد موجود در یک محلول به وزن کل محلول اندازه گیری شد.

اسیدیته میوه: برای اندازه‌گیری اسیدیته ۱۰ سی سی آب میوه با ۴۰ سی سی آب مقطر مخلوط شده و سپس تیتراسیون آن با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH=۸/۱ انجام می‌گیرد. در نهایت بر اساس میزان سود مصرفی و رابطه زیر میزان اسیدیته محاسبه می‌شود (۶).

اسیدیته بر حسب درصد اسید سیتریک = حجم سود مصرفی ×۰/۰۶۴ (۱)

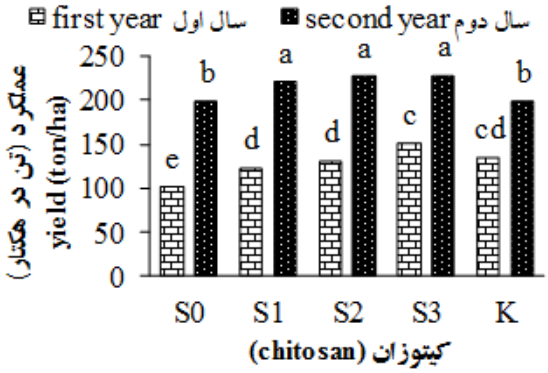
تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل انجام شد.

جدول(۱) ویژگی‌های خاک در (۰-۳۰ سانتی متر) در محل آزمایش
Table (1) Selected properties of the top soil (0–30 cm) at the experimental site.

Year سال	N (%) نیتروژن (درصد)	P (mg kg^{-1}) فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	K (mg kg^{-1}) پتاسیم(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Zn (mg kg^{-1}) روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Fe (mg kg^{-1}) آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Organic matter (%) مواد آلی(درصد)	EC (dS/m) هدایت الکتریکی	pH اسیدیته	Soil texture بافت خاک
2017-2018	12.5	16.4	650	1.5	4.6	1.25	0.37	7.65	Si-C

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، کیتوزان و اثر متقابل سال× کیتوزان بر مقدار عملکرد معنی‌دار($P\leq0.01$) بود (جدول۲).



شکل (۱) اثر متقابل کیتوزان × سال بر مقدار عملکرد($P\leq5\%$)
Figure (1) interaction effect of chitosan ×year on yield ($P\leq5\%$)

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال×کیتوزان نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد در تیمار S_3 در سال دوم به مقدار ۲۲۷ تن در هکتار بدست آمد که با تیمارهای S_1 و S_2 در سال دوم اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار عملکرد هم مربوط به تیمار S_0، ۱۰۲ تن در هکتار بود. اثر محلول‌پاشی کیتوزان در سال اول و دوم باعث افزایش عملکرد نسبت به تیمار S_0 شد به طوری که در سال اول در تیمارهای S_1، S_2، S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ۲۰، ۲۷، ۴۷ و ۳۱ درصدی و در سال دوم باعث افزایش ۱۱، ۱۴، ۱۵ و ۱ درصدی عملکرد نسبت به تیمار S_0 شد.

(شکل ۱). کیتوزان در افزایش کلروفیل و فتوسنتز نقش دارد و علاوه بر این، کیتوزان بیان ژن کلروپلاست برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که تغییر در اندازه کلروپلاست ممکن است عامل تحریک کننده رشد گیاه لونگان (چشم اژدها) باشد (۲۸). محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش سطح برگ گیاه گلرنگ در شرایط بدون تنش نسبت به تیمار شاهد شد (۳۲). در آزمایش دیگری محلول پاشی کیتوزان ۲/۵ درصد در گیاه لوبیا باعث افزایش سطح برگ گردید (۴۹). همچنین محلول‌پاشی کیتوزان هدایت روزنه‌ای را افزایش می‌دهد و باعث کاهش تعرق، بدون تأثیر در ارتفاع بوته، طول ریشه، سطح برگ و یا زیست توده گیاهی می‌شود (۴۱). کیتوزان سیگنالی را برای سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین القاء می‌کند و رشد و نمو گیاه را توسط بعضی مسیرهای سیگنالینگ مربوط به بیوسنتز اکسین، از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان، افزایش دهد (۲۴). مصرف کیتوزان به صورت محلول‌پاشی، در گیاهان پنبه (۱۳)، سویا (۳۰) و برنج (۴۰) عملکرد را افزایش داد. محلول-پاشی کیتوزان به طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد، وزن و کیفیت میوه فلفل شده است (۲۰). طبق گزارش‌ها با افزایش مصرف کیتوزان، عملکرد دانه در گیاه باقلا افزایش یافت (۳۷). طی آزمایشی که روی بامیه انجام شد افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف کیتوزان با غلظت ۰/۰۱ درصد گزارش شد (۳۷).

