تأثیر تغذیه نیکل و منبع نیتروژن بر رشد و عملکرد کاهو در محیط آبکشت

فاطمه حسینی[۱*]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۱] و مجید افیونی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۰)

چکیده

نیکل از جدیدترین عناصر غذایی ضروری شناخته شده برای گیاهان عالی می‌باشد. اما هنوز در مورد آثار این عنصر بر رشد گیاهان مختلف و متابولیسم نیتروژن در آنها اطلاعات زیادی وجود ندارد. در این پژوهش، اثر برهمکنش تغذیه نیکل و منبع نیتروژن بر عملکرد و تجمع نیترات در کاهو (*Lactuca sativa* L. cv. Baker) بررسی شد. به این منظور، آزمایشی گلخانه‌ای در محیط آبکشت با تیمارهای نیکل در دو سطح (صفر و ۰/۰۴ میکرومولار از منبع کلرید نیکل) و نیتروژن در سه سطح (۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار از دو منبع اوره و نیترات آمونیوم) اجرا شد. گیاهچه‌های کاهو شش هفته پس از انتقال به محلول‌های غذایی برداشت شدند و وزن تر ریشه و شاخساره، غلظت نیتروژن کل و غلظت نیترات و آهن شاخساره تعیین شد. نتایج نشان داد که بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم از رشد بیشتری در مقایسه با محلول غذایی حاوی اوره برخوردار بودند. افزودن نیکل در محلول غذایی حاوی اوره، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه شد. غلظت نیترات شاخساره کاهو در بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم بیشتر از بوته‌های تغذیه شده با اوره بود. در مقابل، افزودن نیکل سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیترات شاخساره کاهو شد. غلظت آهن شاخساره نیز در بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی اوره با افزودن نیکل افزایش یافت. افزودن نیکل به محلول غذایی حاوی اوره سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن کل شاخساره شد. در حالی‌که تغذیه نیکل تأثیری بر غلظت نیتروژن کل شاخساره در بوته‌های تغذیه شده با نیترات آمونیوم نداشت. تغذیه گیاهان با غلظت کم نیکل، به ویژه به هنگام کاربرد اوره، سبب افزایش عملکرد گیاه شد. هم‌چنین، مصرف این محصول توسط انسان با خطر کمتری همراه است، زیرا کاربرد نیکل سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیترات شاخساره کاهو شد.

واژه‌های کلیدی: اوره، عناصر کم‌مصرف، نیترات، نیکل

مقدمه

نیکل از جدیدترین عناصر ضروری شناخته شده برای گیاه است (۷). اثر نیکل بر افزایش رشد و عملکرد گیاه نیز به اثبات رسیده است. تشخیص نیکل به عنوان بخشی از آنزیم اوره‌آز در سال ۱۹۷۵، اولین مطالعات بنیادی پیرامون اثبات ضرورت نیکل برای گیاه را پایه‌گذاری نمود (۱۰). اگرچه نیکل هم اکنون به عنوان یک عنصر ضروری بسیار کم‌مصرف شناخته شده است، اما تنها نقش تعریف شده این عنصر، شرکت در سوخت و ساز اوره می‌باشد که این فرایند در گیاهانی که از اوره به عنوان منبع نیتروژن استفاده می‌کنند، بسیار حائز اهمیت است. اما در گیاهانی که با ترکیبی به غیر از اوره تغذیه می‌شوند از اهمیت چندانی برخوردار نیست (۷).

۱. گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی f.hossein@ag.iut.ac.ir

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]

کمبود نیکل در گیاهان عالی، فعالیت آنزیم اوره‌آز را کم می‌کند. اختلال در ساخت پروتئین‌ها وکاهش غلظت نیتروژن کل گیاه در شرایط کمبود نیکل گزارش شده است (۱۰). دامنه کفایت نیکل در گیاهان در حدود ۰/۰۱ تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک متغیر است که این محدوده در مقایسه با دامنه کفایت سایر عناصر غذایی بسیار گسترده می‌باشد (۱۳). غلظت نیکل در برگ گیاهانی که در خاک‌های غیرآلوده رشد کرده‌اند در حدود ۰/۰۵ تا ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه گزارش شده است (۵، ۶ و ۱۷). اولین اثر کاربرد کودهای حاوی نیکل بر سیب زمینی، گندم و لوبیا مشاهده شد. در این گیاهان، تغذیه برگی نیکل منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد شد (۱۹).

