

The Impact of Urea-to-Nitrate Ratios on growth indices Phytochemical Compounds in Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) in Soilless Culture

Raana Ebrahimi¹, Abbas Samadi^{2*}, Behnam Dovlati³, Amir Rahimi⁴

(Received: December, 2024 Accepted: February, 2025)

the source and amount of nitrogen-containing fertilizers in soilless cultivation has a significant effect on the phytochemical compounds of medicinal plants and production costs. This study was conducted to compare the effects of different urea-to-nitrate ratios with a conventional ammonium-to-nitrate solution on growth and phytochemical compounds in Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) leaves in a soilless cultivation system, performed as a completely randomized block with three replicates. The ratio of urea to nitrate was tested in five levels: 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, and 100:0, while the ratio of ammonium to nitrate of 10:90 was considered as a control treatment. The results showed a significant difference between the different ratios of urea to nitrate and the ammonium to nitrate solution (control) in terms of the yield of stevioside ($p \leq 0.001$) and the yield of rebaudioside A and C ($p \leq 0.001$). The highest yield of stevioside (2.3 grams per pot) and rebaudioside C (2.3 grams per pot) was obtained with an ammonium- to- nitrate ratio of 10:90. Different ratios of urea to nitrate did not cause a significant difference in nitrate absorption, fresh and dry plant weight, plant height, leaf area and number of leaves. It can be concluded that the ratio of ammonium to nitrate of 10:90 can be used as an optimal ratio in nutrient solutions in soilless culture to improve the phytochemical compounds of Stevia, especially the glycosides.

Keywords: Nitrate, Rebaudioside A and C, Soilless Culture, Stevioside, Urea.

Ebrahimi R., Samadi A., Dolati B., Rahimi A. 2025. The impact of urea-to-nitrate ratios on growth indices phytochemical compounds in stevia (*stevia rebaudiana bertoni*) in soilless culture. *Applied Soil Research*. 13 (2): 56-64.

1- Former MSc student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

2- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

4- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University

*Corresponding Email Address: a.samadi@urmia.ac.ir

تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر شاخص های رشدی و میزان ترکیبات فیتوشیمیایی استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*) در کشت بدون خاک

رعنا ابراهیمی^۱، عباس صمدی^{۲*}، بهنام دولتی^۳، امیر رحیمی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱)

چکیده

نوع و مقدار منابع کودی حاوی نیتروژن در کشت بدون خاک، بر میزان ترکیبات فیتوشیمیایی گیاهان دارویی و هزینه های تولید مؤثر است. این پژوهش به منظور مقایسه تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات با محلول رایج آمونیوم به نیترات بر رشد و میزان ترکیبات فیتوشیمیایی برگ های استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*) در کشت بدون خاک در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نسبت اوره به نیترات در پنج سطح ۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵، ۱۰۰:۰ و نسبت ۱۰:۹۰ آمونیوم به نیترات به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بین نسبت های مختلف اوره به نیترات و محلول آمونیوم به نیترات (شاهد) اختلاف معنی داری در میزان عملکرد استویوزید ($p \leq 0/001$) و عملکرد ریبودیوزید A و C ($p \leq 0/001$) وجود داشت به طوری که بیشترین عملکرد استویوزید (۳/۲ گرم در گلدان) و ریبودیوزید C (۳/۲ گرم در گلدان) در نسبت ۱۰:۹۰ آمونیوم به نیترات به دست آمد. نسبت های مختلف اوره به نیترات اختلاف معنی داری در میزان جذب نیترات، وزن تر و خشک بوته، همچنین ارتفاع بوته، سطح برگ و تعداد برگ ایجاد نکرد. می توان نتیجه گیری کرد که برای افزایش میزان ترکیبات فیتوشیمیایی استویا بویژه گلیکوزیدها می توان از نسبت آمونیوم به نیترات ۱۰:۹۰ به عنوان نسبت بهینه در محلول های غذایی کشت بدون خاک استفاده کرد.