جدول(۲) تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی

Table (2) Composite variance analysis of investigated trait

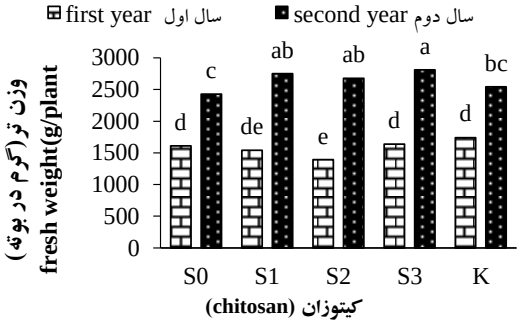
	درجه آزادی DF	میانگین مربعات										
		عملکرد Yield	وزن تر FW	وزن خشک DW	اسیدیته PH	مواد جامد محلول کل TSS	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	کلسیم CA	سدیم NA	ویتامین ث Ascorbic acid
سال Year	1	74373**	1162979**	116132**	0.97**	0.102^{ns}	0.576**	0.745**	0.046*	0.032**	0.0005^{ns}	0.0005^{ns}
خطا Error	6	225	22333	559	0.004	0.084	0.018	0.021	0.003	0.001	0.001	0.001
کیتوزان chitosan	4	1630**	5788*	3279**	0.105**	0.305**	0.377**	0.622**	0.012**	0.224**	0.004**	0.030**
سال×کیتوزان Year× chitosan	4	485**	107132*	4479**	0.065**	0.042^{ns}	0.225**	1.27**	0.022**	0.068**	0.005**	0.00001^{ns}
خطا Error	24	158	20591	498	0.004	0.042	0.011	0.019	0.002	0.001	0.001	0.0002
ضریب تغیرات CV		7.3	6.7	7.6	10.3	4	3.8	3.4	7.5	7.5	13.3	3.9

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

وزن تر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده و متقابل بر روی وزن تر معنی دار ($P\leq0.01$) شد (جدول۲). بیش‌ترین مقدار وزن تر در تیمار S_3 در سال دوم به مقدار ۲۸۱۰ گرم به بدست آمد که با تیمارهای S_1 و S_2 در سال دوم اختلاف معنی داری نداشت. اما با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بود. اثر تیمار کیتوزان در سال دوم باعث افزایش عملکرد نسبت به تیمار S_0 شد به طوری که در تیمارهای S_1، S_2، S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ۱۳، ۱۰، ۱۶ و ۵ درصدی شد (شکل ۲). محلول‌پاشی کیتوزان با غلظت ۱، ۲، ۳ و ۴ سانتی متر مکعب بر لیتر باعث افزایش وزن تر و خشک برگ گیاه توت فرنگی شد(۱). همچنین در تحقیق مشابهی محلول‌پاشی کیتوزان با غلظت ۲، ۴ و ۶ سانتی متر مکعب در لیتر باعث افزایش وزن خشک برگ و اندام هوایی در گیاه فلفل دلمه‌ای شده است (۲۰). به تازگی گزارش شده است که کیتوزان باعث رشد، توسعه سلولی و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاه می‌شود، کیتوزان با استفاده از افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم نیتروژن (نیترات ردکتاز[1]، گلوتامین[2] و پروتئازسنتتاز[3]) و بهبود انتقال نیتروژن باعث توسعه و رشد می‌شود (۳۷). طبق بررسی‌های صورت گرفته محلول‌پاشی کیتوزان محتوای اسیدآبسزیک را در برگ‌ها افزایش می‌دهد (۴۴). محققین در پژوهشی دیگر دریافتند که کاربرد کیتوزان بر روی رشد و عملکرد تربچه تأثیر گذاشته و باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک گیاه می‌شود (۱۰).



شکل (۲) اثر متقابل کیتوزان × سال بر وزن تر($P\leq5\%$)
Figure (2) interaction effect of chitosan ×year on fresh weight ($P\leq5\%$)

وزن خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، کیتوزان و اثر متقابل سال× کیتوزان بر وزن خشک معنی‌دار($P\leq0.01$) بود. (جدول۲). بیش‌ترین مقدار وزن خشک در تیمار S_2 در سال دوم به مقدار ۳۹۹ گرم در بوته بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت. کم‌ترین مقدار وزن تر هم در تیمار S_0 در سال اول به مقدار ۲۰۱ گرم در بوته به دست آمد (شکل ۳). محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش رشد رویشی در گیاه کلم(۲۲)، ذرت(۲۱)، لوبیا (۴۹) و افزایش وزن خشک اندام هوایی در گیاه گلرنگ (۳۲) شده است. محلول‌پاشی کیتوزان بر رشد و ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه دارویی همیشه بهار(*Calendula officinalis*) تأثیر گذاشته و به عنوان عامل مثبتی در بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و رشد ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی مؤثر است (۲۴)، همچنین در پژوهش دیگری که بر روی گیاه گوجه فرنگی صورت گرفت محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش تعداد شاخه، تعداد برگ، وزن خشک برگ و اندام هوایی شد (۱۶). در سال اول اثر تمامی سطوح کیتوزان باعث افزایش وزن خشک نسبت به تیمار S_0 شد به طوری که در تیمارهای S_1، S_2، S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ۳۸، ۱۲، ۲۱ و ۲۳ درصدی نسبت به تیمار S_0 شد. همچنین در سال دوم تمامی سطوح محلول پاشی کیتوزان به غیر از تیمار K که باعث افزایش وزن خشک گردید. تیمار K باعث کاهش ۳/۷ درصدی وزن خشک نسبت به تیمار S_0 شد هر چند این اختلاف دارای تاثیر

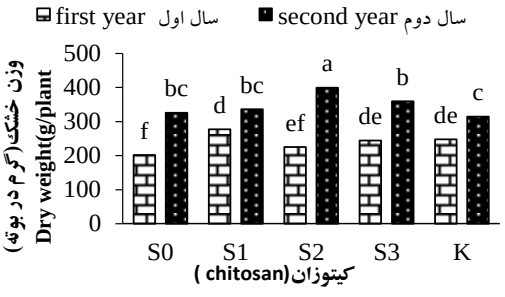
1- Nitrate reductase,
2- glutamine
3- protease synthetase

