اثر نانوکلات‌آهن و تیمارهای غذایی بر محتوی کلروفیل و کاروتنوئید شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

نادیا بهره‌مند*[1]، سعید میرزایی[2]

[1]مربی گروه علوم باغبانی دانشگاه جیرفت، جیرفت

[2]استادیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، کرمان

* نویسنده مسئول: *NadiaBahremand@ujiroft.ac.ir*

چکیده

افزایش خواص اثربخش گیاهان با شیوه‌های متعدد، همواره موضوع قابل توجهی بوده است. در میان عوامل مختلف، سنجش میزان تأثیرگذاری عناصر غذایی از اهمیت خاصی برخوردار است. به‌منظور بررسی اثر نانوکلات آهن و محلول‌های غذایی با میزان نیتروژن تغییر یافته بر محتوی رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید گیاه شنبلیله، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه کاملاً کنترل شده دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته کرمان در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در آزمایش، شامل تغییر در میزان نیتروژن محلول غذایی با دو سطح (نیتروژن ۰/۵ و نیتروژن ۵ میلی‌مولار) و مصرف نانو کلات آهن جدا از محلول غذایی با دو سطح (۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. نتایج نشان داد اثرات ساده و متقابل نیتروژن و آهن بر محتوی رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید گیاه شنبلیله، به ترتیب در سطح یک درصد ($P<0.01$) و پنج درصد ($P<0.05$) از لحاظ آماری معنی‌دار بود. بر طبق یافته‌های این تحقیق، نانوکلات آهن در مقایسه با سیترات آهن موجود در محلول غذایی، در هر دو حالت سطح نیتروژن، سبب افزایش محتوی هر دو رنگیزه کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه شنبلیله شد در حالیکه با کاربرد نانوکلات آهن افزایش معنی‌دار فقط در محتوای کلروفیل و در شرایط عادی بودن میزان نیتروژن محلول مشاهده شد ($P<0.05$).

کلمات کلیدی: ترکیبات زیستی فعال، رنگیزه، طیف‌سنج، عناصر غذایی، گلخانه

مقدمه

شنبلیله[1]گیاهی یک‌ساله از تیره فاباسه[2] لگومینوز) که اثرات دارویی آن در کاهش میزان سرطان‌های مختلف و کاهش قند و کلسترول خون مکرراً گزارش شده است (kim *et al*., 2016). شنبلیله دارای ترکیبات زیستی فعال متعددی از قبیل فنل‌ها، رنگیزه‌ها، آلکالوئیدها و ساپونین‌ها می‌باشد (Wani and Kumar, 2016)

کلروفیل و کاروتنوئید دو گروه از رنگیزه‌های فتوسنتزی (محلول در چربی) حاوی نیتروژن در گیاهان هستند که با مصرف تازه‌خوری سبزی و میوه، در کنترل عوامل سرطان و پیری اثرات قابل قبولی خواهند داشت (Sigurdson *et al*., 2017). خواص درمانی مختلفی نظیر جبران کم‌خونی، مقابله با عفونت، تنظیم اسیدیته خون در کلروفیل مشاهده است (Delgado-Pelayo *et al*., 2014). از دیرباز برخی از کاروتنوئیدها به‌عنوان پیش ماده ساخت ویتامین آ در بدن انسان شناخته شده‌اند (Alos *et al*., 2016). اثرات رضایت‌بخش کاروتنوئید در درمان بیماری‌هایی نظیر پورفیریا[3] گزارش شده است (Patil *et al*., 2016). سایر کاربردهای استخراج رنگیزه‌های گیاهی نظیر تهیه رنگ‌های طبیعی جهت مصارف صنایع غذایی اهمیت آن‌ها را بیشتر نشان می‌دهد (Gandia-Herrero *et al*., 2013).

