اثر سطوح نیتروژن و شوری بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نیترات و کلروفیل اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت در یک خاک آهکی

جمال شیخی[1*] و عبدالمجید رونقی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد نیتروژن و شوری بر عملکرد ماده خشک، جذب نیتروژن، غلظت نیترات در گیاه، راندمان زراعی، راندمان فیزیولوژیک، بازیافت ظاهری نیتروژن و کلروفیل اندام هوایی اسفناج (رقم ویروفلی) و هم‌چنین نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و قابلیت هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت، آزمایشی در شرایط گلخانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک از منبع اوره) و چهار سطح شوری (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) بود. نتایج نشان داد که کاربرد ۱ و ۲ گرم کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر میانگین عملکرد اندام هوایی اسفناج نداشت. اما افزودن ۳ گرم کلرید سدیم، عملکرد اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاربرد شوری بر غلظت نیترات، قرائت کلروفیل برگ اسفناج، راندمان زراعی، بازیافت ظاهری نیتروژن اندام هوایی و غلظت نیتروژن کل خاک پس از برداشت اثر معنی‌داری نداشت؛ اما راندمان فیزیولوژیک را کاهش داد. با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد، جذب کل نیتروژن و کلروفیل اندام هوایی و غلظت نیتروژن کل خاک پس از برداشت افزایش، و راندمان زراعی و راندمان فیزیولوژیک کاهش یافت. کاربرد سطح بالای نیتروژن اثر سوء تیمار شوری ۳ گرم کلرید سدیم را در کاهش عملکرد اندام هوایی اسفناج تشدید نمود. در شرایط آزمایش حاضر، آستانه شوری رقم ویروفلی بیشتر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود که به مراتب بیش از آستانه ذکر شده برای اسفناج در بیشتر منابع (۲ دسی‌زیمنس بر متر) است. کاربرد ۲۲۵ میلی‌گرم نیتروژن (بدون کاربرد کلرید سدیم) بهترین سطح نیتروژن از لحاظ عملکرد ماده خشک اسفناج بود.

واژه‌های کلیدی: کلرید سدیم، راندمان زراعی، راندمان فیزیولوژیک، کلروفیل

۱. بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sheikhi.jamal@yahoo.com

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

مقدمه

شوری خاک و آب و کم بودن نیتروژن قابل جذب گیاه، از عوامل مهم محدودکننده رشد اغلب گیاهان می‌باشد (۳۲). شوری با اثر گذاشتن بر بیشتر فعالیت‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک، رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). اثر منفی شوری بر رشد گیاه می‌تواند در اثر تنش آبی، سمیت یون‌ها، عدم تعادل یونی و یا ترکیبی از این عوامل باشد (۲۴). نیتروژن قابل جذب گیاه، غالباً به شکل نیتراتی و آمونیومی است که معمولاً در بیشتر مواقع نیترات منبع اصلی می‌باشد (۲۵). برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که اثرات مخرب حاصل از شوری بر رشد گیاه را می‌توان با استفاده مناسب از کود و مدیریت آب، بسته به گونه گیاهی، سطح شوری و شرایط محیطی، کاهش داد (۱۲ و ۲۹). مصرف مقادیر بیش از نیاز نیتروژن ممکن است سبب شور شدن خاک شده و اثرهای منفی شوری را در تولید محصول افزایش دهد (۳۲) و یا ممکن است پتانسیل آبشویی نیترات را افزایش دهد (۱۸). هم‌چنین کوددهی زیاد در کشاورزی ممکن است مقدار نیترات در گیاهان را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد و به تجمع نیترات بیشتر از حد بحرانی منجر شود (۲۰). اندازه‌گیری نیترات خاک پس از برداشت می‌تواند به‌عنوان یک شاخص پتانسیل آبشویی نیترات در نظر گرفته شود (۱۸).

اثر کاربرد نیتروژن بر کاهش اثرهای مخرب شوری بسته به گونه گیاه، سطح شوری و یا شرایط محیطی متفاوت است (۱۹). زاهدی‌فر و همکاران (۵) نشان دادند که کاربرد نیتروژن در سطوح پایین شوری، اثرهای منفی ناشی از شوری را بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی کاهش داد. ویلاکاستورنا و همکاران (۳۲) عنوان نمودند که کاربرد نیتروژن زیاد در سطوح بالای شوری اثر منفی شوری را بر کاهش عملکرد فلفل افزایش داد. درحالی‌که چن و همکاران (۱۷) نشان دادند که کاربرد نیتروژن در سطوح بالای شوری اثر معنی‌داری روی عملکرد پنبه نداشت. اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) از سبزی‌های برگی نیمه حساس به شوری است که حد آستانه تحمل آن به شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (۲۸). این سبزی در رژیم غذایی مردم ایران مصرف زیادی دارد و در نقاط مختلف ایران کشت می‌شود (۹). اسفناج به‌دلیل این‌که یک سیستم جذب‌کننده خیلی کارآمد و یک سیستم احیاکننده ناکارآمد برای نیتروژن نیتراتی داشته، و یا ترکیب نامناسبی از این دو را داراست، از بزرگ‌ترین تجمع کنندگان نیترات محسوب می‌شود (۲۶). در بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده شده که غلظت نیترات در اسفناج با مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاه ارتباط مثبتی دارد (۲، ۷، ۱۵ و ۳۰). بنابراین باید به تجمع نیترات به‌ویژه در سبزی‌های نارس که مصرف خوراکی دارند توجه جدی شود زیرا برای سلامتی انسان و حیوانات مضر است.

