نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۳۱۴-۳۰۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 306-314
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر نیتروژن و حذف محلول غذایی یک هفته قبل از برداشت برتجمع نیترات و خصوصیات رشدی اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.)

محمد صادق صادقی[۱*]- سید جلال طباطبایی[۲]- حسن بیات[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۱

چکیده

اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) گیاهی است که نیتروژن به فرم نیترات را به مقدار زیاد در بافت‌های خود تجمع می دهد. به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و حذف محلول غذایی در یک هفته قبل از برداشت بر صفات رشدی و میزان تجمع نیترات، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تکرار انجام شد. فاکتور اول در ۲ سطح شامل حذف (حذف محلول غذایی ۱ هفته قبل از برداشت) یا عدم حذف محلول غذایی و فاکتور دوم شامل غلظت‌های مختلف نیتروژن در ۴ سطح (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. گیاهان بصورت آبکشت پرورش داده شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت نیتروژن از ۲۵ به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقادیر وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد برگ و سطح برگ به ترتیب ۲۲/۰۰، ۷/۲۶، ۴/۹۷ و ۱۴/۰۰ برابر افزایش یافت. همچنین کاربرد نیتروژن باعث افزایش میزان شاخص کلروفیل و حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) شد. حذف محلول غذایی در یک هفته قبل از برداشت تاثیر معنی‌داری در کاهش مقادیر صفات وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد و سطح برگ، شاخص کلروفیل و حداکثر کارایی فتوسیستم II نداشت. افزایش غلظت نیتروژن سبب افزایش نیترات و نیتروژن کل دمبرگ گیاه شد در حالی که با حذف محلول غذایی در یک هفته قبل از برداشت مقادیر صفات فوق الذکر به طور معنی‌داری کاهش یافت. حذف محلول غذایی یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش تجمع نیترات در گیاه اسفناج می باشد که تاثیری در کاهش عملکرد محصول ندارد.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، سطح برگ، شاخص کلروفیل

مقدمه

اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.) گیاهی یکساله و روزبلند متعلق به خانواده چغندر (Chenopodiaceae) است که پس از سبز شدن، تولید برگ‌های طوقه ای می کند. این گیاه محصول نواحی نسبتا سرد است و در آب هوای خنک بهتر رشد می‌کند (۱۶). اسفناج بومی ایران است و از اوایل قرن اول میلادی به تدریج به دیگر نقاط دنیا راه یافت (۲۵). به طور کلی اسفناج در مجاورت تابش زیاد آفتاب، دمای متوسط و هوای مرطوب بهترین نتیجه را می‌دهد. یخبندان را بیشتر از اغلب سبزی‌های دیگر تحمل می‌کند. بعضی ارقام آن تا سرمای ۷- درجه را نیز تحمل می کنند. این گیاه دارای دوره رویش نسبتا کوتاهی است (۴۰ تا ۵۰ روز) و می‌توان چندین بار در سال اقدام به کشت آن نمود. اسفناج دارای انواع بهاره، پاییزه و زمستانه است (۱۶).

تجمع نیترات در برخی از سبزیجات مانند اسفناج و کاهو قابل ملاحظه است (۲۲ و ۲۳) و مصرف زیاد کودهای نیتروژنه به خصوص به فرم نیترات از عوامل مهم افزایش غلظت نیترات گیاه است. اسفناج گیاهی است که پاسخ بسیار مناسبی به کوددهی با نیترات می‌دهد (۴، ۵ و ۲۰) و نیترات را به مقدار زیاد در بافت‌های خود تجمع می‌دهد و مقادیر زیادی اکسالات دارد (۱۰). نیترات در گیاه معمولا در آوندها ذخیره می‌شود بنابراین دمبرگ‌ها و ساقه‌ها مملو از نیترات هستند. نیترات یکی از مواد سمی بوده که سلامتی انسان و حتی حیوانات را تهدید می‌کند (۲۲ و ۱۱). البته نیترات خودش یک ماده سمی برای انسان محسوب نمی‌شود ولی نیتریت حاصل از احیای نیترات و مواد حاصل از آن مثل نیتروزآمین‌ها در معده سبب بوجود آمدن بعضی بیماری‌ها می‌گردد. حد مجاز مقدار نیترات در کشور آلمان ۲۵۰ میلی‌گرم در یک کیلوگرم وزن تر اعلام شده است (۱۶ و ۲۱).

۱ و ۲- دانش آموخته و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mohammadsadeqesadeqi_1366@yahoo.com)
۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.52452

مقدار نیترات موجود در برگ‌ها تحت تاثیر عوامل مختلف از قبیل دما، نور، مقدار نیترات بکار برده شده در محیط کشت و ژنتیک گیاه قرار می‌گیرد. مصرف زیاد از حد نیتروژن علاوه بر افزایش تجمع نیترات باعث کاهش مقدار ویتامین ث در انواع سبزی‌ها نظیر کاهو، کلم و اسفناج تا حد ۲۶ درصد می شود (۲۱).

