تأثیر مقدار نیترات و زمان برداشت بر غلظت آهن، روی، مس، پتاسیم و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در کاهو و اسفناج

زهرا قشلاقی[۱*]، رضا خراسانی[۲]، غلامحسین حق‌نیا[۳] و محمد کافی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۰)

چکیده

سبزی‌های برگی از مهم‌ترین منابع روزانه تأمین نیترات در انسان هستند. بدین منظور برای بررسی اثر سطوح مختلف نیترات و زمان برداشت بر انباشت نیترات و غلظت عناصر آهن، روی، مس و پتاسیم و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در کاهو و اسفناج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۸ تیمار در محلول غذایی هوگلند و آرنون با دو سطح نیترات (۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر) و دو زمان برداشت (۲۹ و ۴۶ روز) بر روی دو گیاه کاهو و اسفناج انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت نیترات در محلول، انباشت نیترات در ریشه و اندام هوایی دو گیاه و هم‌چنین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اندام هوایی آنها به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزایش یافت، درصورتی‌که وزن خشک اندام هوایی، غلظت آهن و مس در هر دو گیاه کاهش و غلظت پتاسیم و روی در اندام هوایی آنها در هر دو زمان برداشت افزایش یافت. گذشت زمان موجب تشدید انباشتگی نیترات و کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اندام هوایی دو گیاه شد. غلظت آهن، مس و پتاسیم در اندام هوایی دو گیاه، با گذشت زمان کاهش یافت، درحالی‌که غلظت روی در اندام هوایی آنها با گذشت زمان افزایش یافت. نتایج نشان داد افزایش غلظت نیترات در محلول بیش از ظرفیت گیاه برای احیا و جذب خالص آن، منجر به انباشتگی آن در گیاه شد که با گذشت زمان تشدید یافته و سبب کاهش عملکرد و غلظت آهن و مس و هم‌چنین کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اندام هوایی کاهو و اسفناج شده است.

واژه‌های کلیدی: انباشت نیترات، عناصر کم مصرف، کاهو، اسفناج، نیترات ردوکتاز

۱ و ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استاد گروه زراعت و عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم گیاهی و دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:za.gheshlaghi@stu.um.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

مقدمه

نیترات و آمونیوم از فرم‌های قابل جذب نیتروژن در گیاهان محسوب می‌شوند که میزان جذب هر کدام بسته به نوع خاک، گونه گیاهی و غلظت آنها در محیط متفاوت خواهد بود. امروزه مصرف کودهای نیتراتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع جذب نیتروژن در سبزی‌های برگی، بیش از حد افزایش یافته است و از آنجایی که در مورد نیترات سهم حرکت جریان توده‌ای غالب است، سرعت حرکت این آنیون در خاک‌رخ بیشتر از آمونیوم می‌باشد. به همین دلیل مصرف بیش از نیاز کودهای حاوی نیترات، علاوه بر انباشت آن در سبزی‌ها باعث افزایش تلفات و آبشویی نیترات می‌شود (۴)، که در صورت بالا بودن سطح ایستابی، آب‌های زیرزمینی نیز می‌تواند در معرض آلودگی نیترات قرار گیرند که طبیعتاً استفاده از این آب برای آبیاری موجب تشدید انباشتگی نیترات در گیاهان می‌شود (۲۳). نتیجه این امر بروز اثرات منفی نیترات و کاهش کیفیت و سلامت محصولات می‌باشد به‌طوری‌که نیترات نه تنها به‌عنوان یک کود شیمیایی، بلکه به‌عنوان یک تهدید کننده سلامت انسان و محیط اطراف بشر نیز شناخته می‌شود.

انباشت نیترات در گیاهان علاوه بر عوامل تغذیه‌ای مثل کاربرد زیاد کودهای نیتراتی، تابع عوامل محیطی و ژنتیکی نیز می‌باشد (۱۹). در یک شرایط محیطی و تغذیه‌ای یکسان، بین گیاهان مختلف و حتی ارقام یک گیاه در توانایی آنها در میزان انباشت نیترات تفاوت‌هایی وجود دارد (۴). انباشتگی نیترات بیشتر در خانواده‌های براسیکاسه آ (Brassicaceae)، کنوپودیاسه‌آ (Chenopodiaceae) ، آماران تاسه‌آ (Amaran thaceaet) ، کاسنی (Asteraceae) و چتریان (Apiaceae) گزارش شده است (۱۹)، گزارشات اعلام شده حاکی از آن است که در بین سبزی‌های برگی کاهو و اسفناج به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای رژیم غذایی از بیشترین انباشت دهنده‌های نیترات محسوب می‌شوند و تقریباً ۷۲ تا ۹۴ درصد میانگین مصرف روزانه بشر، به نیترات را به خود اختصاص می‌دهند (۷).

در فرآیند انباشتگی نیترات، بررسی فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به‌عنوان یک فاکتور ژنتیکی و اولین آنزیم مؤثر در احیا و متابولیسم نیترات دارای اهمیت بسیار است، بدین‌گونه که نیترات در حضور این آنزیم به آمونیوم تبدیل می‌شود و مانع انباشتگی نیترات در بافت‌های گیاهی می‌گردد. طول عمر پروتئین نیترات ردوکتاز به‌طور معمول کوتاه است و عوامل مختلفی سنتز این آنزیم را کنترل می‌کنند. آنیون نیترات، حضور نور، گلوکز و سایر کربوهیدرات‌ها بیان ژن مذکور را تحریک کرده و آمونیوم، گلوتامین و سایر اسید آمینه‌ها فعالیت این آنزیم را متوقف می‌کنند (۱). نتایج مطالعات چن و همکاران در سال ۲۰۰۴ (۵) نشان داد که با افزایش غلظت نیترات عرضه شده به خاک فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در کلم، اسفناج و شلغم به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد افزایش یافت.

مطالعات زیادی در ارتباط با اثر زمان برداشت به‌عنوان یک فاکتور محیطی، بر روی انباشتگی نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز صورت گرفته، در بیشتر این مطالعات، هدف اصلی زمان، تغییرات شدت نور و میزان فتوسنتز گیاهی بوده است. در صورتی که نتایج کمتری در ارتباط با بررسی پراکنش جذب نیترات با مراحل رشد گیاه انجام شده است. نتایج سانتورو و مگالهیز با بررسی تغییرات فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در مراحل رشد گیاه نشان داد که با افزایش رشد گیاه میزان انباشت نیترات در گیاه افزایش یافته است (۲۰). نتایج حاصل از آزمایشات محققان با بررسی اثر سطوح نیترات بر انباشت آن در سبزی‌ها، نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نیترات عرضه شده به گیاه، غلظت آن در اندام‌های گیاهی هم افزایش می‌یابد همان‌طور که کاتسیراس و همکاران (۱۶) با بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن محلول غذایی (۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و کیفیت خیار سبز نشان دادند که بیشترین عملکرد در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد و با افزایش سطوح نیتروژن به بیشتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر عملکرد، تعداد میوه و میانگین طول، قطر و وزن تک میوه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

کاهش یافت. چن و همکاران (۵) نیز با بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن نیتراتی (صفر، ۰/۱۵، ۰/۳، ۰/۴۵و ۰/۶ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) بر عملکرد و غلظت نیترات در کلم، اسفناج و شلغم نشان دادند که در بیشترین سطح نیترات، کمترین عملکرد و بیشترین انباشت نیترات در سبزی‌ها حاصل شده است.