واژه های کلیدی: اوره، استویوزید، ریبودیوزید A و C، کشت بدون خاک، نیترات

ابراهیمی ر.، صمدی ع.، دولتی ب.، رحیمی ا. ۱۴۰۴. تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر شاخص های رشدی و میزان ترکیبات فیتوشیمیایی استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*) در کشت بدون خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۳، شماره ۲. صفحه: ۵۶-۶۴.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* پست الکترونیک: a.samadi@urmia.ac.ir

مقدمه

گیاه استویا با نام علمی *Stevia rebaudiana Bertonii* متعلق به خانواده Asteraceae است (Shock, 1982). استویا بومی کشور پاراگوئه و برزیل بوده و بومیان این مناطق از برگ های آن به عنوان چای شیرین استفاده می کردند (Lemus-Mondaca et al., 2012) و با اسامی مختلف از جمله برگ عسلی، برگ شیرین و ... شناخته می شود (Ingle, 2008). در بافت برگ های استویا گلیکوزیدهایی از جمله Rebaudioside A, Rebaudioside B, Rebaudioside C, dolcosid و steviolbioside وجود دارند. گلیکوزیدها از جمله ترکیبات دی ترپنوئیدی چهارحلقه ای هستند. فراوان ترین گلیکوزید موجود در استویا استویوزید است که ۱۵۰ تا ۳۰۰ برابر ساکارز شیرینی دارد. قدرت شیرین کنندگی ریبودیوزید C، ۵۰ تا ۱۲۰ برابر ساکارز است. با این حال قندهای ذکر شده موجود در این گیاه ضد دیابت، فشار خون و ضد سرطان بوده و موجب تقویت سیستم ایمنی بدن می شود. استویا در اقلیم های گرم و مرطوب و در خاک هایی با بافت سبک با pH برابر ۶/۵ تا ۷/۵ رشد مطلوبی دارد (Ferrazzano et al., 2016; Ramesh et al., 2006). با توجه به اینکه در بیشتر نقاط کشور ایران اقلیم خشک و نیمه خشک غالب است و pH اراضی زراعی قلیائی است (Asadi et al., 2022) توصیه می شود کشت و تولید استویا در شرایط کنترل شده گلخانه و بصورت کشت بدون خاک انجام شود. هیدروپونیک از دو کلمه یونانی «هیدرو» و «پونرو» به ترتیب به معنای «آب» و «قرار دادن یا جای دادن» تشکیل می شود. کشت های هیدروپونیک بر این اساس اند که اکسیژن محلول و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان با قرار دادن ریشه ها در محلول های آبی رفع شوند (Feizizadeh et al., 2022). نوعی از کشت های هیدروپونیک به کشت های بدون خاک هم معروف اند که در آن کشت و کار در بسترهای جامدی همچون پیت ماس، شن، کوکوپیت، پرلیت و ... انجام می گیرد. نیتروژن یکی از عناصر غذایی ضروری است که تامین آن موجب افزایش میزان گلیکوزیدها می شود و شکل مورد

استفاده آن بر سوخت و ساز این ترکیبات موثر است. نیتروژن به دو شکل آمونیوم و نیترات در گیاهان مختلف قابل جذب است که هر یک بر متابولیسم گیاهان اثرات متفاوتی دارند. در کشت های هیدروپونیک معمول ترین منبع نیتروژن برای محصولات نیترات است اما کودهای نیتراتی گران تر از سایر منابع کودی نیتروژن دار هستند (Li, 1987). همچنین وجود مقادیر بیش از حد مجاز نیترات در محصولات برگی موجب ایجاد سرطان دستگاه گوارش می شود. بنابراین توصیه می شود اوره یا سایر منابع آمونیومی در جهت تامین نیتروژن گیاهان به کار برده شود. البته استفاده صرف از اوره موجب تجمع آمونیوم در محیط ریزوسفر شده که در ادامه آمونیوم مازاد موجب اختلال در تجمع متابولیت ها و فتوسنتز گیاه می شود (Taiz et al., 2017).