پژوهش‌های زیادی در مورد اثر نیتروژن بر رشد و جذب نیتروژن در اسفناج صورت پذیرفته است. اما در مورد اثر شوری و هم‌چنین برهمکنش شوری و نیتروژن بر رشد و جذب نیتروژن در اسفناج مطالعات کمتری انجام شده است. لذا، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر عملکرد، جذب کل نیتروژن، غلظت نیترات در گیاه، راندمان زراعی، بازیافت ظاهری نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک و کلروفیل اندام هوایی اسفناج (رقم ویروفلی) و اندازه‌گیری غلظت نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و قابلیت هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نیترات در گیاه، راندمان زراعی، راندمان فیزیولوژیک، بازیافت ظاهری نیتروژن، و کلروفیل اسفناج و اندازه‌گیری نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و قابلیت هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت اسفناج، آزمایشی در شرایط گلخانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۸۹ طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم در

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

کیلوگرم خاک از منبع اوره) و چهار سطح شوری (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) بود. قابلیت هدایت الکتریکی چهار سطح شوری در عصاره اشباع خاک به‌ترتیب ۰/۷، ۴/۵، ۸ و ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. در طول دوره رشد، حداقل و حداکثر متوسط دمای گلخانه به‌ترتیب ۱۶ و ۲۵ درجه سلسیوس بود. جهت انجام این پژوهش، مقدار کافی خاک (عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر) از سری چیتگر با نام علمی Fine-loamy carbonatic, Typic Calcixerepts جمع‌آوری شد و پس از هواخشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). در این آزمایش، از گلدان‌های پلاستیکی ۲/۵ کیلوگرمی استفاده شد. قبل از کشت، با توجه به نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی ضروری شامل فسفر، آهن، روی، منگنز و مس برای جلوگیری از کمبود احتمالی به خاک گلدان‌ها اضافه شد. ده عدد بذر جوانه‌دار شده اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، رقم ویروفلی، در عمق حدود ۴ تا ۵ سانتی‌متری از سطح خاک در هر گلدان کشت شد، به‌طوری‌که ریشه گیاهان در خاک قرار گرفت.

بعد از استقرار کامل بوته‌ها، تعداد آنها به چهار عدد کاهش یافت. تیمار نیتروژن به‌صورت دو قسط (نصف قبل از کاشت و نصف دیگر ۲۰ روز بعد از کاشت) اعمال شد. به منظور جلوگیری از تنش ناگهانی، تیمار شوری بعد از استقرار کامل بوته‌ها و به‌صورت تدریجی و در طول یک هفته اعمال شد. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر و در حد ظرفیت مزرعه صورت گرفت. کلروفیل اندام هوایی اسفناج در هفته‌های چهارم و هفتم بعد از کشت (قبل و بعد از اعمال تیمار شوری) با استفاده از کلروفیل‌متر دستی (مدل SPAD-502) اندازه‌گیری شد (۴). بعد از ۵۶ روز از کاشت، اندام هوایی اسفناج در هر گلدان از نزدیک سطح خاک قطع و پس از شستشو با آب مقطر، در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا ثابت شدن وزن آنها خشک و پس از توزین، جهت تجزیه شیمیایی پودر شدند. نیتروژن کل گیاه توسط دستگاه میکروکلدال اندازه‌گیری شد. نیترات گیاه با روش رنگ‌سنجی سولفوسالسیلیک اسید (۱۶)، نیتروژن نیتراتی خاک با روش رنگ‌سنجی فنل دی‌سولفونیک اسید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (۲۳)، نیتروژن کل خاک توسط دستگاه میکروکلدال (۱۴) و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (۲۷) اندازه‌گیری شد.

راندمان زراعی (Agronomic efficiency, AE)، راندمان فیزیولوژیک (Physiologic efficiency, PE) و بازیافت ظاهری نیتروژن (Apparent nitrogen recovery, ANR) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (۷، ۱۰ و ۱۷):

AE = (عملکرد در تیمار شاهد - عملکرد در تیمار نیتروژن) / مقدار نیتروژن اضافه شده

[۱]

PE=(عملکرد در تیمار شاهد – عملکرد در تیمار نیتروژن) / (جذب کل نیتروژن در تیمار شاهد – جذب کل نیتروژن در تیمار نیتروژن)

[۲]

ANR (%) = ۱۰۰ (جذب کل نیتروژن در تیمار نیتروژن – جذب کل نیتروژن در تیمار شاهد) / مقدار نیتروژن اضافه شده

[۳]

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش‌های آماری و با نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵٪ با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

