Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Effects of Farmax nano fertilizer and Amino Acid on morological traits and photosynthetic pigments of chicory in aeroponic system

Zahra Movahedi [1]✉ | Ahmad Moieni [2]

1. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran. Email: zahra_movahedi_312@yahoo.com
2. Department of Plant Genetics and Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: moieni_a@modares.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Jan. 21, 2024

Revised: May. 25, 2024

Accepted: June. 1, 2024

Published online: Aug. 2024

Keywords:
Carotenoid,
Chlorophyll a,
Chlorophyll b,
Soilless Culture.

ABSTRACT

To evaluate the effect of foliar application of Farmax nano fertilizer and Amino Acid on morological traits and photosynthetic pigments of chicory (*Cichorium intybus* L.), an experiment was conducted based on randomized complete design in aeroponic system and in the independent experiments. The treatments in the effects of Farmax nano fertilizer were including control, 3 and 5 ml/l Farmax nano fertilizer and in the effects of Amino Acid were including control, Amino Acid (3 and 6 mg/l). Foliar application of fertilizers was done at 20, 40 and 60 days after transplanting in aeroponic. After 6 month morphological traits and photosynthetic pigments were measured. Based on the results of the variance analysis, the effect of different Farmax nano fertilizer and Amino Acid on morological traits and photosynthetic pigments were significant. The results in the effect of showed that 5 ml/l of Farmax nano fertilizer has produced the highest of plant height, root length, leaf number, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, fresh weight of root, dry weight of root, leaf area, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid. Also the results showed that mrological traits and photosynthetic pigments were increased by the foliar application of amino acids compared to the control. Overall, the results showed that feeding chicory with the Farmax nano fertilizer and Amino Acid could improve the morphological traits and photosynthetic pigments in the plant.

Cite this article: Movahedi, Z., & Moieni, A. (2024). Effects of Farmax nano fertilizer and Amino Acid on morological traits and photosynthetic pigments of chicory in aeroponic system, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (6), 889-902. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371442.669651

© The Author(s). Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371442.669651

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۶ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

اثر نانوکود فارمکس و آمینواسید بر صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

زهرا موحدی[۱]✉ | احمد معینی[۲]

۱. نویسنده مسئول، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. رایانامه: zahra_movahedi_312@yahoo.com

۲. گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: moieni_a@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۳/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۲

تاریخ انتشار: شهریور ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
کاروتنوئید،
کشت بدون خاک،
کلروفیل a،
کلروفیل b.

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکود فارمکس و آمینواسید بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus* L.) مطالعه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در سیستم هواکشت و بصورت دو آزمایش جداگانه انجام شد. تیمارهای آزمایشی در آزمایش بررسی اثر نانوکود فارمکس شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی با ۳ و ۵ میلی‌لیتر بر لیتر نانوکود فارمکس و در آزمایش بررسی اثر آمینواسید شامل شاهد، ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر آمینواسید بود. محلول‌پاشی در سه نوبت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هواکشت انجام گرفت. پس از ۶ ماه صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نانوکود فارمکس و آمینواسید بر صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین آزمایش اثر نانوکود فارمکس نشان داد که غلظت ۵ میلی‌لیتر بر لیتر نانوکود فارمکس بیشترین ارتفاع کل گیاه، طول ریشه، تعداد برگ، وزن تر اندام‌هوایی، وزن خشک اندام‌هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، سطح برگ و کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید را داشته است. همچنین نتایج نشان داد که صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد آمینواسید در مقایسه با شاهد افزایش یافتند. بطورکلی نتایج نشان داد که تغذیه گیاه کاسنی با نانوکود فارمکس و کود آمینواسید توانست صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش دهد.

استناد: موحدی، زهرا؛ معینی، احمد. (۱۴۰۳). اثر نانوکود فارمکس و آمینواسید بر صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کاسنی در سیستم هواکشت، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۶)، ۹۰۲-۸۸۹. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371442.669651

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371442.669651

مقدمه

تولید آبکشت و هواکشت محصولات دارویی در محیط‌های کنترل شده، فرصت‌هایی برای بهبود کیفیت، خلوص، سازگاری، و تولید زیست توده در مقیاس تجاری فراهم می‌کند (Hayden, 2004). هواکشت یک سیستم هیدروپونیک است که در آن ریشه‌های گیاه در هوا معلق می‌شوند و به طور متناوب با محلول غنی از مواد مغذی و با استفاده از یک تایمر و پمپ به صورت پاشش کود، آبیاری می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که سیستم‌های هواکشت دسترسی اکسیژن را در ناحیه ریشه به حداکثر می‌رسانند، بنابراین به حداکثر رشد گیاه کمک می‌کنند. از مزیت‌های سیستم هواکشت نسبت به دیگر سیستم‌های هیدروپونیک مشابه، استفاده کارآمدتر از آب است. تقریباً ۹۹ درصد آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. میوه و سبزیجات به دست آمده خالص هستند و قبل از استفاده نیازی به شستشو ندارند. مواد مغذی را مستقیماً به ریشه گیاه می‌رساند که منجر به رشد سریع‌تر محصولات می‌شود. میوه‌ها و سبزیجات به دست آمده از یک گلخانه دارای سیستم هواکشت سالم، مغذی، خالص بوده و رشد یکنواخت در بین تمام محصولات زراعی از دیگر مزایای این سیستم می‌باشد (Mithunesh *et al*., 2015).

هواکشت یک تکنیک جایگزین مدرن است بخصوص برای گیاهان دارویی که ریشه آنها با ارزش است (Kamies *et al*., 2010; Mehandru *et al*., 2014). این سیستم فرصت را برای کشت ریشه در ابعاد بزرگ و با کیفیت و خلوص بالا با کاربرد دارویی و تجاری فراهم می‌کند (Hayden, 2006). آزمایشات روی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) که به صورت هواکشت کشت شده بودند نشان داد که کشت در این سیستم موجب تسریع رشد و گلدهی شد (Pagliarulo and Hayden, 2000). در گیاه بابا آدم (*Arctium lappa*) نیز این سیستم کاشت تاثیر چشم‌گیری روی رشد ریشه و برگ در ۶ ماه اول شد و درنهایت ریشه‌ها سریع‌تر به بلوغ رسیدند و ضخامت مطلوب‌تری داشتند (Pagliarulo and Hayden, 2000). نتایج تحقیقی که روی گیاه جنسینگ هندی (*Withania somnifera*) شد حاکی از این بود که مواد موثره آن شامل ویتانولید و دی‌هیدروویتافرین آ[1] به طور معنی‌داری در سیستم هواکشت افزایش یافت (Xu *et al*., 2011).

