

بررسی اثر سطوح مختلف کودهای اوره و سوپرفسفات بر تجمع عناصر معدنی در گیاه دارویی روناس (*Rubia tinctorum* L.)

مرضیه سالک^۱، سارا سعادت‌مند^{۲*}، رمضانعلی خاوری‌نژاد^۳ و حسین زینلی^۴

۱- دانشجوی دکترا، گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲* - نویسنده مسئول، استادیار، گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پست الکترونیک: s_saadatmand@srbiau.ac.ir

۳- استاد، گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۵

تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۵

چکیده

به منظور بررسی عناصر معدنی روناس (*Rubia tinctorum* L.) در شرایط شور، چهار سطح کود نیتروژنه (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) به شکل اوره و چهار سطح کود فسفره (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) به شکل سوپرفسفات تریپل بکار برده شد. عناصر مورد بررسی شامل نیتروژن، فسفر، سدیم، کلسیم، آهن و روی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی شهرستان رودشت استان اصفهان انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نیتروژنه و فسفره بر جذب عناصر معدنی در شرایط شور از نظر آماری معنی‌دار بود، به طوری که کاربرد کود نیتروژن و فسفر باعث افزایش میزان نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن و روی و کاهش عنصر سدیم و همچنین بهبود عملکرد گیاه روناس شد. استفاده همزمان این دو کود، بر روی یکدیگر اثر مکمل داشته و باعث افزایش میزان عملکرد و جذب عناصر غذایی نسبت به استفاده هر یک از این کودها به تنهایی شد. در استفاده همزمان کود نیتروژن و فسفر بیشترین افزایش میزان عملکرد اندام هوایی ۰/۴۳ کیلوگرم در مترمربع (سه برابر تیمار کنترل) و بالاترین عملکرد ریشه ۰/۷۸ کیلوگرم در مترمربع (حدود دو برابر تیمار کنترل) بود. البته کاربرد سطوح معین از کودها اثر قابل توجهی در افزایش عناصر معدنی و عملکرد گیاه روناس در شرایط شور داشت. سطح بهینه کودها به طور کلی هم برای کود نیتروژنه و هم کود فسفر ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود و چنانچه این غلظت از کودها نیز با هم انتخاب شود در این مقادیر می‌تواند نتیجه مطلوب‌تری حاصل کند.

واژه‌های کلیدی: عناصر معدنی، روناس (*Rubia tinctorum* L.)، کودهای نیتروژن و فسفر، عملکرد.

مقدمه

جنوبی و شمال آفریقا است. ایران در زمره یکی از مهمترین تولیدکنندگان روناس قرار دارد (Baghalian et al., 2010). روناس در درمان ناراحتی‌های ادراری و قاعدگی

روناس با نام علمی *Rubia tinctorum* L. از خانواده رویاسه می‌باشد. این گیاه بومی آسیای غربی، اروپای

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های زراعی ۹۲ و ۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی رودشت واقع در ۶۵ کیلومتری شرق اصفهان انجام شد. این منطقه با طول جغرافیایی ۲۰° ۵۲، عرض جغرافیایی ۳۰° ۳۲ و ارتفاع ۱۵۱۰ متر از سطح دریا در دو طرف رودخانه زاینده‌رود قرار داشته و دارای آب و هوای گرم و خشک و متوسط بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد. قبل از کاشت، از هر کرت حدود یک کیلوگرم نمونه مرکب خاک (با بافت سیلتی رسی) تا عمق ۳۰ سانتی‌متری برداشت و پس از خشک شدن در معرض هوا به وسیله الک دو میلی‌متری صاف و بعد برای تعیین برخی خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد (جدول ۱). کرت‌بندی زمین آزمایش بر اساس نقشه طرح شامل ۴۸ کرت در سه ردیف ۱۶ تایی (به تعداد تیمارها) انجام شد. ابعاد هر کرت ۲×۳ متر، مساحت زمین ۸۰۰ مترمربع و فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. بذره‌های سالم رونا س از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد تهیه و در تاریخ ۹۲/۱۲/۴، حدود ۲۵ بذر به صورت کپه‌ای در شیاریهایی با عمق ۱۵ سانتی‌متر و با فاصله ۴۰ سانتی‌متر کشت شدند. چهار سطح کود نیتروژن از منبع اوره (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت سرک و چهار سطح کود فسفر از منبع تریپل سوپرفسفات (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت به زمین شخم زده اضافه و اولین آبیاری در تاریخ ۹۲/۱۲/۱۴ انجام گردید. آبیاری تا زمان جوانه‌زنی بذرها و استقرار کامل گیاه که حدود ۴۰ روز طول می‌کشد با آب معمولی انجام شد. پس از این مدت هر ده روز یک‌بار با آب شور زهکش (EC برابر ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری انجام می‌شد (جدول ۲). بعد از گذشت ۶ ماه گیاه رونا س برداشت شد و بخش‌هایی آن جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری عملکرد اندام هوایی، از هر کرت به اندازه یک مترمربع اندام هوایی گیاه برداشت و بر حسب کیلوگرم توزین شد. به منظور بررسی عملکرد ریشه، پس از کف‌بر

استفاده می‌شود، همچنین عصاره آن در از بین بردن سنگ‌های کلیه و مثانه مؤثر است (Blömeke *et al.*, 1992). از مهمترین ترکیب‌ها در عصاره رونا س آنتراکوئینون‌ها (از جمله آلیزارین، پورپورین، لوسیدین، روبیدین و مشتقات آنها) می‌باشند که در ریشه و ریزوم رونا س یافت می‌شوند (Orbán *et al.*, 2008)؛ (Westendorf *et al.*, 1998). گیاه رونا س از دیرباز در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران کشت شده است که این مناطق تحت تأثیر شوری خاک قرار داشته‌اند. میزان محصول و فرآورده گیاه تحت تأثیر خاک مناسب و انتخاب گونه‌های مقاوم نسبت به شرایط نامساعد و کم‌حاصلخیز، افزایش می‌یابد. کشت گونه‌های مقاوم به شوری در زمین‌های با حاصلخیزی پایین از قبیل خاک‌های شور، در مقایسه با گیاهانی که در زمین‌های معمولی رشد می‌کنند صرفه اقتصادی فراوانی دارد (Foy, 1983). عناصر غذایی که از راه کود برای گیاه تأمین می‌شوند، مسلماً بر روی توزیع و غلظت این عناصر در بافت‌های گیاهی تأثیر می‌گذارند (Grove *et al.*, 1996). گیاه در حضور سطح مشخصی از مواد غذایی، رشد بهینه خواهد داشت (Grattan & Grieve, 1999). نیتروژن به‌عنوان یک عنصر ضروری، نقشی کلیدی در چرخه زندگی گیاه دارد و در ترکیب کلروفیل، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آمینواسیدها شرکت دارد (Muñoz-Huerta *et al.*, 2013). فسفر یک عنصر پرمصرف ضروری می‌باشد که هیچ عنصری به‌دلیل نقش مهم فسفر در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نمی‌تواند جایگزین آن شود (Syers *et al.*, 2008). برهم‌کنش نیتروژن و فسفر به تسهیل گسترش سیستم ریشه‌ای، داشتن محصول خوب و دیگر فاکتورهای گیاهی که در تنظیم بازده و کیفیت محصول نقش دارند، می‌انجامد (Noble & Segars, 2001). هدف از این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف دو عنصر معدنی نیتروژن و فسفر بر غلظت عناصر غذایی و میزان عملکرد اندام هوایی و ریشه در گیاه دارویی - صنعتی و متحمل به شوری رونا س در شرایط کشت شور بود.

