



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

صفحه‌های ۲۱۷-۲۲۹

تأثیر کاربرد نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر عملکرد غلاف و محتوای عناصر غذایی برگ لوبیا چیتی

نادر خادم مقدم ایگدهلو^{۱*}، احمد گلچین^۲، خدیجه فرهادی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲. استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۰۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۰۳

چکیده

عناصری مانند نیتروژن، مولیبدن و کبالت جهت ارتقای کمیت و کیفیت لوبیا چیتی نیاز است. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد این عناصر بر عملکرد غلاف و غلظت عناصر غذایی برگ لوبیا چیتی، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳۶ تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در گلخانه دانشگاه زنجان اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح نیتروژن (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ mg/l)، سه سطح مولیبدن (۰/۰۶۷، ۰/۲، ۰/۶ mg/l) و سه سطح کبالت (۰/۰۰۶، ۰/۰۶، ۰/۳ mg/l) بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک غلاف در تیمار $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$ به‌مقدار ۳۴/۰۵ (g/pot) به‌دست آمد که فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.06}$ بود ($p \leq 0/01$). کاربرد سطوح مختلف فاکتورها توانست غلظت نیتروژن، فسفر و منیزیم را در برگ لوبیاچیتی در تیمارهای $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ ، $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ و $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ افزایش دهد و بیش‌ترین غلظت عناصر مذکور به‌ترتیب به‌میزان ۶/۹۴، ۰/۹۱ و ۰/۴۱ درصد بود، ولی با افزایش سطوح فاکتورهای مورد آزمایش، غلظت پتاسیم و کلسیم کاهش یافت. بیش‌ترین غلظت آهن، منگنز، مس، مولیبدن و کبالت در تیمارهای $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ ، $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ ، $N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.006}$ و $N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ به‌ترتیب به‌میزان ۴۹۰، ۱۸۵/۴، ۸/۲۶ و ۲۸۴/۵ mg/kg به‌دست آمد ($p \leq 0/01$). در کل با توجه به نتایج، تیمار $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$ برای لوبیاچیتی توصیه می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: آهن، غلظت، فسفر، محلول غذایی، مس، منگنز.

The Effects of Applying Nitrogen, Molybdenum, and Cobalt on pod Yield and Nutrient Content of Bean Leaf (*Phaseolus vulgaris* L.)

Nader Khadem Moghadam Igdellou^{1*}, Ahmad Golchin², Khadije Farhadi³

1. Ph.D. Candidate, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran.

2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran.

3. Former M.Sc. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

Received: July 25, 2019

Accepted: October 24, 2019

Abstract

Elements such as nitrogen (N), molybdenum (Mo), and cobalt (Co) are needed to improve the quantity and quality of beans. In order to study the effects of these substances on pod yield as well as nutrient concentration of this plant, a factorial pot experiment was conducted in 2016 under greenhouse conditions at University of Zanjan, using a CRD with three replications. The experimental factors included four levels of N (50, 100, 150, and 200 mg/l), three levels of Mo (0.067, 0.2, and 0.6 mg/l), and Co (0.006, 0.06, and 0.3 mg/l). Results have shown that the highest dry weight of pods belongs to treatment of $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$, equal to 34.05 g/pot, without any significant difference from $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.06}$ treatment. The application of different levels of factors raises the concentrations of N, P, and Mg in bean leaves in $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$, $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$, and $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ treatments. The highest concentration increase in the mentioned elements have been 6.94%, 0.91%, and 0.41%, respectively. However, the concentrations of K and Ca decrease as a result of the application of the factors. The highest concentrations of Fe, Mn, Cu, Mo, and Co bean have been in treatments of $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$, $N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.006}$, $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$, $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$, and $N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.006}$, being 490, 185.4, 8.26, 284.5, and 54.9 mg/kg, respectively. Overall, according to the results, $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$ is the recommended treatment for bean.

Keywords: Concentration, copper, iron, manganese, nutrient solution, phosphorus,

۱. مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از نظر تغذیه‌ای حاوی پروتئین و فیبر بالاست. هم‌چنین منبع خوبی از فولات^۱ و مواد معدنی ضروری منیزیم، آهن، پتاسیم و فسفر بوده و دانه‌های خشک آن به‌عنوان منبع عالی بسیاری از مواد مغذی کم‌مصرف رژیم غذایی بسیاری از کشورها محسوب می‌شود (Gulati & Rose, 2018). لوبیا، یک محصول مهم اقتصادی است و مهم‌ترین ماده غذایی برای مصرف مستقیم انسان است. به‌نظر می‌رسد که لوبیا همراه با غلات، یک رژیم غذایی متعادل از انرژی و پروتئین را تأمین می‌کند. دانه‌های لوبیا مواد معدنی مهم، ویتامین‌ها، فیبرهای رژیمی اما بدون اسیدهای چرب غیراشباع ارائه می‌کنند. از آنجایی که لوبیا یک منبع پروتئینی مهم در رژیم غذایی مردم است، به‌طور گسترده در سراسر جهان کشت می‌شود (Hnatuszko-Konka et al., 2014). مقدار پروتئین این گیاه بالا بوده و لذا نیاز نیتروژن (N) آن نیز بالاست (Farzaneh et al., 2010).