استانداردهای مختلفی برای غلظت مجاز نیترات در سبزی‌ها ارائه شده است، اتحادیه اروپا (۹) حداکثر غلظت مجاز نیترات برای کاهو و اسفناج را در کشت‌های بهاره (آبکشت)، به‌ترتیب حدود ۳۵۰۰ و ۴۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه گیاهی توصیه کرده است. این مقادیر برای کشت‌های مزرعه‌ای حدود ۲۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است.

توجه به این نکته حائز اهمیت است که اثرات منفی نیترات علاوه بر جنبه‌های زیست محیطی و سلامت دام و انسان از بعد تأثیر آن بر تغذیه‌ی گیاه نیز قابل بررسی است. در اکثر مطالعات انجام شده بیشتر به بررسی دو مورد اول پرداخته شده است و مطالعات کمتری بر روی تأثیر منفی نیترات بر تغذیه‌ی گیاه انجام گرفته است درحالی‌که غلظت‌های زیاد نیترات در محیط و انباشت آن در گیاه می‌تواند تعادل عناصر غذایی کم مصرف در اندام‌های گیاهی و کیفیت محصول را به شدت تحت‌تأثیر قرار دهد (۸ و ۱۱). نتایج حاصل از انجام مطالعات نیز بیانگر این مطلب است که تغذیه‌ی گیاهان در شرایط انباشت نیترات، به شدت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد و موجب کاهش عملکرد، کیفیت و برهم خوردن تعادل سایر عناصر غذایی در گیاهان می‌شود (۸ و ۱۸). کاتسیراس و همکاران در سال ۲۰۰۲ (۱۵) گزارش کردند که مصرف زیاد نیتروژن در محلول غذایی نه تنها عملکرد بلکه کیفیت و ارزش تغذیه‌ای محصولات کشاورزی به‌خصوص سبزی‌های گلخانه‌ای را نیز به شدت کاهش می‌دهد. لذا با توجه به این نکته و ضرورت اهمیت سلامت فرآورده‌های غذایی برای بشر، پژوهش حاضر به‌منظور مطالعه اثر سطوح نیترات و زمان برداشت بر انباشت نیترات و تأثیر آن بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و غلظت عناصر کم مصرف (آهن، روی و مس) و پتاسیم در اندام هوایی کاهو و اسفناج اجرا شد.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایش و ترکیب محلول غذایی

این آزمایش گلخانه‌ای در محیط آبکشت، در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۱ به اجرا درآمد. این آزمایش فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی با دو سطح غلظت نیترات (۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر) و دو زمان برداشت (۲۹ و ۴۶ روز بعد از انتقال نشاء ها به محلول غذایی) با سه تکرار در دو گیاه کاهو (*Lactuca sativa L. Var Longifolia*) با نام تجاری کاهو پیچ بلند – سیاهو و اسفناج (*Spinacia oleracea* L. *Var Inermis*) با نام تجاری اسفناج بدون تیغ فوسیلو ایتالیا در محلول غذایی تغییر یافته هوگلند و آرنون انجام گرفت (۱۰). منبع نیتروژن به‌صورت نیترات از دو نمک نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم تأمین شد. در مجموع تیمارهای آزمایشی عبارتنداز: $LN_{10}H_1$و $LN_{10}H_2$ به‌ترتیب برداشت اول و دوم در کاهو با سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات، $LN_{20}H_1$ و $LN_{20}H_2$ به‌ترتیب برداشت اول و دوم در کاهو با سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات، $SN_{10}H_1$ و $SN_{10}H_2$ به‌ترتیب برداشت اول و دوم در اسفناج با سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات و $SN_{20}H_1$ و $SN_{20}H_2$ برداشت اول و دوم، گیاه اسفناج با سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات.

کاشت بذر و نگه‌داری گیاهان

ابتدا بذور کاهو و اسفناج در گلدان‌هایی حاوی مخلوط کوکوپیت، پرلیت و ماسه به‌ترتیب با نسبت‌های حجمی ۰/۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ کشت شدند. بعد از ۲۳ روز، نشاءها در مرحله دو تا سه برگی به داخل ظرف‌های بیست و پنج لیتری حاوی محلول هوادهی شده هوگلند و آرنون (جدول ۱) انتقال یافتند. به‌طوری‌که در هر ظرف برای برداشت اول ۱۴ و برای برداشت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۱. غلظت عناصر غذایی در محلول تغییر یافته هوگلند و آرنون (۱۹۵۰)

محلول پایه	فرمول شیمیایی	غلظت محلول مادر (میلی‌مولار)	میلی‌لیتر محلول مادر در ۲۵ لیتر
نیترات کلسیم*	$Ca(NO_3).4H_2O$	۶/۶	۵۰ –۱۰۰
نیترات پتاسیم*	KNO_3	۸/۲	۵۰ –۱۰۰
پتاسیم دی هیدروژن فسفات	KH_2PO_4	۱	۵۰
سولفات منیزیم	$MgSO_4.7H_2O$	۲	۵۰
اسید بوریک	H_3BO_3	۴۶/۲	۲۵
کلرید منگنز	$MnCl_2.4H_2O$	۹/۱	۲۵
سولفات روی	$ZnSO_4.7H_2O$	۰/۷	۲۵
سولفات مس	$CuSO_4.5H_2O$	۰/۳	۲۵
اسید مولیبدیک	$H_2MoO_4.H_2O$	۰/۱	۲۵
کلات آهن	Fe-EDTA	۱۰۹/۴	۲۵

* بسته به تیمار مورد نظر نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم با غلظت تعیین شده به محلول اضافه شده است.

دوم ۷ گیاه مستقر گردید. محلول غذایی هر هفته یکبار براساس سنجش سطح نیترات، pH و EC تعویض می‌گردید. سطح محلول نیز در صورت کاهش حجم، با آب مقطر به حجم رسانده می‌شد، میانگین دمای گلخانه در روز و شب به‌ترتیب حدود ۲۵ و ۱۶ درجه بود.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

در این پژوهش برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز از روش ارائه شده توسط جاوورسکی در سال ۱۹۷۱ استفاده شد (۱۲). در این روش با استفاده از وسیله‌ی پانچ نمونه‌هایی مشابه از نظر اندازه، از برگ‌های بالغ و سالم (بدون نشان زردی و بافت مردگی) تهیه شد و بعد از توزین به‌منظور تأمین شرایط غیر هوازی بلا فاصله به لوله‌های آزمایش دربدار حاوی ۱۰ سی سی محلول بافر با pH ۷/۵ منتقل گردید. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم در دو زمان صفر و یک ساعت انجام شد. توقف فعالیت آنزیم و ایجاد رنگ صورتی با به‌کاربردن محلول سولفانیل آمید۱ درصد و نفتیل‌اتیلن دی‌آمین‌هیدروکلرید (NEED) (Dihydrochloride Ethylenediamine N-(1-naphthyl)) 0/02 درصد انجام گرفت و میزان نیتریت تولید شده در اثر فعالیت آنزیم در زمان‌های ذکر شده در طول موج ۵۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر بر حسب میکرومول نیتریت در گرم وزن تازه گیاهی در ساعت ($\mu mol\ NO_2^-\ g^{-1}\ fw\ h^{-1}$) محاسبه گردید.