اندازه‌گیری نیتروژن کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از سیستم اتوماتیک کجل تک اتوآنالایزر انجام شد (Bremner, 1996). تعیین فسفر به روش کالریمتری و تولید رنگ زرد مولیبدات‌وانادات با خواندن جذب نمونه‌ها به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل SHIMADZU-160A انجام گردید (Chapman & Pratt, 1961).

برای تعیین غلظت کلسیم، آهن و روی جذب محلول در دستگاه جذب اتمی GTALLO مدل Varian خوانده و غلظت سدیم با خواندن جذب توسط فلیم فوتومتر اندازه‌گیری شد (Rayan et al., 2001).

کردن ساقه و برگ‌های سبز از هر کرت به اندازه یک مترمربع با بیلچه‌های مخصوص روناس کنی تا عمق ۲۵ سانتی‌متری ریشه برداشت شد.

به منظور سنجش عناصر کم و یرمصرف در برگ‌های روناس، پس از شستشوی برگ‌ها و تبخیر آب از روی آنها، به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و پس از آسیاب کردن نمونه‌ها، عمل هضم تر در بالن ژوژه با استفاده از اسید سولفوسالیسیلیک و آب اکسیژنه انجام و محلول برای سنجش عناصر گیاهی استفاده شد (امامی، ۱۳۷۵).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	گچ	نیتروژن	شن	سیلت	رس	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	فسفر قابل دسترس	روی قابل دسترس	منگنز قابل دسترس	آهن قابل دسترس
۰-۳۰	۱۸	۰/۰۷	۱۷/۶	۴۰/۸	۴۱/۶	۷/۵	۸/۳	۲۶	۰/۵۲	۴/۱۸	۱/۳۶

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب محل آزمایش

EC (dS/m)	pH	HCO ³⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	مجموع کاتیون‌ها (%)	مجموع آنیون‌ها (%)	SAR	TDS (g/l)	سختی کل (mg/l)
۱۰	۷/۴	۸/۶	۳۶	۲۰/۷	۴۰/۵	۶۴/۵	۶۳/۵	۱۱/۷	۲۳۵۰	۱۲۰۰

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده و متقابل تیمارهای مختلف نیتروژن و فسفر بر میزان نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ساده کود نیتروژنه بر میزان نیتروژن نشان داد، با افزایش سطح کود اوره میزان نیتروژن نیز افزایش یافت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده کود فسفر بر میزان نیتروژن نشان

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۶ تیمار انجام گردید و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسات میانگین توسط نرم‌افزار MSTAT-C با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید و نمودارها از طریق نرم‌افزار EXCEL 2010 رسم شدند.

داد که افزودن فسفر در سطوح ۶۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار تأثیری مشابه عدم مصرف کود داشت و در سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش میزان نیتروژن شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژنه و فسفر بر میزان نیتروژن گیاه نشان داد که بالاترین سطح عنصر نیتروژن در تیمارهای ۱۸۰+۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فسفر بدست آمد (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عناصر میکرو، ماکرو و عملکرد در گیاه روناس تحت سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر

منابع تغییرات	df	نیتروژن	فسفر	سدیم	کلسیم	آهن	روی	عملکرد اندام هوایی	عملکرد ریشه
تکرار	۲	۰/۰۸**	۰/۰۴ns	۰/۰۴ns	۰/۰۳ns	۱۰۰۸۱/۳۸**	۴۶۵/۶۸ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۹**
نیتروژن	۳	۰/۳**	۰/۳**	۰/۳۹**	۰/۳۷**	۶۰۳۴۷/۴۶**	۲۸۶۸/۲۵**	۰/۰۳**	۰/۰۳**
فسفر	۳	۰/۰۶**	۰/۰۲**	۰/۲**	۰/۱۶**	۱۲۷۹۳/۶۳**	۲۳۶۱/۳۲**	۰/۰۲۲**	۰/۰۴**
نیتروژن×فسفر	۹	۰/۰۳**	۰/۰۱۲**	۰/۳۵**	۰/۱۱**	۷۵۸۷/۲۱**	۴۷۶۵/۶**	۰/۰۱۷**	۰/۰۴**
خطا	۳۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۱۰۲۶/۰۸	۳۴۱/۶۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
ضریب تنوع	۱۲	۱۲	۵/۱۱	۱۸/۹۵	۱۶/۷۵	۱۲/۶۷	۱۲/۴۴	۱۸/۸۱	۹/۴