پژوهش ها نشان می دهند استفاده از منابع آمونیومی در کنار منابع نیتراتی موجب افزایش متابولیسم ثانویه گیاه نسبت به زمانی که تنها یک شکل به کار می رود می شود. به طور مثال در گونه های *Brassica* (Falovo, et al., 2011) و *Prunella vulgaris* (Zhu et al., 2014) با افزایش نسبت نیترات به آمونیوم میزان تولید ترپنوئیدها افزایش می یابد اما در گونه های *Andrographis paniculata* (Zhong et al., 2021) و *Occimum annuum* (Zhang et al., 2020) با افزایش این نسبت میزان ترپنوئیدها کاهش می یابد. با توجه به اهمیت کمیت و کیفیت و طبیعی بودن مواد استحصال شده از گیاهان دارویی و تاثیر کودهای شیمیایی بر این مواد و با در نظر گرفتن این نکته که اطلاعات بسیار کمی در زمینه تاثیر نسبت های اوره به نیترات بر عملکرد گلیکوزیدهای گیاه استویا وجود دارد، این آزمایش به منظور مقایسه نسبت های مختلف اوره به نیترات با محلول رایج آمونیوم به نیترات بر میزان تولید گلیکوزیدهای برگ استویا در سیستم کشت بدون خاک در بستر پرلیت-پیت ماس انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار با شش تیمار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه طراحی و اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل نسبت های اوره به نیترات ۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵، ۱۰۰:۰ و نسبت ۱۰:۹۰ آمونیوم به نیترات (به عنوان شاهد) بودند. دو عدد نشاء همسان گیاه استویا (*Stevia rebaudiana*) *Bertoni* در گلدان های نه کیلویی حاوی ترکیبی از پیت ماس و پرلیت با نسبت حجمی یکسان کشت گردید. هفته اول با آب معمولی و از هفته دوم با محلول غذایی هوگلند و آرنون جهت تامین عناصر غذایی کم مصرف و اشتاینر (Steiner, 1984; Hoagland & Arnon, 1938) تصحیح شده برای تامین عناصر پر مصرف در اختیار گیاه

قرارگرفت (جدول ۱). اسیدیته محلول غذایی در محدوده ۶ تا ۶/۵ pH تنظیم شد. شوری زه آب گلدان ها در طول دوره رشد مرتباً کنترل شده و حداکثر تا ۲ دسی زیمنس بر متر حفظ گردید. پس از دو ماه، صفات مورفولوژیک از جمله تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک و تر بوته اندازه گیری شد. سپس برگ ها چیده شده و به مدت یک هفته در سایه خشک شدند. میزان جذب نیترات بر اساس روش اسید سالسیلیک اندازه گیری شد (Cataldo, 1975) *et al.* همچنین میزان استوویوزید و ریبودیوزید A و C تولید شده در برگ ها توسط دستگاه HPLC در طول موج ۲۱۰ نانومتر قرائت شدند. برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم افزار CoStat استفاده شد.

جدول ۱- غلظت عناصر پر نیاز و کم نیاز مورد استفاده در تهیه محلول غذایی

Macronutrients (Steiner 1984)		Micronutrients (Hoagland & Arnon 1938)	
		(mg L ⁻¹)	
N	103	S	64
P	41	Fe	2.5
K	168	Cu	0.020
Ca	180	Zn	0.050
Mg	48	Mn	0.50
		B	0.50
		Mo	0.010
		Ni	0.10

نتایج و بحث

بر اساس پژوهش های انجام شده، شکل نیتروژن مصرفی، جنبه های متابولیسمی فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می دهد (Tabatabaei, 2014). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ترکیب محلول غذایی حاوی نسبت های مختلف اوره به نیترات و آمونیوم به نیترات بر ارتفاع، تعداد برگ و سطح برگ اثر معنی داری نداشت (جدول