اثبات نقش نیکل در گونه‌های مختلف گیاهی، حضور نیکل در فرایندهای خاص متابولیک و عدم توانایی گیاهان در تکمیل چرخه زندگی در غیاب نیکل، دلایل لازم جهت اثبات ضرورت نیکل برای گیاهان عالی را فراهم نمود (۴). نیکولاد و بلوم (۱۶) مشاهده کردند که حضور نیکل در محلول غذایی کشت گوجه‌فرنگی، سبب افزایش رشد گیاهانی شد که تنها منبع نیتروژن آنها تغذیه برگی اوره بود. این پژوهشگران معتقدند که اثر نیکل در این آزمایش بیشتر به دلیل نقش آن در انتقال اوره در گیاه بوده و به نقش مستقیم نیکل در فعالیت آنزیم اوره‌آز مرتبط نمی‌شود. مزایای افزودن نیکل به محلول غذایی حاوی اوره توسط خان و همکاران (۱۵) نیز به اثبات رسیده است. این محققین اثبات کردند که کاربرد ۰/۰۵ میلی‌گرم نیکل در لیتر محلول غذایی حاوی ۲۰٪ نیتروژن از منبع اوره و ۸۰٪ از منبع نیترات شرایط بهینه‌ای جهت رشد اسفناج در محیط آبکشت فراهم کرد.

تغذیه صحیح گیاه تأثیر زیادی بر طعم و مزه، سلامت و کیفیت محصولات کشاورزی دارد. در همین ارتباط، جذب و توزیع نیترات در گیاه مهمترین عامل مورد توجه در مطالعات زیست‌محیطی وکیفیت تولیدات کشاورزی می‌باشد (۹). نیترات منبع اصلی نیتروژن برای گیاهان عالی، به ویژه سبزی‌ها، می‌باشد (۹). غلظت زیاد نیترات در گیاهان، به ویژه در سبزی-ها، سبب ایجاد بیماری متموگلوبینمیا در نوزادان و یا سرطان دستگاه گوارش در مصرف‌کنندگان می‌شود (۹). بنابراین تجمع نیترات در گیاهان یک چالش اساسی شناخته شده در تولید محصولات کشاورزی است. یکی از اثرهای مفید نیکل در تغذیه و سلامت انسان، کاهش سطح نیترات در محصولات کشاورزی مورد استفاده انسان می‌باشد. بیشترین میزان نیترات که در سبزی‌های برگی مشاهده شده است در حدود ۵۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم نیترات در هر کیلوگرم وزن تر این گیاهان می‌باشد. در حالی‌که جهت حفظ سلامت انسان، کاهش این غلظت به ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم توصیه می‌شود (۲). بر این اساس، می‌توان گفت که نیکل می‌تواند نقش مهمی را در کاهش تجمع نیترات در گیاهان، به ویژه سبزی‌های برگی، ایفا کند.

کمبود نیکل، فعالیت آنزیم‌های درگیر در واکنش کاهش نیترات را کم می‌کند (۸). در شرایط کمبود نیکل، کاهش پروتئین‌سازی همراه با تجمع نیترات و برخی دیگر از آمینواسیدها گزارش شده است (۸ و ۲۲).

در مورد اثرهای زیستی نیکل بر عملکرد سبزی‌ها، به ویژه کاهو، اطلاعات بسیار کمی وجود دارد. هم‌چنین اثر تغذیه نیکل بر کیفیت تغذیه‌ای، به ویژه غلظت نیترات، در کاهو هنوز ناشناخته است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تغذیه نیکل بر رشد و عملکرد کاهو و تجمع نیترات در شاخساره گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلخانه‌ای در محیط آبکشت در گلخانه مرکز پژوهشی کشت بدون خاک دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عامل شامل منبع نیتروژن (اوره و نیترات آمونیوم)، غلظت نیتروژن (۵ ، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) و سطح نیکل (صفر و ۰/۰۴ میکرومولار از ترکیب کلرید نیکل) در چهار تکرار انجام گرفت. بذر کاهوی مورد استفاده در این پژوهش از نوع کاهو پیچ

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]

جدول ۱. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش

عناصر کم مصرف			عناصر پر مصرف		
عنصر	غلظت (µM)	نمک	عنصر	غلظت (µM)	نمک
آهن	۲۰	سکوسترین آهن	نیتروژن	۵، ۱۰ و ۲۰*	اوره یا نیترات آمونیوم
منگنز	۳	سولفات منگنز	پتاسیم	۲/۵	سولفات پتاسیم
روی	۲	سولفات روی	فسفر	۰/۵	مونو فسفات پتاسیم
مس	۱	سولفات مس	منیزیم	۰/۸	سولفات منیزیم
بور	۲۴	اسید بوریک	کلسیم	۲	کلرید کلسیم
مولیبدن	۰/۱	مولیبدات سدیم	سولفات	۳/۵	مجموع ترکیبات سولفاته

* غلظت نیتروژن متناسب با تیمارهای آزمایش به‌کار گرفته شده است.