**، * و ns: به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن بر روی عناصر معدنی و عملکرد گیاه روناس

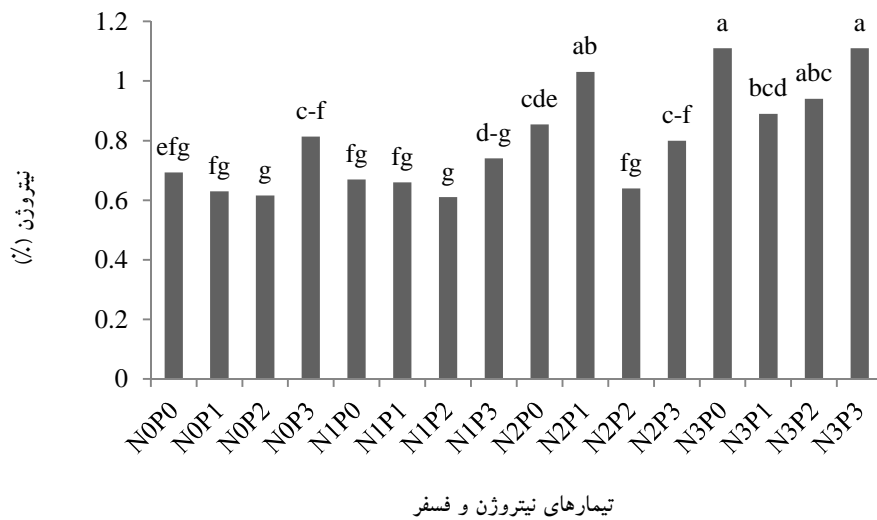
کود نیتروژن (kg ha ⁻¹)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	سدیم (mg/kg)	کلسیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	عملکرد اندام هوایی در (Kg) m ²	عملکرد ریشه در (Kg) m ²
۰	۰/۶۸c	۰/۱۳c	۰/۹۵a	۰/۴۲b	۱۹۲/۳۳c	۱۴۹b	۰/۲۴c	۰/۴۶c
۶۰	۰/۶۷c	۰/۱۹b	۰/۸۴ab	۰/۴۱b	۲۱۱c	۱۳۸/۵۵b	۰/۲۶bc	۰/۴۵c
۱۲۰	۰/۸۳b	۰/۲۴a	۰/۷۳b	۰/۶۹a	۲۵۶/۷۵b	۱۷۰/۲۲a	۰/۳۶a	۰/۵۲b
۱۸۰	۱/۰۱a	۰/۲۶a	۰/۵۳c	۰/۷۴a	۳۵۱/۱۳a	۱۳۶/۴۱b	۰/۳b	۰/۵۷a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ در آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده فسفر بر روی عناصر معدنی و عملکرد گیاه روناس

کود فسفر (kg ha ⁻¹)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	سدیم (mg/kg)	کلسیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	عملکرد اندام هوایی در (Kg) m ²	عملکرد ریشه در (Kg) m ²
۰	۰/۸۳a	۰/۱۹c	۰/۸۹a	۰/۴۵c	۲۴۰/۶۳b	۱۶۱/۱a	۰/۲۴b	۰/۴۲c
۶۰	۰/۸۰a	۰/۲۹a	۰/۵۹c	۰/۶b	۳۰۱/۳۳a	۱۴۲/۰۵b	۰/۳۲a	۰/۵۶a
۱۲۰	۰/۷۰b	۰/۲۵b	۰/۸۱ab	۰/۷a	۲۳۸/۷۵b	۱۵۹/۱a	۰/۳۳a	۰/۵b
۱۸۰	۰/۸۶a	۰/۳۲a	۰/۷۵b	۰/۵c	۲۳۰/۵b	۱۳۱/۸b	۰/۲۷b	۰/۵۲b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ در آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.



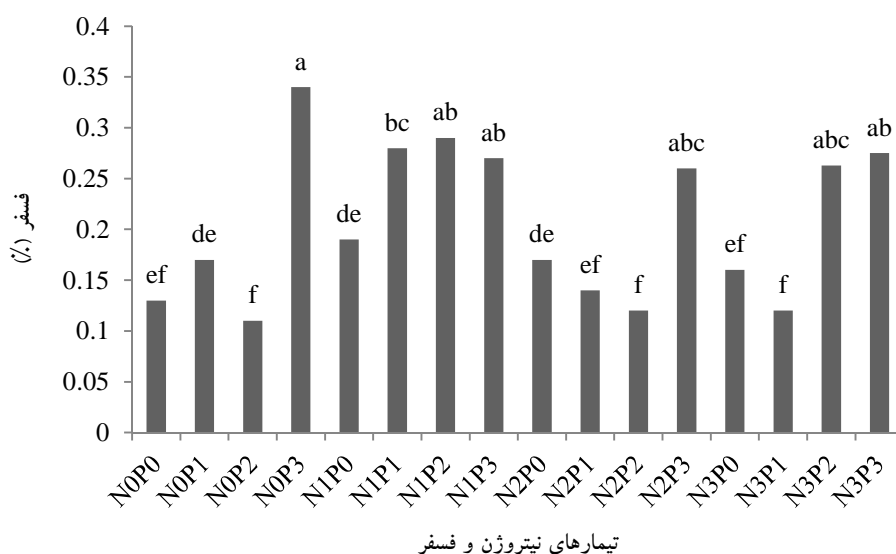
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان نیتروژن

$N0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $N1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $N2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $N3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

$P0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $P1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $P2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $P3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

نتایج می‌توان اینگونه استنباط کرد که احتمالاً در این سطوح کود، عنصر کلسیم به‌عنوان یکی از عوامل ممانعت‌کننده افزایش غلظت فسفر در گیاه عمل کرده است. Lopez-Lefebre و همکاران (۲۰۰۱) نیز در گیاه تنباکو نشان دادند با افزایش غلظت کلسیم، میزان فسفر در بخش هوایی گیاه کاهش می‌یابد که دلیل آن را وجود میان‌کنش منفی و رابطه آنتاگونیستی این دو عنصر با یکدیگر دانسته‌اند. اثرات ساده و متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر بر میزان سدیم گیاه در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). در گیاه متحمل به شوری روناس تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه باعث کاهش غلظت یون سدیم در گیاه شد، در حالی که بیشترین میزان سدیم در عدم مصرف کود مشاهده گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده کود فسفر نیز نشان داد که این کود در سطح ۶۰ کیلوگرم در هکتار میزان سدیم را کاهش داد و در عدم مصرف کود غلظت این عنصر بالاترین میزان را نشان داد (جدول ۵). بیشترین کاهش در میزان سدیم در تأثیر متقابل سطوح بالاتر از دو کود نیتروژنه و فسفره مشاهده شد (شکل ۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده و متقابل کود نیتروژنه و فسفر بر روی میزان فسفر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود نیتروژنه بر میزان فسفر نشان داد با افزایش مصرف کود نیتروژن میزان فسفر نیز افزایش یافت و پایین‌ترین مقدار فسفر در عدم مصرف کود مشاهده شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر ساده کود فسفره نشان داد که مقدار فسفر در سطوح ۶۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره بالاترین میزان را داشت و کمترین غلظت آن در عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژنه و فسفر بر میزان فسفر نشان داد که بیشترین میزان آن در کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و عدم مصرف کود نیتروژن بود (شکل ۲). نتایج حاصل از شکل ۲ نشان داد که فسفر در تیمار NOP2 کاهش یافت، در حالیکه کلسیم در این تیمار میزان بالایی را در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود) نشان داد (شکل ۴). با مقایسه شکل ۲ و شکل ۴ مشخص شد که مشابه چنین حالتی در تیمارهای N2P2 و N3P1 نیز وجود داشت، یعنی با افزایش میزان کلسیم، فسفر کاهش نشان داد. بر اساس



