نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

ارزیابی مصرف نانوکودهای پتاسیم و کلسیم بر شاخص‌های رشد و اینولین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

پری طوسی[1]*، مسعود اصفهانی[2]
[1] استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
[2] استاد گروه زراعت دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: p.tousi@areeo.ac.ir

چکیده

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳۲ تیمار و سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش فاکتور اول، هشت رقم و توده کاسنی(توده‌های بومی شمال ایران، کاشان، ارومیه، سیستان و بلوچستان و ارقام تیلدا، هیکور، اورکیس و اصلاح شده مجارستان) و فاکتور دوم مصرف نانوکودها (نانوکلات‌پتاسیم، نانوکلات‌میکروکامل، نانوکلات‌کلسیم هر کدام با غلظت دو در هزار و یک تیمار شاهد صفر) بودند. نتایج نشان داد که رقم تیلدا با محلول‌پاشی نانوکلات‌کلسیم بیشترین عملکرد ریشه و اینولین (۴۱۱۴ و ۵۵۹.۷ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت اینولین (۷.۸۳ درصد)، شاخص سطح برگ (۵.۲۸)، سرعت رشد گیاه (۲۵.۳۳ گرم بر مترمربع در ده‌درجه-روز رشد) و دوام سطح برگ (۹۸۰ سانتی‌متر مربع در ده‌درجه-روز رشد) و توده‌های بومی کاسنی بدون مصرف نانوکودها، کمترین شاخص‌های رشد و اینولین را داشتند. با توجه به عملکرد و بالا بودن ارزش تغذیه‌ای، دارویی و صنعتی اینولین، به نظر می‌رسد که با استفاده از ارقام خارجی به ویژه رقم تیلدا با محلول‌پاشی نانوکودها می‌توان در راستای دستیابی به منابع با ارزش جهت تولید تجاری اینولین در داخل کشور گام برداشت.