زارعی (۲۷) در تحقیقات خود در ارتباط با تاثیر کودهای نیتروژنی در تجمع نیترات برگ‌های کاهو به این نتیجه رسید که کاهو جزو سبزی‌های نیترات دوست بوده ولی مقدار تجمع نیترات بستگی به نوع رقم، طول مدت روز، درجه حرارت و شدت تابش نور خورشید دارد. همچنین با افزایش مصرف کودهای نیتروژنی تا حد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، حتی به صورت سه بار تقسیط، مقدار نیترات تجمعی تا حد ۶۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر تازه کاهو افزایش یافت. هنگامیکه برداشت کاهو بجای عصر در صبح انجام گرفت از غلظت نیترات تجمعی تا حد ۲۰ درصد کاسته شد. با افزایش مصرف کودهای نیتروژنی و برداشت صبح هنگام غلظت نیترات در کلم پیچ افزایش می‌یابد. ولی همین سبزی وقتی که عصر هنگام همان روز برداشت شد غلظت نیترات آن تا حد زیادی کاهش یافت. بنابراین افزایش شدت نور باعث کاهش نیترات در برگ‌ها می‌شود. غلظت نیترات در محصولات گلخانه ای به دلیل پایین تر بودن شدت نور بیشتر است (۲۱). تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر نیتروژن و حذف محلول غذایی در یک هفته قبل از برداشت بر تجمع نیترات و خصوصیات رشدی گیاه اسفناج انجام شده است.

مواد و روش ها

محل و زمان اجرای آزمایش

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی هیدروپونیک گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۶ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی در ۲ سطح شامل حذف (حذف محلول غذایی ۱ هفته قبل از برداشت که حدودا زمان برداشت مرحله ۷ تا ۸ برگی است) یا عدم حذف محلول غذایی (محلول غذایی تا زمان برداشت تغییری نکرد) و فاکتور فرعی شامل غلظت‌های مختلف نیتروژن (نیتراتی) در ۴ سطح (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. در هر تیمار ۶ بوته در نظر گرفته شد. بوته‌ها در گلدان‌های ۱۰ لیتری بصورت شناور بر روی یونولیت قرار داده شدند.

آماده سازی گیاهان و بسترهای کاشت

ابتدا بذرهای سالم اسفناج رقم برگ چروک Wirofly با اندازه‌های تقریبا یکسان و عاری از آسیب و شکستگی با آب و صابون بمدت ۲ دقیقه شستشو و سپس در محلول ۰/۵ درصد هیپوکلریت سدیم استریل و سپس با آب مقطر سه بار شستشو داده شدند. در مرحله بعد بذرها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل و در تاریکی خیسانده شدند. برای ضدعفونی کردن کاغذهای صافی نیز از اتوکلاو با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد استفاده شد. سپس بذرها توسط انبرک استریل در تشتک‌هایی به ابعاد ۱۹×۳۰ سانتی متر که کاغذ صافی در آن‌ها قرار گرفته بود با فاصله یکسان ۱ سانتی متری قرارگرفته و درب آن‌ها به منظور محافظت از تبخیر و آلودگی بسته شد. تشتک‌ها تا زمان جوانه زدن در تاریکی و دمای ۲۴-۲۶ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و سپس به روشنایی انتقال یافتند.

کشت هیدروپونیک گیاهچه‌های اسفناج

بذور جوانه زده اسفناج به ظروف با بستر پشم شیشه منتقل شدند و تا مرحله ۴ برگی در همین ظروف با محلول کامل تغذیه شدند. در این زمان گیاهچه‌های ۴ برگی اسفناج به داخل سطل‌هایی از جنس پلی اتیلن حاوی ۱۰ لیتر محلول غذایی منتقل شدند. برای استقرار گیاهچه‌ها از صفحات یونولیتی که بصورت شناور در روی محلول قرار داشتند استفاده شد. اکسیژن لازم برای تنفس ریشه‌ها از طریق پمپ‌های هوا تامین شد (۱۴).

برای تغذیه از ۴ محلول غذایی (تیمارها) با غلظت‌های مختلف نیتروژن استفاده شد. برای هر تیمار ۶ تکرار (۶ گلدان) در نظر گرفته شد و هر گلدان به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. گیاهان در هر گلدان با تیمارهای مورد نظر تا قبل از برداشت تغذیه شدند و تعویض محلول‌ها هفته ای یکبار انجام شد و هر ۴۸-۷۲ ساعت یکبار محلول تبخیر شده از ظرف بوسیله محلول ۱۰ درصد جایگزین شد. طی دوره رشد در گلخانه، دما بین ۲۴-۲۷ درجه سانتی گراد ثابت نگه داشته شد و فتوپریود شامل ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. یک هفته قبل از برداشت، محلول غذایی نیمی از گلدان‌ها حذف شد و تا زمان برداشت از آب خالی استفاده شد. قبل از برداشت فاکتورهای شاخص کلروفیل و حداکثر کارایی فتوسیستم II اندازه گیری شد و سپس گیاهان جهت بررسی دیگر فاکتورها برداشت شدند.