اندازه‌گیری غلظت نیترات و عناصر کم مصرف در گیاه

پس از جدا کردن اندام هوایی از ریشه‌ی گیاه در زمان برداشت و شست و شوی آنها، اندام هوایی و ریشه گیاهان به‌طور مجزا، به مدت ۴۸ و ۷۲ ساعت به‌ترتیب برای اسفناج و کاهو در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در خشک‌کن قرار گرفتند و پس از ثابت شدن وزن آنها توزین شدند. نمونه‌های گیاهی خشک شده توسط آسیاب کاملاً پودر شد (اندام هوایی و ریشه به‌صورت مجزا) و مقدار ۰/۱ گرم از هر نمونه توزین و ۲۰ سی‌سی اسید استیک ۲ درصد به آن اضافه شد و به مدت نیم ساعت شیک گردید و بعد از عصاره‌گیری با کاغذ صافی واتمن ۴۲، میزان نیترات موجود در عصاره با روش دی‌آزو و دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر بر حسب میلی‌گرم نیترات در گرم وزن خشک گیاهی ($mg\ NO_3^-\ g^{-1}\ dw$)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۲. اثر سطح نیترات و زمان برداشت بر غلظت نیترات ریشه و اندام هوایی کاهو و اسفناج

سطح نیترات (میلی‌مول در لیتر)	زمان برداشت (روز بعد ازانتقال نشاءها به محلول غذایی)					
	۲۹	۴۶	میانگین	۲۹	۴۶	میانگین
	غلظت نیترات ریشه (میلی‌گرم در گرم)			غلظت نیترات اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم)		
۱۰	۰/۳۶ d	۰/۴۶ c	۰/۴۳ B	۱/۵۵ d	۱/۹۳ c	۱/۷۴ B
۲۰	۷/۶۵ b	۵۷/۶۳ a	۳۲/۶۴ A	۱۹۳/۷۳ b	۶۴۶/۶۵ a	۴۲۰/۱۹ A
میانگین	۴/۰۱ B	۲۹/۰۴ A		۹۷/۶۴ B	۳۲۴/۲۹ A	

در هر سطر یا ستون برای هر صفت، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

اندازه‌گیری گردید. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر کم مصرف و پتاسیم در اندام‌های گیاهی، پس از آماده‌سازی و هضم مرطوب نمونه‌ها، غلظت عناصر کم مصرف شامل آهن، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل PG-990 بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاهی و غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم فوتومتر مدل JENWAY PFP7 بر حسب درصد اندازه‌گیری و گزارش گردید. پس از اندازه‌گیری‌ها و ثبت نتایج، داده‌های خام توسط نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Sigma Plot 11 صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی غلظت نیترات اندام هوایی و ریشه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سطح نیترات، زمان برداشت و نوع گیاه بر غلظت نیترات ریشه و اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بررسی اثر سطح نیترات و زمان برداشت بر غلظت نیترات ریشه و اندام هوایی (جدول ۲) نشان داد که با افزایش غلظت نیترات در محلول، انباشت نیترات در ریشه و اندام هوایی افزایش یافت. گذشت زمان نیز موجب افزایش غلظت نیترات در ریشه و اندام هوایی شد، به‌طوری‌که بیشترین غلظت نیترات اندام هوایی در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات ودر زمان برداشت دوم و کمترین آن در سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات و در زمان برداشت اول به‌دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که غلظت نیترات در اندام هوایی کاهو به‌طور معنی‌داری بیش از اسفناج بود. بیشترین غلظت نیترات در اندام هوایی کاهو و در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات مشاهده شد.

مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی نشان داد که با افزایش غلظت نیترات در محلول غذایی، وزن خشک اندام هوایی کاهو و اسفناج به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین عملکرد رویشی دو گیاه در سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات به‌دست آمد. افزایش غلظت نیترات در محلول و تشدید انباشتگی آن در اندام هوایی دو گیاه سبب کاهش عملکرد رویشی دو گیاه شد.

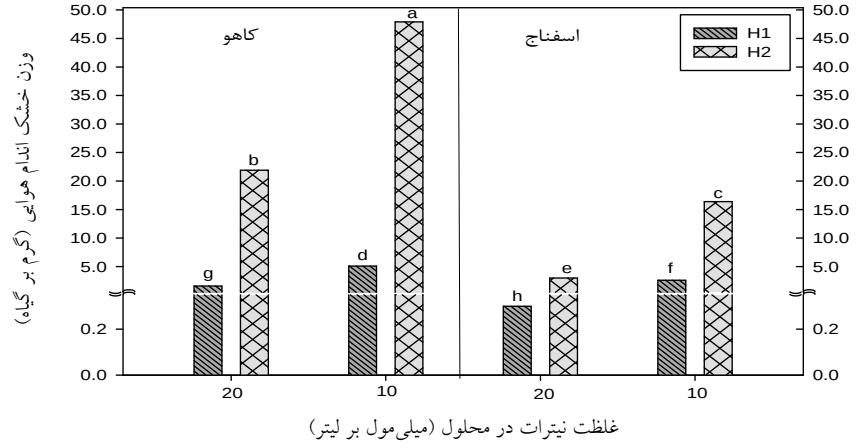
اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر وزن خشک اندام هوایی (شکل ۱) نشان داد که با گذشت زمان، افزایش عملکرد رویشی دو گیاه در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات نسبت به سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات با شیب بیشتری افزایش یافت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۳. اثر سطح نیترات و نوع گیاه بر وزن خشک اندام هوایی و غلظت نیترات اندام هوایی

سطح نیترات (میلی‌مول در لیتر)	گیاه					
	کاهو	اسفناج	میانگین	کاهو	اسفناج	میانگین
	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گیاه)			غلظت نیترات اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم)		
۱۰	۲۶/۵۴ a	۹/۵۲ c	۱۸/۰۴A	۲/۴۶ c	۱/۰۲ d	۱/۷۴ B
۲۰	۱۱/۷۸ b	۱/۶۷ d	۶/۷۲B	۶۶۴/۱۸ a	۱۷۶/۲۱ b	۴۲۰/۱۹ A
میانگین	۱۹/۱۶A	۵/۵۹B		۳۳۳/۳۲ A	۸۸/۶۱ B	

در هر سطر یا ستون برای هر صفت، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