معمولی (*Lactuca sativa* L. Baker) بود. جهت کاشت نشا از بستر ماسه‌ای استفاده شد. بذرهای کاهو در ردیف‌هایی به فواصل ۱۰ سانتی‌متر کشت شده و روزانه با آب مقطر آبیاری شدند. گیاهچه‌های کاهو پس از سه هفته، به محلول غذایی موجود در ظروف پلاستیکی با حجم ۲ لیتر منتقل شدند.

محلول غذایی گیاهان هر دو هفته یکبار تعویض شده و در این فاصله، سطح محلول هر روز کنترل شده و در صورت کاهش حجم، با استفاده از آب مقطر به حجم رسانده شد. پ- هاش محلول غذایی نیز هر دو روز یکبار کنترل شده و در صورت نیاز در پ- هاش حدود شش تنظیم شد. دمای گلخانه در روز حدود ۲۲ درجه سلسیوس و در شب در حدود ۱۶ درجه سلسیوس بود.

پس از شش هفته، بوته‌ها برداشت شده، شاخساره و ریشه گیاه از یکدیگر جدا شدند. سپس ریشه و شاخساره با استفاده از آب مقطر جهت زدودن گرد و غبار از روی شاخساره‌ها به خوبی شستشو شدند. پس از شستشو، گیاهان روی صفحات کاغذی تمیز پهن شده تا آب آنها گرفته شود و پس از آن وزن شده و وزن تر آنها یادداشت شد. سپس این گیاهان در پاکت‌های کاغذی گذاشته شده به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای اندازه‌گیری غلظت نیترات برگ، ۰/۵ گرم از پودر گیاهی خشک شده در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک‌کن، در ظروف پلاستیکی قرار داده شد. پس از آن به هر یک از نمونه‌ها ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۴۵ دقیقه با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه توسط دستگاه همزن (مدل SM-30 control) تکان داده شدند. پس از آن، مخلوط حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده (۱) و غلظت نیترات موجود در عصاره‌ها با استفاده از الکترود ویژه یون نیترات (مدل AG CH-9101 Herisau Metrohm) تعیین گردید. برای جلوگیری از رشد ریزجانداران در محلول، اندازه‌گیری غلظت نیترات بلافاصله پس از صاف کردن عصاره‌ها انجام شد.

برای اندازه‌گیری درصد نیتروژن کل، از روش عصاره‌گیری کلدال استفاده شد. سپس با استفاده از دستگاه میکروکلدال (مدل 2300 Kjeltic Analyzer)، مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شد. غلظت آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی پرکین المر (مدل 3030) تعیین شد.

تجزیه‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

وزن تر گیاه

نتایج آماری به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سه عامل تغذیه نیکل، منبع نیتروژن و غلظت نیتروژن بر عملکرد وزن تر شاخساره در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس عملکرد وزن تر و غلظت نیترات و آهن شاخساره کاهو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن تر	غلظت نیترات	غلظت آهن
منبع نیتروژن	۱	۶۰۵۶/۵ **	۲۵۴۱۹۱۴**	۶۳۸/۰۲ **
سطح نیکل	۱	۱۴۶۸/۳۲ *	۱۱۷۵۸۲**	۹۹۹/۱۸**
سطح نیتروژن	۲	۶۰۰۱۳/۹ **	۷۰۶۸۵۴**	۲۱۰/۵۸**
منبع نیتروژن × سطح نیکل	۱	۲۷۵/۶۱ n.s	۴۳۰۹۸**	۱/۷۴ n.s
منبع نیتروژن × سطح نیتروژن	۲	۴۰/۳۶ n.s	۶۴۶۰۷۴**	۰/۱۸ n.s
سطح نیتروژن × سطح نیکل	۲	۸۸/۰۶ n.s	۶۲۶۳۷**	۱۰۴/۲۵**
اثر متقابل سه‌گانه	۲	۴۵/۱۳ n.s	۵۳۵۰۸**	۳۹*
خطا	۳۶	۱۸۰/۷۱	۱۲۰۳/۴۷	۹/۶۱۸

