مقایسه منابع کودی نانو با منابع کود شیمیایی متداول در کشت بدون خاک گوجه فرنگی

محمد جواد نظری دلجو[1*]، ثریا رحمانی[2]
[1*] دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
[2] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
[*]نویسنده مسئول: nazarideljou@yahoo.com

چکیده

به‌منظور مقایسه منابع کودی نانو (نانوکلاته خضراء) با منبع کود شیمیایی متداول (یارا) در تهیه محلول‌های غذایی، آزمایشی در گلخانه بدون خاک در راستای ارزیابی کارایی و تاثیر منابع مذکور بر پارامترهای رشد و نموی، عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی اجرا گردید. بر همین اساس فرمولاسیون کودی رش تهیه شده از کودهای شیمیایی یارا به عنوان تیمار شاهد و غلظت‌های ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪ و ۱۲۵٪ فرمولاسیون رش تهیه شده از منابع کودی نانوکلاته خضراء در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی با ۳ تکرار بر رشد و نمو گوجه فرنگی **'Razan'** مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش بیانگر تاثیر مثبت نانوکود بر رشد و نمو و عملکرد گوجه فرنگی در مقایسه با منبع کود شیمیایی بود. بر همین اساس بیشترین عملکرد یا میوه برداشت شده در بوته در غلظت ۵۰٪ نانوکود مشاهده گردید. به‌جز تیمار ۱۲۵٪ سایر منابع نانوکلاته دارای عملکرد بیشتری در مقایسه با منبع کودشیمیایی بودند. همچنین برخی فاکتورهای فیزیولوژیکی و رشد و نموی از قبیل محتوای کلروفیل کل، وزن تر و خشک ساقه و تعداد برگ نیز در غلظت ۵۰٪ نانوکلاته در مقایسه با منبع کود شیمیایی و سایر غلظت‌های کودی نانو دارای بیشترین مقادیر بودند. براساس نتایج آزمایش فرمولاسیون کودی حاصل از منابع نانوکلاته با غلظت کمتر (۵۰درصد) منجر به بهبود پارامترهای رشد و نموی و در نتیجه افزایش ۵۰ درصدی عملکرد گوجه فرنگی در مقایسه با کود شیمیایی یارا گردید.

کلمات کلیدی: تکنولوژی نانو، عملکرد، فرمولاسیون کودی، محصولات گلخانه‌ای، محلول غذایی

مقدمه

گوجه فرنگی پس از خیار مهمترین محصول گلخانه‌ای کشور است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۷). با توجه به روند افزایشی توسعه گلخانه‌های بدون خاک به ویژه کشت گوجه‌فرنگی بررسی عوامل موثر در رشد و نمو و کیفیت محصولات تولیدی در این سیستم بسیار حائز اهمیت است. مدیریت تغذیه و تامین تمامی ۱۳ عنصر ضروری پرمصرف و کم مصرف در غلظت مناسب و به عبارتی تغذیه صحیح یکی از مهمترین دلایل برتری سیستم‌های کشت بدون خاک در مقایسه با کشت‌های با بستر خاک است. لیکن تامین کودهای شیمیایی عمدتا وارداتی و همچنین مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بیش از اندازه این کودها از جمله موارد چالشی این صنعت و سیستم تولید است. بر همین اساس جایگزینی کودهای شیمیایی با منابع نانو کود ضمن بهبود رشد و نمو و عملکرد منجر به کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه کاهش اثرات زیست محیطی و غیره می‌گردد.

گرچه استفاده از کودهای شیمیایی در افزایش تولید در واحد سطح و تأمین غذای مورد نیاز جامعه بسیار موثر است، اما مصرف بیش از حد و نامتعادل این کودها عواقب نامناسبی در پی خواهد داشت. صنعت تولید کودهای شیمیایی به عنوان یک منبع تولید عناصر سنگین از قبیل جیوه، کادمیوم، آرسنیک، سرب، مس، نیکل، اورانیوم، تالیوم و غیره محسوب می‌شود (FAO, 2013 ؛ Heffer, 2013). عناصر یاد شده به همراه نیترات و فسفات سبب آلودگی آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و خاک می‌گردد. بروز این آلودگی‌ها سبب ورود این عناصر به زنجیره غذایی انسان شده و در نتیجه سلامت جامعه را به مخاطره می‌اندازد. با توجه به پر مصرف بودن کودهای شیمیایی در تولیدات کشاورزی، کارائی مصرف آنها نیز پایین بوده به‌طوری‌که برای کودهای نیتروژنی این میزان بین ۲۰ تا ۵۰ درصد و برای کودهای فسفاته تنها ۱۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد (نادری و شهرکی،

IrHC2019

۱۳۹۰). بنابراین تولید نانوکودها با کارایی بیشتر و سازگار با محیط زیست و در صورت امکان جایگزینی آن‌ها با کودهای شیمیایی یکی از راهکارهای اساسی در کاهش مشکلات موجود است.