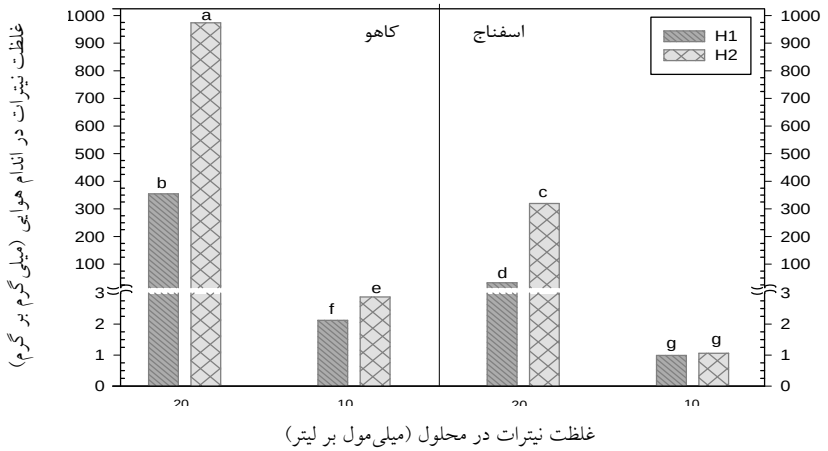


شکل ۱. اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر وزن خشک اندام هوایی. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2). (// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها از محدوده‌ی ۰/۳ تا ۰/۵)

یکی از دلایل عمده‌ی کاهش عملکرد کاهو و اسفناج در تیمارهایی با سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات نسبت به تیمارهایی با سطح کمتر آن، افزایش غلظت نیترات در محلول می‌باشد. غلظت زیاد نیترات در محلول، از یک سو با برهم زدن تعادل عناصر غذایی موجود در محلول و از سوی دیگر با افزایش غلظت نیترات در اندام‌های گیاهی و تشدید عدم تعادل عناصر در جذب توسط گیاه، موجب کاهش عملکرد رویشی گیاهان می‌گردد. کاسجان مارسیک و اوسوالد (۱۳) با بررسی اثر دو سطح نیترات (۵ و ۱۳ میلی‌مولار) بر عملکرد و میزان انباشت نیترات در کاهو به این نتیجه رسیدند که در سطوح ۱۳ میلی‌مولار نیترات نسبت به سطوح پایین‌تر آن، عملکرد کاهو کاهش و انباشت نیترات به‌طور معنی‌دار در سطح ۵ درصد افزایش یافت. هم‌چنین نتایج این پژوهش با نتایج کاتسیراس و همکاران در سال ۲۰۰۲ (۱۵) مطابقت دارد.

اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر غلظت نیترات اندام هوایی نشان داد که با افزایش غلظت نیترات محلول، غلظت نیترات در اندام‌هوایی هر دو گیاه و در هر دو زمان برداشت به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزایش یافته

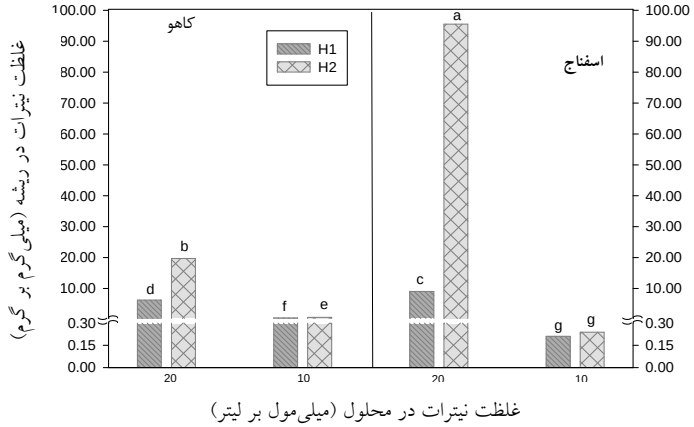
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]



شکل ۲. اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر غلظت نیترات اندام هوایی

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)

(// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها از محدوده‌ی ۳ تا ۲۰)



شکل ۳. اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر غلظت نیترات ریشه

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)

(// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها از محدوده‌ی۰/۳تا ۰/۳۵)

است (شکل ۲). بیشترین غلظت نیترات اندام هوایی، در کاهو با سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در زمان برداشت دوم مشاهده شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت نیترات در ریشه‌ی این گیاهان نشان داد که روند تغییرات غلظت نیترات در ریشه، مشابه روند تغییرات غلظت نیترات در اندام هوایی آنها است (شکل ۳). با افزایش غلظت نیترات محلول، غلظت آن در ریشه‌ی کاهو در هر دو برداشت افزایش یافت. بیشترین غلظت نیترات ریشه، در اسفناج با سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در زمان برداشت دوم به‌دست آمد.

با گذشت زمان غلظت نیترات در اندام هوایی کاهو، در سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات به‌ترتیب ۳۵/۵۴ و ۷/۱۵ درصد و در اسفناج نیز غلظت نیترات اندام هوایی در دو سطح نیترات به‌ترتیب ۱۷۴/۴۵ و ۸۷۵/۴۳ درصد افزایش یافت. نتایج

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۴. مقایسه غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در کاهو و اسفناج با حد مجاز ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی

تیمار	غلظت نیترات (mg kg^{-1} fw)	
	مقادیر اندازه‌گیری شده	حد مجاز غلظت نیترات
$LN_{10}H_1$	۲۱۲/۰۶^{f}	۳۸۲ - ۳۶۲۰
$LN_{10}H_2$	۲۸۷/۴۴^{e}	
$LN_{20}H_1$	۳۵۴۷۶/۶۷^{b}	
$LN_{20}H_2$	۹۷۳۶۶/۶۷^{a}	
$SN_{10}H_1$	۹۸/۷۵^{g}	۳۴۵ - ۳۸۹۰
$SN_{10}H_2$	۱۰۵/۸۲^{g}	
$SN_{20}H_1$	۳۲۷۶/۶۷^{d}	
$SN_{20}H_2$	۳۱۹۶۱/۹^{c}	

($LN_{10}H_1$ ، $LN_{20}H_2$ و $LN_{10}H_1$ ، $LN_{20}H_2$) به‌ترتیب برداشت اول و دوم هر کدام با سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در کاهو و($SN_{10}H_1$ ،$SN_{10}H_2$ و $SN_{20}H_1$، $SN_{20}H_2$) به‌ترتیب برداشت اول و دوم هر کدام با سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در اسفناج. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است.

حاصل از این آزمایش با نتایج استگناری و همکاران در سال ۲۰۰۷ (۲۱) که آزمایشاتی را در زمینه‌ی بررسی تأثیر کودهای حاوی نیتروژن و مقادیر آن بر روی عملکرد و سلامت غذایی ژنوتیپ‌های مختلف اسفناج انجام دادند، مطابقت دارد. براساس محاسبات انجام شده به‌طور متوسط ۹۰ درصد از وزن نمونه‌های برداشت شده را آب تشکیل می‌داد بر این اساس اگر وزن خشک کاهو و اسفناج را ۱۰ درصد در نظر بگیریم، مقایسه غلظت نیترات در دو گیاه با حد مجاز آن (۲۴) در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد غلظت نیترات در اندام هوایی کاهو در هر دو زمان برداشت در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات بیش از حد مجاز تعیین شده (۳۶۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه گیاه – مخصوص کشت آبکشت) بود. غلظت نیترات در اسفناج نیز تنها در زمان برداشت دوم و در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات بیش از حد مجاز (۳۸۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه گیاه – مخصوص کشت آبکشت) بوده است.