معنی‌داری نبود (شکل ۳). افزایش طول و وزن خشک ساقه را در گیاهان تیمار شده با کیتوزان مشاهده کردند (۱۲). مکانیزم عمل کیتوزان بر رشد ناشناخته باقی مانده است کیتوزان ممکن است رشد و نمو گیاه را از طریق سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین واکسین افزایش دهد (۵۲). کاربرد غلظت‌های مختلف کیتوزان در گیاه لوبیا نیز منجر به افزایش وزن خشک ساقه و ریشه گردید (۵۱). گزارش شده که پیش تیمار با کیتوزان باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه زنیان (*Carum copticum*) شد (۳۱).

اسیدیته

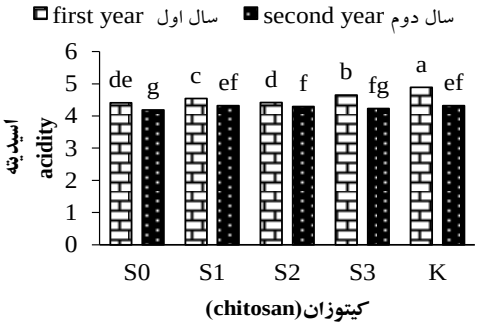
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی ات ساده و متقابل بر مقدار اسیدیته معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول۲).

بیش‌ترین مقدار اسیدیته در تیمار K در سال اول به مقدار ۴/۸۹ مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. کم‌ترین مقدار اسیدیته هم مربوط به تیمار S_0 در سال دوم به مقدار ۴/۱۹ بود. محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش مقدار اسیدیته گردید. تیمار K در مجموع سال اول و دوم نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی اثر بیش‌تری در افزایش مقدار اسیدیته داشت. به طوری که در تیمار K نسبت به S_0 ، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب باعث افزایش ۶، ۳، ۵ و ۳ درصدی اسیدیته شد (شکل ۴).



شکل (۳) اثر متقابل کیتوزان × سال بر وزن خشک(P≤5%)

Figure (3) interaction effect of chitosan×year on dry weight (P≤5%)



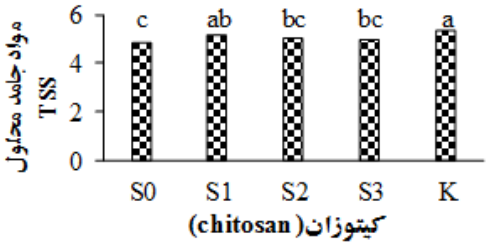
شکل (٤) اثر متقابل کیتوزان × سال بر اسیدیته(P≤5%))

Figure (4) interaction effect of chitosan ×year on PH (P≤5%)

مواد جامد محلول

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کیتوزان بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار($P\leq0.01$) شد (جدول۲). بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول در تیمار K به مقدار ۵/۳۵ مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. اثر تیمار کیتوزان باعث افزایش میزان مواد جامد محلول نسبت به تیمار S_0 شد. به طوری که اثر تیمارهای S_1، S_2، S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ۷، ۴، ۳ و ۱۰ درصدی میزان مواد جامد محلول نسبت به تیمار S_0 شد (شکل ۵). کل مواد جامد محلول یکی از ویژگی‌های کیفی است که غلظت مواد جامد محلول در میوه را معین می‌کند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد کیتوزان، مقدار کل مواد جامد محلول گوجه فرنگی افزایش یافت. دلیل اساسی تجمع مواد جامد محلول در سلول در اثر، غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی بوده و در نتیجه، آب ذخیره شده کاهش و مقدار مواد جامد انحلال پذیر افزایش پیدا می-کند (۳۶). افزایش معنی‌داری در غلظت کل قند، اسید-های آمینه آزاد و فنل‌های محلول در برگ درختان پرتقال محلول‌پاشی شده توسط کیتوزان، نسبت به درختان شاهد وجود داشت(۴). گزارش شده که کربوهیدرات کل توت فرنگی در نتیجه محلول‌پاشی کیتوزان افزایش یافته است (۱۵). کیتوزان با غلظت (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بالاترین محتوای متابولیت ثانویه را در گیاه ریحان میخکی(*Ocimum gratissimum*) ایجاد

کرد (۳۴). ایریتی و همکاران[1] (۲۵) گزارش دادند که کیتوزان قادر به کاهش تعرق در گیاهان لوبیا بود و این ممکن است به افزایش محتوای اسید آبسزیک اسید در برگ‌های تیمار شده اشاره داشته باشد. افزایش هورمون-های گیاهی (اسید ابسزیک اسید[2]، جیبرلین[3] و اکسین[4]) و همچنین ترکیبات محافظت کننده اسمزی مانند قند، اسیدهای آمینه آزاد و فنل‌های محلول ممکن است تحمل گیاه را به شرایط نامطلوب محیطی حاکم بهبود بخشد.