عملکرد، جذب کل نیتروژن و غلظت نیترات اندام هوایی

نتایج داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر کاربرد شوری و نیتروژن بر عملکرد اندام هوایی معنی‌دار بود. ولی برهمکنش آنها بر وزن عملکرد اندام هوایی معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد اندام هوایی مربوط به تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم بود؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. کمترین عملکرد اندام هوایی مربوط به بیشترین سطح شوری (۳ گرم کلرید سدیم) و بدون کاربرد نیتروژن بود؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت (جدول ۳). کاربرد ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم، میانگین عملکرد اندام هوایی

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک مورد استفاده در آزمایش

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
شن (٪)	۲۵	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_{+}/kg$)	۱۰/۲
سیلت (٪)	۶۳	نیتروژن کل (٪)	۰/۰۴۷
رس (٪)	۱۲	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	۴/۸
بافت	لوم سیلتی	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۳۸۹
پ- هاش	۷/۸	آهن (DTPA, mg/kg)	۴/۳
کربنات کلسیم معادل (٪)	۴۵	روی (DTPA, mg/kg)	۰/۷
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۷	منگنز (DTPA, mg/kg)	۴/۳
ماده آلی (٪)	۱/۳۴	مس (DTPA, mg/kg)	۱/۵
کربن آلی (٪)	۰/۷۸		

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد شوری و نیتروژن بر عملکرد، جذب کل نیتروژن، غلظت نیترات و کلروفیل اندام هوایی اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت اسفناج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		اندام هوایی				
		عملکرد	جذب کل نیتروژن	غلظت نیترات	کلروفیل هفته چهارم	کلروفیل هفته هفتم
نیتروژن (N)	۴	۱۸۰/۴۳۹***	۳۹۴۵۵۲***	۱۵۹۵۸۵۱۵***	۱۸۱/۳۶۵۹***	۲۲۱۱/۰۱۰۸***
شوری (S)	۳	۲/۱۱۹۵۶*	۸۱۷/۴۰۵^{ns}	۵۶۳۳۴۱/۹۴^{ns}	۱/۱۸۹۳۷۵^{ns}	۲۹/۲۲۱۷۲^{ns}
N × S	۱۲	۰/۳۴۷۰۱^{ns}	۶۹۵/۱۱۲*	۱۳۴۲۵۰/۳۶^{ns}	۱۲/۲۳۹۷۶^{ns}	۳۳/۶۶۲۹۵^{ns}
		خاک				
		نیتروژن کل		نیتروژن نیتراتی		قابلیت هدایت الکتریکی
نیتروژن (N)	۴	۰/۰۰۰۳۹۱***		۱۰۱/۸۹۲***		۱/۵۴۳۵۷*
شوری (S)	۳	۰/۰۰۰۰۱۴^{ns}		۱۲/۴۰۵۲**		۲۲۸/۵۱۸***
N × S	۱۲	۰/۰۰۰۰۱۵^{ns}		۵/۵۴۹۸۱*		۰/۹۸۸۱۸۶^{ns}

***، **، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

را به‌ترتیب ۲/۲۲، ۳/۲۷ و ۹/۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. ولی بین تیمار شاهد و سطوح ۱ و ۲ گرم کلرید سدیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). اثر سوء شوری بر کاهش عملکرد گیاهان مختلف توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (۱۱، ۲۱ و ۲۲). اما در مورد اسفناج، گزارش‌های نسبتاً کمتری وجود دارد. کاربرد ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد، میانگین عملکرد اندام هوایی را به‌ترتیب ۲۳۷، ۳۲۳، ۳۱۶ و ۳۶۱ درصد افزایش داد. هر چند بین سطوح ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در برهمکنش شوری و نیتروژن بر عملکرد اندام هوایی در تیمار شاهد و سطوح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن، با اعمال شوری، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. ولی در سطح ۲۲۵ میلی‌گرم نیتروژن، بالاترین سطح شوری (۳ گرم کلرید سدیم) نسبت به تیمار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

جدول۳. اثر شوری و نیتروژن بر عملکرد، جذب نیتروژن و غلظت نیترات اندام هوایی اسفناج