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان فسفر

$N0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $N1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $N2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $N3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

$P0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $P1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $P2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $P3=180 \text{ kg ha}^{-1}$



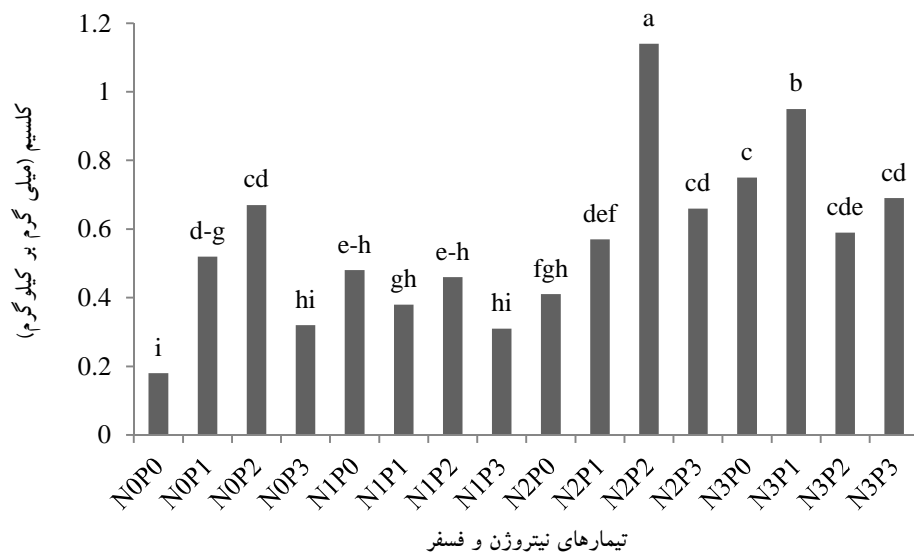
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان سدیم

$N0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $N1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $N2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $N3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

$P0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $P1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $P2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $P3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

فسفر نشان داد که فسفر تا سطح معینی اثر افزایشی بر کلسیم داشت، در حالی که بالاتر از این سطح باعث کاهش میزان کلسیم شد (جدول ۵). در سطح $120+120$ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فسفره بالاترین میزان کلسیم بدست آمد (شکل ۴).

سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ برای کلسیم در گیاه روناس معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن میزان کلسیم نیز افزایش یافت (جدول ۴). اثر ساده کود



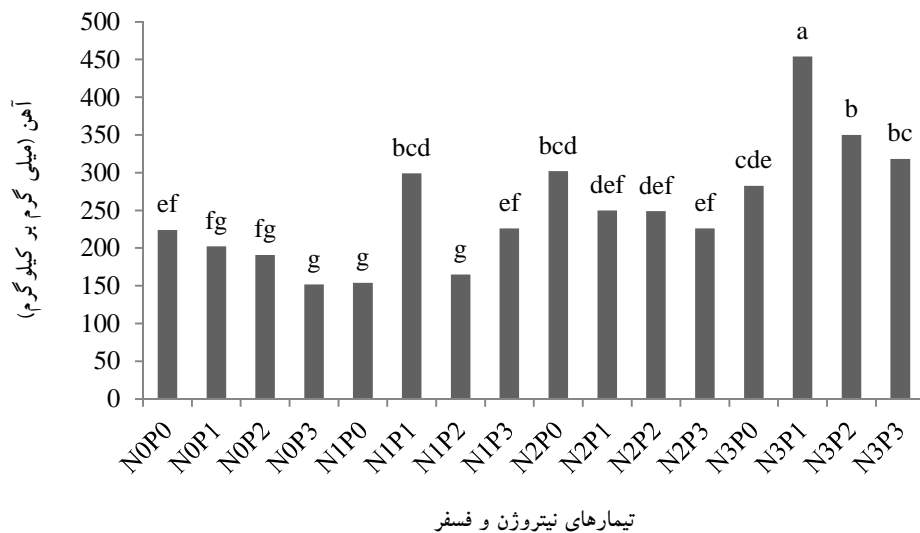
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان کلسیم

N0=۰ kg ha⁻¹, N1=۶۰ kg ha⁻¹, N2=۱۲۰ kg ha⁻¹, N3=۱۸۰ kg ha⁻¹

P0=۰ kg ha⁻¹, P1=۶۰ kg ha⁻¹, P2=۱۲۰ kg ha⁻¹, P3=۱۸۰ kg ha⁻¹

افزایش عنصر آهن گردید و کمترین میزان آن در عدم مصرف کود دیده شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر نشان داد که کود نیتروژن و فسفر در سطح ۶۰+۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین افزایش را در میزان آهن داشتند (شکل ۵).

تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر بر میزان آهن در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری اختلاف معنی داری نشان داد (جدول ۳). به طوری که با افزایش سطح کود نیتروژن، میزان آهن نیز افزایش یافت (جدول ۴). اثر ساده کود فسفر در سطح ۶۰ کیلوگرم در هکتار سبب



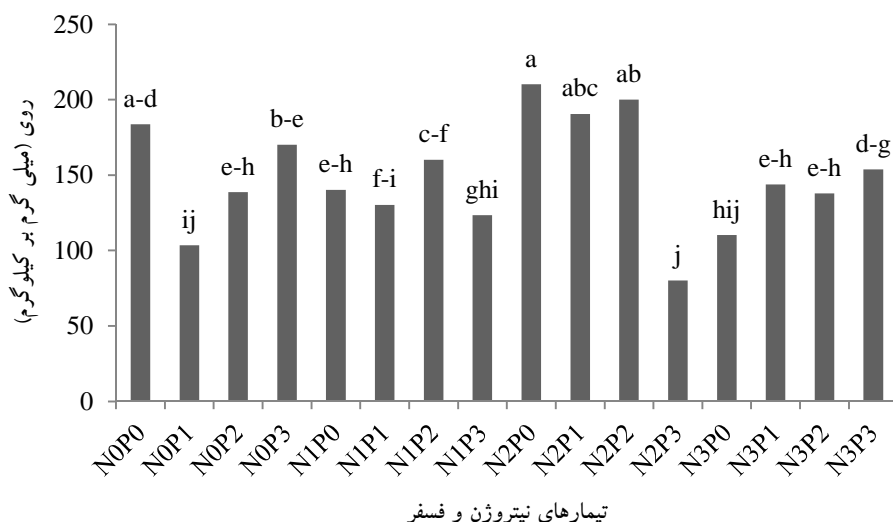
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان آهن