علم و فناوری نانو ساختارها، یکی از زمینه‌های مهم تحقیقاتی و کاربردی است که در سال‌های اخیر اهمیت ویژه‌ای یافته است. مواد نانو ساختار، به هر ماده‌ای که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) باشد اطلاق می‌شود. در این مقیاس کوچک و اتمی، برخی خصوصیات مانند واکنش‌پذیری و تحرک بالا، سبک و کوچک بودن (ناشی از سطح ویژه بالای مواد نانو)، استفاده در مقادیر کم و غیره از جمله دلایل اهمیت این مواد است (Zhang *et al.*, 2003). با استفاده از نانو ذرات و نانوکپسول‌ها می‌توان کودهایی با رهایش کنترل شده یا تأخیر تولید نمود. جذب کودهایی که با این ابعاد تولید می‌گردند، راحت‌تر و نسبت به کودهای رایج تأثیر بیشتری دارند (رنجبر و شمس، ۱۳۸۸).

غلظت پایین نانو ذرات دی اکسید سیلیکون (SiO_2) در گیاه گوجه‌فرنگی باعث تسریع جوانه‌زنی شده است (Siddiqui and Al-Whaibi, 2014). در بررسی دیگری که توسط Suriyaprabha و همکاران (2013) انجام گرفت در گیاه ذرت نانو ذرات دی اکسید سیلیکون با در دسترس قرار دادن بیشتر عناصر غذایی و کنترل pH و هدایت الکتریکی رشد دانه‌ها را تسریع کرده‌اند. با توجه به مطالب مذکور عمده مطالعات انجام شده در خصوص نقش یک عنصر خاص بوده و تحقیق در خصوص کاربرد تمامی این عناصر و بررسی رشد و نمو تحت تاثیر منابع نانو انجام نپذیرفته است؛ بر همین اساس در این آزمایش ضمن مقایسه منابع کودی نانو بر یک منبع شیمیایی معتبر و رایج در کشت‌های بدون خاک (یارا) امکان جایگزینی این کود با منابع متداول مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه هیدروپونیک با پوشش پلی اتیلن، دمای روزانه ۳± ۲۶ درجه سانتیگراد، دمای شب ۲±۱۹درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ±۶۰ درصد در سیستم باز اجرا گردید. تیمارهای آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ غلظت مختلف نانو کود (٪۲۵، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪ و ۱۲۵٪) با استفاده از منابع کودی نانو کلاته خضراء و بر اساس فرمولاسیون استاندارد رش (2012) و یک تیمار شاهد (فرمولاسیون رش با منبع کود شیمیایی یارا) در ۳ تکرار بر نشاهای گوجه‌فرنگی 'Razan' کشت شده در گلدان‌های با قطر دهانه ۱۵ و ارتفاع ۱۷ سانتیمتر (۴ لیتری) حاوی بستر پرلیت و فیبر نارگیل (۶۰:۴۰) منتقل و کشت گردیدند.

اندازه گیری صفات مورد ارزیابی

در پایان آزمایش یعنی ۴ ماه پس از کشت، بوته‌های گوجه فرنگی از سطح بستر قطع و پس از جدا سازی اندام‌های هوایی و ریشه، ابتدا برگ‌ها جدا و شمارش و سپس ارتفاع بوته، و وزن تر و خشک بوته مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین در هر بار برداشت تعداد میوه‌های هر بوته شمارش و توزین و در پایان دوره رشد تعداد میوه‌ها و وزن کل میوه‌های برداشت شده از هر بوته به عنوان تعداد میوه و عملکرد میوه بر اساس گرم در بوته محاسبه شد. سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b ، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) برگ‌های کاملاً توسعه یافته بالغ، پس از هضم توسط استن ۸۰ درصد و سانتریفوژ نمودن نمونه‌ها، مقدار جذب هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer, Lambda 25, UV/VIS) در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر به ترتیب برای کلروفیلa، b و کلروفیل کل قرائت و مقادیر رنگیزه‌ها برحسب میکروگرم بر گرم وزن‌تر محاسبه گردید (Lichtenthaler and Wellburn, 1985).