کلرید سدیم	نیتروژن (mg/kg)					میانگین
(g/kg)	صفر	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰	
			عملکرد ماده خشک (گرم در گلدان)			
صفر	۲/۷۶ d*	۸/۸۵ c	۱۰/۸ b	۱۲/۲۶ a	۱۲/۶۹ a	۹/۴۷ A
۱	۲/۷۱ d	۸/۶۲ c	۱۰/۹۷ b	۱۱/۷۵ ab	۱۲/۲۴ a	۹/۲۶ A
۲	۲/۶۷ d	۸/۶۴ c	۱۰/۹۷ b	۱۱/۷۵ ab	۱۱/۷۷ ab	۹/۱۶ A
۳	۲/۱۳ d	۸/۴۹ c	۱۰/۶۹ b	۱۰/۹۹ b	۱۰/۶۵ b	۸/۵۹ B
میانگین	۲/۵۷ D	۸/۶۵ C	۱۰/۸۶ B	۱۰/۶۹ A	۱۱/۸۴ A	
			جذب نیتروژن (میلی‌گرم در گلدان)			
صفر	۳۱/۶ f	۱۳۹ e	۲۵۰ d	۳۸۳ c	۵۰۷ a	۲۶۳ AB
۱	۳۲/۸ f	۱۴۵ e	۲۶۹ d	۳۸۶ c	۴۹۸ a	۲۶۶ AB
۲	۳۵/۵ f	۱۵۰ e	۲۷۰ d	۳۹۱ c	۴۹۷ a	۲۶۹ A
۳	۲۸/۲ f	۱۴۴ e	۲۶۸ d	۳۸۳ c	۴۳۶ b	۲۵۲ B
میانگین	۳۲ E	۱۴۴ D	۲۶۴ C	۳۸۶ B	۴۸۴ A	
			غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)			
صفر	۳۱۹۳ b-f	۴۰۸۳ a-c	۲۸۳۳ d-h	۲۲۲۹ f-i	۱۱۵۹ j	۲۶۹۹ A
۱	۳۲۰۵ b-f	۴۵۸۳ a	۳۱۶۷ b-f	۲۶۲۵ e-h	۱۰۴۲ j	۲۹۲۴ A
۲	۳۵۸۰ a-e	۴۲۵۰ ab	۳۰۴۲ d-f	۱۸۷۵ g-j	۱۲۹۱ ij	۲۸۰۸ A
۳	۲۹۵۰ d-g	۳۸۷۵ a-d	۲۶۴۹ e-f	۱۷۹۲ h-j	۱۰۸۳ j	۲۴۶۹ A
میانگین	۳۲۳۲ B	۴۱۹۸ A	۲۹۲۲ B	۲۱۳۰ C	۱۱۴۴ D	

*: در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

شاهد شوری، عملکرد اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. هم‌چنین در بالاترین سطح نیتروژن (۳۰۰ میلی‌گرم)، کاربرد ۳ گرم کلرید سدیم در مقایسه با تیمار شاهد شوری و ۱ گرم کلرید سدیم، عملکرد اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. صادقی‌پور مروی (۷) نشان داد که کاربرد نیتروژن تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد اندام هوایی اسفناج را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

با توجه به داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر نیتروژن و برهمکنش نیتروژن و شوری بر جذب کل نیتروژن معنی‌دار بود. بیشترین جذب نیتروژن (جدول ۳) مربوط به تیمار شاهد شوری و در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن بود؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که بین تیمار شاهد و سطوح ۱ و ۲ گرم کلرید سدیم اختلاف معنی‌دار در جذب کل نیتروژن نبود. ولی در بالاترین سطح شوری (۳ گرم کلرید سدیم) میانگین جذب کل نیتروژن به‌طور معنی‌داری کمتر از سطح ۲ گرم کلرید سدیم بود. چن و همکاران (۱۷) گزارش کردند که با افزایش شوری خاک، جذب کل نیتروژن در گیاه پنبه کاهش یافت، که دلیل آنرا بر هم خوردن تعادل بین عناصر غذایی در سطوح شوری زیاد عنوان نمودند. کاربرد نیتروژن در مقایسه با سطح بدون کاربرد

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

نیتروژن، جذب کل نیتروژن اندام هوایی را به‌ترتیب سطوح کاربردی ۳۵۰، ۷۲۵، ۱۰۷۵ و ۱۴۱۳ درصد افزایش داد. در بالاترین سطح نیتروژن کاربردی، افزودن ۳ گرم کلرید سدیم، جذب کل نیتروژن اندام هوایی را نسبت به سطوح شوری کمتر به‌طور معنی‌داری کاهش داد. اما در سطوح کمتر نیتروژن، کاربرد شوری اثر معنی‌داری بر جذب کل نیتروژن اندام هوایی نداشت. رونقی و همکاران (۴) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن تا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، وزن خشک و جذب کل نیتروژن اندام هوایی اسفناج را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش وزن خشک اسفناج با کاربرد نیتروژن می‌تواند به‌دلیل ترکیب نیتروژن با مواد حاصل از فتوسنتز مانند کلوگز، ساکارز و اسکوربیک اسید و تولید اسیدهای آمینه و سپس پروتئین باشد (۳۱).

داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر نیتروژن بر غلظت نیترات گیاه معنی‌دار بود. اما اثر شوری و بر همکنش شوری و نیتروژن معنی‌دار نبود. بیشترین غلظت نیترات (جدول ۳) در تیمار ۱ گرم کلرید سدیم و سطح ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن به‌دست آمد؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. کاربرد ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن، میانگین غلظت نیترات اندام هوایی را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. ولی با کاربرد سطوح بالاتر نیتروژن، غلظت نیترات به‌طور معنی‌داری به تدریج کاهش یافت (جدول ۳). در بیشتر پژوهش‌هایی که در خاک انجام شده است، با افزایش سطوح نیتروژن، غلظت نیترات در اندام هوایی اسفناج افزایش یافته است (۲، ۷، ۲۰ و ۳۰) که با نتایج پژوهش حاضر متناقض است. اوره در خاک توسط آنزیم اوره‌آز که در اغلب خاک‌ها وجود دارد ابتدا به کاربامات و سپس به کربنات آمونیوم هیدرولیز می‌شود. آمونیوم حاصل می‌تواند به‌طور مستقیم توسط گیاه جذب شود، یا توسط موجودات ذره‌بینی خاک به نیترات تبدیل شود و سپس به مصرف گیاه برسد (۶ و ۸). نجفی و پارسازاده (۹) در کاربرد نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر رشد اسفناج در شرایط آبکشت گزارش کردند که با افزایش آمونیوم محلول غذایی، غلظت نیترات اندام هوایی اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