N0=۰ kg ha⁻¹, N1=۶۰ kg ha⁻¹, N2=۱۲۰ kg ha⁻¹, N3=۱۸۰ kg ha⁻¹

P0=۰ kg ha⁻¹, P1=۶۰ kg ha⁻¹, P2=۱۲۰ kg ha⁻¹, P3=۱۸۰ kg ha⁻¹

شد. با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره، غلظت روی نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان نشان داد که بالاترین غلظت روی در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم مصرف فسفر بدست آمد (شکل ۶).

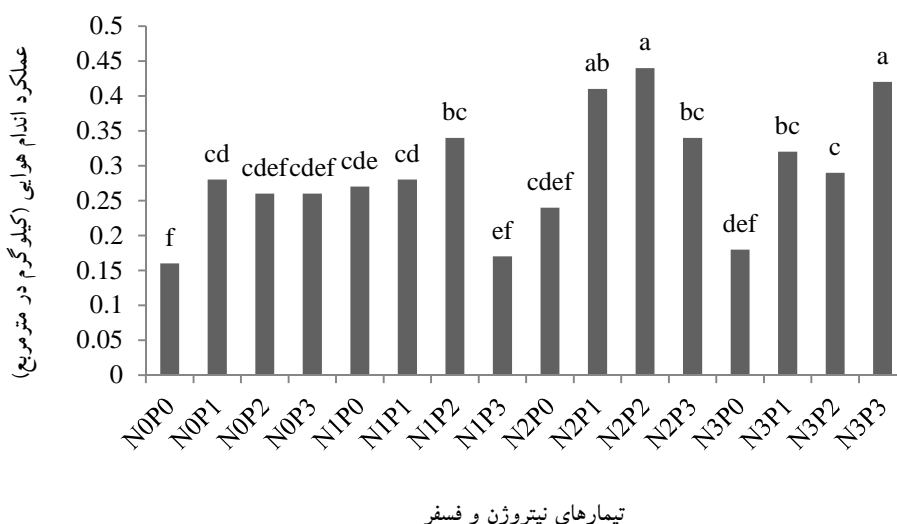
کود نیتروژن در سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث تجمع بیشترین مقدار روی شد و بین سطوح دیگر کود اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود فسفر بر میزان نشان داد که بیشترین مقدار تجمع یافته از این عنصر در تیمار شاهد و سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر مشاهده



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر میزان روی

$N0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $N1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $N2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $N3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

$P0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $P1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $P2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $P3=180 \text{ kg ha}^{-1}$



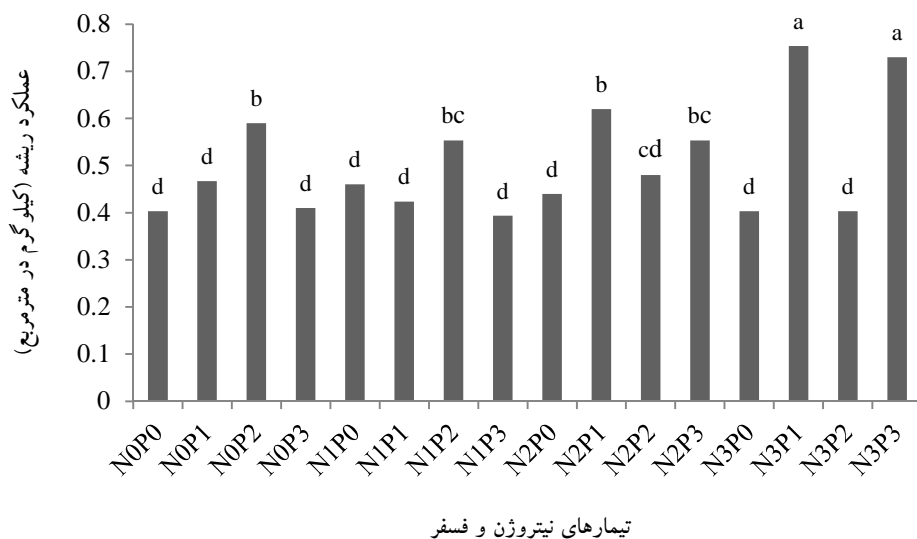
شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد اندام هوایی

$N0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $N1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $N2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $N3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

$P0=0 \text{ kg ha}^{-1}$, $P1=60 \text{ kg ha}^{-1}$, $P2=120 \text{ kg ha}^{-1}$, $P3=180 \text{ kg ha}^{-1}$

هکتار کود نیتروژن سبب بیشترین عملکرد ریشه شد و در عدم مصرف کود کمترین میزان مشاهده گردید (جدول ۴). در کاربرد سطوح مختلف کود فسفر بالاترین عملکرد ریشه با مصرف سطح ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود بدست آمد و پایین‌ترین عملکرد در عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۵). کود نیتروژن و فسفر در صورت کاربرد همزمان، در سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار همچنین مصرف همزمان سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر باعث بیشترین مقدار عملکرد ریشه شد (شکل ۸). با توجه به اینکه بخش اقتصادی و مهم گیاه روناس، ریشه آن می‌باشد، براساس جمع‌بندی کلی نتایج، چنانچه تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار از دو کود نیتروژن و فسفر باهم انتخاب شود می‌تواند محصول و عملکرد بالاتری حاصل کند.