مقدمه

از نظر تکنولوژیکی اینولین به‌عنوان جایگزین قندها و چربیها و در تولید محصولات رژیمی و کم‌چربی کاربرد دارد و به‌سبب دارا بودن ظرفیت محبوس کردن آب، خواص قوام‌دهندگی و تولید ژل را دارد. اینولین، فیبر تغذیه‌ای محلول در آب، از ترکیبات پروبیوتیک مورد توجه در صنایع غلات به ویژه صنعت نانوایی است (Drabinska *et al.*, 2016). واریته زراعی کاسنی اگر با مدیریت زراعی مناسب کشت و در زمان مناسب برداشت شود، می‌تواند ۵۰ تا ۶۰ تن در هکتار عملکرد داشته باشد. استفاده از نانوکلات‌کلسیم موجب تحریک رشد گیاه و سیستم ریشه‌ای گیاه، افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ در جامعه گیاهی و تأخیر در پیری برگ‌ها و نهایتاً عملکرد اینولین می‌شود (طوسی و اصفهانی، ۱۴۰۳). گزارش شده است که مصرف نانوکلات‌کلسیم با در دسترس قرار دادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به‌علت کمک به افزایش رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای و پوشش گیاهی با افزایش فرایند جذب، موجب افزایش عملکرد اینولین شد (طوسی و اصفهانی، ۱۴۰۳). هم‌اکنون در کشور هیچگونه رقم و یا توده بومی مناسب جهت استخراج اینولین معرفی نشده است. بنابراین در این پژوهش به منظور شناسایی و انتخاب توده مناسب جهت استخراج اینولین، چندین توده کاسنی بومی از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و همراه با ارقام تجاری خارجی کشت شده در داخل کشور، مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳۲ تیمار و سه تکرار به مدت یک سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) به اجرا گذاشته شد. در این آزمایش فاکتور اول شامل ارقام و توده‌های بومی گیاه دارویی چیکوری (۱- توده بومی شمال ایران، ۲- توده بومی کاشان، ۳- توده بومی ارومیه، ۴- توده بومی سیستان و بلوچستان، ۵- رقم خارجی تیلدا ۶-رقم خارجی هیکور، ۷- رقم خارجی اورکیس، ۸- رقم اصلاح شده مجارستان) و فاکتور دوم مصرف نانوکودها (۱- نانوکلات‌پتاسیم با غلظت دو در هزار، ۲- نانوکلات میکروکامل با غلظت دو در هزار، ۳- نانوکلات کلسیم با غلظت دو در هزار به همراه یک تیمار شاهد صفر) بودند. کاشت بذرها در اواخر اسفند به صورت دستی و در هر کپه دو تا سه بذر در عمق ۴-۲ سانتی‌متری و به میزان ۸-۵ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. محلول‌پاشی نانوکودها در هنگام غروب با استفاده از سمپاش موتوری پشتی با فشار ۰.۲ بار و با نازل نوع معمولی تلسکوپی، به ترتیب در مراحل پیش از ساقه‌رفتن، قبل از شروع گلدهی و قبل از برداشت طبق توصیه شرکت سازنده کود انجام شد. اندازه‌گیری صفات شامل شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، دوام سطح برگ، عملکرد اینولین و عملکرد ریشه بود. جهت تجزیه و تحلیل آماری پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین اثر متقابل (جدول ۱) نشان داد که رقم تیلدا با محلول‌پاشی نانوکلات‌کلسیم بیشترین عملکرد ریشه و اینولین (۴۱۱۴ و ۷/۵۵۹ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت اینولین (۷.۸۳ درصد)، شاخص سطح برگ (۵.۲۸)، سرعت رشد گیاه (۲۵.۳۳ گرم بر مترمربع در ده‌درجه-روز رشد) و دوام سطح برگ (۹۸۰ سانتی‌متر مربع در ده‌درجه-روز رشد) و توده‌های بومی کاسنی بدون مصرف نانوکودها کمترین میزان اینولین و شاخص‌های رشد را داشتند. مواد مؤثره اگر چه اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آن-ها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوریکه عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌شود (Omidbaigi *et al.*, 2005). رقم خارجی تیلدا با جذب بیشتر کلسیم و ذخیره آن در اندام‌های زایشی و با افزایش فعالیت های فتوسنتزی به دلیل افزایش وزن خشک بوته، میزان تجمع عناصر غذایی را در واحد سطح افزایش می‌دهد. این موضوع نشان‌دهنده توانایی رقم خارجی تیلدا در استفاده از شرایط محیطی مناسب جهت تولید بیشتر ماده خشک و جذب بیشتر عناصر و افزایش عملکرد ریشه است. محلول‌پاشی کودهای نانوکلات‌کلسیم با توجه به اینکه حاوی مقادیر مناسبی از عناصر مهم غذایی می‌باشد، باعث افزایش رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی و تجمع در اندام‌های مختلف گیاه می-شود. گزارش‌ها نشان داد که مصرف نانوکودها موجب افزایش ۲۱.۵۵ درصدی جذب عناصر غذایی گیاه کاسنی شده است. افزایش کلسیم باعث افزایش سطح دسترسی ریشه به مواد غذایی، انتقال به بخش های هوایی و در نتیجه فتوسنتز گیاه شده و از این طریق رشد را افزایش می‌دهد (Prasad *et al.*, 2012).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل توده‌ها و ارقام و مواد محلول‌پاشی در صفات گیاهی کاسنی