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۳. اثرهای اصلی سه عامل تغذیه نیکل، منبع نیتروژن و غلظت نیتروژن بر وزن تر ریشه کاهو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
منبع نیتروژن	۱	۴۳۱/۷۶**
سطح نیکل	۱	۱۱۳/۰۳**
سطح نیتروژن	۲	۱۸۰/۰۲**
خطا	۳۶	۱۰/۳۲۴

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

نیترات آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن، عملکرد وزن تر شاخساره بیشتری در مقایسه با بوته‌های کاهوی تغذیه شده با اوره تولید کردند. افزایش سطح نیتروژن از هر دو منبع کودی، موجب افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال ۵٪) عملکرد شاخساره کاهو شد. تغذیه نیکل نیز سبب افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال ۵٪) وزن تر شاخساره شد. اثر متقابل سه عامل تغذیه نیکل، منبع نیتروژن و غلظت نیتروژن بر وزن تر شاخساره معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین وزن تر شاخساره مربوط به بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی ۲۰ میلی‌مولار نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم و در حضور نیکل مشاهده شد. کمترین وزن تر شاخساره کاهو نیز مربوط به تیمار ۵ میلی‌مولار نیتروژن از منبع اوره و بدون نیکل بود.

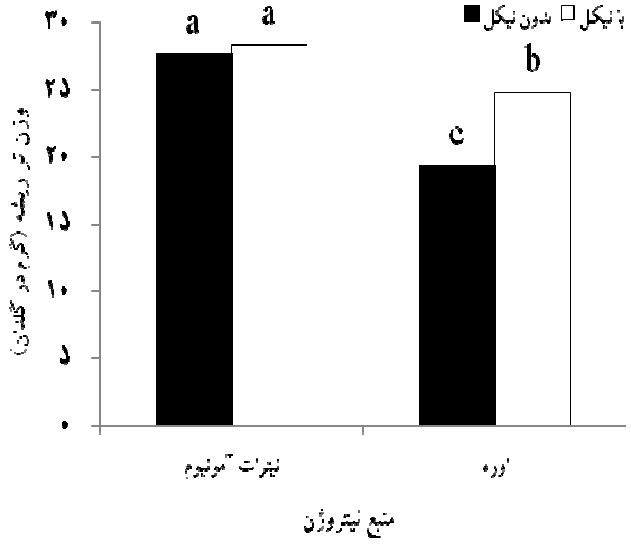
نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری وزن تر ریشه و بررسی آماری آن نشان داد که اثر سه عامل تغذیه نیکل، منبع نیتروژن و غلظت نیتروژن بر وزن تر ریشه معنی‌دار (در سطح احتمال ۵٪) بود (جدول ۳).

در بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم، افزودن نیکل تأثیر معنی‌داری (در سطح ۵٪) بر افزایش وزن تر ریشه نداشت. در حالی که در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی اوره، کاربرد نیکل سبب افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه شد (شکل ۱).

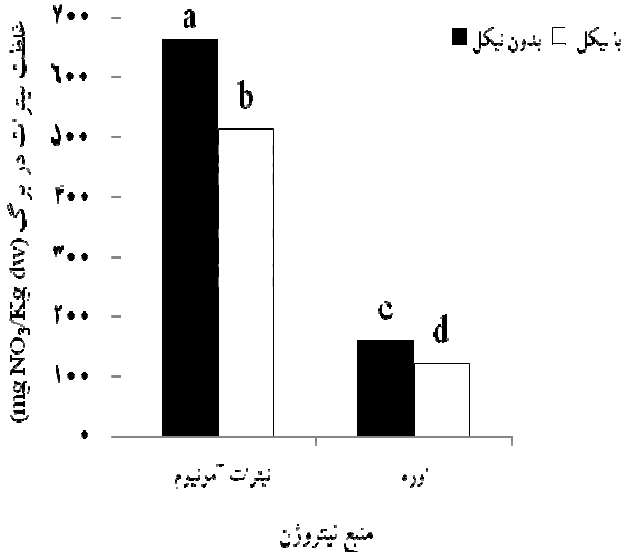
نتایج به دست آمده از این پژوهش مشابه نتایج تان و همکاران (۲۱) می‌باشد. این پژوهشگران با بررسی تأثیر تغذیه نیکل بر سوخت و ساز نیتروژن و رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی در محیط آبکشت دریافتند که افزودن نیکل به محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم و اوره در غلظت‌های بیشتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش سمیت اوره و افزایش هیدرولیز آن، افزایش غلظت کلروفیل برگ و بهبود رشد گیاه شد.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]