یکی از نکات بسیار مهم در سیستم هواکشت تغذیه گیاه می‌باشد که برای رشد مطلوب‌تر گیاه بایستی مورد توجه قرار گیرد. با گذشت سال‌ها از وقوع انقلاب سبز و کاهش مجدد نسبت رشد تولیدات کشاورزی به رشد جمعیت جهان لزوم به کارگیری فناوری‌های نوین در کشاورزی بیش از هر زمان دیگر آشکار است. فناوری نانو در رفع مشکلات و کمبودها، در بسیاری از عرصه‌های علمی، صنعتی، علوم کشاورزی و صنایع وابسته کاربرد دارد؛ زیرا با استفاده از نانوذرات می‌توان کاربرد کودها را کنترل شده‌تر و آزادسازی عناصر را با تأخیر زمانی مطلوبی فراهم نمود (Chinnamuthu and Murugesa Boopathi, 2009). استفاده از نانوکودها و بهبود رشد در گیاهان بسیاری گزارش شده است. در تحقیقی بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی بابونه با محلول‌پاشی نانوکود فارمکس مشاهده شده است (محمدی و عزیزی، ۱۳۹۳). همچنین گزارشات مشابهی در محلول‌پاشی نانوکودها در گیاهان ریحان (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰)، گشنیز (Kalidasu *et al*., 2008)، نخود (Pandey *et al*., 2010) و چاودار (کمری و سید شریفی، ۱۳۹۴) گزارش شده است.

نتایج مطالعات نشان داده است که گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند. اسیدهای آمینه در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل می‌کنند و می‌توانند در شرایط مناسب وارد سلول گیاه شده و به دلیل خلوص بالا، در فرآیندهای متابولیکی گیاه استفاده شوند. اسیدهای آمینه می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌های رشد، فعالیت‌های گیاه را تحت تاثیر قرار دهند. همچنین این ترکیبات روی فعالیت آنزیم‌های موثر در اسیمیلاسیون نیتروژن در گیاه تاثیر گذاشته و منجر به کاهش تجمع نیترات در گیاه می‌شوند (نجفی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Maeda and Dudareva, 2012).

نتایج مطالعه‌ای در گیاه نخود نشان داد که کاربرد اسیدهای آمینه بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو این گیاه تاثیر مثبت داشته است (خالصی و همکاران، ۱۴۰۲). نتایج کمی و کیفی آزمایش‌های انجام شده در رابطه با کاربرد محرک‌های زیستی بر پایه اسیدهای آمینه نشان داده که این ترکیبات در شاخص‌های کمی رشد اثرات مثبت به جای می‌گذارند. گزارشات مختلفی این اثرات مثبت را نشان داده است (Mahmoodi and Alizadeh, 2015؛ پوریوسف میاندوآب و شهروان، ۱۳۹۳).

گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است. در دهه‌های اخیر به دلیل اهمیتی که داروهای گیاهی نسبت به داروهای شیمیایی پیدا کرده‌اند، این گیاه موردتوجه خاصی قرار گرفته است. این گیاه مشکلات گوارشی، کبد و کیسه صفرا

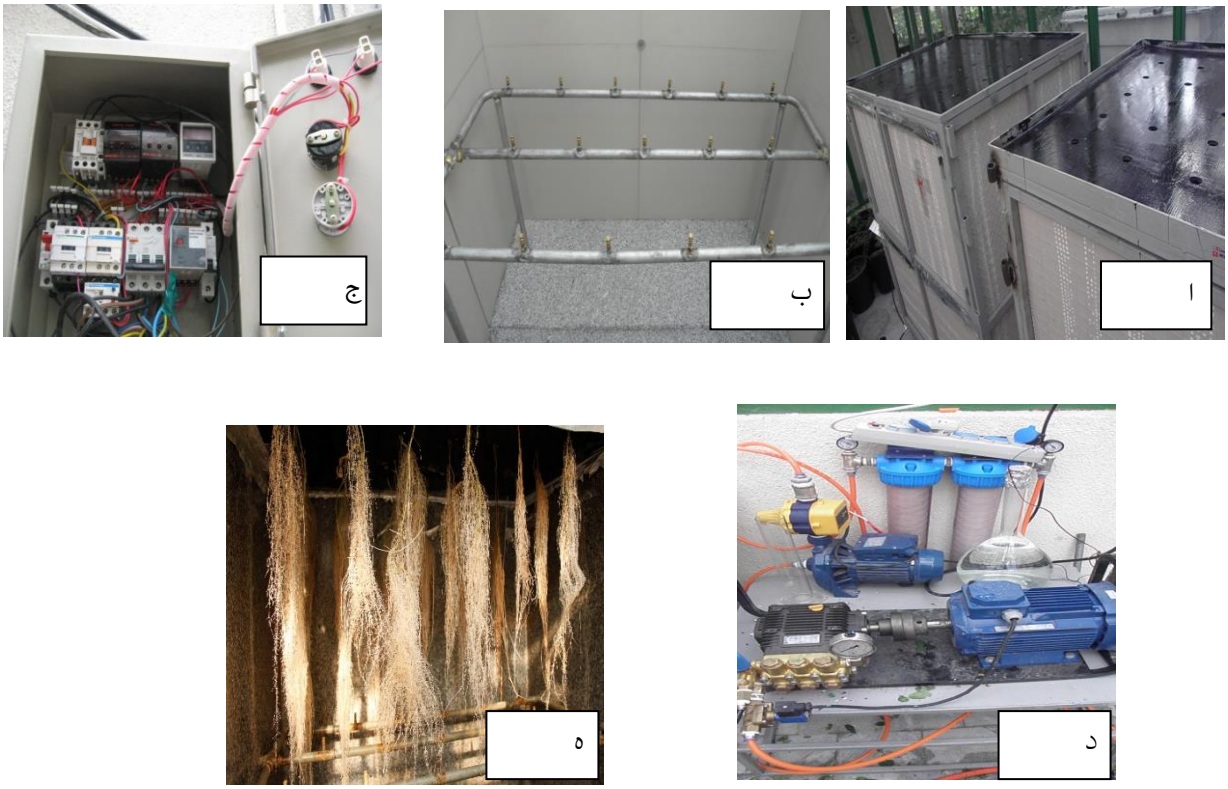
1 Dihydrowithaferin A

را رفع می‌نماید. مفید برای مشکلات گوارشی، تصفیه‌کننده خون، ملین، صفرا بر و تب بر، درمان قولنج‌های کبدی، زردی، بیماری‌های مزمن پوست، عفونت مجاری ادرار و کم‌خونی است (اهوازی و همکاران، ۱۳۸۹). کاسنی غنی از اسید سیتریک است که باعث بهبود سیستم ایمنی در برابر التهاب و عفونت باکتریایی می‌شود (Ahmad, 2009).