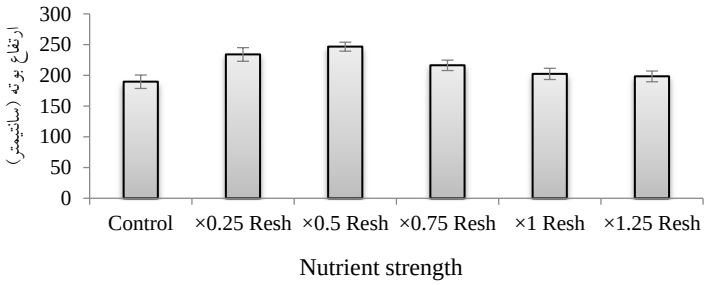
نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها صفات مورفولوژیکی گوجه‌فرنگی به طور معناداری تحت تأثیر نسبت‌های مختلف نانو کود کلاته در مقایسه با تیمار کود شیمیایی متداول قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته (۲۴۶/۶۶ سانتیمتر) مربوط به بوته‌های گوجه تیمار شده با غلظت $\frac{1}{2}\times$Resh نانو کود کلاته بود که نسبت به تیمار شاهد حدود ۲۳/۱۰ درصد ارتفاع بیشتری داشت (شکل ۱). گزارشات مختلفی مبنی بر تأثیر مثبت نانو کودها بر رشد برخی از گیاهان از جمله اسفناج (Yang *et al.*, 2006) و ریحان (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۱) نسبت به فرم معمول آنها وجود دارد که

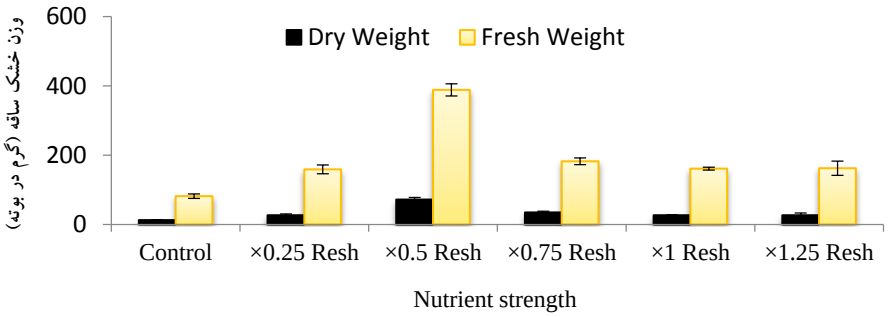
IrHC2019

با نتایج این بررسی مطابقت داشت. نانو ذرات که ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند، دارای ویژگی‌های متفاوتی نسبت به فرم اولیه خود هستند که این خصوصیات می‌تواند بر نحوه عملکرد آنها مؤثر باشد. به‌عبارتی نانو کودها به واسطه افزایش در فرآیندهای آنابولیکی (به خصوص فتوسنتز) به واسطه جذب بهتر و تحرک (انتقال) عناصر ضروری و آب باعث بهبود رشد در گیاهان می‌شود که در نتیجه آن افزایش ارتفاع بوته می‌باشد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، وزن تر و خشک ساقه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نانو کود قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، کاربرد غلظت‌های مختلف نانو کود در محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار وزن تر ساقه گردید و غلظت $\frac{1}{2}$Resh × نانو کود کلاته بیشترین وزن تر ساقه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. با افزایش غلظت نانو کود از ۵۰ درصد بیشتر وزن تر ساقه دارای کاهش معنی‌داری بود اما از غلظت 1Resh× و 1.25Resh× نانو کود کلاته وزن تر ساقه تغییر معنی‌داری نداشت شکل۲).