راندمان زراعی، راندمان فیزیولوژیک، بازیافت ظاهری نیتروژن و کلروفیل اندام هوایی

با توجه به داده‌های جدول ۴، بیشترین راندمان زراعی مربوط به کاربرد ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن، بدون کاربرد شوری بود؛ هرچند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. کمترین کارایی مصرف مربوط به بالاترین سطح نیتروژن و شوری بود؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر مشاهده نشد. کاربرد کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر راندمان زراعی نداشت. هر چند در سطوح ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید- سدیم، در مقایسه با تیمار شاهد، میانگین راندمان زراعی به‌ترتیب ۲/۸۶، ۳/۳۳ و ۸/۵۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین میانگین راندمان زراعی مربوط به سطح ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن بود. به‌طوری‌که کاربرد ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن، راندمان زراعی را به‌ترتیب ۳۱/۲، ۴۹/۴ و ۶۱/۵ درصد کاهش داد. بیشترین راندمان فیزیولوژیک در تیمار شاهد شوری (بدون کاربرد شوری) و سطح ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن به‌دست آمد و کمترین راندمان فیزیولوژیک در بالاترین سطح نیتروژن و شوری به‌دست آمد (جدول ۴). کاربرد شوری، میانگین راندمان فیزیولوژیک را در مقایسه با تیمار شاهد شوری به‌طور معنی‌داری کاهش داد. ولی بین سطوح شوری کاربردی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کاربرد ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن، راندمان فیزیولوژیک را به‌ترتیب ۳۳/۴، ۵۱/۹ و ۶۱/۸ درصد کاهش داد (جدول ۴).

بازیافت ظاهری نیتروژن (جدول ۴) در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با هم نداشت. چن و همکاران (۱۷) گزارش کردند که بازیافت ظاهری نیتروژن با افزایش سطوح شوری و نیتروژن به‌طور معنی‌داری در پنبه کاهش یافت. به‌دلیل

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

جدول۴. اثر کاربرد شوری و نیتروژن بر راندمان زراعی، بازیافت ظاهری نیتروژن و کارایی فیزیولوژیک

کلرید سدیم	نیتروژن (mg/kg)				میانگین
(g/kg)	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰	
	راندمان زراعی (گرم بر گرم)				
صفر	۳۲/۵ a*	۲۱/۴ b	۱۶/۹ c	۱۳/۲ c-e	۲۱ A
۱	۳۱/۳ a	۲۱/۹ b	۱۶ cd	۱۲/۶ de	۲۰/۴ A
۲	۳۱/۴ a	۲۱/۹ b	۱۶ cd	۱۲ de	۲۰/۳ A
۳	۳۰/۶ a	۲۱/۱ b	۱۴/۶ c-e	۱۰/۵ e	۱۹/۲ A
میانگین	۳۱/۴ A	۲۱/۶ B	۱۵/۹ C	۱۲/۱ D	
	راندمان فیزیولوژیک (گرم بر گرم)				
صفر	۵۶/۷ a	۳۶/۹ c	۲۷ d	۲۰/۸ e-g	۳۵/۴ A
۱	۵۱/۹ b	۳۴/۶ c	۲۵/۴ de	۲۰/۳ fg	۳۳/۱ B
۲	۴۹/۸ b	۳۴/۵ c	۲۵/۱ d-f	۱۹/۴ g	۳۲/۲ B
۳	۵۲/۲ b	۳۳/۷ c	۲۳/۴ d-g	۱۹/۵ g	۳۲ B
میانگین	۵۲/۴ A	۳۴/۹ B	۲۵/۲ C	۲۰ D	
	بازیافت ظاهری نیتروژن (٪)				
صفر	۵۷ a	۵۸/۲ a	۶۲/۵ a	۶۳/۴ a	۶۰/۳ A
۱	۶۰/۳ a	۶۳/۳ a	۶۳ a	۶۲/۲ a	۶۲/۲ A
۲	۶۳/۳ a	۶۳/۴ a	۶۳/۸ a	۶۲ a	۶۳/۱ A
۳	۵۹/۹ a	۶۳ a	۶۲/۵ a	۵۳/۹ a	۵۹/۸ A
میانگین	۵۹/۹ A	۶۳ A	۶۲/۵ A	۶۰/۴ A	