نانوکودفارمکس یک کود تجاری می‌باشد که دارای طیف وسیعی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف است، همچنین این کود دارای عنصر نانوسیلیس می‌باشد. کاربرد این کود پس از آزمایشات روی گیاهان دارویی نتایج امیدوار کننده داشته است (عزیزی و صفایی، ۱۳۹۵)، لذا در پژوهش حاضر اثر نانوکود فارمکس و آمینواسید بر رشد و نمو گیاهان کشت شده در سیستم هواکشت مطالعه شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف نانوکود فارمکس و آمینواسید بر رشد گیاه دارویی کاسنی در سیستم هواکشت در شرایط گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با پوشش شیشه، دمای حدود ۲۵°C، فتوپریود ۱۶ ساعت روشنایی و رطوبت حدود ۵۵ درصد اجرا شد. سیستم هواکشت مورد استفاده در این تحقیق، از مخزن قرار گرفتن بذرها در سیستم هواکشت (این مخزن جهت انتقال بذرها در داخل آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند)، نازل‌ها (محلول غذایی را بصورت کاملا پودر شده درآورده به‌طوریکه توسط گیاه به‌راحتی قابل جذب باشند)، مخزن محلول غذایی (مخزن محلول غذایی (جدول ۱) نیز بایستی از جنسی انتخاب می‌شد که با محلول غذایی واکنش نداده و باعث تغییر آن نگردد و همچنین به راحتی قابل ضدعفونی باشد)، پمپ‌های اسپری کننده محلول غذایی (این پمپ باید محلول غذایی را به محیط اطراف ریشه اسپری کرده و نیز باید توانایی لازم جهت پودر کردن محلول غذایی را داشته باشد) و سیستم کنترل (در آن از تایمرهای دیجیتالی استفاده شده است. از یک تایمر به منظور تنظیم زمان اسپری کردن محلول غذایی و از تایمر دیگر برای تنظیم زمان تخلیه مازاد محلول غذایی) تشکیل شده بود (شکل ۱).



شکل ۱- نمای کلی سیستم هواکشت مورد استفاده. الف) مخزن سیستم هواکشت ب) نازل‌های سیستم هواکشت ج) سیستم کنترل د)سیستم فیلتراسیون و پمپ‌ها ه) ریشه‌های کاسنی در سیستم هواکشت تحت تیمارهای مختلف

جدول ۱- غلظت محلول‌های مورد استفاده در سیستم هواکشت ($mg\ l^{-1}$)

Elements	Concentration ($mg\ l^{-1}$)	Elements	Concentration ($mg\ l^{-1}$)
K	200	Fe	1
N	190	Mn	0.5
Ca	150	B	0.5
S	70	Zn	0.15
Mg	45	Cu	0.1
P	35	Mo	0.05

آزمایش اول: بررسی اثر غلظت‌های مختلف نانوکود فارمکس در سیستم هواکشت روی گیاه کاسنی

جهت بررسی اثر غلظت‌های مختلف نانوکود فارمکس بر رشد گیاه کاسنی در سیستم هواکشت، ۳ سطح از این کود (۰، ۳ و ۵ میلی‌لیتر بر لیتر) و در سه نوبت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هواکشت محلول‌پاشی انجام شد. ترکیبات نانوکود فارمکس مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات نانوکود مورد استفاده در این آزمایش

ترکیب	CaO	F	SiO_2	MgO	SO_3	ZnO	Fe_2O_3	Al_2O_3	Na_2O	MoO	K_2O	CuO	NiO	CoO	SrO	کل
غلظت (%w/w)	۳۳/۷۴	۱۵/۵۸	۹/۶۳	۰/۸۳	۰/۸۰۲	۰/۳۳	۰/۲۸۸	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۰۷۵	۰/۰۶۹	۰/۰۵۱	۰/۰۴۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶	۱۰۰

آزمایش دوم: بررسی اثر غلظت‌های مختلف آمینواسید در سیستم هواکشت روی گیاه کاسنی

جهت بررسی اثر غلظت‌های مختلف آمینواسید بر رشد گیاه کاسنی در سیستم هواکشت، ۳ سطح از این کود (۰، ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) و در سه نوبت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هواکشت محلول‌پاشی انجام شد . مشخصات کود آمینواسید به شرح زیر است (جدول ۳).

جدول ۳- درصد اسیدهای آمینه موجود در آمینواسید مورد استفاده در این آزمایش

نام اسید آمینه	درصد	نام اسید آمینه	درصد
گلایسین	۱۱/۳	فنیل آلانین	۵/۱
والین	۵/۱	متیونین	۴/۲
پرولین	۸/۴	سرین	۳/۹
آلانین	۱۳/۲	ترنونین	۳
اسید اسپارتیک	۴/۵	هیستیدین	۳
آرژنین	۸/۴	تیروزین	۱/۵
اسید گلوتامیک	۰/۹	گلوتامین	۰/۹
لیزین	۵/۱	سیستئین	۰/۳
لوسین	۱۶/۵	آسپاراژین	۰/۴
ایزولوسین	۴/۵	تریپتوفان	۰/۴

در هر دو آزمایش، بعد از ۶ ماه، صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک قسمت هوایی و ریشه، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. وزن خشک پس از قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، تعیین گردید. ارتفاع کل گیاه (ساقه + ریشه)، طول ریشه و به طور جداگانه در آزمایشگاه به وسیله خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد برگ‌های هر بوته به صورت جداگانه شمارش و سطح برگ با دستگاه سطح برگ سنج اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی، نیم گرم از گیاه کاسنی با استفاده از نیتروژن مایع در هاون خرد شد و۲۰میلی‌لیتر استون۸۰ درصد به نمونه اضافه شد و در سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. سپس مقداری از عصاره فوقانی در کووت اسپکتوفتومتر (Analytikjena SPELORD 205، آلمان) ریخته شد و میزان جذب عصاره استخراج شده در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر به ترتیب برای کلرفیل کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید قرائت شد و با استفاده از روابط زیر، محاسبه گردید (Arnon, 1967).