توده و ارقام کاسنی	تیمارهای محلول‌پاشی	عملکرد اینولین (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت اینولین (درصد)	عملکرد ریشه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ	سرعت رشد گیاه (گرم بر متر مربع در ده روز- درجه رشد)	دوام سطح برگ (سانتی‌متر مربع در ده درجه- روز رشد)
	نانوکلات پتاسیم	۱۵۹.۲^{no}	۲.۸۸^{p}	۲۱۴۱^{lmn}	۳.۱۰^{lmn}	۱۷.۳۷^{klm}	۵۶۹.۸^{m}
	نانوکلات میکروکامل	۱۶۲.۸^{mno}	۳.۳۱^{mno}	۱۹۹۳^{n}	۲.۹۹^{no}	۱۶.۷۸^{mn}	۴۹۹.۶^{no}
توده شمال ایران	نانوکلات کلسیم	۲۴۰^{h}	۴.۲۵^{fgh}	۲۷۶۹^{h}	۳.۱۴^{klm}	۱۸.۵۳^{ijk}	۶۰۶.۶^{l}
	شاهد	۱۱۴.۷^{p}	۳.۶۰^{klm}	۱۶۲۳^{o}	۲.۹۱^{op}	۱۵.۱۴^{o}	۴۳۴.۳^{pq}
	نانوکلات پتاسیم	۱۷۴.۸^{lmn}	۳.۴۰^{lmn}	۲۲۹۹^{jk}	۳.۱۴^{klm}	۱۷.۴۵^{jklm}	۵۶۳.۳^{m}
	نانوکلات میکروکامل	۱۶۵.۶^{mno}	۳.۳۱^{mno}	۲۲۵۷^{jkl}	۰۳.۰۶^{mn}	۱۷.۱۲^{lm}	۴۸۸.۶^{o}
توده کاشان	نانوکلات کلسیم	۲۱۷.۵^{ij}	۴.۲۱^{ghi}	۲۵۲۰^{i}	۳.۲۰^{jkl}	۱۸.۶۱^{ij}	۶۰۹^{kl}
	شاهد	۱۱۲.۱^{p}	۳.۸۰^{jkl}	۱۵۷۱^{o}	۲.۸۰^{pq}	۱۵.۷۶^{no}	۴۳۸.۳^{pq}
	نانوکلات پتاسیم	۲۱۰.۶^{ij}	۴.۰۴^{hij}	۲۷۷۲^{h}	۳.۶۰^{h}	۱۸.۱۱^{ijkl}	۴۸۷.۸^{o}
	نانوکلات میکروکامل	۱۵۲.۴^{o}	۳.۰۵^{nop}	۲۰۸۷^{mn}	۳.۲۶^{jk}	۱۶.۹۹^{lm}	۴۸۰.۸^{o}
توده ارومیه	نانوکلات کلسیم	۲۸۸.۱^{g}	۵.۶۱^{e}	۳۱۲۰^{fg}	۳.۸۱^{g}	۱۹.۲۱^{hi}	۶۴۳.۶^{j}
	شاهد	۱۰۹.۹^{p}	۲.۹۲^{op}	۱۵۲۵^{op}	۲.۷۶^{q}	۱۵.۱۰^{o}	۴۱۸.۳^{q}
	نانوکلات پتاسیم	۲۰۷.۸^{ijk}	۴.۲۶^{fgh}	۲۷۴۶^{h}	۳.۲۱^{jkl}	۱۷.۴۲^{jklm}	۴۹۱.۴^{o}
	نانوکلات میکروکامل	۱۸۱^{lm}	۳.۸۳^{ijk}	۲۴۷۹^{i}	۳.۱۴^{klm}	۱۶.۴۵^{mn}	۴۴۹^{p}
سیستان و بلوچستان	نانوکلات کلسیم	۲۹۰.۷^{g}	۵.۸۹^{de}	۳۰۴۹^{g}	۳.۳۸^{i}	۱۹.۲۸^{ghi}	۵۲۴^{n}
	شاهد	۱۰۰.۴^{p}	۳.۲۶^{mnop}	۱۳۸۸^{p}	۲.۸۸^{op}	۱۵.۰۲^{o}	۴۲۲.۵^{q}
	نانوکلات پتاسیم	۴۲۷.۷^{jk}	۷.۰۵^{b}	۳۶۹۹^{bc}	۵.۰۸^{b}	۲۳.۴۱^{bc}	۸۲۰.۹^{de}
	نانوکلات میکروکامل	۳۳۱.۴^{f}	۵.۶۶^{e}	۳۰۶۷^{g}	۴.۵۶^{c}	۲۰.۴۵^{fg}	۷۷۲.۹^{g}
تیلدا	نانوکلات کلسیم	۵۵۹.۷^{a}	۷.۸۳^{a}	۴۱۱۴^{a}	۵.۲۸^{a}	۲۵.۳۳^{a}	۹۸۰^{a}