شکل ۱. اثر متقابل تغذیه نیکل و منبع نیتروژن بر عملکرد وزن تر ریشه کاهو



شکل ۲. اثر متقابل تغذیه نیکل و منبع نیتروژن بر غلظت نیترات شاخساره کاهو

طباطبایی (۲۰) در پژوهشی در مورد خیار به این نتیجه رسید که در صورت کاربرد ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر نیکل در محلول غذایی می‌توان از اوره به عنوان منبع نیتروژن در محیط آبکشت استفاده کرد. نتایج این پژوهشگر هم‌چنین نشان داد که کاربرد ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر نیکل سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و سطح برگ خیار شد.

غلظت نیترات شاخساره

بررسی آماری نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت نیترات شاخساره نشان داد که منبع نیتروژن تأثیر معنی‌داری (در سطح ۵٪) بر غلظت نیترات گیاه داشته و در شرایطی که منبع نیتروژن ترکیب نیترات آمونیوم بوده است، تجمع بیشتری از نیترات در گیاه مشاهده شد. هم‌چنین اثر دو عامل تغذیه نیکل و سطح نیتروژن بر غلظت نیترات شاخساره کاهو معنی‌دار بود (جدول ۲). تغذیه نیکل سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیترات در شاخساره شد.

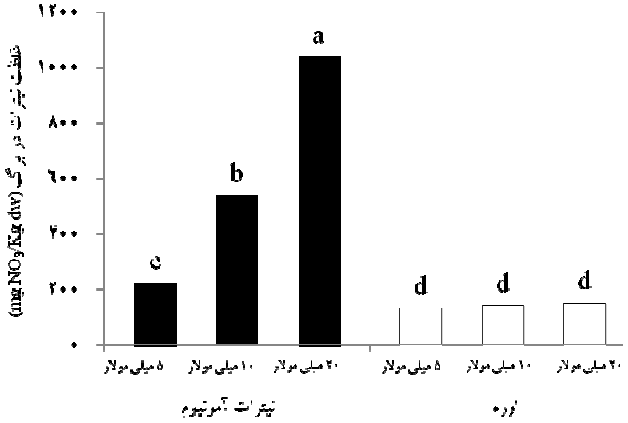
بررسی اثر متقابل منبع نیتروژن و تغذیه نیکل بر غلظت نیترات شاخساره نشان داد که در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم، افزودن نیکل به محلول غذایی سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیترات شاخساره شد. در بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی اوره نیز تغذیه نیکل سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیترات شاخساره شد (شکل ۲).

در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم، افزایش غلظت نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیترات شاخساره شد. در حالی‌که افزایش سطح نیتروژن از منبع اوره، تأثیر معنی‌داری بر انباشت نیترات در شاخساره کاهو نداشت (شکل ۳). کمترین غلظت نیترات شاخساره در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی ۵ میلی‌مولار نیتروژن از منبع اوره و در شرایط کاربرد نیکل دیده شد. بیشترین غلظت نیترات شاخساره نیز مربوط به بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی ۲۰ میلی‌مولار نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم و در تیمار بدون نیکل بود.

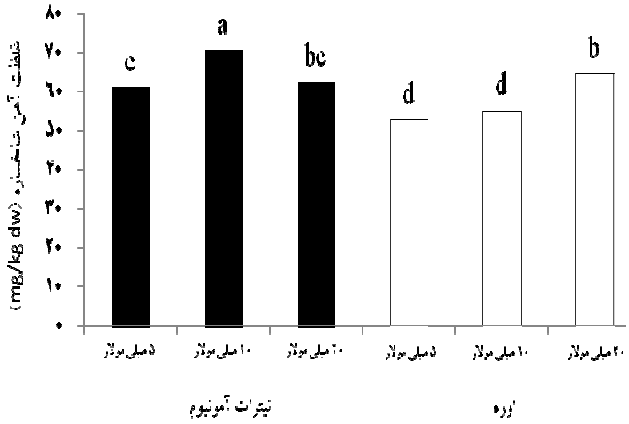
نیکل از طریق تحریک سوخت و ساز نیتروژن و فرایند ساخت پروتئین در گیاهان، از تجمع نیترات و آمونیوم در گیاه جلوگیری به عمل می‌آورد (۲۲). براون و همکاران (۸) نشان دادند که کمبود نیکل بر فعالیت آنزیم‌های درگیر در واکنش کاهش نیترات مؤثر است. نتایج به دست آمده از این آزمایش