پتانسیل بالایی (تقریباً سه میلیون هکتار) برای کشت حبوبات (لوبیا و عدس) در مناطق خشک وجود دارد، اما در ایران سطح زیر کشت حبوبات حدود ۶۷۰۰۰۰ هکتار است (FAO, 2016). کشت لوبیا و عدس به‌ترتیب جایگاه چهارم و هشتم را در جهان به خود اختصاص داده است (FAO, 2016).

در ایران به‌دلیل غالبیت شرایط آهکی خاک‌ها، بالا بودن pH، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و به‌ویژه مصرف بی‌رویه فسفر، مصرف ناچیز کودهای آلی و بالاخره عدم مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی در گذشته، امروزه کمبود این عناصر در خاک‌ها و در نتیجه مواد غذایی بیش‌تر مشهود می‌باشد (Ghaffari Malayeri et al., 2012). مولیبدن (Mo) به‌عنوان

کوفاکتور در آنزیم‌های درگیر در متابولیسم نیتروژن ایفای نقش می‌کند، به‌عنوان مثال مولیبدن در ساختمان نترات‌رداکتاز در احیای نترات و تبدیل آن به آمونیوم و در آنزیم نیتروژناز در تثبیت همزیستی نیتروژن نقش دارد (Vieira et al., 2011). کبالت (Co) نیز یک عنصر ضروری برای انسان و میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفری است، این عنصر در ساختمان ویتامین B₁₂ به‌کار رفته است (Khan & Khan, 2010) و برای لگوم‌ها خیلی ضروری است (Gad, 2006). این عنصر هم‌چنین در تنظیم آب مورد استفاده گیاه و با کاهش میزان تبخیر می‌تواند گیاه را به خشکی مقاوم کند (DalCorso et al., 2014). این عنصر علاوه بر فعال کردن گلیکولیز آنزیم فسفوگلوکوماتاز^۲ و آرژیناز که در هیدرولیز آرژنین و در بیوسنتز لگ‌هموگلوبین مشارکت دارد، در فعال کردن آنزیم‌های انولاز^۳ و کیناز نیز دخیل است (Hong et al., 2019). یکی دیگر از نقش‌های کبالت در گیاهان، به تأخیر انداختن فرآیند پیر شدن برگ‌ها از طریق جلوگیری از بیوسنتز اتیلن است (Yamaguchi et al., 2019). بنابراین برای برطرف نمودن نیاز گیاه به عناصر غذایی و افزایش عملکرد و کیفیت محصول در این مناطق، به‌دلیل کارایی پایین مصرف خاکی، تغذیه برگ‌ی یا کشت هیدروپونیک مفید و مؤثر است (Rafique et al., 2015). سایر عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف برای رشد گیاهان ضروری می‌باشد، برای مثال روی در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارد و کمبود آن می‌تواند باعث عدم توازن عناصر غذایی در گیاه شده و در نهایت، کاهش کیفیت و

2. Phosphoglucomutase
3. Enolase

1. Folate

در مرحله بعد خیسانده شده و در داخل دستمال کاغذی مرطوب به مدت ۴۸ ساعت نگه‌داری شده تا جوانه‌دار شوند. سپس این بذور جوانه‌زده به داخل گلدان‌های ۲۱ cm (قطر دهانه ۲۱ cm، قطر ته ۱۶ cm و ارتفاع گلدان ۲۲ cm) حاوی ۵۰۰ گرم پرلیت منتقل شدند و بعد با محلول غذایی توصیه‌شده توسط EPA^۱ آبیاری شدند (Ferrer *et al.*, 2010). رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد پیوسته در ۰/۸ رطوبت ظرفیت مزرعه نگه داشته می‌شد. رطوبت گلدان‌ها از طریق توزین کنترل می‌شد. محلول غذایی مورد استفاده در این پژوهش مطابق با جدول (۱) تهیه گردید.