Chlorophyll a (mg/g) = ((12.7× A663) – (2.69 × A645)) × V/1000 × W
Chlorophyll b (mg/g) = ((22.9× A645) – (4.69 × A663)) × V/1000 × W
Carotenoid (mg/g) = (100 (A470) - 3.27(mg chl. a) – 104(mg chl. b))/227

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار (هر تکرار از یک گیاه تشکیل می‌شد) انجام شدند. نتایج آزمون Kolmogorove-

Smirnov، نرمال بودن خطاهای آزمایشی صفات مورد بررسی در هر دو آزمایش را نشان داد، لذا محاسبات آماری متعارف برای آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ver.14 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

نتایج آزمایش اول: بررسی اثر نانوکود فارمکس بر صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی کاسنی در سیستم هواکشت

شاخص‌های ریختی گیاه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) برای صفات مورفولوژیک مورد مطالعه (شامل ارتفاع کل، طول ریشه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه) نشان داد که اثر نانوکود فارمکس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد برگ و سطح برگ در ۵ میلی‌لیتر بر لیتر از نانوکود فارمکس بدست آمد و کاربرد ۵ میلی‌لیتر بر لیتر از نانوکود فارمکس به ترتیب باعث افزایش ۵۱/۶ و ۴۸/۷ درصدی تعداد برگ و سطح برگ در مقایسه با عدم کاربرد نانوکود فارمکس شده است (جدول ۵).

نتایج حاصل از اثر غلظت‌های مختلف نانوکود فارمکس بر ارتفاع کل گیاه و طول ریشه نشان داد که طول ریشه و ارتفاع کل این گیاه با تیمار نانوکود فارمکس نسبت به شاهد افزایش چشمگیری داشته است و تیمار با ۵ میلی‌لیتر بر لیتر از نانوکود فارمکس به ترتیب ۳۲/۶ و ۳۶/۹ درصد ارتفاع کل گیاه و طول ریشه را افزایش داد (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف نانوکود فارمکس بر وزن تر و خشک ریشه که در جدول ۵ آورده شده است، نشان داد که کاربرد ۵ میلی‌لیتر بر لیتر از نانوکود فارمکس باعث افزایش ۸۲/۶ درصدی وزن تر ریشه در هر گیاه و ۶۶/۵ درصدی وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد شده است.

برای وزن تر و خشک اندام‌هوایی نیز نتایج مشابهی بدست آمد، همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت نانوکودفارمکس میزان وزن تر و خشک اندام هوایی نیز در مقایسه با شاهد افزایش یافته است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که که اثر نانوکود فارمکس برای صفات کلروفیل a، b و کاروتنوئید معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) کاربرد ۵ میلی‌لیتر بر لیتر از نانوکود فارمکس کلروفیل a، b و کاروتنوئید را در مقایسه با شاهد افزایش داد (به ترتیب، ۷۴/۸، ۲۷ و ۷۸/۱ درصد).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر نانوکود فارمکس بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع کل	طول ریشه	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
تیمار	۲	۴۱۹/۹**	۳۲۰/۲**	۱۱۰/۵**	۲۸۰۳۱۶/۳**	۱۰۸۱/۳**	۳۵/۷**
خطا	۱۲	۹۴/۷	۱۰۰/۳	۳۰/۹	۹۹۷۸۳/۷	۲۴۳/۶	۸/۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۹	۸/۷	۱۰/۸	۱۱/۷	۱۵/۵	۱۴/۳

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ادامه جدول ٤

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	کاروتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b
تیمار	۲	۳۳۱/۴**	۴۳/۳**	۰/۰۹۰۸**	۰/۰۶۲۵**	۰/۱۸۲۴**
خطا	۱۲	۸۵/۲	۹/۵	۰/۰۲۷	۰/۰۱۶۵	۰/۰۴۰۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۵	۵/۷	۱۰/۷	۶/۱	۱۳/۸

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نانوکود فارمکس بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

تیمار	ارتفاع کل (cm)	طول ریشه (cm)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)
شاهد	۱۲۳/۵^{c}	۹۶/۲۳^{c}	۴۰/۷^{c}	۲۱۲۰/۴^{c}
۳ میلی‌لیتر بر لیتر	۱۳۶/۷^{b}	۱۱۸/۱^{b}	۵۲/۱^{b}	۲۸۴۱/۱۲۵^{b}
۵ میلی‌لیتر بر لیتر	۱۶۳/۷^{a}	۱۳۱/۷^{a}	۶۱/۷^{a}	۳۱۵۲/۶^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی داری درسطح ۱ ٪ باهم ندارند.

ادامه جدول ۵

تیمار	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)
شاهد	۷۵/۴^{c}	۱۶/۴^{c}	۲۴۶/۷^{c}	۴۸/۶^{c}
۳ میلی‌لیتر بر لیتر	۸۸/۳^{b}	۱۷/۶^{b}	۲۶۴/۲^{b}	۵۴/۹^{b}
۵ میلی‌لیتر بر لیتر	۱۳۷/۷^{a}	۲۷/۳^{a}	۲۸۳/۱^{a}	۶۰/۳۱^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح ۱ ٪ باهم ندارند.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر نانوکود فارمکس بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

تیمار	کاروتنوئید (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)
شاهد	۱/۰۲۲^{c}	۱/۸۵^{c}	۱/۱۱^{c}
۳ میلی‌لیتر بر لیتر	۱/۵۷^{b}	۲/۰۱^{b}	۱/۳۵^{b}
۵ میلی‌لیتر بر لیتر	۱/۸۲^{a}	۲/۳۵^{a}	۱/۹۴^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح ۱ ٪ باهم ندارند

نتایج آزمایش دوم: بررسی اثر آمینواسید بر صفات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی کاسنی در سیستم هواکشت

در این آزمایش اثر تیمارهای مختلف بر همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود که در زیر به شرح نتایج پرداخته خواهد شد (جدول ۷).

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر آمینواسید بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع کل	طول ریشه	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
تیمار	۲	۴۴/۹**	۹۳/۰**	۲۷/۲**	۱۸۰۹۳۵/۷**	۱۰۸۵/۷**	۳۷/۵**
خطا	۱۲	۱۰/۵	۳۲/۳	۱۳/۱	۴۵۴۳۸/۹	۲۸۵/۸	۹/۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۵	۵/۳	۷/۷	۸/۴	۱۵/۶	۱۳/۶

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ادامه جدول ۷

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	کاروتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b
تیمار	۲	۱۹۹/۳**	۱۵/۷**	۰/۰۸۲۶**	۰/۰۴۴۴**	۰/۱۴۲۰**
خطا	۱۲	۸۳/۵	۶/۶	۰/۰۱۸۵	۰/۰۰۹۹	۰/۰۳۳۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۵	۵/۲	۹/۴	۴/۹	۱۲/۶

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

تعداد برگ و سطح برگ

اثر تیمارهای مختلف بر سطح و تعداد برگ تولیدی در هر گیاه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین کاربرد آمینواسید با تیمار شاهد وجود داشت و کاربرد ۶ میلی‌گرم در لیتر از آمینواسید باعث افزایش ۴۰/۱ درصد سطح برگ و ۲۳/۱ درصد تعداد برگ در مقایسه با شاهد شد (جدول ۸).