*: در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

این‌که افزایش مقدار نیتروژن گیاه به مراتب کمتر از افزایشی است که در غلظت نیتروژن محیط رشد ایجاد می‌شود، بازیافت ظاهری نیتروژن نیز در اثر مصرف کود نیتروژنه کاهش می‌یابد (۳). داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر کاربرد نیتروژن بر قرائت کلروفیل اندام هوایی در هفته‌های چهارم و هفتم معنی‌دار بود؛ اما اثر شوری و برهمکنش شوری و نیتروژن معنی‌دار نبود. با توجه به داده‌های جدول ۵، بیشترین میانگین عدد قرائت شده توسط کروفیل‌متر دستی، ۵۷/۹ و در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در هفته هفتم به‌دست آمد و کمترین مقدار آن نیز مربوط به سطح بدون کاربرد نیتروژن در هفته هفتم بود. قرائت کلروفیل در سطح بدون کاربرد نیتروژن در هفته چهارم به‌طور معنی‌داری بیشتر از هفته هفتم بود. اما با کاربرد نیتروژن، قرائت کلروفیل در هفته هفتم در تمام سطوح به‌طور معنی‌داری بیشتر از هفته چهارم بود. به‌طورکلی، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قرائت کلروفیل اندام هوایی در هفته هفتم به‌طور معنی‌داری بیشتر از هفته چهارم بود. این نتایج، رابطه نیتروژن با کلروفیل در گیاه اسفناج را به خوبی نشان می‌دهد. رونقی و همکاران (۴) برای اسفناج بیشترین عدد قرائت شده توسط کلروفیل‌متر دستی را ۴۰/۴ گزارش کردند که در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در هفته هشتم از کاشت به‌دست آمد.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر اعداد قرائت شده کلروفیل اندام هوایی اسفناج در هفته‌های چهارم و هفتم بعد از کشت

	نیتروژن (mg/kg)					
زمان	صفر	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰	میانگین
هفته چهارم	۲۷/۹ e	۳۴/۷ d	۳۵/۳ d	۳۵/۷ cd	۳۸/۴ c	۳۴/۴ B
هفته هفتم	۲۲/۸ f	۳۸/۶ c	۴۸/۲ b	۵۰/۹ b	۵۷/۹ a	۴۳/۷ A
میانگین	۲۵/۴ D	۳۶/۷ C	۴۱/۸ B	۴۳/۳ B	۴۸/۲ A	

* اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و قابلیت هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت

داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر نیتروژن بر غلظت نیتروژن کل خاک پس از برداشت اسفناج معنی‌دار است. اما اثر شوری و برهمکنش شوری و نیتروژن معنی‌دار نبود. بیشترین غلظت نیتروژن کل خاک پس از برداشت (جدول ۶) در بالاترین سطح شوری و نیتروژن کاربردی به‌دست آمد؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد نیتروژن در مقایسه با سطح بدون کاربرد نیتروژن، غلظت نیتروژن کل خاک پس از برداشت را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اما بین سطوح ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

با توجه به داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر شوری، نیتروژن، و برهمکنش شوری و نیتروژن بر غلظت نیتروژن نیتراتی خاک پس از برداشت معنی‌دار بود. بیشترین غلظت نیتروژن نیتراتی خاک پس از برداشت (جدول ۶) در بالاترین سطح شوری و نیتروژن کاربردی به‌دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت نیتروژن نیتراتی در سطح ۳ گرم کلرید-سدیم در مقایسه با سطوح پایین‌تر شوری، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. باومن (۱۳) اظهار نمود که پتانسیل آبشویی نیترات ممکن است تحت شرایط شوری متوسط تا زیاد افزایش یابد. زیرا جذب و یا استفاده از نیتروژن به کاربرده شده توسط گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با عدم وجود شوری کاهش می‌یابد. در سطوح کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن، در مقایسه با تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری در غلظت نیتروژن نیتراتی مشاهده نشد. اما نیتروژن نیتراتی خاک پس از برداشت در سطوح ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن نسبت به سطوح پایین‌تر نیتروژن به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. هم‌چنین در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن، غلظت نیتروژن نیتراتی بیشتر از سطح ۲۲۵ میلی‌گرم بود. گل و همکاران (۱۸) عنوان نمودند که تجمع و توزیع نیترات در پروفیل خاک پس از برداشت، بسته به نوع عملیات مدیریتی، میزان مصرف کود نیتروژنه برای رسیدن به حداکثر محصول، ویژگی‌های خاک مانند بافت و میزان بارندگی فصل رشد متغیر است و باقی ماندن نیترات در پروفیل خاک پس از برداشت، حضور یک ریسک بالقوه برای آبشویی نیترات در طول فصل جاری را نشان می‌دهد و اندازه‌گیری نیترات خاک پس از برداشت را به‌عنوان یک شاخص آبشویی نیترات معرفی کردند.