۲). با این حال مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین ارتفاع (۴۸ سانتی متر) و سطح برگ (۱۷ سانتی متر مربع) در نسبت اوره به نیترات ۱۰۰:۰ بود و بیشترین تعداد برگ (۸۱۷) در نسبت اوره به نیترات ۵۰:۵۰ مشاهده گردید. استفاده از منبع اوره با افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول ها موجب افزایش شاخص سطح برگ می شود (Zheng *et al.*, 2019).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر تعداد و سطح برگ و ارتفاع بوته

Table 2. Analysis of variance of the effect of different ratios of urea to nitrate on leaf number leaf area and plant height,

Source of variation	Mean squares			
	df	Number of leaf	Leaf area	Heigh
Rep	2	260 ^{ns}	3 ^{ns}	9 ^{ns}
Composition of nutrient solution	5	6970 ^{ns}	4 ^{ns}	34 ^{ns}
Error	10	8144	7	25
% CV	-	12	16	11

ns: عدم معنی دار

ns: non significant

به نیترات و آمونیوم به نیترات بر وزن تر و خشک بوته و جذب نیترات اثر معنی داری نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین وزن تر بوته (۱۳۸ گرم در گلدان) و وزن خشک بوته (۵۱ گرم در گلدان) در نسبت اوره به نیترات ۵۰:۵۰ مشاهده گردید. کمترین وزن تر بوته (۱۰۷ گرم) در نسبت اوره به نیترات ۱۰۰:۰ و کمترین وزن خشک بوته (۴۱ گرم) در نسبت آمونیوم به نیترات ۱۰:۹۰ و بود.

منبع تامین نیتروژن از عوامل موثر بر صفات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و سنتز گلیکوزیدها در برگ های استویا است (Tavarini *et al.*, 2015). طبق مطالعات انجام گرفته، گیاهان مختلف بهترین عملکرد را زمانی از خود نشان می دهند که تامین نیتروژن هم از منبع آمونیوم و هم از منبع نیترات فراهم گردد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ترکیب محلول غذایی حاوی نسبت های مختلف اوره

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر میزان جذب نیترات، وزن تر و خشک بوته

Table 3. Analysis of variance of the effect of different ratios of urea to nitrate on nitrate absorption, fresh and dry weight of the plant

Source of variation	df	Mean squares		
		Nitrate absorption rate	Plant dry weight	Plant fresh weight
Rep	2	77702 ^{ns}	99*	210 ^{ns}
Composition of nutrient solution	5	236459 ^{ns}	43 ^{ns}	513 ^{ns}
Error	10	113876	21	255
% CV	-	66	10	13

*Significant at 0.05 level ns: non-significant

ns: به ترتیب عدم معنی داری و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

گیاه استویا در محلول آمونیوم به نیترات ۱۰ به ۹۰ و بیشترین میزان NO_3^- در تیمار اوره به نیترات ۱۰۰ به صفر مشاهده شد. زیادی نیترات در تیمار نسبت اوره به نیترات، ناشی از هیدرولیز اوره و تولید آمونیوم است که در اثر آن گیاه برای حفظ تعادل نیتروژنی خود سعی می کند آمونیوم اضافی را به نیترات تبدیل کند و در نتیجه باعث افزایش سطح نیترات در گیاه می شود (Noe & McCarty, 2002). افزایش نیترات ممکن است به دلیل فرآیندهای تنظیمی گیاه در مواجهه با افزایش

محققان بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را در گیاهانی مشاهده کردند که ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیازشان را از طریق اوره تامین می کردند. همچنین افزایش غلظت اوره تا ۵۰ درصد و کاهش غلظت نیترات به ۲۵ درصد از منبع نیتروژن، باعث افزایش رشد گیاه توت فرنگی شد (Daneshmand *et al.*, 2018). به عبارت دیگر تامین نیتروژن از منبع اوره افزایش سرعت فتوسنتز برگ و رشد رویشی گیاه را در پی داشت. همچنین نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد کمترین میزان NO_3^- در

گیرد (Fan & Mackenzie, 1993). سایر محققین نیز کاهش سرعت هیدرولیز اوره و نیتراتی شدن نیتروژن در بسترهایی نظیر پیت، پوست درخت و ماسه را گزارش کردند (Elliott, 1986; Bunt, 1976). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات و محلول آمونیوم به نیترات هم بر غلظت و هم بر عملکرد گلیکوزیدهای برگ معنی دار ($p \leq 0.001$) بود (جدول ۴ و ۵).