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]



شکل ۳. اثر متقابل منبع نیتروژن و غلظت نیتروژن بر غلظت نیترات شاخساره کاهو



شکل ۴. اثر متقابل منبع نیتروژن و غلظت نیتروژن بر غلظت آهن شاخساره کاهو

مشابه نتایج به دست آمده از پژوهش اسکیو و همکاران (۱۱) می‌باشد که مشاهده نمودند در گوجه‌فرنگی مبتلا به کمبود نیکل، نیترات و آمونیوم تجمع یافته است. در این پژوهش نیز غلظت آمونیوم و نیترات با کاربرد نیکل به طور معنی‌داری کاهش یافت.

غلظت نیترات در سبزی‌های برگی تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده است (۲). در حالی که کاهش غلظت نیترات به کمتر از ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جهت حفظ سلامت انسان توصیه می‌شود (۲). نکته حائز اهمیت این است که کاربرد نیکل در محلول غذایی که در آن منبع نیتروژن مورد استفاده برای گیاه، نیترات آمونیوم بوده، سبب کاهش غلظت نیترات اندام‌های خوراکی گیاه شده است. بنابراین محصول به دست آمده از لحاظ تغذیه و سلامت مصرف کننده دارای کیفیت بهتری نسبت به محلول غذایی فاقد نیکل بوده و خطر مصرف آن برای انسان، به ویژه کودکان و افراد مسن، کمتر است.

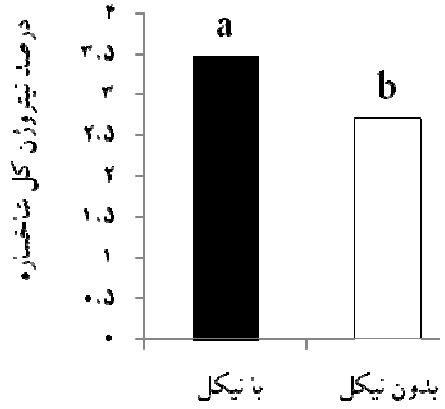
غلظت آهن شاخساره

با توجه به نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری غلظت آهن شاخساره و بررسی آماری آن می‌توان دریافت که اثر اصلی سه عامل تغذیه نیکل، منبع نیتروژن و سطح نیتروژن بر غلظت آهن شاخساره معنی‌دار (در سطح ۵٪) شد (جدول ۲). افزودن نیکل به محلول غذایی سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن شاخساره شد. در مقایسه بین دو منبع نیتروژن، غلظت آهن شاخساره در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم بیشتر از مقدار آن در بوته‌های کاهوی رشد کرده در محلول غذایی حاوی اوره بود. در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن، با افزایش غلظت نیتروژن مصرفی تا سطح ۱۰ میلی‌مولار، غلظت آهن برگ افزایش یافته و سپس در تیمار ۲۰ میلی‌مولار نیتروژن کاهش یافت (شکل ۴). در مورد علت افزایش غلظت آهن در سطح ۱۰ میلی‌مولار و سپس کاهش آن در تیمار ۲۰ میلی‌مولار از منبع نیترات آمونیوم می‌توان گفت که افزایش مقدار نیتروژن از ۵ میلی‌مولار به ۱۰ میلی‌مولار سبب افزایش ملایم رشد رویشی گیاه شده و با افزایش کم زیست‌توده گیاه، غلظت آهن نیز افزایش یافته است. اما با افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی از ۱۰ میلی‌مولار به ۲۰ میلی‌مولار، عملکرد به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و غلظت آهن در بافت کاهش یافته است، که این پدیده اثر رقت نامیده می‌شود. در محلول غذایی حاوی تیمار اوره نیز افزایش سطح نیتروژن مصرفی سبب افزایش غلظت آهن شد. اگرچه بین تیمارهای ۵ و۱۰ میلی‌مولار نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴).