شکل (۵) اثر متقابل کیتوزان در سال بر غلظت مواد جامد محلول(P≤5%)

Figure (5) interaction effect of chitosan on TSS (P≤5%)

نیتروژن کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل بر درصد نیتروژن معنی‌دار (P≤0.01) شدند (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کیتوزان نشان داد که بیش‌ترین مقدار نیتروژن کل در تیمار S_0 مشاهده شد. هر چند این مقدار با تیمارهای S_2 در سال دوم و S_3 در سال اول و دوم و تیمار K در سال اول اختلاف معنی داری نداشت. کم‌ترین میزان نیتروژن هم در تیمار S_1 در سال دوم مشاهده شد. تیمارهای S_2، S_3 و K باعث افزایش درصد نیتروژن در سال دوم نسبت به S_0 شد. درصد نیتروژن به طور میانگین در سال اول و دوم در تیمارهای S_2، S_3 و K بیشتر از تیمار S_0 بود و این افزایش به ترتیب ۵، ۶ و۱درصد بود. اما در تیمار S_1 این مقدار از تیمار S_0 (۱۳درصد)کمتر بود (شکل۶). المیناوی و همکاران[5] (۱۵) گزارش کردند که محتوای نیتروژن برگ توت فرنگی افزایش قابل توجهی را در تیمارهای استفاده شده کیتوزان در مقایسه با گیاهان شاهد ثبت کرد. شهاتا و همکاران[6] (۴۸) دریافتند که محلول‌پاشی کیتوزان به طور قابل توجهی باعث افزایش غلظت نیتروژن و همچنین برخی عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) در برگ‌های خیار شد. ذرات کیتوزان به راحتی توسط اپیدرم برگ‌ها جذب و به ساقه منتقل می‌شوند که سبب افزایش رشد و بهره‌وری گیاهان زراعی می‌شود (۳۳). وان و همکاران[7] (۵۳) نشان دادند که کاربرد محلول‌پاشی نانو ذرات کیتوزان به نهال قهوه به طور قابل توجهی جذب نیتروژن را ۲۰ تا ۳۵ درصد، افزایش داد.

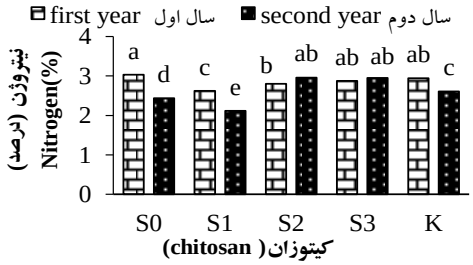
پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده و متقابل بر درصد پتاسیم معنی‌دار (P≤0.01) شدند(جدول۲).

بیش‌ترین درصد پتاسیم در تیمار S_2 در سال اول به مقدار ۴/۶۲ درصد بدست آمد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. در تیمارهای S_1 و S_0 در سال دوم کیتوزان باعث افزایش درصد پتاسیم نسبت به تیمار S_0 شدند. در تیمار S_2 در سال اول و دوم کیتوزان باعث افزایش درصد پتاسیم گردید. به نظر می‌رسد تیمار S_2 نسبت به سایر تیمارها تاثیر بیش‌تری بر مقدار پتاسیم دارد (شکل۷).کاربرد کیتوزان به طور معنی‌داری میزان پتاسیم را در دانه‌های قهوه افزایش می‌دهد (۱۴). کاهش پتاسیم سبب خسارت به سلول هم از نظر فیزیولوژی و هم بیو-شیمیایی می‌شود و می‌تواند به عنوان یکی از دلایل اصلی سمیت مطرح گردد (۴۷). فاروق و عبدالمحسن (۱۹) نشان دادند که محلول‌پاشی کیتوزان (۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی افزایش چشمگیر و بسیار معنی‌داری داشت. به طور میانگین در تیمارهای S_1 و S_2 محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش ۱ و ۱۵ درصدی مقدار پتاسیم نسبت به تیمار S_0

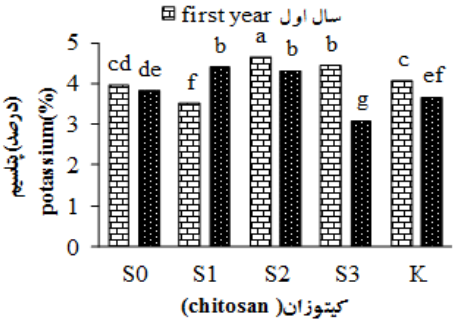
1- Iriti *et al.*
2- ABA
3- GA3
4- IAA
5- El-Miniawy *et al.*
6- Shehata *et al.*
7- Van *et al.*

شد اما در تیمارهای S_3 و K باعث کاهش مقدار پتاسیم نسبت به تیمار S_0 شد(شکل ۷). همچنین در گزارشی بیان شد که محلول‌پاشی کیتوزان در قهوه محتوای پتاسیم را از ۳۰ تا ۴۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (۵۳).



شکل (٦) اثر متقابل کیتوزان × سال بر درصد نیتروژن(P≤5%)

Figure (6) interaction effect of chitosan ×year on nitrogen % (P≤5%)



شکل (۷) اثر متقابل کیتوزان ×سال بر درصد پتاسیم(P≤5%)

Figure (7) interaction effect of chitosan ×year on potassium%(P≤5%)

فسفر

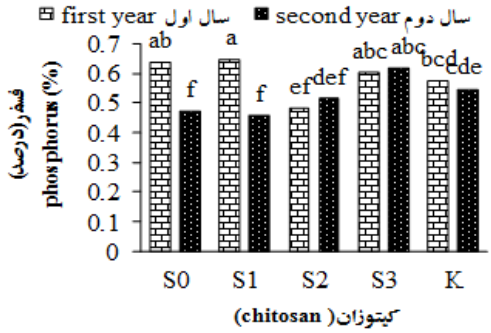
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی اثرات ساده و متقابل بر درصد فسفر معنی‌دار (P≤0.01) بود(جدول۲).