ارتفاع گیاه و طول ریشه

نتایج حاصل از اثر غلظت‌های مختلف آمینواسید بر ارتفاع گیاه نشان داد (جدول ۸) که طول ریشه و ارتفاع کل این گیاه با تیمار آمینواسید

نسبت به شاهد افزایش داشته است بطوری‌که تیمار با ۶ میلی‌گرم در لیتر از آمینواسید، ارتفاع کل و طول ریشه را در مقایسه با شاهد افزایش داده است (به ترتیب، ۱۰/۸ و ۱۹/۶ درصد).

وزن تر و خشک ریشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۸)، وزن تر و خشک ریشه در هر گیاه در تیمار با ۶ میلی‌گرم در لیتر از آمینواسید در مقایسه با شاهد افزایش چشم‌گیری داشته است بطوری‌که باعث افزایش ۸۷/۴ درصدی در وزن تر ریشه و ۷۴/۴ درصدی در وزن خشک ریشه شده است.

وزن تر و خشک اندام‌هوایی

مقایسه میانگین (جدول ۸) اثر غلظت‌های مختلف آمینواسید بر وزن تر و خشک اندام هوایی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی (به ترتیب، ۲۷۳/۳g و ۵۳/۷ g) مربوط به کاربرد ۶ میلی‌گرم در لیتر از آمینواسید بود. در مورد وزن خشک نیز کمترین وزن تر و خشک اندام‌هوایی را تیمار شاهد به خود اختصاص داده است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۹) کاربرد ۶ میلی‌گرم در لیتر از آمینواسید، باعث افزایش کلروفیل a، b و کاروتنوئید در مقایسه با شاهد گردید (به ترتیب، ۲۲/۲، ۶۷/۶ و ۷۳/۲ درصد).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر آمینواسید (میلی‌گرم در لیتر) بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

تیمار	ارتفاع کل (cm)	طول ریشه (cm)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)
شاهد	۱۲۳/۵^{c}	۹۶/۲۳^{c}	۴۰/۷^{b}	۲۱۲۰/۴^{c}
۳	۱۲۸/۷^{b}	۱۰۹/۱^{b}	۴۹/۳^{a}	۲۵۱۲/۸^{a}
۶	۱۳۶/۸^{a}	۱۱۵/۱^{a}	۵۰/۱^{a}	۲۹۷۰/۳^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی داری درسطح ۱٪ باهم ندارند.

ادامه جدول ۸

تیمار	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)
شاهد	۷۵/۴^{c}	۱۶/۴^{c}	۲۴۶/۷^{c}	۴۸/۶^{c}
۳	۱۰۸/۳^{b}	۲۱/۶^{b}	۲۶۸/۲^{b}	۴۵/۹^{b}
۶	۱۴۱/۳^{a}	۲۸/۶^{a}	۲۷۳/۳^{a}	۵۳/۷^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح ۱٪ باهم ندارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر آمینواسید (میلی‌گرم در لیتر) بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

تیمار	کاروتنوئید (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)
شاهد	۱/۰۲۲^{c}	۱/۸۵^{c}	۱/۱۱^{c}
۳	۱/۳۵^{b}	۱/۹۷^{b}	۱/۴۲^{b}
۶	۱/۷۷^{a}	۲/۲۶^{a}	۱/۸۶^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح ۱٪ باهم ندارند

بحث

بطوکلی نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از نانوکود فارمکس بطورمعنی‌داری اکثر صفات مورد مطالعه را افزایش داده است. نانوکود فارمکس حاوی عناصر ماکرو و میکرو می‌باشد. این کود دارای طیف وسیعی از عناصر غذایی پرمصرف (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، گوگرد) و کم مصرف (آهن، روی، مس، مولیبدن، کبالت) می‌باشد، افزایش اکثر پارامترهای رشدی در مقایسه با شاهد را می‌توان به افزایش فراهمی عناصر غذایی، بهبود دسترسی و جذب بیشتر، توسط گیاه نسبت داد. به نظر میرسد نانوکودفارمکس به دلیل رهاسازی کنترل شده عناصر غذایی در تمام طول دوره رشد، سبب افزایش نگهداری آب و فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردیده که این مسئله در نهایت به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد انجامیده است. نانوذرات سیلیس کودفارمکس

موجب افزایش مقدار فتوسنتز، محتوای کلروفیل، ماده خشک، بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود (عزیزی و صفایی، ۱۳۹۵). استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت، به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود. با بکارگیری نانوکودها، زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه مطابق و هماهنگ می‌شود، لذا گیاه قادر به جذب بیشتر مقدار مواد غذایی بوده و در نتیجه ضمن کاهش آبشویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد (Derosa *et al*., 2010).

دلیل تغییرات اجزای گیاهی، تعداد بیشتر ذرات در واحد وزن و سطح ویژه ذرات نانو مقیاس است که باعث تماس بیشتر کود با گیاه و درنتیجه افزایش جذب مواد مغذی می‌گردد. علاوه بر این، نانوذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر، احتمالاً بازده عناصر را بیشتر و حلالیت آن را در آب مؤثرتر می‌کند، بنابراین فعالیت نانوذرات افزایش یافته و و درنتیجه عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Joseph and Morrisson, 2006). بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص نانوذرات در مقایسه با ذرات معمول، اثرگذاری بیشتر این ذرات را می‌تواند توجیه کند (Prasad *et al*., 2012; Soumare *et al*., 2003). در ذرات نانو، خصوصیات و رفتارهای جالب و قابل توجه مواد از جمله واکنش پذیری و تحرک بالا، خصوصیات خود کنترلی و هوشمندی مشاهده می‌شود که دلیل اصلی آن سطح ویژه بالای مواد در این مقیاس می‌باشد. از جمله ویژگی‌های جالب توجه دیگر نانو مواد، سبک و کوچک بودن، استفاده در مقادیر کم، چند کاربردی بودن و صرفه‌جویی در مواد مصرفی است (Gleiter, 1989; Zhang and Stoffella, 2003) . جذب کودهایی که با این ابعاد تولید می‌گردند، راحت‌تر شده و نسبت به کودهای رایج تأثیر بیشتری دارند. بهبود پارامترهای رشدی در اثر استفاده از نانوکودها در گیاهان مختلف گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به گل همیشه بهار (Amumuha *et al*., 2012)، ریحان (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰)، بابونه (محمدی و عزیزی، ۱۳۹۳)، گندم (Kandi and Marie, 2017) و شوید (Gholinezhad, 2017) اشاره کرد.