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده و متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر بر میزان عملکرد اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). تیمار ساده ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار در عملکرد اندام هوایی نسبت به عدم مصرف کود شد (جدول ۴). کود فسفر در سطوح ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد را حاصل کرد (جدول ۵). بیشترین عملکرد اندام هوایی مربوط به تیمار همزمان ۱۲۰+۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود ازت و فسفر یا ۱۸۰+۱۸۰ کیلوگرم در هکتار از دو کود بود (شکل ۷). در بررسی اثر ساده سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد ریشه روناس مشخص شد که سطح ۱۸۰ کیلوگرم در



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد ریشه

N0=۰ kg ha⁻¹, N1=۶۰ kg ha⁻¹, N2=۱۲۰ kg ha⁻¹, N3=۱۸۰ kg ha⁻¹

P0=۰ kg ha⁻¹, P1=۶۰ kg ha⁻¹, P2=۱۲۰ kg ha⁻¹, P3=۱۸۰ kg ha⁻¹

نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن، درصد نیتروژن و فسفر و همچنین میزان جذب عناصر بجز عنصر سدیم در گیاه افزایش می‌یابد. مشابه این نتایج توسط Khogali و همکاران (۲۰۱۱)، Lopez-Bellido و همکاران (۱۹۹۴) و Mi و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است. Anac

بحث

در این پژوهش به نظر می‌رسد با روش‌های صحیح تغذیه گیاه روناس می‌توان با تأثیر مثبت بر غلظت عناصر معدنی ضروری، به عملکرد مناسب دست یافت و دوام گیاه را در محیط شور، بهبود بخشید. نتایج حاصل از این پژوهش

(۱۹۸۹) نشان داد که افزایش غلظت فسفر، باعث ممانعت جذب روی می‌شود که ممکن است به دلیل کم کردن انتقال آن از آندودرم به چوب ریشه یا کاهش جذب این عنصر از طریق لایه اپیدرمی سلول‌های ریشه باشد.

Gangloff و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که افزایش جذب نیتروژن و فسفر باعث بهبود عملکرد گیاه شده که به دلیل افزایش انجام فتوسنتز، بیشتر شدن فعالیت آنزیم‌های دخیل در فرایند فتوسنتز، کاهش تجمع یون سدیم در گیاه، همچنین افزایش غلظت آهن، منگنز و روی می‌باشد. بالا رفتن جذب عناصر در گیاه منجر به افزایش ماده خشک و مواد معدنی ضروری در اندام‌های سبز گیاه شده که به دنبال آن سبب عملکرد بالاتر گیاه می‌گردد (احتشامی و ربیعی، ۱۳۹۳). مطالعات انجام شده توسط Fedine و Popova (۱۹۹۶)، Rastgou و همکاران (۲۰۱۳) و همچنین Heidari و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که کاربرد نیتروژن جذب کلسیم را افزایش و جذب سدیم را کاهش می‌دهد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد. با توجه به اینکه کلسیم بخش مهم در دیواره سلولی، عنصر مؤثر در رشد، تقسیم سلولی و نفوذپذیری غشاء سلولی است، با افزایش جذب این عنصر مهم و پرمصرف مورد نیاز گیاه، اثرات زیان‌بار یون سدیم کاهش می‌یابد و با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه تحمل گیاه به شوری بیشتر می‌گردد (امین‌پناه و سروش‌زاده، ۱۳۸۴). افزایش فسفر باعث افزایش جذب کاتیون‌های کلسیم و منیزیم می‌گردد که می‌تواند جذب سدیم را در گیاه کاهش دهد، همچنین کاهش سدیم ممکن است در اثر وجود شکل NH_4^+ قابل جذب نیتروژن در خاک باشد که این عامل نیز غلظت سدیم را در گیاه پایین می‌آورد (Allen & Cunningham, 1983). پژوهشگرانی از قبیل Dashtakian و Bohrani (۲۰۰۸) و نیز Sepaskhah و Beirouti (۲۰۰۹) گیاه روناس را به‌عنوان یک گیاه با تحمل بالا نسبت به شوری معرفی کردند. Banakar و Khorsandi (۲۰۱۴) آستانه تحمل به شوری را در روناس $3/9$ dS/m گزارش کردند و براساس مقایسه با طبقه‌بندی انجام شده توسط Maas (۱۹۹۰)

همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که فسفر برگ در حضور غلظت‌های متفاوت نیتروژن تغییر نشان می‌دهد که با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. Rashid و Iqbal (۲۰۱۲) مشاهده کردند که با کاربرد کود فسفر، میزان جذب فسفر افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که فسفر باعث افزایش جذب نیتروژن و فسفر شد. Engelstad (۱۹۸۵) مشاهده کرد که کودهای نیتروژنه و فسفات‌ها و مصرف آنها به روش شیاری جذب فسفر را افزایش می‌دهد، همچنین تأثیر کود فسفره در عمق ریشه گیاه است و مقدار زیاد نیتروژن قابل استفاده در خاک، رشد گیاه و تکثیر ریشه‌ها را در ناحیه کود داده شده تسریع می‌کند، به این ترتیب بازدهی استفاده از کود فسفات‌ها نیز افزایش می‌یابد. مطالعات انجام شده توسط Haileselassie و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که افزایش نیتروژن و فسفر، باعث افزایش جذب این دو عنصر در گیاه می‌شود. Graciano و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند که غلظت نیتروژن و فسفر در برگ، با کاربرد کود فسفر افزایش می‌یابد، در حالیکه کوددهی با نیتروژن فقط باعث افزایش غلظت نیتروژن در برگ می‌گردد. Karimian (۱۹۹۵) در ارتباط با گیاه ذرت گزارش کرد که کود نیتروژن جذب و غلظت روی را افزایش می‌دهد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. با توجه به مشاهدات Bybordi (۲۰۰۵) نیتروژن قابلیت استفاده از روی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پس از افزودن کود نیتروژن، تشکیل پروتئین افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر به نگهداری روی در ریشه‌ها به‌صورت کمپلکس روی-پروتئین و انتقال در گیاه شود. همچنین کودهای نیتروژنه منجر به کاهش pH خاک و افزایش قابلیت استفاده از روی می‌شوند. گزارش شده است که کود نیتروژنه اثر معنی‌داری بر روی غلظت سدیم، پتاسیم، آهن، روی و منگنز دارد (Mayland & Sneva, 1983; Pascual et al., 2004). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که کود فسفر در سطح بالای ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با عدم مصرف کود سبب کاهش عنصر روی شد. مطالعات انجام شده توسط Takkar و همکاران

بازدهی تولید گیاه روناس را افزایش دهد. در این پژوهش، افزایش جذب عناصر غذایی مختلف ممکن است به دلیل گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش سطح تماس با خاک توسط گیاه باشد که می‌تواند منجر به جذب آب و مواد معدنی و بهبود رشد گیاه گردد.