بیش‌ترین درصد فسفر در تیمار S_1 در سال اول بدست آمد. در سال اول اثر کیتوزان در تیمارهای S_2، S_3 و K باعث کاهش درصد فسفر گردید. اما در تیمار S_1 این اثر مثبت بود. در سال دوم در تیمارهای S_2،S_3 و K باعث افزایش درصد فسفر گردید. در تیمار S_1 در سال دوم هرچند کیتوزان باعث کاهش درصد فسفر نسبت به تیمار S_0 گردید اما این تاثیر معنی‌دار نبود. در مجموع سال اول و دوم تیمارهای, S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ۹ و ۲ درصدی مقدار فسفر نسبت به تیمار S_0 شدند اما در تیمار S_1 تفاوتی مشاهده نشد ولی در تیمار S_2، ۹ درصد مقدار فسفر نسبت به تیمار S_0 کاهش یافت، بیش‌ترین درصد فسفر در برگ گوجه فرنگی تحت تاثیر محلول‌پاشی کیتوزان S_3 بود (شکل۸). سیف الدین و همکاران[1] (۴۶) نشان دادند که مقدار فسفر، کنگر فرنگی تحت تأثیر تیمارهای کیتوزان قرار گرفت. محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش غلظت فسفر در برگ‌های خیار شد (۴۸). وان و همکارن (۵۳) نیز گزارش دادند که محتوای فسفر از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد، در اثر محلول‌پاشی کیتوزان افزایش یافت.

کلسیم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات، سال، کیتوزان و اثر متقابل سال× کیتوزان بر درصد کلسیم معنی‌دار(P≤0.01) بودند (جدول۲).

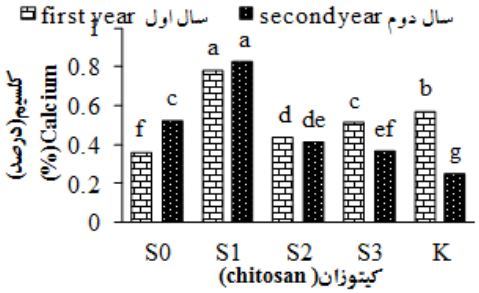
نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیش‌ترین درصد کلسیم در تیمار S_1 در سال اول بدست آمد کم‌ترین مقدار کلسیم نیز در تیمار K در سال دوم مشاهده گردید. محلول‌پاشی کیتوزان در تیمار S_1 باعث افزایش ۸۲ درصدی مقدار کلسیم نسبت به تیمار S_0 شد اما در تیمارهای S_2، S_3 و K باعث کاهش درصد کلسیم نسبت به تیمار S_0 شد (شکل۹). وان و همکارن (۵۳) نیز گزارش دادند که محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش ۳/۷۷ درصدی کلسیم در مقایسه با تیمار شاهد شد.



شکل (۸) اثر متقابل کیتوزان ×سال بر درصد فسفر(P≤5%)

Figure (8) interaction effect of chitosan ×year on phosphorus %(P≤5%)

1- Saif Eldeen *et al.*



شکل (۹) اثر متقابل کیتوزان ×سال بر درصد کلسیم(P≤5%)

Figure (9) interaction effect of chitosan ×year on calcium %(P≤5%)

سدیم

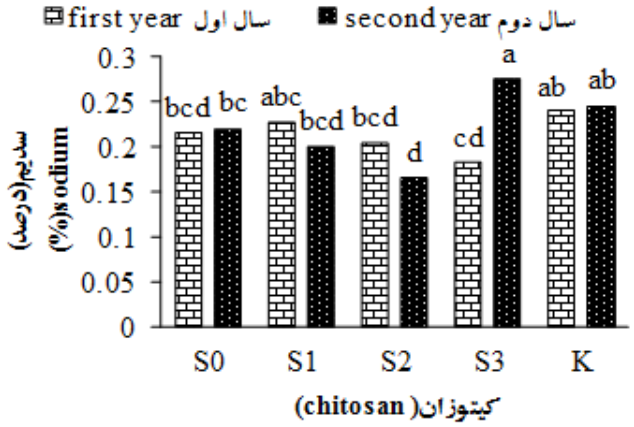
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، کیتوزان و اثر متقابل سال× کیتوزان بر مقدار سدیم معنی‌دار (P≤0.01) بود (جدول۲). بیش‌ترین مقدار سدیم در تیمار S_3 در سال دوم بدست آمد (شکل۱۰). غلظت پایین سدیم و بالای پتاسیم در سیتوپلاسم برای حفظ فرایند-های آنزیم در سیتوپلاسم لازم و ضروری است (۲۶). در حالی که وقتی گیاهان در معرض تنش قرار می‌گیرند. سدیم زیادی جذب کرده و در ضمن از جذب پتاسیم جلوگیری به عمل می‌آید (۳۹). سدیم تغییراتی را در تعادل یونی ایجاد کرده و عدم تعادل یونی سبب کاهش یا ممانعت از رشد گیاه می‌گردد به نظر می‌رسد استفاده از کیتوزان با کاهش دادن میزان سدیم در ساقه توانسته گیاه را در تحمل به شرایط نامساعد رشد یاری رساند (۳۵). در این آزمایش مقدار سدیم در سال اول در تیمار-های S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_0 کاهش یافت (شکل۱۰). اما همین تیمارها در محتوای پتاسیم نسبت به S_0 افزایش نشان دادند(شکل ۷). به طور میانگین استفاده از کیتوزان در تیمارهای S_3 و K باعث افزایش ۵ و ۱۱ درصد مقدار سدیم نسبت به تیمار S_0 شد اما در تیمارهای S_1 و S_2 باعث کاهش ۲ و ۱۵ درصدی مقدار سدیم نسبت به تیمار S_0 شد.