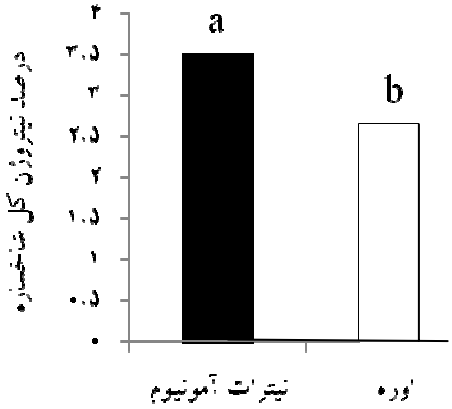
براون و همکاران (۷) نیز نشان دادند که در جو، یولاف و گندم، افزودن نیکل به محیط رشد سبب افزایش رشد شد و کمبود این عنصر اثرهای قابل ملاحظه‌ای بر رشد و فرایندهای

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]



شکل۵. اثر نیکل بر درصد نیتروژن کل شاخساره



شکل۶. اثر منبع نیتروژن بر درصد نیتروژن کل شاخساره

جدول ۴. اثر متقابل منبع نیتروژن و تغذیه نیکل بر درصد نیتروژن کل شاخساره

تغذیه نیکل منبع نیتروژن	بدون نیکل	با نیکل
نیترات آمونیوم	۳/۵ a	۳/۵۷ a
اوره	۱/۹ c	۳/۳ b

متابولیک گیاه از قبیل سوخت و ساز نیتروژن و جذب آهن دارد. این پژوهشگران مشاهده کردند که تحت شرایط کمبود نیکل و هنگامی که گیاهان با منابع معدنی نیتروژن تأمین شدند، غلظت آهن شاخساره گیاه به‌طور معنی‌داری کمتر از شرایط تغذیه شده با نیکل بود.

درصد نیتروژن کل شاخساره

نتایج تجزیه آماری غلظت نیتروژن کل برگ نشان داد که افزودن نیکل به محلول غذایی سبب افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن کل شاخساره شد (شکل ۵). در مقایسه بین دو منبع نیتروژن، درصد نیتروژن کل شاخساره در بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در بوته‌های رشد کرده در محلول غذایی حاوی اوره بود (شکل ۶).

اثر متقابل منبع نیتروژن بر تغذیه نیکل نشان داد که در محلول غذایی حاوی نیترات آمونیوم، تغذیه نیکل اثر معنی‌داری بر درصد نیتروژن کل شاخساره نداشت. در حالی که در محلول غذایی حاوی اوره، تغذیه نیکل سبب افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن کل شاخساره شد (جدول ۴).

افزایش غلظت نیتروژن کل گیاه در پی افزودن نیکل به محلول غذایی حاوی اوره، می‌تواند ناشی از جذب بیشتر اوره توسط گیاه باشد (۲۰). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داده است که هنگامی که از اوره به عنوان منبع نیتروژن در محلول‌های غذایی استفاده می‌شود، غلظت نیتروژن کل شاخساره با حضور نیکل بیشتر از تیمار بدون نیکل است که این موضوع نشان دهنده افزایش جذب اوره با تغذیه نیکل می‌باشد (۲۱). پالاسیوس و همکاران (۱۸) با بررسی اثر نیکل بر گوجه‌فرنگی مشاهده نمودند که کاربرد نیکل سبب افزایش غلظت نیتروژن کل گیاه شده و بین نیتروژن و نیکل رابطه هم‌افزایی وجود داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد نیکل در محلول غذایی کشت کاهو، به ویژه در شرایطی که اوره منبع

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]

تأمین کننده نیتروژن باشد، می‌تواند عملکرد گیاه را بالا ببرد. با توجه به سیاست‌گذاری‌های جدید در بخش کشاورزی که به دنبال تولید غذای بیشتر در واحد سطح می‌باشد، می‌توان انتظار داشت که کاربرد نیکل به عنوان یک عنصر ضروری کم نیاز، به ویژه در گلخانه‌های تجاری، باعث افزایش عملکرد شود. در واقع، با این کار بهره‌وری اقتصادی تولید افزایش می‌یابد. هم‌چنین کاربرد نیکل می‌تواند غلظت نیترات را در گیاه کم کرده و احتمال خطر مصرف آن برای مصرف‌کننده را کاهش دهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از نیکل در محلول‌های غذایی حاوی نیترات آمونیوم، برای کم کردن اثر سمیت نیترات استفاده شود. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت سبزی‌های برگی در سبد غذایی انسان، اثر تغذیه نیکل بر سایر سبزی‌ها نیز بررسی شود

منابع مورد استفاده

۱. سبحان اردکانی، س.، ک. شایسته، م. افیونی و ن. محبوبی. ۱۳۸۴. غلظت نیترات در برخی از فرآورده‌های گیاهی اصفهان. مجله محیط شناسی ۳۷: ۶۹-۷۶.