چهار ماه بعد از کشت، اقدام به برداشت گیاهان گردید، بخش هوایی به همراه غلاف‌ها از سطح پرلیت بریده شده و بعد از شست‌وشو با آب مقطر در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و در دمای 60°C به مدت ۷۲ ساعت خشک شده و سپس غلاف‌ها به‌طور جداگانه توزین شدند. نمونه‌های برگ گیاه پس از آسیاب و الک‌شدن به وسیله اسید نیتریک غلیظ و آب اکسیژنه ۳۰ درصد در دمای 120°C هضم شدند (Tang & Miller, 1991). غلظت نیتروژن برگ با استفاده از دستگاه کج‌دال، غلظت فسفر به روش کالریمتری و با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/Vis S2000-England)، غلظت پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (JENWAY PFP7-England)، غلظت کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و غلظت‌های مولیبدن، کبالت، آهن، روی، مس و منگنز به وسیله دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670-Japan) اندازه‌گیری شدند (Rayan *et al.*, 2001).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۷) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) صورت پذیرفت. برای ترسیم نمودار مولدر از نرم‌افزار CorelDRAW (نسخه ۶) استفاده گردید.

کمیت محصول را در پی داشته باشد (Saeidi *et al.*, 2014). مقدار روی و آهن موجود در اندام‌های گیاهی بستگی به عوامل متعددی دارد که شامل نوع خاک، نوع گیاه، تنوع گیاه، محیط رشد گیاه و مدیریت آن می‌باشد. غلظت متوسط روی و آهن در قسمت‌های خوراکی لوبیا براساس وزن خشک بافت مذکور به ترتیب ۳۵ و $55 \mu\text{g/g}$ ذکر شده است (Gregory *et al.*, 2017).

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تغذیه لوبیاچیتی (رقم تلاش) با عناصر نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر غلظت برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در برگ لوبیاچیتی و همین‌طور روابط بین این عناصر و تعیین بهترین تیمار جهت بهبود تغذیه این گیاه است.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کبالت، مولیبدن و نیتروژن بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی لوبیاچیتی در کشت هیدروپونیک، یک آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳۶ تیمار، در سه تکرار و با مجموع ۱۰۸ واحد آزمایشی در سال ۱۳۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، در گلخانه و در دمای 25°C و شدت نور 40000 لوکس اجرا شد. فاکتور نیتروژن در چهار سطح (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و 200 mg/l) از منبع NH_4NO_3 ، فاکتور مولیبدن در سه سطح (0.067 ، 0.134 و 0.201 mg/l) از منبع $\text{Mo}_7\text{O}_{24}(\text{NH}_4)_6$ و فاکتور کبالت در سه سطح (0.006 ، 0.012 و 0.018 mg/l) از منبع $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ را تشکیل می‌دادند. در این آزمایش لوبیاچیتی رقم تلاش مورد استفاده قرار گرفت. بذرها ابتدا به‌منظور ضدعفونی‌شدن به مدت ۵ ثانیه در اتانول ۹۶ درصد و ۹۰ ثانیه در محلول 0.2 درصد هیپوکلرید سدیم قرار گرفتند و سپس با آب مقطر شست‌وشو داده شدند. بذرها

1. Environmental Protection Agency

نادر خادم مقدم ایگده‌لو، احمد گلچین، خدیجه فرهادی

جدول ۱. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش

نوع محلول	ترکیب	وزن مولکولی (g)	محلول ذخیره (g/l)	حجم محلول ذخیره در لیتر محلول نهایی (ml)
	K ₂ SO ₄	۱۷۴/۲۷	۱۷۴/۲۷	۳
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	۲۴۶/۴۸	۲۴۶/۴۸	۳
۱	CaCl ₂ ·2H ₂ O	۱۴۷/۰۲	۱۴۷/۰۲	۲
	Ca (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	۲۳۶/۱۵	۲۳۶/۱۵	۲
	KH ₂ PO ₄	۱۳۶/۰۹	۱۳۶/۰۹	۲
۲	Fe-EDTA	۳۴۸/۰۹۴۶۲	۱۰/۴۴۳	۱
	MnSO ₄ ·H ₂ O	۱۶۹/۰۰	۰/۷۶۰۵	
	Zn SO ₄ ·H ₂ O	۱۷۹/۴۵	۰/۸۰۷۵۲۵	
۳	Cu SO ₄ ·5H ₂ O	۲۴۹/۶۸	۰/۳۷۴۵۲	۱
	H ₃ BO ₃	۶۱/۸۳	۰/۶۱۸۳	
	NiCl ₂ ·6H ₂ O	۲۳۷/۷۱	۰/۰۲۶۱۵	
A	NH ₄ NO ₃	۸۰/۰۴	۸۰/۰۴	۴
				۶
B	Mo ₇ O ₂₄ (NH ₄) ₆	۱۲۳۵/۸۶	۰/۱۲۳۵۸۶	۱
				۱
				۱
C	CoCl ₂ ·6H ₂ O	۲۳۷/۹۳	۰/۰۲۳۷۹۳	۱
				۱
				۱