صفات اندازه گیری شده

در این آزمایش صفات رشدی شامل تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی اندازه گیری شدند. پس از برداشت، برگ‌ها را از بوته جدا کرده و تک تک در زیر دستگاه سطح برگ سنج قرار داده شد و عدد نشان داده شده توسط دستگاه یادداشت شد.

شاخص کلروفیل (عدد اسپد)

جهت اندازه گیری شاخص کلروفیل از دستگاه اسپد Konica Minolta استفاده شد بدین صورت که از هر گیاه ۵ برگ بیرونی و ۳

برگ درونی و در هر برگ از ۴ قسمت اندازه گیری‌ها انجام شد.

حداکثر کارایی فتوسیستم II (نسبت Fv/Fm)

برای اندازه گیری حداکثر کارایی فتوسیستم II از دستگاه فلورومتر (Opti-Science, OS-30p London) و از برگ‌های تازه بالغ شده استفاده شد.

نیترات و نیتروژن کل

برای اندازه گیری نیترات، مقدار ۰/۱ گرم ماده خشک گیاهی در حدود ۲۰ میلی لیتر اسید استیک ریخته و به آن‌ها حدود ۲ گرم زغال فعال اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در این شرایط قرار گرفتند. سپس میزان نیترات با استفاده از دستگاه نیترات سنج مدل Horiba اندازه گیری شد. جهت سنجش نیتروژن از دستگاه کجلدال استفاده شد (۲۶).

تحلیل آماری دادها

تجزیه داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار JMP8 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

وزن‌تر و خشک اندام هوایی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن بر وزن تر و خشک اندام هوایی معنی دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت نیتروژن وزن تر اندام هوایی به صورت صعودی افزایش یافت بطوریکه بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن بدست آمد (جدول ۲). اثر حذف محلول غذایی تاثیر چندانی بر میزان کاهش وزن‌تر نداشت (جدول ۲). اثر متقابل سطوح نیتروژن و حذف محلول غذایی معنی دار نشد (جدول ۱).

وزن تر و خشک ریشه

وزن تر و خشک ریشه گیاهان هم به تبع افزایش میزان نیتروژن افزایش یافت بطوریکه بیشترین میزان وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۲). همچنین با بررسی اثر حذف محلول غذایی در حدود ۱ هفته قبل از برداشت مشخص شد که حذف محلول غذایی اثر معنی‌داری بر روی کاهش وزن تر ریشه نداشته است (جداول ۱ و ۲). اثر متقابل سطوح نیتروژن و حذف محلول غذایی معنی دار نشد (جدول ۱). در تحقیقات بوتو و همکاران (۳) بر روی گیاه گوجه فرنگی مشخص شد که افزایش سطوح نیتروژن سبب افزایش وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه می‌شود و حذف نیتروژن از محلول غذایی تاثیر معنی‌داری بر روی کاهش این صفات ندارد. همچنین الیا و همکاران (۸) گزارش کردند که افزایش میزان نیتروژن سبب افزایش عملکرد گیاه اسفناج می‌شود. صادقی پورمروی (۱۸) در تحقیقات خود بر روی گیاه اسفناج گزارش کرد که با افزایش مصرف کود، عملکرد گیاه نیز افزایش پیدا کرد. احمدی و همکاران (۱) نشان دادند که با افزایش غلظت کود نیتروژنه میزان وزن تر و خشک اندام هوایی افزایش پیدا می‌کند.

تعداد و سطح برگ

افزایش غلظت نیتروژن سبب افزایش معنی دار تعداد برگ‌ها شد بطوریکه بیشترین و کمترین تعداد برگ از تیمارهای ۲۰۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن حاصل شد (جدول ۲). نیتروژن عنصری است که رشد رویشی را افزایش می‌دهد (۱۱). احمدی (۱) در بررسی‌هایی که بر روی ۵ رقم اسفناج ایرانی انجام داد مشاهده کرد که در اثر افزایش مصرف کود نیتروژنه تعداد برگ‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین الیا و همکاران (۸) مشاهده کردند که در اثر افزایش مصرف نیتروژن، تعداد برگ‌ها در گیاه اسفناج افزایش یافت. همچنین حذف محلول غذایی در حدود ۱ هفته قبل از برداشت هیچ تاثیری بر روی تعداد برگ‌ها نداشت و تغییری از این نظر مشاهده نشد. بوت (۳) در تحقیقات خود که تاثیر حذف نیتروژن از محلول غذایی گوجه فرنگی را بررسی می‌کرد دریافت که حذف نیتروژن سبب کاهش معنی‌داری تعداد برگ‌ها در گیاه گوجه فرنگی می‌شود.