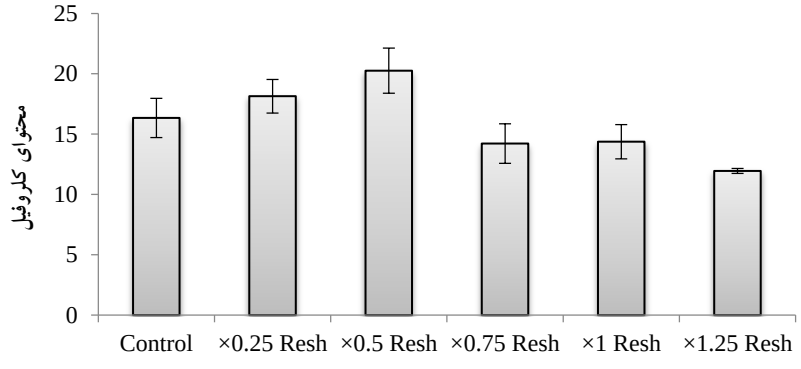


شکل۱- تاثیر غلظت‌های مختلف نانو کود بر ارتفاع بوته گوجه فرنگی رقم'Razan'



شکل۲- تاثیر غلظت‌های مختلف نانو کود بر وزن تر و خشک ساقه گوجه فرنگی رقم'Razan'

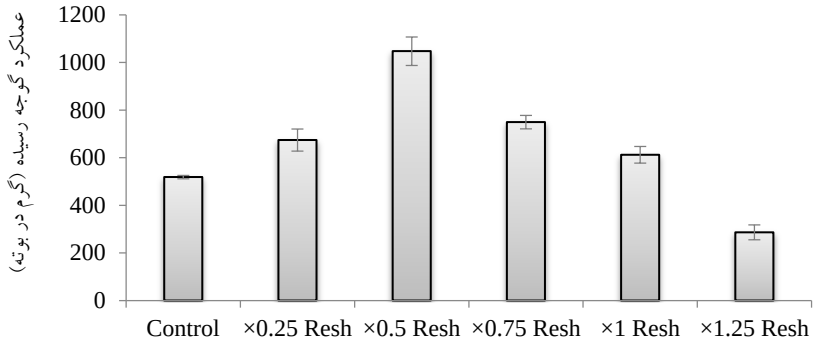
نتایج مقایسه میانگین بیانگر تاثیر معنادار تیمارهای کودی بر محتوای کلروفیل کل بود. به عبارتی بین تیمار شاهد و غلظت‌های مختلف نانو کود تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت؛ لیکن بین غلظت‌های مورد استفاده بیشترین محتوای کلروفیل کل (۲۰/۲۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) مربوط به غلظت $\frac{1}{2}$Resh × نانو کود کلاته بود که تفاوت معنی‌داری با غلظت $\frac{1}{4}$Resh × نانو کود کلاته نداشت. براساس نتایج با بیشتر شدن غلظت نانو کود از ۵۰ درصد غلظت مقدار کلروفیل کل دارای کاهش معنی‌داری مشاهده گردید.



IrHC2019

شکل ۳- تاثیر غلظت‌های مختلف نانو کود بر محتوای کلروفیل کل گوجه فرنگی رقم‘Razan’

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار غلظت‌های مختلف نانو کود بر عملکرد گوجه فرنگی رسیده طی یک دوره ۴ ماهه بود؛ به‌طوری‌که غلظت $\frac{1}{2}\times$ Resh نانو کود کلاته با ۱۰۴۷/۳۷ گرم در بوته دارای بیشترین عملکرد گوجه رسیده بود که نسبت به تیمار شاهد افزایشی حدود ۵۰/۴۸ درصد داشت. با بیشتر شدن غلظت نانو کودها از ۵۰ درصد غلظت کود شیمیایی عملکرد گوجه رسیده روندی کاهشی نشان داد، طوری‌که بوته‌های تیمار شده با غلظت 1.25×Resh نانو کود کلاته دارای کمترین عملکرد گوجه رسیده (۲۸۶/۳۴ گرم در بوته) بودند که مقدار آن حتی نسبت به تیمار شاهد نیز ۴۴/۷۸ درصد کاهش یافته بود (شکل۳).