طبق بررسی حاضر با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه، ارتفاع بوته افزایش داشت. در گزارشی روی گیاه گزنه (*Urtica pilulifera*) ارتفاع بوته تحت تاثیر محلول‌پاشی با اسید آمینه افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت (Wahba *et al*., 2015) که با نتایج حاصل از این مطالعه همخوانی دارد. همچنین نتایج مطالعات در گیاه *Iberis amara* نشان داد که محلول‌پاشی اسید آمینه باعث افزایش در وزن تر و خشک این گیاه شده است (Attoa *et al*., 2005) که در تطابق با پژوهش حاضر است. با محلول‌پاشی ترکیبات نیتروژن‌دار، نیتروژن به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌دهند و تأمین نیتروژن کافی نقش مهمی در افزایش اسیدهای نوکلئیک، آمیدها، آمینواسیدها و درنتیجه تکثیر سلولی دارد (قاضی مناس و همکاران، ۱۳۹۲) که می‌تواند در افزایش سطح برگ نقش مهمی داشته باشد. یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر اثر مثبت محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر سطح برگ، این مطالب را تأیید می‌کند.

نتایج تحقیقات نشان داده که محلول‌پاشی با اسیدهای آمینه، رشد و محتوای پروتئین حبوبات را بهبود داده (Hall *et al*., 2002; Tiemann *et al*., 2009) و همین طور کلروفیل کل (a+b) را افزایش داده است (El-Naggar and El-Sayed, 2002). با توجه به اینکه کودهای اسیدآمینه حاوی اسیدهای آمینه سرین، گلوتامین و گلوتامات بوده، می‌توانند باعث افزایش پیش سازها شده و از این طریق باعث افزایش سنتز کلروفیل در گیاه می‌شوند. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تیمارهای اسیدهای آمینه باعث افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاه کرفس شدند (Shehata *et al*., 2011). افزایش ترکیبات آلی نیتروژن‌دار همچون اسیدهای آمینه سرعت رشد و تولید زیست توده گیاه را به دلیل افزایش غلظت کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز بهبود می‌بخشد (نجفی و همکاران، ۱۴۰۰). در پژوهشی دیگر محلول‌پاشی اسیدآمینه در گیاه ماشک اثرات مثبت و معنی‌داری در پارامترهای رشدی داشته است (محمودی و علیزاده، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای افزایش زیست توده در گیاه تربچه با کاربرد آمینواسید مشاهده شده است (Liu *et al*., 2008). در گیاه گوجه فرنگی نیز با کاربرد آمینواسید عملکرد افزایش یافته است (Koukounaras *et al*., 2013). در گیاه *Eustoma grandiflorum* نیز کاربرد آمینواسید رشد را بهبود داده است (Mondal *et al*., 2015). در تحقیق دیگری در فلفل شیرین کاربرد آمینواسید وزن تر ریشه و اندام‌هوایی را افزایش داده است (حقیقی و برزگر، ۱۳۹۶). Raeisi و همکاران (۲۰۱۴) علت این تاثیر مثبت را اهمیت تغذیه برگی اسیدهای آمینه آزاد به عنوان یک منبع مهم در سنتز پروتئین گیاهان دانسته‌اند. در واقع تغذیه برگی اسیدهای آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین در گیاهان باشد Dakoraو Phillips (۲۰۰۲) بیان کردند که گیاهان با کاربرد آمینواسید قادر خواهند بود تا عناصر غذایی بیشتری از محیط ریشه جذب کنند. به علاوه Franco و همکاران (۱۹۹۴) دریافتند که آمینواسید باعث تسهیل انتقال عناصر غذایی در سیستم آوندی از طریق بهبود نفوذپذیری غشای سلولی می‌شود. همچنین تأثیر اسیدآمینه‌ها بر افزایش شاخص‌های مورفولوژیک می‌تواند به دلیل نقش مثبت آن‌ها در رشد گیاهان در اثر افزایش تقسیمات سلولی، توسعه و کشیدگی سلول باشد. همچنین اسیدآمینه‌ها می‌توانند به طور غیرمستقیم با اثر بر

تنظیم کننده‌های رشدی باعث افزایش رشد رویشی گیاهان شوند (Mazher *et al*., 2011).

نتیجه‌گیری کلی

بطوکلی نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد آمینواسید و نانوکود فارمکس می‌تواند در بهبود ویژگی‌های رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کاسنی موثر باشد و در بین سطوح مصرفی نانوکود فارمکس غلظت ۵ میلی‌لیتر بر لیتر و در بین سطوح مصرفی آمینواسید غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر از آمینواسید بیشترین تاثیر را در صفات مورد مطالعه داشت. لذا به منظور تکمیل نتایج این آزمایش، پیشنهاد می‌شود تأثیر غلظت‌های مختلف دیگر این کودها، خصوصاً در غلظت‌های بالاتر آن، در طی پژوهش‌های آینده بر عملکرد کمی و کیفی کاسنی بررسی شود. همچنین با توجه به نتایج حاصله و نیز مزایای متعدد این سیستم، بخوبی می‌توان از آن در مطالعات فیزیولوژیک و مورفولوژیک بر رشد و نمو ریشه و تاثیر کودهای مختلف و عناصر غذایی استفاده کرد به دلیل اینکه به راحتی می‌توان تمام مراحل رشد و نمو ریشه‌ها را در یک محیط کنترل شده رصد نمود.

سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از یک طرح در دانشگاه ملایر با شماره قرارداد ۱۵-۱-۸۴/۵ می‌باشد. بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه ملایر و همچنین از دانشگاه تربیت مدرس جهت در اختیار قرار دادن گلخانه و سیستم هواکشت قدردانی می‌گردد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

اهوازی، مریم، رضوانی اقدم، علی، و حبیبی خانیانی، بهرام (۱۳۸۹) *بذر گیاهان دارویی (مورفولوژی، فیزیولوژی و خواص دارویی)*. انتشارات جهاد دانشگاهی ۲۳۶ صفحه.

پوریوسف میاندوآب، محمود، و شهروان، نازیلا (۱۳۹۳) اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان‌های مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. *فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی* ۶(۲۳): ۱۲-۲۱.

پیوندی، مریم، پرنده، هانیه، و میرزا، مهدی (۱۳۹۰) مقایسه تاثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ریحان *Ocimum Basilicum* . *مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی* ۴(۱):۸۹-۹۸ .

حقیقی، مریم، و برزگر، محمد رضا (۱۳۹۶) اثر آمینواسید و تلقیح مایکوریز بر رشد فلفل دلمه در گلخانه. *تحقیقات کشاورزی ایران* ۳۶(۲): ۴۷-۵۴.

خالصی، ع، موسوی میرکلائی، سید امیر عباس، مدرس ثانوی، سید علی محمد، افتخاری، علی، و نشائی مقدم، مجتبی (۱۴۰۲) تأثیر محلول‌پاشی برخی از اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arientinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. *علوم گیاهان زراعی ایران* ۵۴(۱): ۲۷-۴۰.