بررسی فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

عوامل متعددی بر میزان انباشت نیترات در گیاهان مؤثرند، ربکاو استات (۱۷) دریافتند که رابطه مستقیمی بین غلظت نیترات محلول و غلظت نیترات اندام هوایی وجود دارد. سانتاماریا (۱۹)، چن وهمکاران (۵) اعلام کردند که در یک شرایط تغذیه‌ای یکسان برخی از گیاهان توانایی بیشتری در جذب نیترات دارند که یکی از دلایل آن می‌تواند به محل و میزان فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاهان مختلف مربوط باشد، به همین دلیل فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در کاهو و اسفناج مورد بررسی قرار گرفت تا بتوان به این سؤال پاسخ داد که آیا بین فعالیت آنزیم مذکور و انباشت نیترات در گیاه رابطه‌ای وجود دارد و این‌که فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز تا چه حد می‌تواند انباشت نیترات در گیاهان را توجیه کند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

اثر سطح نیترات و نوع گیاه بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نشان داد (جدول ۶) که با افزایش غلظت نیترات محلول، فعالیت آنزیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم به‌ترتیب در اسفناج و کاهو مشاهده شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۵. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل فاکتورها بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اندام هوایی
سطح نیترات	۱	۰/۰۱۴ **
زمان برداشت	۱	۰/۰۰۵ **
نوع گیاه	۱	۰/۱۲۱ **
سطح نیترات × زمان برداشت	۱	۰/۰۰۰۹ *
سطح نیترات × نوع گیاه	۱	۰/۰۰۵ **
زمان برداشت × نوع گیاه	۱	۰/۰۰۲ **
اثرات متقابل سه گانه	۱	۰/۰۰۰۰۷ ns
خطا	۱۶	۰/۰۰۰۵

، * و **ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۶. اثر سطح نیترات و نوع گیاه بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

سطح نیترات (میلی‌مول در لیتر)	گیاه		میانگین
	کاهو	اسفناج	
	فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز ($\mu mol\ NO_2^-.g^{-1}\ FW\ h^{-1}$)		
۱۰	۰/۰۵۸ d	۰/۱۷۷ b	۰/۱۱۸ B
۲۰	۰/۰۸۷ c	۰/۲۵۷ a	۰/۱۷۲ A
میانگین	۰/۰۷۲ B	۰/۲۱۷ A	

در هر سطر یا ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

بررسی اثر زمان (جدول ۷) بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نشان داد که با گذشت زمان فعالیت آنزیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین فعالیت آنزیم در اندام هوایی کاهو و اسفناج، در زمان برداشت اول به‌دست آمد.

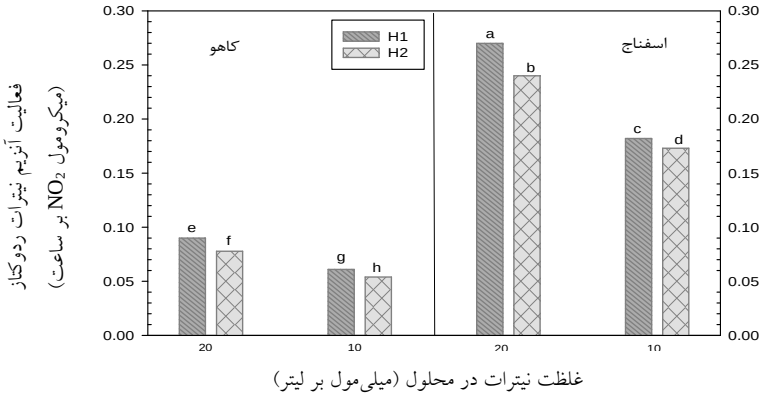
بررسی اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اندام هوایی نشان داد که با افزایش غلظت نیترات محلول، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در هر دو گیاه و در هر دو زمان برداشت به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزایش یافت (شکل ۴). این نتایج مشابه نتایج چن و همکاران (۵) می‌باشد. همان‌طورکه نتایج در شکل ۴ نشان می‌دهد با گذشت زمان فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش یافت، به‌طوری‌که در غلظت ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات نسبت به سطوح پایین‌تر آن، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز با گذشت زمان با شیب بیشتری کاهش یافته است. به‌عبارتی بیشترین فعالیت آنزیم مربوط به اوایل رشد گیاه است به‌همین دلیل همان‌طور که نتایج در شکل ۲ نشان داده شده، میزان انباشت نیترات در اندام هوایی دو گیاه در اوایل رشد (۲۹ روز پس از انتقال نشاءها به محلول غذایی) نسبت به مراحل آخر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول۷. اثر زمان برداشت و نوع گیاه بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

گیاه	زمان برداشت (روز بعد ازانتقال نشاءها به محلول غذایی) ۲۹	۴۶	میانگین
کاهو	۰/۰۷۸ c	۰/۰۶۶ d	۰/۰۷۲ B
اسفناج	۰/۲۲۷ a	۰/۲۰۷ b	۰/۲۱۷ A
میانگین	۰/۱۵۳ A	۰/۱۳۷ B	

در هر سطر یا ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۴. اثر متقابل سطوح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اندام هوایی

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)

رشد (۴۶ روز پس از انتقال نشاءها به محلول غذایی) کمتر بوده است. فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در هر دو سطح نیترات در اسفناج بیشتر از کاهو بوده، به همین دلیل غلظت نیترات در اندام هوایی اسفناج در هر دو سطح نیترات و دو زمان برداشت کمتر از کاهو بوده است (شکل۲ و ۴).

همان‌طورکه نتایج نشان داد انباشت نیترات در گیاه تابع مقدار نیترات محلول، نوع گیاه و زمان برداشت است. بررسی ضرایب همبستگی ساده بین غلظت نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه با این سه پارامتر (جدول ۸) نشان داد که، انباشت نیترات اندام هوایی بیشتر تحت‌تأثیر مقدار نیترات محلول و سپس گونه گیاه بوده است. درحالی‌که فعالیت آنزیم به‌عنوان یک عامل ژنتیکی بیشتر تحت تأثیر گونه گیاه است.

منفی بودن ضریب همبستگی نوع گیاه بدین معنا است که در یک شرایط تغذیه‌ای (مقدار نیترات محلول) و محیطی (زمان برداشت) یکسان، با تغییر نوع گیاه از کاهو به اسفناج میزان انباشت نیترات به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. نتایج سانتاماریا (۱۹) نشان داد که در شرایط غلظت‌های زیاد نیترات، عامل تغذیه‌ای نسبت به عوامل ژنتیکی و محیطی قوی‌تر بوده است. نتایج چن و همکاران نیز (۵) با بررسی غلظت نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اندام هوایی کلم، اسفناج و شلغم نشان داد که در غلظت‌های زیاد نیترات عرضه شده به خاک، میزان انباشت نیترات در این سه گیاه بیشتر تحت‌تأثیر مقدار نیترات خارجی بوده است و نقش عوامل ژنتیکی در میزان انباشت نیترات، در غلظت‌های کم نیترات خارجی محسوس‌تر است.