ویتامین ث

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثر تیمار کیتوزان بر مقدار ویتامین ث معنی‌دار(P≤0.01) شد اما سایر تیمارها معنی‌دار نشدند (جدول۲).

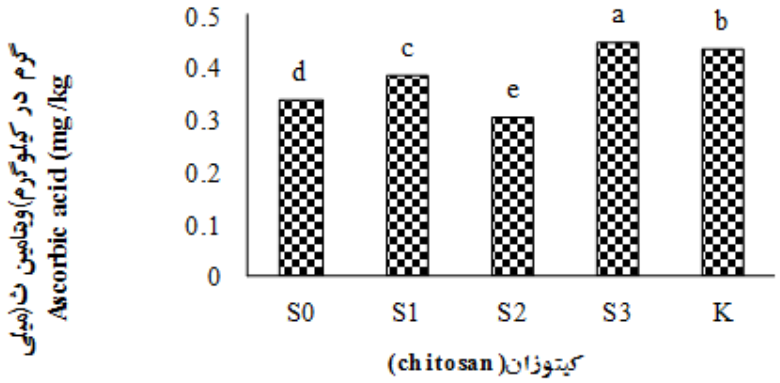
بیش‌ترین مقدار ویتامین ث در تیمار S_3 بدست آمد که دارای اختلاف معنی داری با سایر تیمارها بود. به غیر از تیمار S_2 که باعث کاهش ۹ درصدی مقدار ویتامین ث شد در تیمارهای S_1، S_3 و K به ترتیب باعث افزایش ۱۴، ۳۳ و ۲۹ درصدی ویتامین ث نسبت به تیمار S_0 شد (شکل ۱۱). کاهش ویتامین ث از لحاظ ارزش غذایی نامطلوب است، بنابراین جلوگیری از کاهش ویتامین ث که احتمالاً با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با اکسیداسیون آن صورت می‌گیرد در ماندگاری ارزش تغذیه‌ای میوه‌ها بسیار مفید است.

کاهش در میزان ویتامین ث ممکن است به دلیل افزایش اکسیداسیون حاصل از کاهش آب باشد (۵۰). ویتامین ث در طول دوره نگهداری میوه گواوا نیز کاهش یافته است ولی این کاهش در تیمارهای کیتوزان کمتر بوده است (۲۳). کاهش افت میزان ویتامین ث به دلیل کاهش نفوذ پذیری اکسیژن توسط پوشش‌هاست اکسیژن کم باعث کاهش سرعت اکسیداسیون ویتامین ث می‌شود (۸). بنابراین می توان چنین برداشت نمود که اتمسفر تعدیل شده ایجاد شده توسط پوشش کیتوزان موجب کاهش از دست دادن ویتامین ث می‌شود. کیتوزان با تشکیل یک غشا نیمه تراوا، تبادلات گازی را تنظیم کرده و تعرق را کاهش می‌دهد و در نتیجه رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد(۲۷). همچنین کم‌ترین افت ویتامین ث در انبه را با تیمار1 درصد کیتوزان گزارش دادند (۱۱).



شکل (۱۰) اثر متقابل کیتوزان ×سال بر درصد سدیم(P≤5%)

Figure (10) interaction effect of chitosan ×year on sodium %(P≤5%)



شکل (۱۱) اثر متقابل کیتوزان ×سال بر ویتامین ث(P≤5%)

Figure (11) interaction effect of chitosan ×year on ascorbic acid (P≤5%)

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش تاثیر کیتوزان بر رشد و عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی را مورد بررسی قرار داد و بر اساس نتایج به دست آمده استفاده از کیتوزان به عنوان محرک زیستی با تاثیر بر جذب آب و مواد غذایی و تاثیر بر فرآیند های فیزیولوژیکی و بهبود رشد رویشی باعث افزایش عملکرد ، وزن تر، وزن خشک، مواد جامدمحلول و ویتامین ث شد. هرچند در مورد عناصر نیتروژن ،فسفر، پتاسیم سدیم و کلسیم روند خطی در افزایش عناصر مشاهده نشد. اما در مجموع محلول پاشی کیتوزان باعث افزایش درصد عناصر مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد شد. به طوری که بیش‌ترین تاثیر در افزایش مقدار عملکرد ، وزن تر بوته، نیتروژن ،فسفر و ویتامین ث در تیمار S_3 مشاهده شد همچنین بیش‌ترین مقدار اسیدیته ، مواد جامد محلول و سدیم در تیمار K مشاهده گردید. بیش‌ترین مقدار وزن خشک بوته و پتاسیم در تیمار S_2 و بیش‌ترین مقدار کلسیم در تیمار S_1 مشاهده شد.