عزیزی، مجید، و صفایی، زینب (۱۳۹۵) اثر محلولپاشی اسید هیومیک و نانوکودفارمکس بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). علوم باغبانی ۳۰(۴):۶۷۱-۶۸۰.

قاضی مناس، معصومه، بانج شفیعی، شهرام، حاج سیدهادی، محمدرضا و درزی، محمدتقی (۱۳۹۲). بررسی اثرهای مقادیر مختلف کود زیستی ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۹(۲):۲۶۹-۲۸۰.

کمری، حسین، و سید شریفی، رئوف (۱۳۹۴) تاثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی بر عملکرد و سرعت و دوره پر شدن دانه تریتیکاله. *نشریه روابط خاک و گیاه*، ۶(۲۴): ۱۴۱-۱۵۳.

محمدی، سمانه، و عزیزی، مجید (۱۳۹۳) بررسی تأثیر سطوح مختلف و دفعات محلول‌پاشی نانوکود فارمکس بر رشد و نمو و مواد مؤثره بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.). *نشریه علوم باغبانی* ۲۸(۴): ۴۳۵-۴۴۵.

محمودی، حمید، و علیزاده، خشنود (۱۳۹۳) تاثیرکاربرد اسیدهای آمینه آزاد بر عملکردکمی وکیفی ماشک رقم گل‌سفید (*Vicia panonica*) در شرایط دیم. *نشریه زراعت دیم ایران* ۳(۲):۱۱۵-۱۲۶.

نجفی، میثم، آرویی، حسین، و امینی فرد، محمد حسین (۱۴۰۰) بررسی اثر اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار سوپر دامینوس (*Cucumis sativus* L) تحت تنش خشکی. *نشریه علوم باغبانی* ۳۵(۴): ۵۲۱-۵۳۳.

REFERENCES

Ahmad, N. (2009) Alloxan diabetes-induced oxidative stress and impairment of oxidative defense system in rat brain: neuroprotective effects of (*Cichorium intybus*). *Intenational Journal of Diabetes and Metabolism*, 17: 105-109.

Ahvazi, M., Rezvani Aghdam, A. & Habibi Khaniani, B. (2010) Seed of medical plants (morphology, physiology and medicinal properties). Vol 1. *Jahad Daneshgahi Press*. 228 p. (In Persian)

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23, 112-121.

Attoa, G. E. , Wahba, H. E., & Frahat, A. A. (2002) Effect of some amino acids and sulphur fertilizers on growth and chemical composition of *Iberis amara* L. plant. *Egyptian Journal of Horticultural*, 29 : 17 - 37.

Azizi, M., & Safaei, Z. (2017). The Effect of Foliar Application of Humic Acid and Nano Fertilizer (Pharmks) on Morphological Traits, Yield, Essential Oil Content and Yield of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal Of Horticultural Science*, 30(4): 671-680. (In Persian)

Chinnamuthu, C. R., & Murugesa Boopathi, P. (2009) Nanotechnology and Agroecosystem. *Madras Agricultural Journal*, 96: 17-31.

Dakora, F. D., & Phillips, D. A. (2002) Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil*, 245: 35-47.

Derosa, M. C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010) Nanotechnology in fertilizers. *Nature nanotechnology*, 5(2): 91.

El-Naggar, A.H., & El-Sayed, S. G. (2009) Response of *Dianthus caryophyllus* L. plants to foliar nutrition. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5: 622-630.

Franco, J. A., Banon, S., & Madrid, R. (1994) Effects of a protein hydrolysate applied by fertigation on the effectiveness of calcium as a corrector of blossom-end rot in tomato cultivated under saline conditions. *Scientia Horticulturea*, 57: 283-292.

Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Hajseyd Hadi, M., & Darzi, M. (2013). Effects of vermicompost and nitrogen on qualitative and quantitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29(2): 269-280. (In Persian)

Gholinezhad, E. (2017) Effect of drought stress and Fe Nano-fertilizer on seed yield, morphological traits, essential oil percentage and yield of Dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4): 1006-1017.

Gleiter, H. (1989) Nanocrystalline materials. Progress in materials science. *Nano technology*, 33: 223- 315.

Haghighi, M., & Barzegar. MR. (2017). Effect of amino acid and mycorrhiza inoculation on sweet pepper growth under greenhouse conditions. *Iran Agricultural Research*, 36(2): 47-54. (In Persian)

Hall, M.H., Stout, R.C., & Smiles, W.S. (2002) Effects of foliar fertilizers and growth regulators on Alfalfa yield and quality. Available online at: *Crop Management*, https://doi.org/ 10.1094/ CM-2002- 0429-01-RS.

Hayden, A. (2006) Aeroponic and hydroponic system for medicinal herb, rhizome and root crope. *Hort science*, 41 (3):536-538.

Hayden, A.L., Brigham, L.A., & Giacomelli, G.A. (2004) Aeroponic cultivation of ginger (*Zingiberofficinale*) rhizomes. *ActaHorticulturae*, 659:397–402.

Hubick, K.T., Drakeford, D.R., & Reid, D.M. (1982) A comparison of two techniques for growing minimally water-stressed plants. *Canadian Journal of Botany*, 60: 219–223.

Joseph, T., & Morrisson, M. (2006) Nanoforum: Nanotechnology in Agriculture and Food. Eur. Nanotechnol. Gateway.

Kalidasu, G., Sarada, C., & Yellamanda reddy, T. (2008) Efficacy of biofertilizers on the performance of rainfed coriander (*Coriandrum sativum*) in vertisols. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 17 (2): 98 - 102.

Kamari, H., & Seyed Sharifi, R. (2016). Effects of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and foliar application with nano-zinc oxide on yield and rate and period of grain filling of triticale. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center*, 6(23):21-32. (In Persian)

Kamies, R., Rafudeen, M.S., & Farrant, J. (2010) The use of aeroponics to investigate antioxidant activity in the roots of Xerophyta viscosa. *Plant Growth Regulation*, 62(3):203-211.

Kandil, E. E., & Marie, E. A. (2017) Response of some wheat cultivars to nano-, mineral fertilizers and amino acids foliar application. *Alexandria Science Exchange Journal*, 38(1): 53-68.

Khalesi, A., Mousavi Mirkalaeia, S. A., Modares Sanavi, S. A. M., Eftekhari, A., & Nashaeai Moghadam, M.

(2023). Effect of foliar application of some amino acids on growth and yield of chickpea (*Cicer arientinum* L.) under different irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(1): 27-40. (In Persian)

Koukounaras, A., Tsouvaltzis, P., & Siomos, A.S. (2013) Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2): 644-648.

Liu, X. Q., Ko, K. Y., Kim, S. H., & Lee, K. S. (2008) Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39: 269-281.