بررسی غلظت عناصر

با افزایش غلظت نیترات محلول و هم‌چنین با گذشت زمان،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۸ . ضرایب همبستگی ساده بین غلظت نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اندام هوایی با نوع گیاه، غلظت نیترات محلول و زمان برداشت

	نوع گیاه	مقدار نیترات محلول	زمان برداشت
غلظت نیترات اندام هوایی	-۰/۳۸۲ *	۰/۶۵۳**	۰/۳۵۴
فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز	۰/۹۱۸ **	۰/۳۴۳	-۰/۱

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ۹. اثر سطح نیترات و زمان برداشت بر میانگین غلظت آهن و مس در کاهو و اسفناج

سطح نیترات (میلی‌مول در لیتر)	زمان برداشت (روز بعد ازانتقال نشاءها به محلول غذایی)					
	۲۹	۴۶	میانگین	۲۹	۴۶	میانگین
	غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)			غلظت مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)		
۱۰	۱۷۶/۱۱ a	۱۲۵/۸۵ c	۱۵۰/۹۸ A	۱۳۰/۰۵ a	۱۰۶/۶۷ b	۱۱۸/۳۶ A
۲۰	۱۱۰/۹۳ b	۷۶/۰۳ d	۹۳/۴۸ B	۱۲/۲۷ c	۹/۸۸ d	۱۱/۰۷ B
میانگین	۱۴۳/۵۲ A	۱۰۰/۹۴ B		۷۱/۱۶ A	۵۸/۲۷ B	

در هر سطر یا ستون برای هر صفت، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

غلظت آهن و مس در اندام هوایی کاهو و اسفناج به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافت (جدول ۹).

بررسی اثر سطح نیترات و زمان برداشت بر غلظت روی و پتاسیم اندام هوایی کاهو و اسفناج (جدول ۱۰) نشان داد که افزایش غلظت نیترات محلول، سبب افزایش غلظت روی و پتاسیم در اندام هوایی دو گیاه شد، هم‌چنین با گذشت زمان غلظت روی در هر دو گیاه افزایش یافت درحالی‌که گذشت زمان سبب کاهش غلظت پتاسیم در اندام هوایی گردید. بیشترین غلظت روی و پتاسیم اندام هوایی، در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات و در زمان برداشت دوم مشاهده شد.

یولداس و همکاران (۲۵) گزارش کردند که افزایش سطح نیتروژن از صفر به ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی و پتاسیم برگ کلم بروکلی گردید.

بررسی اثر متقابل سطح نیترات، نوع گیاه و زمان برداشت بر غلظت عناصر آهن و مس اندام هوایی (جدول ۱۱) نشان داد که اگر چه با گذشت زمان غلظت این دو عنصر در اندام هوایی کاهو و اسفناج کاهش یافت اما در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات، غلظت آهن و مس با شیب بیشتری کاهش یافته است.

با گذشت زمان غلظت آهن و مس در اندام هوایی کاهو، در سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات به‌ترتیب ۳۱/۸۱ و ۱۰/۴۷ درصد و در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات به‌ترتیب ۳۴/۲۷ و ۱۵/۱۵ درصد کاهش یافت. غلظت آهن و مس در اندام هوایی اسفناج نیز با گذشت زمان در سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات به‌ترتیب ۴۵/۶۵ و ۳۲/۶۶ درصد و در سطح

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جدول ۱۰. اثر سطح نیترات و زمان برداشت بر میانگین غلظت روی و پتاسیم در کاهو و اسفناج

سطح نیترات (میلی‌مول در لیتر)	زمان برداشت (روز بعد ازانتقال نشاءها به محلول غذایی)					
	۲۹	۴۶	میانگین	۲۹	۴۶	میانگین
	غلظت روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)			غلظت پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)		
۱۰	۵۰/۱۲ d	۵۴/۲۴ b	۵۲/۱۸ B	۲/۳۲ c	۱/۸۸ d	۲/۱۰ B
۲۰	۵۲/۴۵ c	۵۹/۶۲ a	۵۶/۰۳ A	۳/۴۱ b	۳/۶۴ a	۳/۵۲ A
میانگین	۵۱/۲۹ B	۵۶/۹۳ A		۲/۸۷ A	۲/۷۶ B	

در هر سطر یا ستون در هر صفت، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۱۱. مقایسه میانگین‌های غلظت آهن، روی، مس و پتاسیم در اندام هوایی کاهو و اسفناج

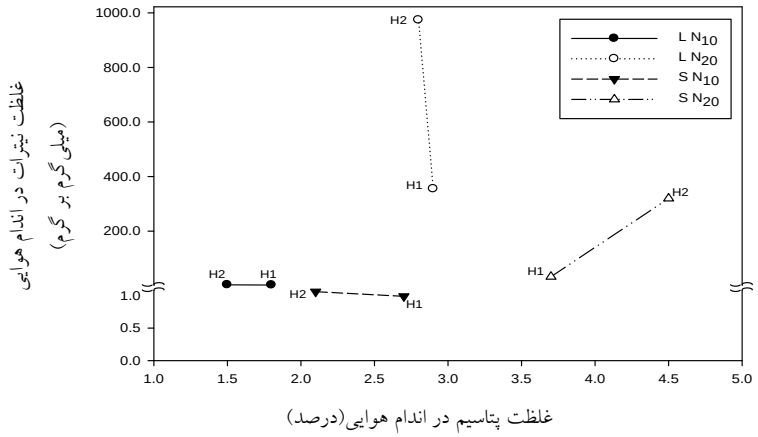
تیمار	غلظت آهن	غلظت روی	غلظت مس	غلظت پتاسیم
	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			(درصد)
$LN_{10}H_1$	۱۷۶/۵ a	۳۸/۷ h	۱۲۷/۳۵b	۱/۸ e
$LN_{10}H_2$	۱۳۳/۹ c	۴۰/۱g	۱۱۵/۲۸c	۱/۵ f
$LN_{20}H_1$	۱۱۴/۴ e	۴۲/۱f	۱۱/۴ f	۲/۹ c
$LN_{20}H_2$	۸۵/۲ g	۴۵/۸ e	۹/۹g	۲/۸ c
$SN_{10}H_1$	۱۷۵/۸b	۶۱/۵ d	۱۳۲/۸a	۲/۷ c
$SN_{10}H_2$	۱۲۰/۷ d	۶۸/۳b	۱۰۰/۱ d	۲/۲ d
$SN_{20}H_1$	۱۰۷/۳ f	۶۲/۷c	۱۴/۱۲ e	۳/۹ b
$SN_{20}H_2$	۶۶/۶ h	۷۳/۵ a	۹/۸g	۴/۵ a

- در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. ($LN_{10}H_1$ ، $LN_{20}H_2$ و $LN_{10}H_1$ ، $LN_{20}H_2$) به‌ترتیب برداشت اول و دوم هر کدام با سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در کاهو و ($SN_{10}H_1$ ،$SN_{10}H_2$ و $SN_{20}H_1$، $SN_{20}H_2$) به‌ترتیب برداشت اول و دوم هر کدام با سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در اسفناج

۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات به‌ترتیب ۶۱/۱۱ و ۴۴/۰۸ درصد کاهش یافت.