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر غلظت عناصر ماکرو برگ و وزن خشک غلاف لویاچیتی

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات				
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
نیتروژن (N)	۳	۳۶/۶۲ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۴/۶۵ ^{ns}	۴/۴۰ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}
مولیبدن (Mo)	۲	۰/۷۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
Mo×N	۶	۰/۳۴*	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
کیالت (Co)	۲	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۲/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}
Co×N	۶	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}
Co×Mo	۴	۰/۴۰*	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۱/۱۹ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}
Co×Mo×N	۱۲	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}
اشتباه	۷۲	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۰
C.V. (%)		۶/۸۱	۴/۵۰	۶/۲۷	۹/۲۶	۶/۳۶

ns و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و نبود اختلاف معنی‌دار است.

به زراعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

تأثیر کاربرد نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر عملکرد غلاف و محتوای عناصر غذایی برگ لوبیا چیتی

۳. نتایج و بحث

۱.۳. وزن خشک غلاف

غلاف است ($p \leq 0.01$). بیشترین ($34/05 \text{ g/pot}$) و کمترین ($17/74 \text{ g/pot}$) وزن خشک غلاف به ترتیب در تیمارهای $N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.3}$ و $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$ به دست آمد که دارای اختلاف معنی داری برابر با $47/9$ درصد بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها جدول (۲) حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر متقابل کبالت، مولیبدن و نیتروژن بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و وزن خشک

جدول ۳. اثرهای متقابل فاکتورهای مورد آزمایش بر غلظت عناصر ماکرو برگ و وزن خشک غلاف لوبیاچیتی