حداکثر کارایی فتوسیستم II (نسبت Fv/Fm)

حداکثر کارایی فتوسیستم II در بین تیمارهای ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت ولی بین این تیمارها با تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. حداکثر کارایی فتوسیستم II از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن حاصل شد. با توجه به اینکه حداکثر کارایی فتوسیستم II معیاری برای ارزیابی وضعیت گیاهان تحت شرایط تنش می‌باشد نتایج نشان می‌دهد که در تیمار ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن به گیاهان نوعی تنش وارد شده است. نیتروژن پس از جذب در گیاه وارد ساختمان اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها شده و در شرایطی که کمبود این عنصر مشاهده شود به دلیل کاهش فعالیت‌های متابولیکی در گیاهان و کمبود آنزیم‌ها، رشد گیاهان کاهش پیدا کرده و به نوعی گیاهان تحت تنش قرار می گیرند (۷).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر حذف محلول غذایی و سطوح مختلف نیتروژن بر صفات مورد بررسی اسفناج رقم برگ چروک Wirofly تحت سیستم آبکشت.

Table2- Effects of nutrient removal and different levels of nitrogen on measured traits of spinach cv. Wirofly under hydroponic culture.

تیمار Treatment	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g/plant)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g/plant)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g/plant)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/plant)	تعداد برگ Number of leaf per plant	سطح برگ Leaf area (cm^2)	عدد اسپد SPAD value	نسبت Fv/Fm	نیترات Nitrate mg/kg) (dw	نیتروژن کل Total N (mg/g dw)
حذف محلول غذایی Nutrient removal										
حذف Removed	187.17a*	56.82a	12.11a	5.63a	15.66a	499.52a	50.00a	0.81a	1325.71b	1763.06b
عدم حذف Unremoved	191.60a	56.27a	12.34a	5.61a	15.91a	506.86a	51.09a	0.82a	1693.22a	2406.88a
سطوح نیتروژن N levels (mg/L)										
25	19.60d	10.65d	2.84d	1.18d	5.33d	89.23d	25.96b	0.71b	428.60d	632.00d
50	121.99c	53.25c	10.10c	4.36c	11.33c	177.69c	58.08a	0.81a	902.85c	1537.85c
100	184.40b	75.59b	15.71b	7.57b	20.00b	460.23b	57.81a	0.84a	1851.46b	2487.12b
200	431.52a	86.67a	20.62a	9.36a	26.50a	1285.61a	58.31a	0.86a	2854.94a	3682.88a

*اعدادی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column don't significant difference based on LSD test at 5% level probability.

جدول ۱ - تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اسفناج رقم برگ چروک Wirofly تحت سیستم آبکشت.

Table 1-ANOVA for measured traits of spinach cv. Wirofly under hydroponic culture.

تیمار Treatment	درجه آزادی d.f	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	تعداد برگ Number of leaf per plant	سطح برگ Leaf area	عدد اسپد SPAD value	نسبت Fv/Fm	نیترات Nitrate	نیتروژن کل Total N
حذف محلول غذایی Nutrient removal	1	119.60^{ns}	0.30^{ns}	1.79^{ns}	0.002^{ns}	0.37^{ns}	324.00^{ns}	0.042^{ns}	0.00001^{ns}	810389.00**	2487019.00**
نیتروژن N	3	184025.80**	364.20**	6774.30**	78.20**	523.20**	1782672.00**	1545.86**	0.018**	6926984.00**	10251057.00**
حذف محلول غذایی× نیتروژن Nutrient removal × N	3	14.60^{ns}	0.22^{ns}	0.032^{ns}	0.04^{ns}	0.81^{ns}	390.00^{ns}	3.39^{ns}	0.00001^{ns}	62098.00**	79209.00**
خطا Error	16	173.10	0.39	3.49	0.06	2.33	536.00	1.56	0.0002	5156.00	10982.00

ns و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد.

ns and ** not significant and significant at 1% probability, respectively.

در شرایط کمبود نیتروژن به دلیل کاهش آنزیم‌ها خصوصا آنزیم‌های دخیل در فرآیند فتوسنتز نظیر پی ای پی کربوکسیلاز[1]، میزان فتوسنتز کاهش یافته و گیاهان دچار تنش می‌شوند (۲). همچنین حذف محلول غذایی در حدود یک هفته قبل از برداشت که به منظور کاهش نیترات در اندام‌های هوایی انجام شد تاثیر معنی‌داری بر روی میزان حداکثر کارایی فتوسیستم II نداشت (جدول ۱). در بررسی‌هایی که بوت و همکاران (۳) بر روی حذف نیترات از محلول