References

1. Abdel-Mawgoud, AMR., Tantawy, AS., El-Nemr, MA., and Sassine, YN., 2010. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. Eur. J. Sci. Res. 39(1):161-168.

2. Abushita, A. A., Daood, H.G., and Biacsp, A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological Factors. Am. Ch. Society. 48 :2075- 2081.

3. Agrawal, G., Rakwal, R., Tamogami, S., Yonekurad, M., Kubo, A., and Saji, H., 2002. Chitosan activates defense/stress response(s) in the leaves of Oryza Sativa seedlings. Plant Physiology and Biochem. 40: 1061-1069.

4. Ahmed Hussien H. A., Mohamed Ramadan, A. N., Hesham Ali A. and Amira F. El. 2016 .Effect of pre-harvest chitosan foliar application on growth, yield and chemical composition of Washington navel orange trees grown in two different regions African Journal of Biochemistry Research Vol. 10(7), pp. 59-69

5. Akakuru, O.U., Louis, H., Amos, P.I., Akakuru, O.C., Nosike, E.I. and Ogulewe, E.F. 2018. The Chemistry of Chitin and Chitosan Justifying their Nanomedical Utilities. Biochem Pharmacol, 7(1): 241- 247.

6. AOAC. (1995). Official Method of Analysis of AOAC International, 16th edition. The United States of America, DC.

7. Arriola O.C., Rocha M.C., Hernandez, A.B., Brauer. J.M.E., and Jatomea, M.P. 2013. Controlled release matrices and micro/nanoparticles of chitosan with antimicrobial potential: development of new strategies for microbial control in agriculture. Journal of the Science of Food and Agriculture; 93 (7): 1525 - 36.

8. Ayranci, E. and Tunc, s. 2004. The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (Armeniaca vulgaris Lam.) and green peppers (Capsicum annuum L.). Food Chemistry 87(3): 339-342.

9. Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J. P., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P., Osorio, M. L., Carvalho, I., Faria, T., and Pinherio, C. 2002. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. Annals of Botany 89: 907-916.

10. Chibu, H., Shibayama, H., and Susuma, A. 2001. Effects of Chitosan Application on the Shoot Growth of Rice and Soybean. Japanese Journal of Crop Science. 71 (2): 206 - 11.

11. Chien, P. J., Sheu F., and Yang F. H. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering 78: 225–229.

12. Cho, M. H., No, H. K., and Prinyawiwatkul, W. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. Journal of Food Science 73: 570-577

13. Dzung, N. A. 2007. Chitosan and theirderivatives as prospective bio substances fordeveloping sustainable eco-agriculture. In: Senel, S., Varum, K.M., Sumnu, M.M., Hincal, A.A. (eds.), Advances in Chitin Science, CRC Taylors and Francis, USA, pp. 453–459.

14. Dzung, N. A., Phuong Khanh, V. T. and Dzung, T. T. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. Carbohydrate Polymer 84: 751–161-8.

15. El-Miniawy SM, Ragab ME, Youssef SM, Metwally A.A. 2013. Response of strawberry plants to foliar spraying of chitosan. Res. J. Agric. Biol. Sci. 9(6):366-372.

16. El-Tantawy E.M. 2009. Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments. Pakistan J. Biol. Sci.; 12 (17): 1164 - 73.

17. Emami, A. 1996. Plant analysis methods. First Edition. Soil and water research publications of the country. Tehran. 50 pages (in farsi)

18. Farahmand, A. R., Fardad, H., Liaghat, A. M., and Kashi, A. K. 2005. Investigation of the effectiveness of irrigation water regimes and nitrigen amount on the yield and water use efficiency of tomato. Journal of Water and Soil Science 19: 263-270. (In Farsi)

19. Farouk S, Abd El Mohsen R.A. 2011. Improving growth and yield of cowpea plant by foliar application of chitosan under water stress. J. Plant Prod. Mansoura Univ. 2(10):1341-1358.

20. Ghoname A.A., El-Nemr, M. A., Abdel-Mawgoud, A. M. R., and El-Tohamy W. A. 2010. Enhancement of Sweet Pepper crop growth and production by application of biological, organic and nutritional solutions. Research J. Agric. Bio. Sci.; 6 (3): 349 - 355.

21. Guan Y.J., Hu, J., Wang X.J., and Shao C. X. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. J. Zhejiang Univ. Sci.; 10 (6): 427 – 33.

22. Hirano, S. 1988. The activation of plant cells and their self-defence function against pathogens in connection with Chitosan. Nippon Nogeikagaku Kaishi; 62: 293-295 (in Japanese with English summery).

23. Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., and Gong, D. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (Psidium guajava L.) fruit during cold storage. Scientia Horticulturae 144: 172–178.

24. Hussaini Begum M, Taheri GH, Vaezi Kakhaki M.R. and Tlaty M. 2013 . Foliar application of chitosan on growth and morphological characteristics of marigold (Calendula officinalis). National Conference of passive defense in the agricultural sector.

25. Iriti M, Picchi V, Rossoni M, Gomarasca S, Ludwig N, Gargano M, Faoro, F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. Environ. Exp. Bot. 66:493-500.

26. James, R. A., Munns, R., Caemmerer, S., Trejo, C., Miller, C. and Condou, T. 2006 Photosynthetic capacity is related to the cellular and subcellular partitioning of Na+, K+ and Cl–barley and durum wheat. Plant Cell and Environment 29: 2185-2197.