سطوح نیتروژن، مولیبدن و کبالت (mg/l)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	وزن خشک غلاف (g/pot)
$N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$	۳/۲۴۱q	۰/۴۹۱۷k	۵/۳۱۳a-f	۳/۳۷۴a	۰/۲۰۰۷jk	۳۰/۳۲b-g
$N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.06}$	۳/۹۸۵nop	۰/۵۲۱۶jk	۵/۶۶۷ab	۲/۲۱۱f-j	۰/۱۷۷۱k	۳۰/۹۳a-f
$N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.3}$	۴/۰۸۴m-p	۰/۵۴۸۲jk	۵/۵۴۹abc	۱/۸۰۹k-p	۰/۲۲۴۳h-k	۲۴/۵۳j-m
$N_{50}Mo_{0.2}Co_{0.006}$	۴/۰۱۸nop	۰/۵۲۳۳jk	۵/۴۹۰a-d	۲/۵۶۵c-f	۰/۱۹۴۸k	۳۰/۲۵b-g
$N_{50}Mo_{0.2}Co_{0.06}$	۳/۵۵۵pq	۰/۵۱۹۵jk	۵/۳۴۳a-f	۱/۸۳۳j-p	۰/۱۸۸۹k	۲۷/۸۳f-j
$N_{50}Mo_{0.2}Co_{0.3}$	۳/۷۳۷opq	۰/۵۶۶۱ij	۵/۷۸۵a	۲/۴۸۵efg	۰/۱۸۸۹k	۲۲/۵۸lmn
$N_{50}Mo_{0.6}Co_{0.006}$	۴/۰۳۴nop	۰/۶۱۸۹hi	۵/۳۴۳a-f	۲/۷۰۴cde	۰/۲۲۴۳h-k	۳۲/۲۴a-d
$N_{50}Mo_{0.6}Co_{0.06}$	۳/۷۳۷opq	۰/۵۵۱۱j	۵/۳۴۳a-f	۲/۵۹۲c-f	۰/۲۱۲۵ijk	۳۰/۷۱a-f
$N_{50}Mo_{0.6}Co_{0.3}$	۴/۴۶۴lmn	۰/۵۵۱۰j	۵/۵۴۹abc	۱/۷۴۱۱-p	۰/۲۳۶۱h-k	۲۸/۲۵e-i
$N_{100}Mo_{0.067}Co_{0.006}$	۴/۳۶۱-o	۰/۵۷۷۲ij	۵/۰۴۷c-k	۲/۹۲۵bc	۰/۲۱۲۵ijk	۳۱/۴۶a-e
$N_{100}Mo_{0.067}Co_{0.06}$	۴/۲۹۱۱-o	۰/۵۷۲۴ij	۵/۱۶۵b-i	۲/۵۲۴def	۰/۳۴۲۴bcd	۲۹/۸۰c-g
$N_{100}Mo_{0.067}Co_{0.3}$	۴/۴۶۴lmn	۰/۵۵۴۵j	۵/۲۲۴a-g	۲/۰۱۶h-m	۰/۲۷۷۵e-h	۲۴/۹۴i-m
$N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.006}$	۴/۷۲۹j-m	۰/۶۴۳۲gh	۴/۸۱۱f-l	۱/۹۶۳i-n	۰/۳۲۴۷c-f	۳۳/۴۰ab
$N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$	۵/۱۷۵ijk	۰/۶۵۸۷gh	۴/۹۸۸c-l	۲/۰۶۶h-l	۰/۳۲۴۷c-f	۳۴/۰۵a
$N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.3}$	۴/۴۸۱lmn	۰/۶۸۳۸fg	۴/۹۵۹c-l	۲/۸۸۱bcd	۰/۳۲۴۷c-f	۳۲/۷۱abc
$N_{100}Mo_{0.6}Co_{0.006}$	۵/۱۳۴ijk	۰/۶۶۲۳gh	۴/۹۲۹d-l	۲/۲۱۱f-j	۰/۲۷۷۵e-h	۳۳/۳۳ab
$N_{100}Mo_{0.6}Co_{0.06}$	۴/۵۷۲k-n	۰/۶۱۶۸hi	۴/۸۷۰e-l	۲/۳۸۵e-h	۰/۲۵۹۷g-j	۳۳/۶۶a
$N_{100}Mo_{0.6}Co_{0.3}$	۴/۷۷۰jkl	۰/۵۶۶۶ij	۵/۱۹۵a-h	۲/۱۳۱g-k	۰/۳۱۲۹d-g	۲۷/۰۷g-j
$N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.006}$	۵/۵۲۴f-i	۰/۶۴۵۷gh	۵/۴۶۱a-e	۳/۱۲۶ab	۰/۲۳۶۱h-k	۲۸/۹۴d-h
$N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.06}$	۶/۱۶۷b-f	۰/۶۸۸۷fg	۵/۶۶۷ab	۲/۳۵۵e-h	۰/۲۱۸۴h-k	۲۷/۱۷g-j
$N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.3}$	۵/۳۰۷hij	۰/۸۱۰۰cd	۴/۵۰۲f-l	۱/۶۲۹n-q	۰/۲۷۷۵e-h	۲۲/۳۴mn
$N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.006}$	۵/۹۱۹d-h	۰/۷۵۳۸e	۴/۴۸۷jkl	۳/۰۹۹ab	۰/۲۵۹۷g-j	۲۷/۰۷g-j
$N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.06}$	۵/۴۴۰ghi	۰/۷۴۶۳e	۴/۸۷۰e-l	۲/۵۳۵def	۰/۲۵۹۷g-j	۲۷/۸۳f-j
$N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.3}$	۶/۱۱۸c-f	۰/۶۴۲۸gh	۴/۷۸۲f-l	۱/۸۷۴i-o	۰/۳۶۵۷f-i	۲۱/۱۱no
$N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.006}$	۵/۱۴۲ijk	۰/۷۲۱۱ef	۴/۸۷۰e-l	۱/۹۴۵i-n	۰/۳۶۶۰a-d	۲۷/۷۵f-j
$N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.06}$	۵/۶۲۲e-i	۰/۶۲۲۹de	۴/۵۱۶jkl	۲/۰۵۴h-m	۰/۳۹۵۵ab	۳۲/۲۱a-d
$N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$	۵/۶۸۸e-i	۰/۷۲۲۷ef	۵/۰۷۷b-j	۲/۲۳۷f-i	۰/۴۰۷۳a	۲۶/۴۱h-k
$N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.006}$	۶/۰۶۸c-g	۰/۸۳۳۴bc	۳/۸۷۰m	۲/۲۳۷f-i	۰/۳۰۷۰d-g	۲۵/۱۰i-m
$N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.06}$	۶/۴۹۸a-d	۰/۸۱۲۲cd	۴/۴۳۱kl	۱/۲۴۶rs	۰/۳۴۸۳bcd	۲۷/۹۳f-j
$N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.3}$	۶/۲۶۶b-e	۰/۸۷۹۱ab	۴/۵۷۹h-l	۱/۷۱۸l-p	۰/۲۵۹۷g-j	۱۷/۷۴p
$N_{200}Mo_{0.2}Co_{0.006}$	۶/۵۹۷abc	۰/۸۳۱۷bc	۴/۶۶۷g-l	۱/۶۷۷m-p	۰/۳۸۳۷abc	۲۴/۷۴j-m
$N_{200}Mo_{0.2}Co_{0.06}$	۶/۳۹۹a-d	۰/۸۲۱۶c	۴/۸۷۴d-l	۱/۵۶۱۰r	۰/۳۴۸۳bcd	۲۳/۴۲k-n
$N_{200}Mo_{0.2}Co_{0.3}$	۶/۶۱۴abc	۰/۶۵۹۳gh	۴/۴۳۱kl	۱/۴۶۶pqrs	۰/۳۱۲۹d-g	۲۶/۰۵h-k
$N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$	۶/۷۲۹abc	۰/۹۰۵۱a	۴/۴۹۰jkl	۱/۱۷۲s	۰/۳۴۸۳bcd	۲۸/۲۵e-i
$N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.06}$	۶/۷۹۵ab	۰/۹۰۱۷a	۴/۵۴۹i-l	۱/۲۹۰qrs	۰/۳۳۰۶cde	۲۵/۷۴h-l
$N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$	۶/۹۴۴a	۰/۸۸۱۰ab	۴/۳۷۲lm	۱/۴۷۰pqrs	۰/۳۵۴۲a-d	۱۸/۶۶op