1- *Trigonella foenum-graecum*
2 - *fabaceae*
3 - porphyrias

نقش ساختاری و تنظیمی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در ساخت ترکیبات بیوشیمیایی گیاه مانند رنگیزه‌های گیاهی اثبات شده است (Heimler *et al*., 2017). آهن و نیتروژن دوتا از عناصر مورد نیاز گیاه بوده که اعمال مهمی در گیاه را مدیریت می‌کنند (Chen *et al*., 2017). آهن اگرچه در ساختار کلروفیل شرکت نمی‌کند اما مسیر ساخت و فعالیت این ترکیب به‌واسطه نقش آهن در ساخت پروتئین به‌طورجدی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Liu *et al*., 2017). نقش آهن در سیستم‌های فتوسنتزی از طریق دخالت در اکسیداسیون و احیاء، ساخت ناقل‌های الکترون مانند سیتوکروم، ساخت پروتئین و کلروفیل بر کلیه متابولیسم گیاه و ساخت متابولیت‌ها اعمال می‌گردد (Chen *et al*., 2017).

امروزه نانوکودهای حاوی عناصر موردنیاز گیاه ازجمله نانوکلات‌ها به دلایل متعددی مانند افزایش کمیت و کیفیت محصول با بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و بهبود ماندگاری پس از برداشت، ممانعت از هدرروی کود با سرعت جذب بالاتر، کاهش آلودگی خاک، آب و محصولات غذایی، حفظ خواص خاک، کاهش مسمومیت و تنش‌های حاصل از تجمع عناصر غذایی در خاک و جابجایی آسان‌تر در مقایسه با کودهای رایج مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Venkatachalam *et al*., 2017). بررسی اثرات نانو ذرات آهن بر ترکیبات شیمیایی گیاه ذرت گزارش شده است (Jalali *et al*., 2017).

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر نانوکلات آهن و تیمارهای غذایی بر محتوی کلروفیل و کاروتنوئید شنبلیله انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه کاملاً کنترل شده دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته کرمان در سال ۱۳۹۳ انجام شد. بذر پس از ضدعفونی با اتانول ۷۰ درصد (مدت یک دقیقه)، در گلدان‌های حاوی مخلوط ورمیکولیت و پرلیت به نسبت مساوی کاشته و پس از سبز شدن یک روز در میان محلول غذایی B & D (Broughton and Dilworth 1971) به گلدان‌ها اضافه شد (گلدان‌ها یک روز محلول غذایی و روز بعد آب خالص دریافت کردند). نیتروژن از منبع نیترات پتاسیم با غلظت‌های نیم و پنج مولار و آهن موجود در محلول غذایی سیترات آهن بود. نانوکلات آهن ده درصد، ساخت شرکت بیوزر، به‌صورت جدا از محلول غذایی با دو سطح (۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در دو مرحله، با فاصله یک ماه (جهت جلوگیری از خطر احتمالی سمیت در گیاه)، به میزان ۱۰۰ سی‌سی به هر گلدان افزوده شد.کلروفیل و کاروتنوئید برگ با روش Lichtender (1987) اندازه‌گیری شدند. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزارهای Minitab و Macro، مقایسه میانگین با آزمون LSD حفاظت شده انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر ساده و متقابل تیمارها بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه شنبلیه

معنی‌دار است (جدول ۱). با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد در هر دو حالت کمبود و عادی بودن نیتروژن، بیشترین مقادیر کلروفیل و کاروتنوئید به تیمار مصرف نانوکلات آهن مربوط است (جدول ۲). به احتمال زیاد سرعت جذب بیشتر و بهتر نانوکلات در مقایسه با سیترات آهن می‌تواند سبب افزایش این ترکیبات شده باشد (Venkatachalam *et al*., 2017).

قابل ذکر است در شرایط کمبود نیتروژن، نانوکلات آهن اگرچه باعث افزایش محتوی کلروفیل گیاه شده اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. این مطلب نشان می‌دهد که نانوکلات آهن به‌تنهایی و در شرایط کمبود نیتروژن نقش چندانی در ساخت کلروفیل ندارد. یکی از وظایف مهم نیتروژن در گیاه ساخت کلروفیل است (Heimler *et al*., 2017). در

شرایط نرمال میزان نیتروژن در این آزمایش، نانوکلات آهن سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل گیاه در سطح ۵ درصد گردید.