27. Jiang, Y., and Li, Y. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry; 73: 139 - 43.

28. Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C. Chadchanwan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T. 2008. Effect of chitosan on floral production, gene expression and anatomical changes in the Dendrobium orchid. Science Horticulture; 116: 65 - 72.

29. Liu, C., Tan, Y., Liu, C., Chen, X. and Yu, L. 2007. Preparations characterizations and applications of chitosan-based nano particles. Journal of Ocean University of China, 6(3): 237–243.

30. Luan, L.Q., Nagasawa, N., Tamada, M., 2006. Enhancement of plant growth activity of irradiated chitosan by molecular weight fractionation. Radioisotopes. 55, 21–27.

31. Mahdavi, B. and Rahimi, A. 2013. Seed priming with chitosan improves the germination and growth performance of ajowan (Carum copticum) under salt stress. Eurasian J. Biosci. 7: 69 – 76

32. Mahdavi, B., Modares Sani, A.M, AghaAlikhani, M., and Sharifi, M. 2010. The effect of chitosan and water stress on morphological characteristics and root characteristics of safflower (Carthamus tinctorius L.). Agriculture and Plant Breeding Science Eleventh Congress.

33. Malerba, M. and Cerana, R. 2016 Chitosan effects on plant systems. International Journal of Molecular Sciences, 17, 996

34. Mathew, R., and Sankar, P.D. 2014. Comparison of major secondary metabolites quantified in elicited cell cultures, non-elicited cell cultures, callus cultures and field grown plants of Ocimum. Int. J. Pharm. Pharm. Sci. 6(2):102-106.

35. Mer, R. K., Prajith, P. K., Pandya, D. H. and Pandey, A. N. 2000 Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of Hordeum vulgare, Triticum aestivum, Cicer arietinum and Brassica juncea. Journal of Agronomy and Crop Science 185:

36. Mishell, J. P., Shenan., C. Grattana, S. R. and May, D. M. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. Journal of American Society for Horticultural Science 116 (2): 215-221.

37. Mondal, M.A., Malek, M.A., Puteh, A.B., Ismail, M.R., Ashrafuzzaman, M. and Naher, L. 2012 .Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. Australian Journal of Crop Science.; 6(5): 918-921

38. Muchate, N.S., Nikalje, G.C., Rajurkar, N.S., Suprasanna, P. and Nikam, T.D. 2016. Plant Salt Stress: Adaptive Responses, Tolerance Mechanism and Bioengineering for Salt Tolerance. The Botanical Review, 82(4): 371-406.

39. Munns, R. and James, R. A. 2003 Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil 253: 201–218.

40. Nitar, N., Chandrkrachang, S., Stevens, W.F. 2004. Application of chitosan in Myanmar's agricultural sector. p. 102-109. In Khor, E., Hutmacher, D., Yong, L.L., (eds.), Proceedings of the 6th Asia-Pacific Chitin and Chitosan Symposium. 23-26 May. 2004. Singapore, Republic of Singapore.

41. No, H. K., Young, P. N., Ho, L.S. and Meyers, S. P. 2002. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. Int. Food Microbiol.; 74: 65-72

42. Pariser, E.R, and Lombardi, D.P. A guide to the research literature chitin, Source book. Plenum Press. New York, U.S.A. 1988, p: 560.

43. Pichynagkura, R. and Kudan, S. 2002. Quantitative production of 2-acetamido 2-deoxy-Dglucose from Cryatallin Chitin by Bactrial Chitinase. Carbohydrate Res. 337: 1-9.

44. Qin, CH., Xiao, Q., Liu, Y., Zhu, J. and Du, Y. 2006 .Water-Solubility of chitosan and its antimicrobial activity. Carbohydrate Polymers; 63: 367-74.

45. Rabea, E.I., Badawy, M.E., Stevens, C.V., Smagghe, G. and Steurbaut,W . 2003. Chitosan as antimicrobial agent: Aplications and mode of action. Biomacromolecules; 4 (5): 1457 - 65.

46. Saif Eldeen, U.M., Shokr, M.M.B., El Shotoury, RS. 2014. Effect of foliar spray with seaweeds extract and chitosan on earliness and productivity of globe artichoke. J. Plant Prod. Mansoura Univ. 5(7):1197-1207.

47. Shabala, S., Demidchik, V., Shabala, L., Cuin, T. A., Smith, S. J., Miller, A. J., Davies, J. M. and Newman, I. A. 2006 Extracellular Ca2 + ameliorates NaCl- induced K+ loss from Arabidopsis root and leaf cells by controlling plasma membrane K+- permeable channels. Plant Physiology 141:1653–1665.

48. Shehata, SA., Fawy, Z.F, El-Ramady, H. R., 2012. Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. Aust. J. Basic Appl. Sci. 6(4):63-71.

49. Sheikha, SA.AK., and AL-Malki FM., 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. Eur. J. Sci. Res.; 50: 124 - 34.

50. Shin, Y., Liu, R. H. Nock, J. Holliday, D., and Watkins, C. B. 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biology and Technology 45: 349-35

51. Singla, R. and Gary, N. 2005. Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 231-235

52. Uthairatanakij, A., Teixeira da Silva, J. A. and Obsuwan, K. 2007. Chitosan for improving orchid production and quality. Orchid Science and Biotechnology 1: 1-5

53. Van, N.S., Minh, D.H. and Anh, N.D. 2013. Study on chitosan nanoparticles on biophysical characteristics and growth of Robusta coffee in green house. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2, 289-294