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال یک درصد با هم دیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

۳.۳. غلظت پتاسیم برگ

بررسی اثر متقابل نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر غلظت پتاسیم برگ نشان داد که بیش‌ترین غلظت پتاسیم (۵/۷۸ درصد) در تیمار $N_{50}Mo_{0.2}Co_{0.3}$ و کم‌ترین آن (۳/۸۷ درصد) در تیمار $N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ اندازه‌گیری شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). در تیمارهای مذکور با افزایش غلظت نیتروژن برگ از N_{50} به N_{200} ، غلظت پتاسیم کاهش یافته است، علت این امر را می‌توان به اثر رقت نسبت داد چرا که نیتروژن با افزایش رشد رویشی موجب رقیق‌تر شدن شیره سلولی شده و از این‌رو، غلظت پتاسیم کاهش پیدا می‌کند. وقتی از تیمار دارای بیش‌ترین غلظت پتاسیم ($N_{50}Mo_{0.2}Co_{0.3}$) به کم‌ترین غلظت پتاسیم ($N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.006}$) می‌رویم، اثر رقت را علاوه بر پتاسیم بر غلظت‌های کبالت و مولیبدن نیز می‌توان دید.

۴.۳. غلظت فسفر برگ

اثر متقابل نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر غلظت فسفر برگ معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$)، بیش‌ترین غلظت فسفر برگ (۰/۹۱ درصد) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۰/۴۹ درصد) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ اندازه‌گیری شد (جدول ۳). با بیش‌تر شدن سطح نیتروژن (N_{200}) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ ، فرایند رشد رویشی و پروتئین‌سازی بیش‌تر شده که هر دو این فرایندها انرژی‌خواه هستند، بنابراین تقاضا برای ATP و به‌تبع آن فسفر بیش‌تر می‌شود (Marschner, 2011) و با توجه به رابطه سینرژیستی بین نیتروژن و مولیبدن، بیش‌ترین غلظت فسفر برگ در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ دیده شد، ولی غلظت کبالت در تیمارهای $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ و $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ ثابت بود. پژوهش‌گران گزارش کردند که کاربرد کودهای حاوی نیتروژن با افزایش رشد رویشی گیاه منجر به افزایش غلظت

در تیمار $N_{200}Mo_{0.067}Co_{0.3}$ در اثر مصرف (mg/l) ۲۰۰ نیتروژن (N_{200})، رشد رویشی، سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی و سایر صفات مرتبط با عملکرد افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند به‌دلیل تأثیر زیاد نیتروژن بر گسترش سطح برگ و تداوم بهتر آن باشد. در مقادیر بیش‌تر نیتروژن مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ و ساقه مصرف شده و در نهایت مواد تجمع یافته در غلاف‌ها و به‌تبع آن وزن خشک غلاف‌ها کاهش می‌یابد.