1 - PEP Carboxylase

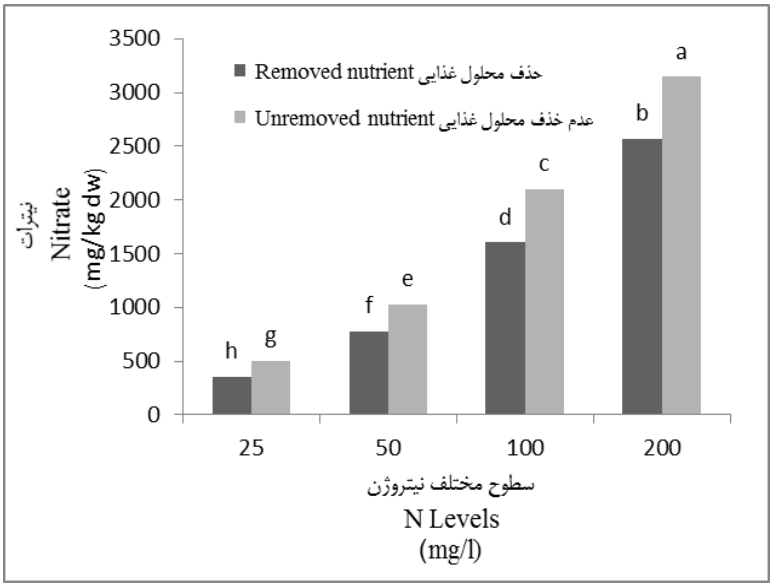
غذایی گیاه گوجه فرنگی انجام دادند هم مشخص شد که این تیمار تاثیر چندانی بر روی کاهش حداکثر کارایی فتوسیستم II ندارد و گیاهان را دچار تنش نمی‌کند. اثر متقابل حذف محلول غذایی و سطوح مختلف نیتروژن نیز معنی دار نشد (جدول ۱).

شاخص کلروفیل (عدد اسپد)

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش میزان نیتروژن از ۲۵ به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی دار شاخص کلروفیل شد و میزان آن را ۱/۲ برابر افزایش داد و بین تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). نیتروژن عنصری ساختاری در ساختمان پروتئین‌ها، پورین‌ها و کلروفیل می‌باشد. در ساختمان کلروفیل منیزیوم در مرکز قرار گرفته و بوسیله ۴ نیتروژن احاطه شده است (۲۴). از این رو کمبود نیتروژن سبب کاهش کلروفیل می‌شود. همچنین حذف محلول غذایی بر روی شاخص کلروفیل تاثیر چندانی نداشت و کاهشی در آن مشاهده نشد (جدول ۲). گیاهان در شرایط کمبود نیتروژن، از نیتروژن ذخیره شده در واکوئل استفاده می‌کنند (۲). اسفناج گیاهی است که نیتروژن را بیشتر از نیاز خود جذب می‌کند و در واکوئل ذخیره می‌کند (۱۳). بعبارت دیگر گیاهی است که سیستم بسیار کارآمدی در جذب نیتروژن دارد (۵). بنابراین بنظر می‌رسد در طول مدت حذف محلول غذایی به دلیل کوتاه بودن این دوره، گیاه از نیتروژن ذخیره شده استفاده می‌نماید و به همین دلیل از این نظر تاثیری بر روی ویژگی‌های عملکردی و فیزیولوژیکی گیاه ندارد. تحقیق صورت گرفته توسط صفایی (۱۹) بر روی کاهو نشان داد که حذف محلول غذایی کاهو قبل از برداشت بر روی شاخص کلروفیل تاثیر معنی‌داری نداشت.

نیترات

افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش تجمع نیترات در دمبرگ‌های گیاه اسفناج شد بطوریکه بیشترین تجمع نیترات در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین تجمع در تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین مقدار نیترات دمبرگ از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و تیمار عدم حذف محلول غذایی و کمترین میزان نیترات از تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و تیمار حذف محلول غذایی بدست آمد (شکل ۱). منبع اصلی ذخیره نیتروژن برای گیاهان عالی نیترات می‌باشد (۱۲). نیترات جذب شده بوسیله گیاه در واکوئل ذخیره شده و یا در آوند چوبی انتقال می‌یابد که عموما مقدار زیاد آن در واکوئل مانده و برای استفاده وارد سیتوزول می‌شود (۶). تجمع نیترات در برخی از سیزیجات برگی بسیار قابل ملاحظه است (۲۱) و مصرف زیاد کودهای نیتروژنه به خصوص به فرم نیترات از عوامل مهم در افزایش غلظت نیترات در گیاه است. اسفناج گیاهی است که پاسخ بسیار مناسبی به کوددهی با نیترات می‌دهد (۴ و ۵) و این ماده را به مقدار زیاد در خود تجمع می‌دهد (۱۰). همچنین اسفناج سیستم کار آمدی در جذب نیترات و سیستم ناکارآمدی در استفاده از آن دارد و به همین دلیل نیترات در آن تجمع می‌یابد (۱۳).