جدول۱– تجزیه واریانس اثر محلول‌های غذایی تغییریافته بر محتوی کلروفیل و کاروتنوئید شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*).

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		کلروفیل	کاروتنوئید
نیتروژن	۱	۱۰۹**	۵/۱۲**
آهن	۲	۲۴/۰۱**	۰/۹۶**
اثر متقابل	۲	۶/۲۰*	۰/۲۸*
خطا	۱۲	۰/۹۷	۰/۰۴
ضریب تغییرات		۸/۸۵	۱۱/۱

** و * به ترتیب اختلاف آماری در سطح یک و پنج درصد را نشان می‌دهد.

در تحقیقی دیگر نیز کاربرد نانو ذرات آهن سبب افزایش محتوی کلروفیل گیاه شده است. (Jalali *et al*., 2017). آهن اگرچه در ساختار کلروفیل شرکت نمی‌کند اما ساخت و فعالیت این ترکیب به‌واسطه نقش آهن در تنظیم آنزیم‌ها، ساخت و تکمیل کلروپلاست ها و پروتئین‌های همراه کلروفیل به‌طور جدی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. (Liu *et al*., 2017).

در بررسی اثر محلول‌های غذایی بر محتوی کاروتنوئید برگ در این آزمایش مشخص شد؛ در شرایط کمبود نیتروژن، تیمارهای دریافت یا عدم دریافت آهن باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی در حالت عادی بودن وضعیت گیاه از لحاظ نیتروژن، با اینکه نانوکلات آهن و سیترات آهن تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی فقدان آهن سبب کاهش معنی‌دار میزان کاروتنوئید گردید. به عبارت ساده‌تر می‌توان گفت برخلاف کلروفیل، محتوی کاروتنوئید در شرایط نرمال میزان نیتروژن، تحت تأثیر نانوکلات آهن چشمگیر نبود، ولی فقدان آهن سبب کاهش معنی‌دار کاروتنوئید شده است. این می‌تواند به دلیل نقش مهم‌تر آهن در ساخت و فعالیت کلروفیل نسبت به کاروتنوئید باشد. نقش کودهای حاوی نیتروژن در افزایش محتوی کاروتنوئید در گندم گزارش شده است (Hidalgo and Brandolini, 2017)

جدول۲ – اثر محلول‌های غذایی تغییریافته بر محتوی کلروفیل و کاروتنوئید شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*).

تیمار		کلروفیل	کاروتنوئید
نیتروژن کم	فاقد آهن	۷/۷۰^{e}	۱/۱۰^{c}
	سیترات آهن	۸/۵۰^{de}	۱/۴۳^{bc}
	نانو کلات آهن	۹/۸۰^{cd}	۱/۴۶^{bc}
نیتروژن عادی	فاقد آهن	۱۰/۳^{c}	۱/۷۰^{b}
	سیترات آهن	۱۴/۳^{b}	۲/۷۳^{a}
	نانو کلات آهن	۱۶/۱^{a}	۲/۸۰^{a}

حروف غیرمشابه بر اساس آزمونLSD دارای اختلاف آماری در سطح ۵ درصد هستند.

منابع

Alos, E., Rodrigo, M.J. and Zacarias, L. 2016. Manipulation of carotenoid content in plants to improve human health. In Carotenoids in Nature; 311-343. Springer International Publishing. Switzerland.

Chen, B., Zou, D. and Yang, Y. 2017. Increased iron availability resulting from increased CO2 enhances carbon and nitrogen metabolism in the economical marine red macroalga *Pyropia haitanensis* (Rhodophyta). Chemosphere; 173: 444-451

Delgado-Pelayo, R., Gallardo-Guerrero, L. and Hornero-Méndez, D. 2014. Chlorophyll and carotenoid pigments in the peel and flesh of commercial apple fruit varieties. Food Research International; 65:272-281.