شکل ۴- تاثیر غلظت‌های مختلف نانو کود بر عملکرد گوجه فرنگی رقم‘Razan’

فرآیند فتوسنتز و در نتیجه تجمع ماده خشک الگوریتم عملکرد محسوب می‌شوند. هر چه میزان ظرفیت فتوسنتزی (تعداد برگ در بوته و محتوای کلروفیل کل در بوته) و در نتیجه بیوماس بوته افزایش یابد عملکرد به عنوان تابعی از شرایط رشد و نموی گیاه افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج این بررسی غلظت $\frac{1}{2}\times$ Resh نانو کود کلاته دارای بیشترین ظرفیت فنوسنتزی (تعداد برگ، کلروفیل a و کلروفیل کل) بود که نتیجه در افزایش عملکرد میوه داشت که این نشان می‌دهد در غلظت $\frac{1}{2}\times$ Resh نانو کود، احتمالا تعادل عناصر غذایی به درستی حفظ شده و منجر به افزایش عملکرد گردیده است.

براساس نتایج آزمایش منابع کودی نانو کلاته خضراء ضمن بهبود پارامترهای رشدونموی منجر به عملکرد بیشتر گوجه فرنگی با مصرف ۵۰درصد کود کمتر در مقایسه با منبع کود شیمیایی متداول در گلخانه‌های بدون خاک (یارا) گردید.

منابع

آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات.

پیوندی، م.، پرنده، ه. و میرزا م. ۱۳۹۰. مقایسه تاثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان ریحان *Ocimum basilicum*. مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی و مولکولی، ۱(۴): ۹۸-۸۹.

نادری، م. و دانش شهرکی، ع. ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در بهینه‌سازی فرمولاسیون کودهای شیمیایی، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ماهنامه فناوری نانو، تهران، ایران، دوره ۱۰، شماره ۴، ص ۱۶۵.

FAO, 2013, Global land and water resources. Food and Agriculture Organization of United Nations, FAO Statistics. www.fao.org.

Heffer, P. 2013. Short-term prospects for world agriculture and fertilizer demand 2012 -2013. 39th IFA Enlarged Council Meeting, International Fertilizer Industry Association, rue Marbeuf, Paris, France. www. fertilizer.org. 33 p.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. 1985. Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf in different solvents. Biochemical Society Transactions, 11: 591-592.

Resh, H.M. 2016. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. CRC Press.

IrHC2019

Siddiqui, M. H. and Al-Whaibi, M. H. 2014. Role of nano-SiO_2 in germination of tomato seeds (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Saudi Biology Science, 21: 13–17.

Suriyaprabha, R., Karunakaran, G., Yuvakkumar, R., Rajendran, V. and Kannan, N. 2012. Silica nanoparticles for increased silica availability in maize (*Zea mays* L) seeds under hydroponic conditions. Current Nanoscience, 8: 902–908.

Yang, F., Hong, F., You, W., Liu, C., Gao, F., Wu, C. and Yang, P. 2006. Influences of nano-anatase TiO_2 on the nitrogen metabolism of growing spinach. Biological Trace Element Research, 110: 179–190.

Zhang, M., Li, Y. C. and Stoffella, P. J. 2003. Nutrient availability in a tomato production system amended with compost, Acta Horticulturae, 614: 787-797.

Comparison of nano and chemical based fertilizers for soilless production of tomato

Mohammad Javad Nazarideljou[1]*,Soraya Rahmani[1]
[1] Department of Horticulture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad. Iran
[*]*Corresponding Author: nazarieljou@yahoo.com*

Abstract

This study was conducted to compare the Khazra as nano-based fertilizers (NBF) with Yara as chemical based fertilizers (CBF) for preparation of nutrient solutions under soilless conditions. Hydroponically grown tomato 'Razan' was nourished under different NBF strength ($\frac{1}{4}$، $\frac{1}{2}$، $\frac{3}{4}$ ، 1 and 1.25) as compared to control solution or CBF based on the Resh standard solution. Results showed the significant effects of NBF on growth and yield of tomato in compared to CBF. Accordingly, the highest yield or fruit harvested per plant was obtained for $\times\frac{1}{2}$ Resh. All NBF strength other than ×Resh1.25 had higher yield than CBF solution. Additionally, some physiological, growth and developmental parameters such as total chlorophyll content, stem fresh and dry weight and leaf number were improved in $\times\frac{1}{2}$ Resh solution compared to CBF and other NBF. Based on the results of the present study, nutrient solution prepared based on the Khazra as nano-based fertilizers with lower strength ($\times\frac{1}{2}$ Resh) had higher growth and productivity (50%) compared to chemical-based fertilizer (Yara).

***Keywords*:** Greenhouse crops, Nano-technology, Nutrient formulation, Nutrient solution, Yield.

IrHC2019