آمونیم باشد. همچنین بر اساس پژوهش های انجام شده در بسترهای کشت بدون خاک، فرایند نیتراتی شدن نیتروژن در مقایسه با هیدرولیز اوره محدود است که در نتیجه آن گیاه با مقادیر بالای آمونیوم مواجه می شود (Elliott, 1986). دلیل این امر را می توان به pH پایین ($\frac{3}{8}$ تا $\frac{4}{5}$) پیت ماس نسبت داد (Ladd & Jackson, 1982). طبق گزارش محققان، هیدرولیز اوره در خاک هایی با pH کمتر از ۵/۵ با سرعت کمتری صورت می

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر غلظت ترکیبات فیتوشیمیایی

Table 4. Analysis of variance of the effect different ratios of urea to nitrate on the concentration of phytochemical compounds

Source of variation	df	Mean squares		
		Stevioside	Rebaudioside A	Rebaudioside C
Rep	2	0.0225129**	0.000606 ^{ns}	0.02444***
Composition of nutrient solution	4	7.4124388***	0.7217534***	10.538087***
Error	8	0.0023043	0.0013931	0.0000797
% CV	-	0.9347664	3.2429	0.1899802

significant at 0.01 level *significant at 0.001 level ns: non-significant

ns, **, ***: به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال و یک و ۰/۱ درصد

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر عملکرد ترکیبات فیتوشیمیایی

Table 5. Analysis of variance of the effect of different ratios of urea to nitrate on the yield of phytochemical compounds

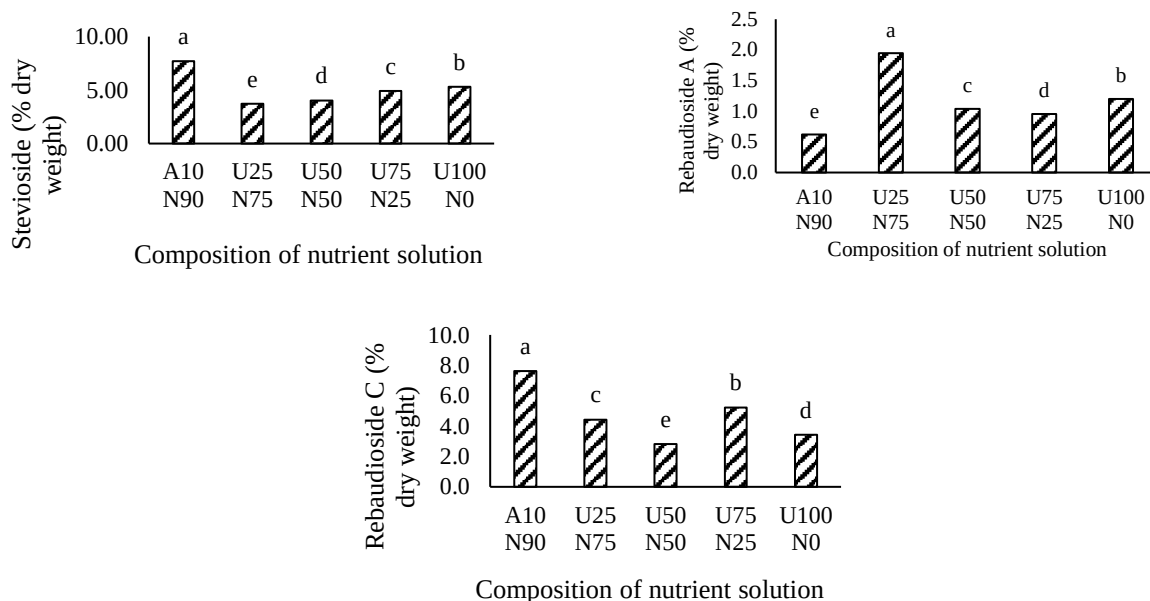
Source of variation	df	mean squares		
		Stevioside	Rebaudioside A	Rebaudioside C
Rep	2	231854.26 ^{ns}	18520.431*	168736.53 ^{ns}
Composition of nutrient solution	4	932574.1***	173832.47***	1420532.8***
Error	8	53981	3986	45075
% CV	-	10	12	10