Gandia-Herrero, F. and Garciia-Carmona, F. 2013. Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. Trends in plant science; 18(6): 334-343.

Heimler, D., Romani, A. and Ieri, F. 2017. Plant polyphenol content, soil fertilization and agricultural management: a review. European Food Research and Technology;1-9.

Hidalgo, A. and Brandolini, A. 2017. Nitrogen fertilisation effects on technological parameters and carotenoid, tocol and phenolic acid content of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*): A two-year evaluation. Journal of Cereal Science; 73:18-24.

Jalali, M., Ghanati, F. and Modarres-Sanavi, A.M. 2016. Effect of Fe3O4 nanoparticles and iron chelate on the antioxidant capacity and nutritional value of soil-cultivated maize (*Zea mays*) plants. Crop and Pasture Science; 67(6): 621-628.

Kim, J.E., Go, J., Koh, E.K., Song, S.H., Sung, J.E., Lee, H.A., Kim, D.S., Son, H.J., Lee, H.S., Lee, C.Y. and Hong, J.T. 2016. Diosgenin effectively suppresses skin inflammation induced by phthalic anhydride in IL-4/Luc/CNS-1 transgenic mice. Bioscience, biotechnology, and biochemistry; 80(5): 891-901.

Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology; 148:350-382.

Liu, H., Zhang, C., Wang, J., Zhou, C., Feng, H., Mahajan, M.D. and Han, X. 2017. Influence and interaction of iron and cadmium on photosynthesis and antioxidative enzymes in two rice cultivars. Chemosphere; 171: 240-247.

Patil, R., Dhingra, B., Asati, D., Goel, G., Khurana, U. and Bhatt, G.C. 2016. Porphyria cutanea tarda: A novel mutation. Pediatric Hematology Oncology Journal; 1(1): 18-19.

Sigurdson, G.T., Tang, P. and Giusti, M.M. 2017. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. Annual Review of Food Science and Technology;

Venkatachalam, P., Priyanka, N., Manikandan, K., Ganeshbabu, I., Indiraarulselvi, P., Geetha, N., Muralikrishna, K., Bhattacharya, R.C., Tiwari, M., Sharma, N. and Sahi, S.V. 2017. Enhanced plant growth promoting role of phycomolecules coated zinc oxide nanoparticles with P supplementation in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Plant Physiology and Biochemistry; 110: 118-127.

Wani, S.A. and Kumar, P. 2016. Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X15301065

Effect Of Nano Iron Chelate And Nutrient Treatments On Chlorophyll And Carotenoids Of Fenugreek Plant (*Trigonella Foenum-Graecum*)

Nadia Bahremand[*1], Saeid Mirzaei[2]
[1] Department of Horticultural Science of university of jiroft, jiroft
Department of Biotechnology, Institute of Science, High technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman,
[*]Corresponding Author*:NadiaBahremand@ujiroft.ac.ir*

Abstract
Increasing the effective properties of plants with different methods has always been a considerable subject. Among the various factors to assess, the effectiveness of nutrients is very important. In order to evaluate the effect of nano iron chelate and modified nutrient solutions on chlorophyll and carotenoids pigments content was altered with the in plant nitrogen fenugreek, a trial as factorile based on completely randomized design with 3 replications in controlled greenhouse Graduate University for Advanced Technology of Kerman in 2015 was performed. Treatments, including variation in the nitrogen content of nutrient solution with two levels (0.5 and 5 mM) and nano iron chelate as separately, with two levels (0 and 2000 mg/L). The results showed main effects (P <0.01) and interactions (P <0.05) of nitrogen and iron on content of chlorophyll and carotenoids of Fenugreek, was statistically significant. According to the findings, iron chelate nano in comparison to iron citrate in both condition (normal and low nitrogen), increased content of chlorophyll and carotenoids of Fenugreek while using iron chelate nano increased only the amount of chlorophyll under normal nitrogen conditions Significantly (P <0.05).
***Key words*: Bioactive compounds, Greenhouse, Nutrient solution, Pigments, Spectrometer**