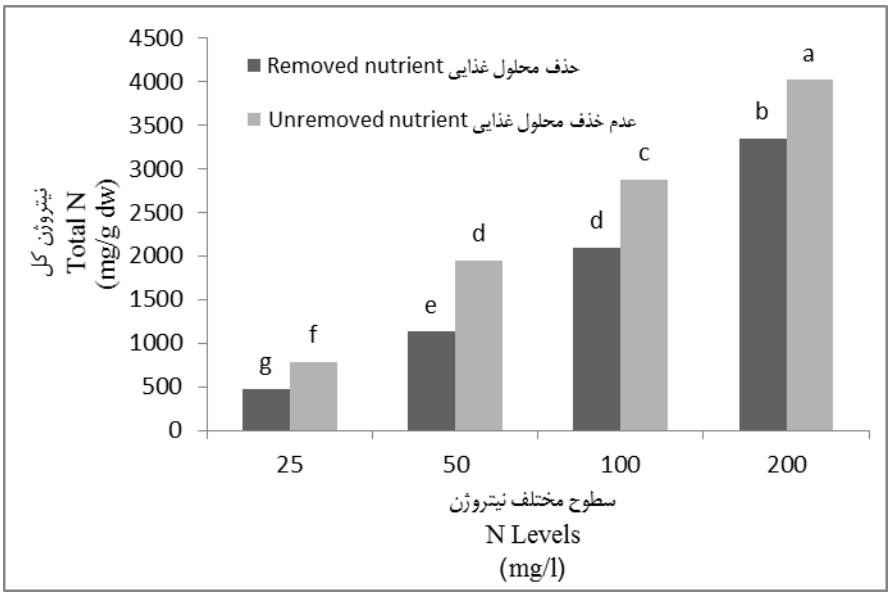
شکل ۱- برهمکنش حذف محلول غذایی × سطوح مختلف نیتروژن بر غلظت نیترات دمبرگ اسفناج رقم برگ چروک Wirofly تحت سیستم آبکشت

Figure 1- Interaction effects of nutrient removal ×different levels of nitrogen on nitrate concentration of spinach cv. Wirofly petiole in hydroponic culture

رستم پور و همکاران (۱۷) در بررسی که بر روی گیاه پیـاز انجـام دادند مشاهده نمودند که با افزایش مصرف کود نیتروژنه میزان نیترات در آن افزایش پیدا کرد. همچنین این نتایج با نتایج حاصل از احمـدی (۱)، الیا (۸)، گلسر (۹) و صادقی پور مروی (۱۸) مطابقـت دارد. حـذف محلول غذایی در حدود یک هفته قبل از برداشت که به منظور کاهش تجمع نیترات در دمبرگ‌های گیاه انجـام شـد سـبب کـاهش تجمـع نیترات در دمبرگ‌های گیاه اسفناج گردید (جدول ۲). اسـفناج گیـاهی است که نیترات را به مقدار زیـاد جـذب نمـوده و در واکوئـل ذخیـره می‌نماید از این رو در طول دوره حذف محلول غذایی از ذخیره نیتراتی استفاده نموده که به همین دلیل سبب کاهش نیترات آن شـده اسـت. در بررسی صفایی (۱۹) بر روی کاهو که با حذف محلول غذایی انجام شد هم نتـایج مشـابهی بدسـت آمـد و حـذف محلـول غـذایی تـاثیر معنی‌داری بر روی کاهش تجمع نیترات در دمبرگ‌های گیاه گذاشت.

نیتروژن کل

افزایش مصرف نیتروژن سبب افـزایش غلظـت نیتـروژن کـل در اندام‌های هوایی گیاه اسفناج شد (جدول ۲). بیشترین مقـدار نیتـروژن کل دمبرگ از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و تیمار عدم حذف محلول غذایی و کمترین میزان نیتروژن کل از تیمار ۲۵ میلی‌گـرم در لیتر نیتروژن و – تیمار حذف محلول غذایی بدست آمد (شـکل ۱). در بررسی‌های احمدی (۱)، الیـا (۸)، گلسـر (۹)، رسـتم پـور و همکـاران (۱۷)، صـادقی پـور مـروی (۱۸)، طباطبـایی (۲۲)، مینـارد (۱۳) و پاولوویش (۱۵) مشخص شد که افزایش مصرف کود نیتروژنـه سـبب افزایش غلظت نیتروژن کل در گیاه می‌شود. از طرفی حـذف محلـول غذایی در یک هفته قبل از برداشت سبب کاهش غلظت نیتروژن کـل شد (جدول ۲) که با نتایج طباطبایی (۲۲) مطابقت داشت.



شکل ۲- برهمکنش حذف محلول غذایی × سطوح مختلف نیتروژن بر نیتروژن کل دمبرگ اسفناج رقم برگ چروک Wirofly تحت سیستم آبکشت.