با توجه به داده‌های تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر شوری و نیتروژن بر قابلیت هدایت الکتریکی معنی‌دار بود؛ اما برهمکنش شوری و نیتروژن معنی‌دار نبود. بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی (جدول ۶) در سطح ۳ گرم کلرید سدیم و بدون کاربرد نیتروژن به‌دست آمد؛ هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. با توجه به مقایسه میانگین‌ها، قابلیت هدایت الکتریکی با افزایش سطوح شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۵۰ میلی‌گرم، قابلیت هدایت الکتریکی به تدریج کاهش یافت. سپس با کاربرد نیتروژن بیشتر (۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم) دوباره

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

جدول ۶. اثر کاربرد شوری و نیتروژن بر نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و قابلیت هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت اسفناج

کلرید سدیم	نیتروژن (mg/kg)					
(g/kg)	صفر	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰	میانگین
	نیتروژن کل (٪)					
صفر	۰/۰۴۵ f-h	۰/۰۵۲ b-g	۰/۰۵۳ b-e	۰/۰۵۶ a-e	۰/۰۵۸۷ ab	۰/۰۵۲۹ A
۱	۰/۰۴۳ h	۰/۰۵ d-h	۰/۰۵۲۷ b-f	۰/۰۵۵۷ a-e	۰/۰۵۸ a-c	۰/۰۵۱۹ A
۲	۰/۰۴۲ h	۰/۰۴۴ gh	۰/۰۵۴۷ a-e	۰/۰۵۷ a-d	۰/۰۵۷۷ a-d	۰/۰۵۱۲ A
۳	۰/۰۴۸ e-h	۰/۰۵ c-h	۰/۰۵ c-g	۰/۰۵۶۷ a-d	۰/۰۶۱۷ a	۰/۰۵۳۳ A
میانگین	۰/۰۴۴۷ D	۰/۰۴۹ C	۰/۰۵۲۶ B	۰/۰۵۶۳ A	۰/۰۵۹ A	
	نیتروژن نیتراتی (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
صفر	۲/۲۸ f	۲/۴۷ f	۱/۸۹ f	۳ ef	۶ cd	۳/۱۳ B
۱	۲/۵۵ f	۲/۲۳ f	۱/۸۳ f	۴/۲۲ d-f	۸/۶۷ b	۳/۹ B
۲	۲/۲۵ f	۱/۹ f	۲/۱۷ f	۵/۶۴ c-e	۷/۸۳ bc	۳/۹ B
۳	۲/۰۸ f	۲/۸۳ ef	۲/۶۷ f	۶ cd	۱۳/۳ a	۵/۳۱ A
میانگین	۲/۲۹ C	۲/۳۶ C	۲/۱۴ C	۴/۵۵ B	۸/۹۶ A	
	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)					
صفر	۰/۶ ef	۰/۵ f	۰/۶ f	۰/۶ f	۰/۷ f	۰/۶ D
۱	۲/۷ e	۲/۶ e	۲/۷ e	۲/۸ e	۳ e	۲/۸ C
۲	۶/۸ c	۶/۷ c	۵/۷ cd	۵/۲ d	۶/۷ c	۶/۲ B
۳	۱۰/۷ a	۸/۴ b	۸/۵ b	۹/۸ a	۱۰ a	۹/۵ A
میانگین	۵/۲ A	۴/۶ AB	۴/۴ B	۴/۶ AB	۵/۱ A	

*: در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین قابلیت هدایت الکتریکی در سطح ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن به‌دست آمد و نسبت به سطح ۳۰۰ میلی‌گرم و تیمار شاهد، به‌طور معنی‌داری کمتر بود.

نتیجه‌گیری

میزان شوری تا سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر (۲ گرم کلرید سدیم) اثر معنی‌داری بر کاهش عملکرد اندام هوایی اسفناج رقم ویروفلی نداشت و تنها در سطح ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر (۳ گرم کلرید سدیم) کاهش معنی‌داری در عملکرد رقم مورد آزمایش مشاهده شد. بنابراین آستانه شوری رقم ویروفلی در شرایط آزمایش حاضر بیشتر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود که به مراتب بالاتر از آستانه ذکر شده (۲ دسی‌زیمنس بر متر) برای اسفناج در بیشتر منابع است. کاربرد نیتروژن تا سطح ۲۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، عملکرد اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اما کاربرد نیتروژن بیشتر (۳۰۰ میلی‌گرم) اثر معنی‌داری نداشت. کاربرد ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن توأم با شوری ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر (۳ گرم بر کیلوگرم) سبب کاهش معنی‌دار عملکرد اندام هوایی اسفناج شد بنابراین کوددهی بیش از اندازه در خاک‌های شور ممکن است در اثر افزایش شوری، اثر منفی بر رشد محصول اسفناج داشته باشد.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

سپاسگزاری

از بخش علوم خاک و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به خاطر فراهم نمودن امکانات و ایجاد تسهیلات لازم برای انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. بابیوردی، ا.، س. ج. طباطبایی و ع. احمداف. ۱۳۸۹. تأثیر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی، کمیت و کیفیت ارقام پاییزه کلزا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴(۲): ۳۳۴-۳۴۶.

۲. بهتاش، ف.، س. مسیحا و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۰. بررسی اثر مقادیر مختلف کود شیمیایی اوره در تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف اسفناج و جعفری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۲(۳و۴): ۱۵۵-۱۶۰.