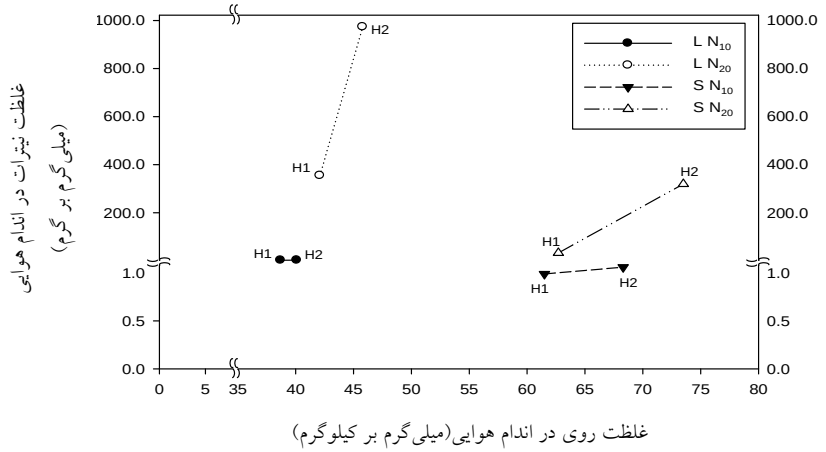
بیشترین غلظت آهن در اندام هوایی کاهو و اسفناج، درسطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات و در زمان برداشت اول مشاهده گردید (جدول ۱۱). با گذشت زمان غلظت پتاسیم در اندام هوایی کاهو و اسفناج در سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر نیترات نسبت به سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر آن با شیب بیشتری کاهش یافت (جدول ۱۱). در صورتی که با گذشت زمان غلظت روی در اندام هوایی کاهو و اسفناج در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات نسبت به سطح ۱۰ میلی‌مول در لیتر آن، با شیب بیشتری کاهش یافته است. نسبت به سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر آن با شیب بیشتری کاهش یافت (جدول ۱۱). در صورتی که با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]



شکل ۵. رابطه‌ی بین غلظت نیترات در اندام هوایی با غلظت پتاسیم در کاهو و اسفناج در دو سطح نیترات و دو زمان برداشت

LN_{10} و LN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در کاهو. SN_{10} و SN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در اسفناج (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)، (// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها)



شکل ۶. رابطه‌ی بین غلظت نیترات در اندام هوایی با غلظت روی در کاهو و اسفناج در دو سطح نیترات و دو زمان برداشت

LN_{10} و LN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در کاهو. SN_{10} و SN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در اسفناج. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)، (// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها)

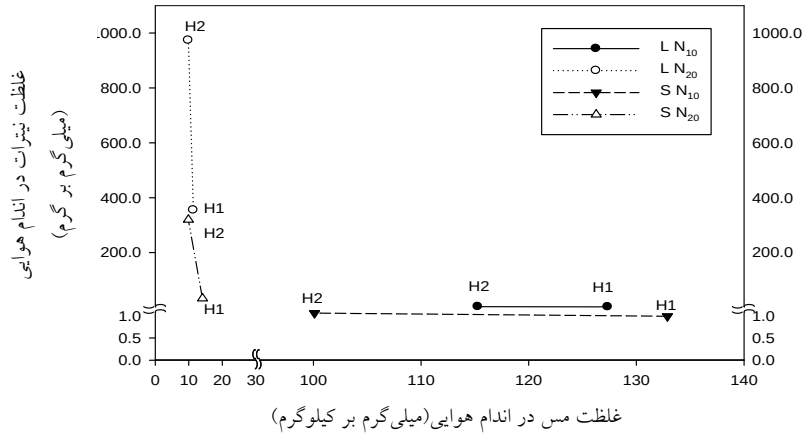
گذشت زمان غلظت روی در انـدام هـوایی کـاهو و اسـفناج در سطح ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات نسبت به سطح ۱۰ میلی‌مـول در لیتر آن، با شیب بیشتری کاهش یافته است.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های غلظـت پتاسـیم و روی در اندام هوایی کاهو و اسفناج نشان داد که، بـا افـزایش غلظـت نیترات در محلول غذایی و افزایش غلظـت آن در انـدام هـوایی دو گیاه، غلظت پتاسیم و روی نیز در اندام هوایی دو گیاه در دو زمان برد اشت افزایش یافت (شکل ۵ و ۶). نتایج کرکبـی (۱۴) نشان داد که با افزایش غلظت نیتـرات در گیـاه، غلظـت پتاسـیم به‌عنوان یون همراه نیتـرات بـرای حفـظ تعـادل بـار الکتریکـی افزایش می‌یابد.

همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد با افزایش غلظت نیترات در اندام هوایی دو گیاه، غلظت مس و آهـن در انـدام هـوایی آنهـا به‌طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافت (شکل ۷ و ۸).

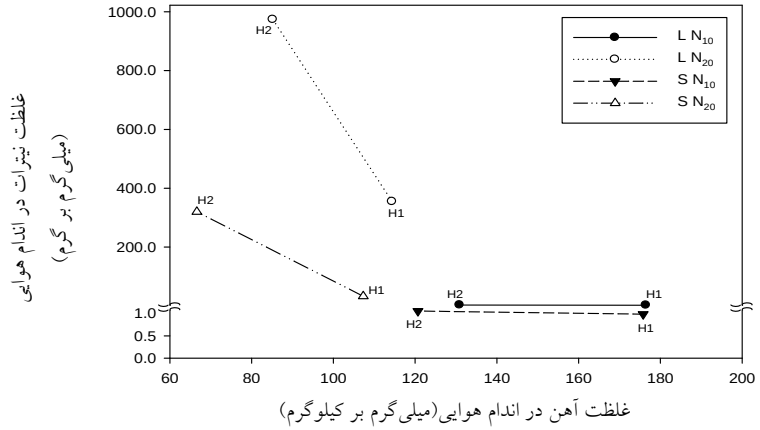
کاهش غلظت آهن و مس با گذشت زمان مربوط به افزایش رشد گیاه و اثر رقت بوده، درصورتی‌که علت کاهش غلظت این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]



شکل ۷. رابطه‌ی بین غلظت نیترات در اندام هوایی با غلظت مس در کاهو و اسفناج در دو سطح نیترات و دو زمان برداشت

LN_{10} و LN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در کاهو . SN_{10} و SN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در اسفناج. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)، (// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها)



شکل ۸. رابطه‌ی بین غلظت نیترات در اندام هوایی با غلظت اهن در کاهو و اسفناج در دو سطح نیترات و دو زمان برداشت

LN_{10} و LN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در کاهو . SN_{10} و SN_{20} به‌ترتیب سطح ۱۰ و ۲۰ میلی‌مول در لیتر نیترات در اسفناج. (برداشت اول :H1 و برداشت دوم: H2)، (// : ایجاد شکست در داده‌ها برای نمایش بهتر آنها)