*significant at 0.05 level ***significant at 0.001 level ns: non-significant

ns, *, ***: به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و ۰/۱ درصد

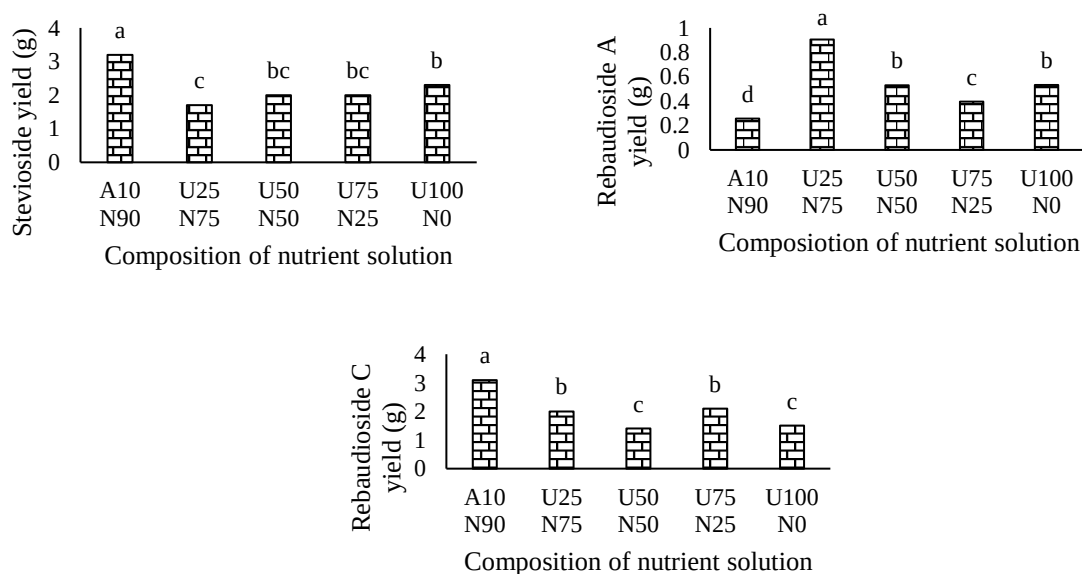
های مرتبط با سنتز گلیکوزید ها ارتباط دادند Sun et al., 2021). این محققان همبستگی منفی بین سنتز گلیکوزید برگ و زی توده برگ را گزارش کردند. در حالیکه نتایج مطالعات در این پژوهش نشان داد که کمترین میزان استویوزید ($\frac{4}{0.2}$ درصد) و ریبودیوزید C ($\frac{2}{8.1}$ درصد) و کمترین عملکرد ریبودیوزید C ($\frac{1}{4}$ گرم در گلدان) در نسبت ۵۰:۵۰ اوره به نیترات بود. مصرف اوره به عنوان تنها منبع نیتروژن موجب افزایش زی توده استویا شده و متعاقب آن غلظت گلیکوزیدها به دلیل اثر رقت به طور قابل توجهی روند کاهشی را نشان داده است (Sun et al., 2019).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ها، بیشترین غلظت استویوزید و ریبودیوزید C در نسبت ۱۰:۹۰ آمونیوم به نیترات (۷ درصد) نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد (شکل ۱). همچنین بیشترین عملکرد گلیکوزیدهای اصلی گیاه استویا یعنی استویوزید و ریبودیوزید C در نسبت ۱۰:۹۰ آمونیوم به نیترات به میزان $\frac{3}{2}$ گرم در گلدان بود (شکل ۲). عرضه شکل های مختلف نیتروژن بر متابولیسم ترپنوئیدها، فرآیند جذب نیتروژن گیاه، راندمان تثبیت کربن و متعاقباً در تشکیل زی توده گیاه استویا موثر بود. برخی محققین افزایش غلظت و عملکرد گلیکوزیدها در استویا با افزایش نیتروژن از منابع نیترات را به بیان ژن