۳. پارسا، س.، م. کافی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۸. مطالعه اثرات سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای نیتروژن ارقام گندم نان. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷(۲): ۳۴۷-۳۵۵.

۴. رونقی، ع.، ی. پرویزی و ن. کریمیان. ۱۳۸۰. تأثیر نیتروژن و منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵(۴): ۷۱-۸۲.

۵. زاهدی‌فر، م.، ع. رونقی، س. ع. ا. موسوی و ص. صفرزاده شیرازی. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح شوری و نیتروژن بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی گوجه‌فرنگی تحت شرایط آبکشت. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱(۲): ۳۱-۴۰.

۶. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۸۲. حاصل‌خیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

۷. صادقی‌پور مروی، م. ۱۳۸۹. بررسی کارآیی استفاده از کود نیتروژن در گیاه اسفناج. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴(۲): ۲۴۴-۲۵۳.

۸. معزاردلان، م. و غ. ر. ثواقبی فیروزآبادی. (مترجمان). ۱۳۸۱. مدیریت حاصل‌خیزی خاک برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تهران.

۹. نجفی، ن. و م. پارسازاده. ۱۳۸۹. تأثیر شکل نیتروژن و pH محلول غذایی بر غلظت فسفر، نیترات و نیتروژن بخش‌های هوایی اسفناج در کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱(۱): ۴۱- ۵۵.

۱۰. نورقلی‌پور، ف.، ی. ر. باقری و م. لطف‌الهی. ۱۳۸۷. اثر منابع کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت نان. مجله پژوهش در علوم کشاورزی ۴(۲): ۱۲۰-۱۲۹.

11. Abdelgadir, E. M., M. Oka and H. Fujiyama. 2005. Characteristics of nitrate uptake by plants under salinity. J. Plant Nutr. 28: 33-46.
12. Albassam, B. A. 2001. Effect of nitrate nutrition on growth and nitrogen assimilation of pearl millet exposed to sodium chloride stress. J. Plant Nutr. 24: 1325-1335.
13. Bowman, D. C., D. A. Devitt and W. W. Miller. 2006. The effect of moderate salinity on nitrate leaching from Bermuda grass turf: A lysimeter study. Water, Air and Soil Pollut. 175: 49-60.
14. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. PP. 1085-1121. *In:* Sparks, D. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron., Madison, WI.
15. Breimer, T. 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. Fert. Res. 3(3): 191-292.
16. Cataldo, D. A., M. Haroon, L. E. Schrader and V. L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissues by titration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 6: 71-80.
17. Chen, W., Z. Hou, L. Wu, Y. Liang and C. Wei. 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant Soil 326: 61-73.
18. Gehl, R. J., J. P. Schmidt, C. B. Godsey, L. D. Maddux and W. B. Gordon. 2006. Post-harvest soil nitrate in irrigated corn: Variability among eight field sites and multiple nitrogen rates. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 1922-1931.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]

19. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort. 78: 127-157.
20. Gülser, F. 2005. Effects of ammonium sulphate and urea on NO_3^- and NO_2^- accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. Sci. Hort. 106: 330-340.
21. Irshad, M., A. E. Eneji, R. A. Khattak and A. Khan. 2009. Influence of nitrogen and saline water on the growth and partitioning of mineral content in maize. J. Plant Nutr. 32: 458-469.
22. Irshad, M., S. Yamamoto, A. E. Eneji, T. Endo and T. Honna. 2002. Urea and manure effect on growth and mineral contents of maize under saline conditions. J. Plant Nutr. 25: 189-200.
23. Jones, J. B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press LLC, pp. 121-129.
24. Kurth, E., G. R. Cramer, A. Lauchli and E. Epstein. 1986. Effects of NaCl and $CaCl_2$ on cell enlargement and cell production in cotton roots. Plant Physiol. 82: 1102-1106.
25. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
26. Maynard, D. N., A. V. Barker, P. L. Minotti and H. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28: 71-118.
27. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. *In:* Sparks, D. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, Soil Sci. Soc. Am. and Am. Soc. Agron., Madison, WI.
28. Shannon, M. C. and C. M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Hort. 78: 5-38.
29. Soliman, M. S., H. G. Shalabi and W. F. Campbell. 1994. Interaction of salinity, nitrogen, and phosphorus fertilization on wheat. J. Plant Nutr. 17: 1163-1173.
30. Stagnari, F., V. D. Bitetto and M. Pisante. 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. Sci. Hort. 114: 225-233.
31. Takebe, M., T. Ishihara, K. Matsuna, J. Fojimoto and T. Yoneyama. 1995. Effect of nitrogen application on the contents of sugars, ascorbic acid, nitrate and oxalic acid in spinach (*Spinacia oleracea* L.) and komatsuna (*Brassica compestris* L.). Jap. J. Soil Sci. Plant Nutr. 66: 238-246.
32. Villa-Castorena, M. A., L. Ulery, E. A. Catalan-Valencia and M. D. Remmenga. 2003. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 1781-1789.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.4.1.5]