۲.۳. غلظت نیتروژن برگ

بررسی اثر متقابل نیتروژن، مولیبدن و کبالت نشان داد که بیش‌ترین غلظت نیتروژن برگ (۶/۹۴ درصد) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ و کم‌ترین آن (۳/۲۴ درصد) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ به‌دست آمد ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). بیش‌ترین غلظت نیتروژن برگ در تیمار مذکور می‌تواند به‌دلیل بیش‌ترین سطح نیتروژن (N_{200}) باشد و به‌دلیل اثر سینرژیستی که بین مولیبدن و نیتروژن وجود دارد، بیش‌ترین سطح مولیبدن نیز در این تیمار دیده شد ($Mo_{0.6}$). افزایش سطح مولیبدن به‌معنی فعال‌تر شدن گره‌ها و فعالیت بیش‌تر آنزیم نیتروژناز است که نیاز بیش‌تر به عنصر کبالت را در پی خواهد داشت ($Co_{0.3}$). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد مولیبدن باعث افزایش تجمع نیتروژن در دانه لوبیا تحت تأثیر کودهای آلی و تلقیح با باکتری *Rhizobium etli* می‌شود (Reyes et al., 2016). افزایش تجمع نیتروژن در بافت‌های گیاه در اثر کاربرد مولیبدن نشان می‌دهد که مولیبدن متابولیسم نیتروژن را افزایش می‌دهد، زیرا مولیبدن برای آنزیم‌های آسیمیلایون نیتروژن (نیترات‌رداکتاز) مورد نیاز می‌باشد (Brent et al., 2005). تعدادی از پژوهش‌گران نتایج مشابهی در بررسی بعضی واریته‌های لگوم دانه‌ای (گیاهان لوبیا چشم‌بلبلی، بادام‌زمینی و بادام‌زمینی bambara) گزارش کردند (Yakubu et al., 2010).

کلسیم و پتاسیم برگ باشد که با افزایش غلظت نیتروژن (N_{150}) و مولیبدن ($Mo_{0.6}$) محلول غذایی اتفاق افتاده است. زیرا پتاسیم، کلسیم و منیزیم در جذب با یکدیگر رقابت نموده و کاهش غلظت یکی در بافت‌ها باعث افزایش غلظت دیگری می‌شود (Havlin et al., 2016). افزایش غلظت منیزیم برگ با افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی شاید به دلیل رقابت این یون با کلسیم و در پاسخ به کاهش غلظت کلسیم برگ باشد. با کاهش غلظت نیتروژن (N_{50}) و مولیبدن ($Mo_{0.067}$) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.06}$ ، احتمالاً به دلیل کاهش فعالیت آنزیم نیتروژناز و تثبیت بیولوژیک ازت، غلظت کبالت ($Co_{0.06}$) نیز کاهش یافته است. برخلاف نتایج این پژوهش، تحقیقات انجام‌یافته روی ذرت حاکی از تمایل کبالت برای تجمع در ریشه‌ها بوده و Co^{2+} از هیدرولیز Mg-ATP در غشای تونوپلاست ریشه این گیاه جلوگیری می‌کند، بنابراین علاوه بر این که انرژی تولیدی در گیاه دچار اختلال شده، بلکه با عدم هیدرولیز Mg-ATP نیاز به عنصر منیزیم نیز در گیاه کاهش پیدا می‌کند (Palit et al., 1994).

۷.۳. غلظت آهن برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها جدول (۴) نشان داد که اثر متقابل نیتروژن، کبالت و مولیبدن بر غلظت آهن برگ معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$).

بررسی اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین غلظت آهن برگ ($490/0$ mg/kg) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ و کم‌ترین آن ($18/30$ mg/kg) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.3}$ اندازه‌گیری شد که با تیمار $N_{50}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). افزایش کبالت محلول غذایی سبب کاهش غلظت آهن برگ توسط Gad (2006) و Gad & Kandil (2008) گزارش شده است.

فسفر می‌شود. از آنجاکه نیتروژن و فسفر هر دو از عناصر ضروری برای نمو گیاه می‌باشند و کمبود هر کدام از آن‌ها می‌تواند باعث کندشدن یا توقف نمو ریشه و قسمت‌های هوایی گیاه شود، اگر مقدار عناصر غذایی دیگر در خاک کافی باشد افزایش نیتروژن باعث تحریک نمو ریشه می‌شود (Havlin et al., 2016).