شکل ۱- تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر غلظت ترکیبات فیتوشیمیایی

Figure 1. Effect of different ratios of urea to nitrate on the concentration of phytochemical compounds



شکل ۲- تأثیر نسبت های مختلف اوره به نیترات بر عملکرد ترکیبات فیتوشیمیایی

Figure 2. Effect of different ratios of urea to nitrate on the yield of phytochemical compounds

استفاده می شود، در گیاه استویا موجب افزایش میزان ترکیبات فیتوشیمیایی استویا بویژه استویوزید و ریبودیوزید C در کشت بدون خاک گردید. در تولید گیاه استویا اگر منظور تولید زی توده گیاه استویا باشد از منبع اوره و اگر منظور تولید گلیکوزیدها باشد از منبع نیترات برای تامین نیتروژن استفاده شود.

نتیجه گیری کلی

مطالعه حاضر نشان داد منبع تامین نیتروژن در تولید ترکیبات گلیکوزیدی در گیاه استویا از اهمیت بسزایی برخوردار است. نسبت آمونیوم به نیترات ۱۰:۹۰ که به عنوان نسبت آمونیوم به نیترات رایج در تهیه محلول های غذایی بویژه در تهیه محلول های غذایی گیاهان دارویی

References

- Aghaye Noroozlo Y., Soury M.K., and Deshad M. 2019. Effects of soil application of amino acids, ammonium, and nitrate on nutrient accumulation and growth characteristics of Sweet Basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(22): 2864-2872.
- Asadi H., Besharati H., Gorji M. 1401. Challenges and management of soil and land resources in Iran. *Scientific Journal of Land Management*, 10(1): 111-134. .
- Bunt A.C. 1976. Modern potting composts. The Pennsylvania State Univ. Press, University Park, 278p.
- Cataldo D.A., Maroon M., Schrader L.E., and Youngs V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrogen of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 6(1): 71-80.
- Daneshmand B., Eshghi S., and Garaghani A. 2019. Growth mineral nutrient composition and enzym Activity of strawberry as influenced by adding urea and nichel to the nutrient solution. *Journal of Berry Reasearch*, 9(1): 27-37
- Elliott G. 1986. Urea hydrolysis in potting media. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111(6): 862-866.
- Fallovo C., Schreiner M., Schwarz D., Colla G., and Krumbein A. 2011. Phytochemical changes induced by different nitrogen supply forms and radiation levels in two leafy Brassica species. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 59(8): 4198-4207.
- Fan M.X., and Mackenzie A.F. 1993. Urea and phosphate interactions in fertilizer microsites, ammonia volatilization and PH changes. *Soil Science Society of America Journal*, 57(3): 839-845.
- Feizizadeh M., Samadi A., Rahimi A., Asadzadeh F. 2022. The effect of perlite particle size and its combination with peat moss as a growing medium on saffron corm yield in a soilless cultivation system. *Applied soil research*, 10(4): 136-148.
- Ferrazzano G.F., Cantile T., Alcidi B., Coda M., Ingentio A., Zarrelli A., Fabio G.D., and Pollio A. 2016. Is Stevia rebaudiana Bertoni a non-cariogenic sweetener Review? *Molecules*, 21(38): 1-21.
- Hoagland D R., and Arnon D.I. 1938. The water culture method of growing plants without soil, California Agricultural Experiment Station, Circular. 347.
- Ijaz M., Pirzada A.M., Saqib M., and Latif M. 2015. Stevia rebaudiana: An alternative sugar crop in Pakistan- a review. *Erling Verlag GmbH and Co.KG*, 20(2): 88-96.
- Ingle M.R. 2008. Effect of growth regulators and environments on rooting of Stevia cutting (Stevia rebaudiana Bertoni). Dissertation, Dhawad, University Agricultural Science, 67p.
- Ladd J.N., and Jackson R.B. 1982. Biochemistry of ammonification. 6nd Ed. Nitrogen in agricultural soils, 173-228pp.
- Lemus-Mondaca R., Vega-Galvez A., Zura-Bravo L., and Ah-Hen K. 2012. *Stevia rebaudiana Bertoni*, source of high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 132(3): 1121-1132.
- Li J. 1978. Advances in soilless plant culture and its perspectives in China. 6nd Ed. Fujian Agricultural Science and Technology, Chinese, 29-39pp.
- Noe J.P., and McCarty G.W. 2002. The role of ammonium and nitrate in nitrogen metabolism of plant. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(8): 1121-1133.
- Ramesh K. Ramesh K., Singh V., and Megeji N.W. 2006. Cultivation of stevia (stevia rebaudiana Bertoni) Review. *Advances in Agronomy*, 89: 137-177.
- Shock C.C. 1982. Experimental cultivation of Rebaudi's Stevia in California University of California, Davis Agronomy Progress Report, 122p.
- Steiner, AA. 1984. The Universal nutrient solution. Proc. Sixth International Cngress on Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, Wageningen, the Netherland. 633-649.
- Sun Y., Hou M., Mur L.A.J., Yang Y., Zhang T., Xu X., Huang S., and Tong H. 2019. Nitrogen drives plant growth to the determent of leaf sugar and steviol glycosides metabolisms in stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 141: 240-249.