دو عنصر با افزایش سطح نیترات به موضوع انباشت نیترات در گیاه و تشدید عدم تعادل عناصر غذایی در جذب توسط گیاه مربوط می‌شود. آدیلوگلو (۲) در پژوهشی با بررسی اثر سطوح نیتروژن بر غلظت عناصر میکرو نشان داد که در یک خاک آهکی مقدار آهن و منگنز در گیاه با کاربرد غلظت زیاد نیترات کاهش معنی‌داری در سطح ۱ درصد پیدا کرد که به‌دلیل رابطه تنازعی بین نیترات و آهن بوده است. کامباس و همکاران (۶) نیز بیان کردند که غلظت زیاد نیترات از انتقال آهن در گیاه شاهی آبی جلوگیری کرده و به‌نظر می‌رسد که نیترات به‌عنوان یک آنیون رقیب از انتقال متابولیک فعال آهن در مکان‌های جذب در ساقه جلوگیری می‌کند. آلپسلان و تابان (۳) نیز در بررسی ارتباط بین عنصر نیترات با عناصر روی و آهن در گیاه برنج نشان دادند که با افزایش غلظت نیترات در محیط رشد، فراهمی عنصر روی افزایش یافته است و منجر به کاهش میزان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

جذب آهن در برنج و کاهش عملکرد آن خواهد شد.

غلظت آهن و مس در اندام هوایی کاهو واسفناج با گذشت زمان کاهش یافت که می‌تواند دلیلی برای کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز با گذشت زمان باشد. مطالعات تری (۲۲) نشان داد که میزان فتوسنتز گیاه در واحد سطح برگ، در گیاهانی که کمبود آهن و مس دارند کاهش یافت و علت آن را مربوط به نقش این دو عنصر به‌عنوان اجزای فلزی در ساختار آنزیم‌هایی همچون آنزیم نیترات ردوکتاز دانست.

نتیجه‌گیری

با گذشت زمان، غلظت نیترات در اندام هوایی کاهو و اسفناج در هر دو سطح نیترات افزایش یافت که با کاهش غلظت آهن، مس، پتاسیم و هم‌چنین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اندام هوایی دو گیاه همراه بود. با افزایش غلظت نیترات ، غلظت آهن، مس و هم‌چنین وزن خشک اندام هوایی کاهو و اسفناج کاهش یافت درحالی‌که غلظت روی و پتاسیم در اندام هوایی آنها افزایش یافت، علت این پدیده را می‌توان به تشدید انباشت نیترات و ایجاد عدم تعادل عناصرغذایی در جذب گیاه در شرایط غلظت زیاد نیترات مربوط دانست. وجود رابطه مستقیم بین غلظت نیترات محلول و غلظت آن در اندام هوایی باعث شد میزان ورودی و جذب نیترات توسط دو گیاه بیشتر از سرعت احیا و جذب خالص آن توسط آنزیم نیترات ردوکتاز باشد، همین امر نیز موجب تشدید انباشتگی نیترات با گذشت زمان شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که بین انباشت نیترات در کاهو و اسفناج با فعالیت آنزیم نیترات و غلظت عناصر آهن و مس در اندام هوایی آنها رابطه‌ی غیرمستقیمی وجود دارد.

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, A. R., M. Shafi Rahmani and Y. Vafayi. 2011. Plant Biochemistry. Translation, First Printing, Tehran University Press, Tehran. (In Farsi)
2. Adiloglu, S. 2006. The effect of increasing nitrogen and zinc doses on the iron, copper and manganese contents of maize plant in calcareous and zinc deficient soils. *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 504-507.
3. Alpaslan, M. and S. Taban. 1996. Zinc-iron relationship in rice (*Oryza sativa* L.). Ankara university., *Turkish Journal of Agricultural Sciences* 2: 45-49
4. Barber, S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability. A Mechanistic Approach. John Wiley & Sons, New York, NY.
5. 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. *Asian Journal of Plant Sciences* 167: 635-643.
6. Cumbus, I. P., D. J. Hornsey and L. W. Robinson. 1977. The influence of phosphorus, zinc and manganese on absorption and translocation of iron in watercress. *Journal of Plant and Soil Sciences* 78: 651-660.
7. Dejon, C. W. and W. Stekbaut. 1995. Nitrate in food commodities vegetable origin and the total diet in belgium, Ghent university. *Faculty Bio-Ingenious Wetenschappen (FLTBW)* 15: 625-631.
8. Durner, J. and D. F. Klessig. 1999. Nitric oxide as a signal in plants. *Journal of Current Opinion in Plant Biology* 2: 369–374.
9. European Union. 2002f. Commission Regulation (EC) No563/2002 of 2 April 2002 amending regulation (EC) No466/2001 setting maximum levels for certain contaminants infoodstuffs. *Official Journal* 77: 1-13.
10. Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular California Agricultural Experiment Station* 347: 1-32.
11. Ikemoto, Y., M. Teraguchi and Y. Kogayashi. 2002. Plasma level of nitrate in congenital heart disease: comparison with healthy children. *Journal of Pediatric Cardiology* 23: 132–136.
12. Jaworski, E. G. 1971. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. *Biochemical & Biophysical Research Communications* 43: 1274-1279.
13. Kacjan Marsic, N. and J. Osvald. 2002. Effects of different nitrogen levels on lettuce growth and nitrate accumulation in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* Var. Capitata L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *European Journal of Horticultural Science 67: 128–134.*
14. Kirkby, E. A. 1968. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]

carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. *Journal of Soil Sciences* 105: 133-141.
15. Kotsiras, A., C. M. Olympios, J. Drosopoulos and H. C. Passam. 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. *Scientia Horticulturae* 95: 175-183.
16. Kotsiras, A., C. M. Olympios and H. C. Passam. 2005. Effects of Nitrogen form and concentration on yield and quality of cucumbers grown on rock wool during spring and winter in southern Greece. *Journal of Plant Nutrition* 28: 2027-2035.
17. Rebecca, L. and G. W. Stutte. 2001. Nitrate concentration effects on NO_3^- uptake and reduction, growth and fruit yield in strawberry. *American Journal of Horticultural Science* 126(5): 125-131.
18. Ruiz, J. M. and L. Romero. 1999. Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. *Scientia Horticulturae* 82: 309-316.
19. Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and Ec regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 10–17.
20. Santoro, L. G. and A. C. N. Magalhaes. 1983. Changes in nitrate reductase activity during development of soybean leaf. *Journal of Plant Physiology 112: 113-121*
21. Stagnari, F., V. D. Bitetto and M. Pisante. 2007. Effects of n fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. *Scientia Horticulturae* 114: 225-233
22.Terry, N.1980. Limiting factors in photosynthesis. *Journal of Plant Physiology* 65: 114-120.
23.Vieira, I. S., E. P. Vasconselos and A. A Monteiro. 1998. Nitrate accumulation, yield and leaf quality of turnip greens in response to nitrogen fertilization. *Journal of Nutrient Cycling in Agro ecosystems* 51: 249–2.
24. WHO. 1978. Nitrates, Nitrites and N-Nitrozo Compounds. Geneva, Environmental Health criteria.
25. Yoldas, F., S. Ceylan, B. Yagmur and N. Morologan. 2008. Effect of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. *Journal of Plant Nutrition* 31(7): 1333-1343.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-04-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.16.27.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.315]