منابع مورد استفاده

- احتشامی، م.ر. و ربیعی، م.، ۱۳۹۳. اثر تلفیق تیمار زیستی بذر و کود شیمیایی بر عملکرد و جذب عناصر غذایی شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa L.*). علوم و تحقیقات بذر ایران، ۱۱(۱): ۶۶-۵۱.
- امامی، ع.، ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه فنی شماره ۹۸۲. سازمان تحقیقات آموزش ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۲۶ صفحه.
- امین‌پناه، ه. و سروش‌زاده، ع.، ۱۳۸۴. بررسی اثر کلسیم نیترات بر توزیع سدیم و پتاسیم در جوانه‌های برنج در شرایط شوری. زیست‌شناسی ایران، ۱۸(۲): ۱۰۰-۹۲.
- Allen, E.B. and Cunningham, G.L., 1983. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on *Distichlis spicata* under three salinity levels. *New Phytologist*, 93: 227-236.
- Anac, D., Eryüce, N., Gürbüüz, D., Eryüce, B., Kilic, C. and Tutam, M., 1999. Improved crop quality by nutrient management. Springer Netherlands, 39-41.
- Baghalian, K., Maghsodi, M. and Naghavi, M.R., 2010. Genetic diversity of Iranian madder (*Rubia tinctorum L.*) populations based on agromorphological traits, phytochemical content and RAPD markers. *Industrial Crops and Products*, 31(3): 557-562.
- Banakar, M.H. and Khorsandi, F., 2014. Salinity tolerance of *Rubia tinctorum* under field conditions as affected by two planting methods. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Sciences*, 14(8): 757-762.
- Blömeke, B., Poginsky, B., Schmutte, C., Marquardt, H. and Westendorf, J., 1992. Formation of genotoxic metabolites from anthraquinone glycosides present in *Rubia tinctorum L.* *Mutation Research*, 265(2): 263-272.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total: 1085-1122. In: Sparks, D.K., (Ed.). *Methods of Soil Analysis: Chemical Methods Part 3*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1390p.
- Bybordi, A., 2005. Zn in Soil and Plant Nutrients. Parivar Publications, Tabriz, 18p.

روناس را یک گیاه متحمل متوسطی به شوری شناختند. این محققان همچنین با بررسی میزان تحمل روناس به شوری در مرحله جوانه‌زنی، دریافتند که روناس می‌تواند شوری آب تا ۱۲ dS/m را در مرحله جوانه‌زنی تحمل کند. سازگاری به شرایط شور به وسیله تعدادی از مکانیسم‌ها کنترل می‌شود که عبارتند از: (۱) مقاومت بافت‌های گیاهی در تجمع یون سدیم، (۲) کاهش جذب سدیم و محروم‌سازی یا برون‌داری (exclusion) آن، (۳) افزایش و سرعت بخشیدن جذب پتاسیم، (۴) مقاومت در برابر تنش اسمزی. در گیاهان مقاوم به شوری دیده شده است که این گیاهان میزان تحمل خود را با رقیق کردن (dilution) نمک در بافت‌های خود افزایش می‌دهند (Garthwaite et al., Munns & Tester, 2008). در این پژوهش با توجه به نتایج بدست آمده توسط محققان دیگر، می‌توان این گونه استنباط کرد که اثر کودهای نیتروژنه و فسفره در کاهش میزان سدیم در روناس می‌تواند به دلیل اثر رقت باشد که منجر به کاهش غلظت و سمیت نمک در بافت‌های ریشه، ساقه و برگ گیاه روناس شده و در نتیجه تحمل گیاه را برای رشد در شرایط شور بالا ببرد، به این ترتیب روناس می‌تواند به‌عنوان گیاه دارویی، صنعتی و علوفه‌ای مناسب در مناطقی که آب آبیاری از کیفیت مناسبی برخوردار نباشد، مطرح شود.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که کاربرد کودهای نیتروژن و فسفر در شرایط آبیاری با آب شور بر غلظت عناصر معدنی در گیاه روناس اثر گذاشته و باعث تأمین مواد مغذی برای رشد گیاه می‌شود، ضمن اینکه غلظت سدیم را در بافت‌های گیاه روناس کاهش داد. البته دو کود نیتروژنه و فسفره در غلظت‌های مشخص میزان عناصر میکرو و ماکرو را در گیاه روناس افزایش داد. برهم‌کنش متقابل نیتروژن و فسفر در سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تأثیر معنی‌دار مثبتی بر افزایش میزان عناصر معدنی در گیاه روناس داشت که به‌دنبال آن افزایشی در عملکرد این گیاه مشاهده شد. افزایش در عناصر غذایی، می‌تواند سبب حفظ گیاه روناس در شرایط شور و کاهش اثرات سوء یون‌های سدیم بر روی بافت‌های گیاه گردد و رشد، محصول و

- Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40: 193-210.
- Karimian, N., 1995. Effect of nitrogen and phosphorus on zinc nutrition of corn in a calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 18(10): 221-226.
 - Khogali, M.E., Dagash, Y.M.I. and EL-Hag, M.G., 2011. Nitrogen fertilizer effects on quality of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *Crassa*). Agriculture and Biology Journal of North America, 2(2): 270-278.
 - Lopez-Bellido, L., Castillo, J.E. and Fuentes, M., 1994. Nitrogen uptake by autumn sown sugar beet. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 38(2): 101-109.
 - Lopez-Lefebvre, L.R., Rivero, R.M., Garcia, P.C., Sanchez, E., Ruiz, J.M. and Romero, L., 2001. Effect of calcium on mineral nutrient uptake and growth of tobacco. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 1334-1338.
 - Maas, E.V., 1990. Crop salt tolerance. Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manual and Reports on Engineering Practice, 71: 262-304.
 - Mayland, H.F. and Sneva, F.A., 1983. Effect of soil contamination on the mineral composition of forage fertilized with nitrogen. Journal of Range Management, 38(3): 286-288.
 - Mi, G., Chen, F. and Zhang, F., 2008. Physiological and genetic mechanisms for nitrogen-use efficiency in maize. Journal of Crop Science and Biotechnology, 10(2): 57-63.
 - Munns, R. and Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
 - Muñoz-Huerta, R.F., Guevara-Gonzalez, R.G., Contreras-Medina, L.M., Torres-Pacheco, I., Prado-Olivarez, J. and Ocampo-Velazquez, R.V., 2013. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. Sensors, 13(8): 10823-10843.
 - Noble, R.U. and Segars, W.I., 2001. Nitrogen interactions with phosphorus and potassium for optimum crop yield, nitrogen use effectiveness, and environmental stewardship. The Scientific World, 1(S2): 57-60.
 - Orbán, N., Boldizsár, I., Sz cs Z. and Dános, B., 2008. Influence of different elicitors on the synthesis of anthraquinone derivatives in *Rubia tinctorum* L. cell suspension cultures. Dyes Pigments, 77(1): 249-257.
 - Pascual, I., Antolín, M.C., García, C., Polo, A. and Sánchez-Díaz, M., 2004. Plant availability of heavy metals in a soil amended with a high dose of sewage sludge under drought conditions. Biology and Fertility of Soils, 40(5): 291-299.
 - Chapman, H.D. and Pratt F.P., 1961. Ammonium vandate-molybdate method for determination of phosphorus. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water. California University, USA, 184-203.
 - Dashtakian, K. and Bohrani, M.J., 2008. Effect of levels and resources of salinity on some agricultural characteristics and chemical composition of *Rubia tinctorum*. Agricultural Knowledge, 7: 63-68.
 - Engelstad, O.P., 1985. Fertilizer Technology and Use. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 633p.
 - Fedine, L.S. and Popova, A.V., 1996. Photosynthesis, photorespiration and proline accumulation in waterstressed pea leaves. Crop Science, 32(2): 213-220.
 - Foy, C.D., 1983. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Iowa State Journal of Research, 57: 339-354.
 - Gangloff, W.J., Westfall, D.G., Peterson, G.A. and Mortvedt, J.J., 2002. Relative availability coefficients of organic and inorganic Zn fertilizers. Journal of Plant Nutrition, 25: 259-273.
 - Garthwaite, A.J., Von Bothmer, R. and Colmer, T.D., 2005. Salt tolerance in wild *Hordeum* species is associated with restricted entry of Na⁺ and Cl⁻ into the shoots. Journal of Experimental Botany, 56: 2365-2378.
 - Graciano, C., Goya, J.F., Frangi, J.L. and Guiamet, J.J., 2006. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. Forest Ecology and Management, 236(2-3): 202-210.
 - Grattan, S.R. and Grieve, C.M., 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments: 203-229. In: Pessarakli, M., (Ed.). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York, 1254p.
 - Grove, T.S., Thomson, B.D. and Malajczuk, N., 1996. Nutritional physiology of Eucalypts: uptake, distribution and utilization: 77-108. In: Attiwill, P.M. and Adams, M.A., (Eds.). Nutrition of Eucalypts. CSIRO Publishing, 448p.
 - Haileselassie, B., Habte, D., Haileselassie, M. and Gebremeske, G., 2014. Effects of mineral nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and nutrient utilization of bread wheat (*Triticum aestivum*) on the sandy soils of Hawzen District, Northern Ethiopia. Agriculture, Forestry and Fisheries, 3(3): 189-198.
 - Heidari, M., Nadian, H.A., Bakhshandeh, A.M., Alami-Saeed, K. and Fathi, G.A., 2007. Study effects of different salt and nitrogen levels on osmotic regulation and nutrient uptake in wheat.

- madder (*Rubia tinctorum* L.). International Journal of Plant Production, 3(3): 1-16.
- Syers, J.K., Johnston, A.E. and Curtin, D., 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. FAO fertilizer and plant nutrition bulletin 18, Chapter 1, page 2.
 - Takkar, P.N., Chhibba, I.M. and Mehta, S.K., 1989. Twenty Years of Co-ordinated Research on Micronutrients in Soils and Plants (1967-1987). ICAR, New Delhi.
 - Westendorf, J., Pfau, W. and Schulte, A., 1998. Carcinogenicity and DNA adduct formation observed in ACI rats after long-term treatment with madder root, *Rubia tinctorum* L. Carcinogenesis, 19(12): 2163-2168.
 - Rashid, M. and Iqbal, M., 2012. Effect of phosphorus fertilizer on the yield and quality of maize (*Zea mays* L) fodder on clay loam soil. Journal of Animal and Plant Sciences, 22(1): 199-203.
 - Rastgou, B., Ebadi, A. Vafaie, A. and Moghadam, H., 2013. The effects of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, physiological traits and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Journal of Agronomy & Plant Production, 4(3): 355-364.
 - Rayan, J.R., Estefan, G. and Rashid, A., 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. ICARDA, Syria, 244p.
 - Sepaskhah, A.R. and Beirouti, Z., 2009. Effect of irrigation interval and water salinity on growth of

Effects of different levels of and superphosphate fertilizers on mineral elements accumulation in *Rubia tinctorum* L.

M. Salek¹, S. Saadatmand^{2*}, R.A. Khavari-Nejad³ and H. Zeinali⁴

1- Ph.D. Student, Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2*- Corresponding author, Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

E-mail: s_saadatmand@srbiau.ac.ir

3- Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

4- Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

Received: May 2016

Revised: October 2016

Accepted: October 2016

Abstract

In order to study the mineral elements of *Rubia tinctorum* L. under salinity conditions, four levels of nitrogen fertilizer (0, 60, 120, 180) kg ha⁻¹ in the form of urea, and four levels of phosphorous fertilizer (0, 60, 120, 180) kg ha⁻¹ in the form of triple super phosphate were used. The study elements were nitrogen, phosphorus, sodium, calcium, iron, and zinc. The experiment was conducted in a research farm in Isfahan and was arranged as factorial based on a randomized complete block design with three replications. The results demonstrated that the effects of nitrogen and phosphorous fertilizers on element concentration were significant. Nitrogen and phosphorus fertilization could increase the content of N, P, Ca, Fe and Zn and decrease of Na and improved *Rubia* yield. The interaction between nitrogen and phosphorous fertilizers had more positive impacts on yield and nutrient accumulation as compared with simple effects. In the use of nitrogen and phosphorous fertilizers together, the maximum increase in yield of aerial parts was 0.43 kg m⁻² (threefold more than that of the control) and the highest root yield was 0.78 kg m⁻² (about twofold more than that of the control). The application of certain levels of fertilizers had notable effects on increasing nutrient concentration and yield under saline conditions. The optimum level of both urea and phosphate fertilizers was generally 180 kg ha⁻¹ and if these levels of fertilizers are used together, it would give more desirable outcome.

Keywords: Mineral elements, *Rubia tinctorum* L., nitrogen and phosphorous fertilizers, yield.