2. Anke, M., E. Losch, M. Muller, B. Groppel and J. Hubschman. 1991. Nickel supply and nickel load of man in central Europe. Mengen und Spurenelemente, 11, Arbeitstangung, Leipzig, 12-13 Dec., pp. 609-626 (In German).
3. Arnon, D. I. and P. R. Stout. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. Plant Physiol. 14: 371-375.
4. Atta-Aly, M. A. 1999. Effect of nickel addition on the yield and quality of parsley leaves. Sci. Hort. 82: 9-24.
5. Bollard, E. G. 1983. Involvement of unusual elements in plant growth and nutrition. Encyclopedia of Plant Physiol. 15B: 695-755.
6. Brooks, R. R. 1980. Accumulation of nickel by terrestrial plants. PP. 407-430. *In*: Nriagu, J. O. (Ed.), Nickel in the Environment, Wiley, New York.
7. Brown, P. H., R. M. Welch and E. E. Cary. 1987. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. Plant Physiol. 85: 801-803.
8. Brown, P. H., R. M. Welch and J. T. Madison. 1990. Effect of nickel deficiency on soluble anion, amino acid, and nitrogen levels in barley. Plant and Soil 125: 19-27.
9. Chen, B. M., Z. H. Wang, S. X. Li, G. X. Wang, H. X. Song and X. N. Wang. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. Plant Sci. 167: 635-643.
10. Dixon, N. E., C. Gazzola, R. L. Blakeley and B. Zerner. 1975. Jack bean urease (EC 3.5.1.5), A metalloenzyme. A simple biological role for nickel. J. Amer. Chem. Soc. 97: 4131-4133.
11. Eskew, D. L., R. M. Welch and W. A. Norvell. 1984. Nickel in higher plants: Further evidence for an essential role. Plant Physiol. 76: 691-693.
12. Gad, N., M. H. El-Sherif and N. H. M. El-Gereedly. 2007. Influence of nickel on some physiological aspects of tomato plants. Austral. J. Basic Appl. Sci. 1(3): 286-293.
13. Gerendas, J., J. C. Polacco, S. K. Freyermuth and B. Sattelmacher. 1999. Significance of nickel for plant growth and metabolism. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162: 241-256.
14. Gerendas, J. and S. B. Sattelmacher. 1997. Significance of N source (urea vs. NH_4NO_3) and Ni supply for growth, urease activity and nitrogen metabolism of zucchini (*Cucurbita pepo* convar. *giromontiina*). Plant and Soil. 196: 217-222.
15. Khan, N. K., M. Wantanabe and Y. Wantanabe. 1997. Effect of different concentrations of urea with or without nickel on spinach (*Spinacia oleraceae* L.) under hydroponic culture. PP. 85-86. *In*: Ando, T. et al. (Eds.), Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
16. Nicoulaud, B. A. L. and A. J. Bloom. 1998. Nickel supplements improve growth when foliar urea is the sole nitrogen source for tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 556-559.
17. Nielson, F. H., T. J. Zimmerman, M. E. Collings and D. R. Myron. 1979. Nickel deprivation in rats: Nickel-iron interactions. J. Nutr. 109: 1623-1632.
18. Palacios, G., I. Gómez, A. Carbonell-Barrachina, J. Navarro, Pedreño and J. Mataix. 1998. Effect of nickel concentration on tomato plant nutrition and dry matter yield. J. Plant Nutr. 21(10): 2179-2191.
19. Roach, W. A. and C. Barclay. 1946. Nickel and multiple trace deficiencies in agricultural crops. Nature. 157: 696.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]

20. Tabatabaei, S. J. 2009. Supplements of nickel affect yield, quality, and nitrogen metabolism when urea or nitrate is the sole nitrogen source for cucumber. J. Plant Nutr. 32: 713-724.
21. Tan, X. W., H. Ikeda and M. Oda. 2000. Effects of Ni concentration in the nutrient solution on the nitrogen assimilation and growth of tomato seedling in hydroponic culture supplied with urea or nitrate as the sole nitrogen source. Sci. Hort. 84: 265-273.
22. Watanabe, Y. and N. Shimada. 1990. Effect of nickel on the plant growth and urea assimilation in higher plants. Trans. 14th Intl. Congress of Soil Sci., Kyoto, Japan, August 1990, 4: 146-151.
23. Wood, B. W., C. C. Reilly and A. P. Nyczepir. 2004. Mouse-ear of pecan: A nickel deficiency. Hort. Sci. 39(6): 1238-1242.
24. World Health Organization (WHO). 1978. Nitrates, Nitrites and N-Nitroso Compounds. Environmental Health Criteria 5, Geneva, Switzerland, 107 p.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-02-06]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.1.4.2]