Maeda, H., & Dudareva, N. (2012). The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 63 : 73 -105.

Mahmoodi, H., & Alizadeh, K. (2014). Effect of free amino acids on the yield quality and quantity of forage varieties Gole-Sefid (*Vicia panonica*) in rainfed conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 3(2), 115-126. (In Persian)

Mazher, A. A., Zaghloul, S. M., Mahmoud, S. A., & Siam, H. S. (2011) Stimulatory effect of kinetin, ascorbic acid and glutamic acid on growth and chemical constituents of *Codiaeum variegatum* L. plants. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 10(3): 318-323.

Mehandru, P., Shekhawat, N.S., Rai, M.K., Kataria, V., & Gehlot, H.S. (2014) Evaluation of aeroponics for clonal propagation of Caralluma edulis, Leptadenia reticulate and Tylophora indica—three threatened medicinal Asclepiads. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20(3): 365–373.

Mithunesh, P., Gupta, K., Ghule, S. & Hule, S. (2015) Aeroponic based controlled environment based farming system. *IOSR Journal of Computer Engineering* (IOSR-JCE), 17(6): 55-58.

Mohammadi, S., & Azizi, M. (2015). Effects of different levels of Farmax nano fertilizer and foliar spraying time on growth and effective substance of German chamomile (*Matricaria recutita*). *Journal of Horticulture Science*, 28(4):435-445. (In Persian)

Mondal, M. F., Asaduzzaman, M., Tanaka, H., & Asao, T. (2015) Effects of amino acids on the growth and flowering of Eustoma grandiflorum under autotoxicity in closed hydroponic culture. *Scientia Horticulturae*, 192:453-459.

Najafi, M., Arouiee, H., & Aminifard, M. (2022). ..Effects of Humic Acid and Amino Acid on some Growth Traits on Super Daminus Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Drought Stress. *Journal Of Horticultural Science*, 35(4), 521-533. (In Persian)

Pagliarulo, C.L., & Hayden. A.L. (2000) Potential for greenhouse aeroponic cultivation of medicinal root crops'. Proceedings of the 30th National Agri. Plastics Congress, pp: 61- 66.

Pandey, A. C., Sanjay, S. S., & Yadav, R. S. (2010) Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *Journal of. Experience Nanoscience*, 5: 488-497.

Peyvandi, M., Parande, H., & Mirza, M. (2011). Comparison of Nano Fe Chelate with Fe Chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of Ocimum Basilicum. *New Cellular and Molecular Biotechnology*, 4(1):89-98. (In Persian)

Pouryousef Miandoab, M., & Shahravan, N. (2014). Effect of foliar application of Amino Acids at different times on yield and yield components of maize. *Crop Physiology Plant*, 6(23):21-32. (In Persian)

Prasad, T.N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R., & Pradeep, T. (2012) Effect of nanoscales Zinc Oxide on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 35: 905-927.

Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. (2014) Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Jornal of Biosciences*, 4(1): 463-468.

Shehata, S., Abdel-Azem, H. S., Abou El-Yazied, A., & El-Gizawy, A. (2011) Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. *European Journal of Scientific Research*, 58(2): 257-265.

Soumare, M., Tack, F.M.G., & Verloo, M. G. (2003) Effect of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, 86: 15-20.

Tiemann, T.T., Franco, L.H., Peters, M., Frossard, E., Kreuzer, M., & Lascano, C.E. (2009) Effect of season, soil type and fertilizer on the biomass production and chemical composition of five tropical shrub legumes with forage potential. *Grass and Forage Science*, 64: 255-265.

Wahba, H. E. , Motawe, H. M., & Ibrahim, A. Y. (2015) Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera*

L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. *Journal of Mater Environment Science*, 6 : 499 -506 .

Xu, Y., Gao, S., Daniel, P., Bunting, A.A., & Gunatilaka, L. (2011) Unusual withanolides from aeroponically grown *Withania somnifera*. *Phytochemistry*, 72: 518-522.

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

Effects of Farmax nano fertilizer and Amino Acid on morological traits and photosynthetic pigments of chicory in aeroponic system

EXTRACTED ABSTRAC

Background and purpose

Chicory is a perennial plant that has been used frequently among people of different countries. Production of medicinal plants in controlled environments (CE) provides opportunities for improving the quality, purity, consistency, bioactivity, and biomass production of the raw material. The aeroponic method is a special hydroponic system in which plant roots are placed in a closed container and nutrient solution is sprayed on them at intervals. Nutrient solution management is the key to success in the production of these plants in soilless cultures, including aeroponic systems. The use of nanofertilizers leads to increasing the efficiency of nutrient consumption, minimizing the negative effects of excessive fertilizer consumption and reducing the number of fertilizer applications. Because of the advantages of the aeroponic system for investigating the effects of nanofertilizers on plants it was used in this study to evaluation the effects of the Farmax nano fertilizer and Amino Acid on some morphophysiological traits of the Chicory.

Materials and methods

To evaluate the effect of foliar application of Farmax nano fertilizer and Amino Acid on morological traits and photosynthetic pigments of chicory, an experiment was conducted based on randomized complete design in aeroponic system and in the independent experiments. The treatments in the effects of Farmax nano fertilizer were including control, 3 and 5 ml/L Farmax nano fertilizer and in the effects of Amino Acid were including control, Amino Acid (3 and 6 mg/L). Foliar application of fertilizers was done at 20, 40 and 60 days after transplanting in aeroponic**.** After 6 month plant height, root length, leaf number, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, fresh weight of root, dry weight of root, leaf area, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid were measured.

Findings

The result in the effect of showed that 5 ml/L of Farmax nano fertilizer has produced the highest of plant height (163.7 cm), root length (131.7 cm), leaf number (61.7), fresh weight of shoot (283.1 g), dry weight of shoot (60.31 g), fresh weight of root (137.7 g), dry weight of root (27.3 g), leaf area (3152.6 mm^2), chlorophyll a (2.35 mg/g), chlorophyll b (1.94 mg/g) and carotenoid (1.82 mg/g). Also the highest of plant height (136.8 cm), root length (115.1 cm), leaf number (50.1), fresh weight of shoot (273.3 g), dry weight of shoot (53.7 g), fresh weight of root (141.3 g), dry weight of root (28.6 g), leaf area (2970.3 mm^2), chlorophyll a (2.26 mg/g), chlorophyll b (1.86 mg/g), carotenoid (1.77 mg/g) obtained from 6 mg/L of Amino Acid.

Conclusion

The total results showed that 5 ml/L Farmax nano fertilizer and 6 mg/L of Amino Acid was the best of treatment for morphological traits studied and photosynthetic pigments.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll a, Chlorophyll b, Soilless Culture.