Figure 2- Interaction effects of nutrient removal ×different levels of nitrogen on total nitrogen of spinach cv. Wirofly petiole in hydroponic culture.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد کـه افـزایش غلظـت نیتـروژن سبب افزایش شاخص‌های رشدی گیاه مانند وزن خشـک و تـر انـدام هوایی و ریشه، تعداد و سطح برگ شد بطوریکه بیشـترین افـزایش از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدسـت آمـد. همچنـین در اثـر افـزایش غلظت نیتروژن، میزان نیترات و نیتروژن کل دمبرگ افزایش پیدا کرد بطوریکه بیشترین غلظت‌های نیترات و نیتروژن کـل در غلظـت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. حذف محلول غذایی در یک هفته قبـل از برداشت تاثیر معنی‌داری در کاهش میزان تمام صفات مورد بررسـی نداشت و تجمع نیترات و نیتروژن کل دمبرگ را تا حد زیادی کـاهش داد. بنابراین حذف محلول غذایی یکی از راهکارهـای مناسـب بـرای کاهش تجمع نیترات می باشد که تاثیری در کاهش عملکرد محصول ندارد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، کاربرد نیتروژن با غلظـت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه حذف محلول غذایی یک هفته قبل از برداشت برای پرورش آبکشت اسفناج قابل توصیه بوده و مقدار تجمـع نیترات آن کمتر از حد مجاز است.

منابع

1- Ahmadi H., Akbarpour V., Dashti F., and Shojaeian A. 2010. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on yield, nitrate accumulation and several quantitative attributes of five Iranian spinach accessions. Amer-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 8:468-473.

2- Baldry C.W., Bucke C., Coombs J., and Goss D. 1970. Phenols, phenoloxidase, and photosynthetic activity of chloroplasts isolated from sugar Cane and Spinach. Planta, 94:107-123.

3- Bot J., Jeannequin B., and Fabre R. 2001. Growth and nitrogen status of soilless tomato plants following nitrate withdrawal from the nutrient solution. Annals of Botany, 88:361-370.

4- Breimer T. 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. Fertilizer Research journal, 3:191-292.

5- Cantliffe D. 1992. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration (beets, radish, spinach, beans). Journal of American Society and Horticultural Science, 97:414–418.

6- Cardenas-Navarro R., Adamowicz S., and Robin P. 1999. Nitrate accumulation in plants: a role for water. Journal of Experimental Botany, 50:613–624.

7- Chapin F. S., Walter C. H.S., and Clarkson D.T. 1998. Growth response of barley and tomato to nitrogen stress and its control by absisic acid, water relations and photosynthesis. Planta, 173: 352-366.

8- Elia A., Santamaria P., and Serio F. 1999. Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. Journal of Food Science and Agriculture, 76:341-346.

9- Gulser F. 2005. Effect of ammonium sulphate and urea on No_3 accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. Scinetia Horticulture, 106:330-340.

10- Honow R., and Hesse A. 2002. Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme reactor. Food Chemistry, 78:511–521.

11- Malakouti M. J., and Tabatabaei S. J. 1997. Nutrition of plants by spraying. Publish agricultural education, Karaj, Iran.

12- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. Academic, London.

13- Maynard D. N., Barker A.V., Minotti P.L., and Peck H. H. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Advanced Agronomy, 28:71–118.

14- Mokhtari A. 2008. Study the effect of calcium on improvement of damages caused by salt stress in tomato (*Lycopersicum esculentum*) plants. Master Thesis, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad.

15- Pavlovic R., Petrovic S., and Stevanovic D. 1996. The influence of cultivar and fertilization on yield and No3-N accumulation in spinach leaf. Acta Horticuture, 456: 269-273.

16- Peivast G. 2009. Growing Vegetables. Gilan University Press.

17- Rostamifrodi B., Kashi A., Babalar M., and Lessani H. 1999. Effect of different amounts of urea on nitrate accumulation and changes in phosphorus and potassium contents of leaves and bulbes of onion cultivar (*Allium cepa* L.). Iranian journal of Agricultural Science, 30: 55-64. (in Persian with English abstract).

18- Sadeghi Pour Marvi M. 2010. Nitrogen use efficiency of spinach. Journal of Water and Soil, 24: 244-253. (in Persian with English abstract).

19- Safaei M., Panahandeh J., Tabatabaei S. J., and Motallebiazar A. 2014. Effect of nutrient solution on growth and some physiological characters of hydroponically grown lettuce. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 5: 145-153. (in Persian with English abstract).

20- Stagnari F., Bitetto V. D., and Pisante M. 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. Scientia Horticulture, 114: 225-233.

21- Tabatabaei S. J. 2009. Mineral Nutrition of Plants. Publishing author.

22- Tabatabaei S. J., and Malakouti M. J. 1997. The effect of nitrogen fertilizers on nitrate accumulation in potato. Journal of Water and Soil, 1: 33-39. (In Persian with English abstract).

23- Tabatabaei S. J., Nazari M. J., Fakhrzad F., Azari F., and Ashtari S. 2005. Evaluation of nitrate concentration in vegetables of Tabriz city. Horticultural science congress, Tehran.

24- Taiz L., and Ziger E. 2010. Plant Physiology. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, U.S.A.

25- Tavakoli Saberi M., and Sedaghat M. 1994. Medicinal Plants. Sales Press.