	شاهد	۲۲۸.۲^{hi}	۴.۴۴^{fgh}	۲۴۰۹^{ij}	۳.۹۴^{f}	۲۰^{fgh}	۶۹۱.۸^{i}
	نانوکلات پتاسیم	۳۷۸.۱^{e}	۷.۰۶^{b}	۳۵۶۷^{cde}	۵.۱۳^{b}	۲۲.۶۹^{cd}	۸۴۰.۴^{d}
	نانوکلات میکروکامل	۳۲۵.۹^{f}	۶.۱۵^{d}	۳۴۱۹^{e}	۴.۱۸^{c}	۲۰.۵۰^{f}	۷۱۸.۱^{h}
هیکور	نانوکلات کلسیم	۴۸۱.۳^{b}	۷.۱۹^{a}	۳۸۳۱^{b}	۵.۱۸^{ab}	۲۳.۸۲^{bc}	۹۶۵.۱^{a}
	شاهد	۱۸۷^{l}	۴.۲۶^{fgh}	۲۲۰۰^{klm}	۳.۸۳^{fg}	۲۰^{fgh}	۶۳۳.۸^{jk}
	نانوکلات پتاسیم	۳۴۰.۹^{f}	۶.۶۱^{c}	۳۲۳۶^{f}	۴.۲۹^{de}	۲۰.۲۱^{fgh}	۷۸۸.۱^{fg}
	نانوکلات میکروکامل	۲۹۴.۱^{g}	۵.۸۱^{de}	۳۰۸۴^{fg}	۳.۹۰^{fg}	۱۹.۲۰^{hi}	۵۲۷.۵^{h}
اورکیس	نانوکلات کلسیم	۴۴۸.۳^{c}	۷.۷۰^{a}	۳۶۶۵^{cd}	۴.۲۱^{c}	۲۳.۱۷^{cd}	۸۸۶.۵^{c}
	شاهد	۱۸۷.۳^{l}	۴.۲۶^{fgh}	۱۹۹۲^{n}	۳.۵۸^{h}	۱۹.۱۰^{hi}	۶۰۴.۷^{l}
	نانوکلات پتاسیم	۷۲۷.۳^{f}	۵.۵۳^{e}	۳۱۳۰^{fg}	۴.۳۴^{d}	۲۲.۱۶^{de}	۸۱۷.۸^{de}
	نانوکلات میکروکامل	۲۱۸.۳^{ij}	۴.۱۶^{ghij}	۲۲۷۵^{jkl}	۳.۸۸^{fg}	۰۲۱.۰۲^{ef}	۸۰۴.۳^{ef}
مجارستان	نانوکلات کلسیم	۴۳۳.۴^{cd}	۷.۱۰^{b}	۳۵۴۳^{de}	۴.۲۲^{e}	۲۴.۶۰^{ab}	۹۲۴^{b}
شاهد		۱۸۸.۹^{kl}	۴.۵۵^{fg}	۲۲۴۸^{kl}	۳.۲۷^{ij}	۱۶.۳۹^{mn}	۳۱۴.۱^{kl}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

منابع

- طوسی، پ و اصفهانی، م . ۱۴۰۳. بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکودهای پتاسیم و کلسیم بر میزان فلاونویید کامفرول و اسیدشیکوریک در ارقام گیاه چیکوری (*Cichorium intybus* L.).پژوهش در علوم باغبانی، ۳(۱): ۱۳۶-۱۲۱. doi: 10.22092/rhsj.2025.366602.1104

-Drabinska, N., Zieliński, H., and Krupa-Kozak, U. (2016). Technological benefits of inulin-type fructans application in gluten-free products–A review. Trends in Food Science & Technology, 56: 149-157. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.015

-Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T. S., Sajanlal, P. R., and Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscales Zinc Oxide on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition, 35: 905-927. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.663443