- Sun Y., Zhang T., Xu X., Yang Y., Tong H., Alejandro L., Mur J., and Yuan H. 2021. Transcriptomic characterization of nitrate enhanced stevioside glycoside synthesis in *Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16): 49-85.
- Tabatabaei S.J. 2014. Principles of Plant Mineral Nutrition (Ed.). Tabriz University Press.
- Taiz L., Zeiger E.,E, and Moller I.M. 2017. Physiology and Plant Development Fisiologia e desenvolvimento de plantas. 6nd Ed. Porto Alegre, Rio Grande do sul, Brazil, 858p.
- Tavarini S., Pagano I., Guidi L., and Angelini L.G. 2105. Impact of nitrogen supply on growth steviol glycoside and photosynthesis in *Stevia rebaudiana Bertoni*. *Plant Biosystems*, 150(5): 953-962.
- Zhang J., Lv J., Xie J., Gan Y., Coulter J.A., Yu J., Li J., Wang J., and Zhang X. 2020. Nitrogen source affects the composition of metabolites in pepper (*Capsicum annuum* L.) and regulates the synthesis of Capsaicinoids through the GOGAT-GS pathway. *Foods*, 9(2): 150.
- Zheng J., Qu M., Kilasara M., Mmari,W. N. and Funakawa Sh. 2019. Nitrate leaching from the critical root zone of maize in two tropical highlands of Tanzania: Effects of fertilizer-nitrogen rate and straw incorporation. *Soil and Tillage Research*, 194: 104-295.
- Zhong C., Jian S.F., Chen D.L., Huang X.J., and Miao J.H. 2021. Organic nitrogen sources promote and rographolide biosynthesis by reducing nitrogen metabolism and increasing carbon accumulation in *Andrographis paniculata*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 164: 82-91.
- Zhu Z., Yu M., Chen Y., Guo Q., Zhang L., Shi H., and Liu L. 2014. Effects of ammonium to nitrate ratio on growth, nitrogen metabolism, photosynthetic efficiency and bioactive phytochemical production of *Prunella vulgaris*. *Pharmaceutical Biology*, 52(12): 1518-1525.