26- Waling I., Vark W. V., Houba V. J. G., and Van der Lee J. J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, Plant Analysis Procedures. Wageningen Agricultural University, The Netherlands.

27- Zarei H., Behtash F., and Malakouti M. J. 1996. The effect of different amounts of urea in the accumulation of nitrate in vegetables, lettuce, spinach, cabbage and celery. Proceedings of the Fifth Congress of Soil Science Iran, Karaj, Iran.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 306-314
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۳۱۴-۳۰۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effects of Nitrogen and Nutrient Removal on Nitrate Accumulation and Growth Characteristics of Spinach (*Spinacia oleraceae* L.)

M. S. Sadeghi[1*]- S. J. Tabatabai[2]- H. Bayat[3]

Received: 05-01-2016
Accepted: 21-12-2016

Introduction: Spinach is a leafy vegetable which is rich source of vitamins, antioxidant compounds (e.g. flavonoids, acid ascorbic) and essential elements (e.g. Fe, and Se). Spinach is capable of accumulating large amounts of nitrogen in the form of nitrate in shoot tissues which is undesirablein the human diet. The concentration of nitrate in plants is affected by species, fertilizer use, and growing conditions. Green leafy vegetables such as spinach, generally contain higher levels of nitrate than other foods. Nitrate ofplant tissueslevels are clearly related to both form and concentration of N fertilizers applied. Nitrogen fertilizers have been known as the major factors that influence nitrate content in vegetables. Ideally, the N fertility level must be managed to produce optimum crop yield without leading to excessive accumulation of nitrate in the harvested tissues.Usinghigh amounts ofN fertilizer produced higher yield with higher nitrate inleaves but the highest amount of nitrate was accumulated in the petioles.There are several plant species that may accumulate nitrate, including the *Brassica* plants, green cereal grains (barley, wheat, rye and maize), sorghum and Sudan grasses, corn, beets, rape, docks, sweet clover and nightshades. The presence of nitrate in vegetables, as in water and generally in other foods, is a serious threat to man's health. Nitrate is relatively non-toxic, but approximately 5% of all ingested nitrate is converted in saliva and the gastrointestinal tract to the more toxic nitrite. This study was aimed to investigate theeffects of nitrogen and nutrient removal on nitrate accumulation and growth characteristics of spinach (*Spinacia oleraceae* L.).

Materials and Methods: A pot hydroponic experiment was carried out to evaluate the effect of different levels of nitrogen and nutrient removal (one week before harvest) on nitrate accumulation and growth characters. A factorial experiment based on completely randomized design was conducted with twolevels of removal (removal of nutrient one week before harvest) or not to remove and fourlevels of nitrogen (25, 50, 100 and 200 mg/l) with sixreplications. During the growing season in the greenhouse, temperature was fixed between 24-27 °C and photoperiod of 16 hours of light and 8 hours of darkness. The measured traits were root fresh and dry weight, shoot fresh and dry weight, Fv/Fm ratio, and chlorophyll index, number of leaf per plant, leaf area, nitrate and total nitrogen.

Results and Discussion: The results of this experiment showed that increasingnitrogen concentration from 25 to 200 mg/l increased shoot dry weight, number of leaves and leaf area, by 22.00, 7.26, 4.79 and 14.00 fold, respectively. Nitrogen also increased Fv/Fm and chlorophyll index. Nutrient removal in a week before harvest had no significant effect on fresh and dry weight of shoots and roots, number of leaves,leaf area, chlorophyll index and Fv/Fm. Increasing concentrations of nitrogen increased nitrate and total nitrogen in petiole while removing the nutrient solution in a week before harvest significantly decreased amounts of the above-mentioned traits. Nutrient solution removal is an appropriate strategy to reduce nitrate accumulation in spinach that has no effect on yield loss.

Conclusions: The results showed that increasing the concentration of nitrogen increased plant growth indicators such as shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, leaf area and number of leaf per plants, so that the greatest increase was obtained from concentration of 200 mg/lit. Increasing the concentration of nitrogen enhanced nitrate and total nitrogen of petiole so that the highest concentration of nitrate and total nitrogen was observed in200 mg/lit nitrogen**.** Nutrient solution removal in a week before the harvest had a significant effect in reducing all traits but it decreased nitrate accumulation and total nitrogen of petiole significantly. At the end of the experiment, it was found that increasing the concentration of nitrogen increased nitrate concentrations and total nitrogen in the petioles while nutrient removal in a week before harvest reducedthe amount of leaf nitrate. Thereforethe removal ofnutrient solution is one of the strategies to reduce nitrate accumulation that had no effect on yield loss of crop. Based on the results from this research, nitrogen at a

1 and 2- MS.c Graduated student and Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(*- Coresponding Author Email: mohammadsadeqesadeqi_1366@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

concentration of 200 mg/lit, with the removal of nutrient solution a week before harvest is recommended for growing in hydroponic culture of spinach.

Keywords: Chlorophyll index, Leaf area, Water culture