۵.۳. غلظت کلسیم برگ

بیش‌ترین غلظت کلسیم برگ ($3/37$ درصد) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ و کم‌ترین آن ($1/17$ درصد) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ اندازه‌گیری گردید ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). اثر رقت می‌تواند دلیلی بر کاهش غلظت کلسیم در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ باشد. چرا که نیتروژن با افزایش رشد گیاه و تولید بیش‌تر ماده خشک گیاهی موجب رقیق‌ترشدن و کاهش غلظت عناصر غذایی موجود در بافت‌های گیاهی می‌شود. کاهش غلظت کلسیم برگ با افزایش غلظت مولیبدن ($Mo_{0.6}$) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ می‌تواند به دلیل افزایش غلظت کلسیم برگ و رقابت این یون‌ها با یکدیگر در جذب توسط گیاه باشد (Havlin et al., 2016)، ولی هم در بیش‌ترین ($N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$) و هم در کم‌ترین ($N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$) تیمار حاوی کلسیم، غلظت کبالت موجود در برگ ثابت بود.

۶.۳. غلظت منیزیم برگ

بررسی اثر متقابل سه‌جانبه نشان داد که بین تیمار حاوی بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت منیزیم اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p \leq 0.01$). بیش‌ترین ($0/41$ درصد) و کم‌ترین غلظت کلسیم برگ ($0/18$ درصد) به ترتیب در تیمارهای $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.06}$ و $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ (جدول ۳). افزایش غلظت منیزیم برگ در تیمار $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ می‌تواند در پاسخ به کاهش غلظت

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر غلظت برخی عناصر میکرو برگ لوبیاجیتی

میانگین مربعات						df	منابع تغییرات
کیالت	مولیبدن	مس	روی	منگنز	آهن		
۶۶۷/۲**	۳۰۷۵۲/۵**	۱۸/۰**	۱۵۰۵/۲**	۶۶۴۶/۷**	۱۵۹۶۲۴/۷**	۳	نیترژن (N)
۴۵۴/۶**	۹۸۵۷/۱**	۱۶/۷**	۲۶۹/۶**	۱۱۱۰۹/۱**	۳۴۳۵۷/۵**	۲	مولیبدن (Mo)
۱۲۷/۹**	۱۷۸۷/۴**	۳/۳**	۳۸۵/۹**	۱۱۰۲۶/۹**	۲۳۳۴۶/۹**	۶	N×Mo
۱۴/۴ns	۲۵۹۷/۵**	۱/۹**	۵۵۴/۸**	۱۱۹۶/۴**	۶۴۷۴/۵**	۲	کیالت (Co)
۶۱/۳**	۴۵۶۲/۵**	۱/۰**	۲۹۵/۸**	۲۴۲۰/۹**	۵۲۷۱/۲**	۶	N×Co
۲۴۸/۷**	۳۰۳/۳**	۴/۱*	۲۹۵/۷**	۳۹۰۵/۲**	۲۵۸۸/۳**	۴	Co×Mo
۲۳۸/۳**	۱۱۶۶/۸**	۱/۰**	۴۵/۱**	۳۰۴۸/۶**	۷۶۸۸/۳**	۱۲	N×Mo×Co
۸/۴	۲۴/۰	۰/۳	۹/۰	۹۸/۷	۶۹/۰	۷۲	اشتباه
۷/۸	۳/۹	۹/۳	۸/۲	۹/۹	۶/۹		(%) C.V.

***، ** و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و نبود اختلاف معنی‌دار است.

منفی دارد و باعث کاهش غلظت آن در گیاه می‌شود (Marschner, 2011)، ولی نتایج این آزمایش عکس این مطلب را نشان داد. افزایش غلظت منگنز برگ شاید به دلیل رقابت یونی و در پاسخ به کاهش غلظت عناصر روی و کلسیم برگ باشد که با افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی حادث شده است. افزایش کیالت مصرفی (Co_{0.03}) در تیمار N₁₅₀Mo_{0.067}Co_{0.3} سبب کاهش غلظت منگنز برگ گردید. علت کاهش منگنز در تیمار مذکور را می‌توان به تعادل بار در سلول‌های گیاه نام برد. زیرا با افزایش سطح کیالت (Co_{0.3}) تعادل بار در سلول‌ها توسط عنصر کیالت برقرار شده و لذا جذب منگنز کاهش یافت. کیالت به صورت Co²⁺ توسط گیاهان جذب می‌شود (Palit et al., 1994) و جذب آن می‌تواند بار مثبت سلول‌ها را افزایش دهد. به دلیل وجود شباهت‌های زیاد کیالت با آهن، منگنز و آلومینیوم زیادی یکی می‌تواند جذب دیگری را کاهش دهد (Zaborowska et al., 2016). همان‌گونه که در بحث مربوط به آهن نیز دیده شد، کم‌ترین غلظت آهن در بیش‌ترین سطح کیالت (Co_{0.3}) و در تیمار N₅₀Mo_{0.067}Co_{0.3} وجود داشت، در منگنز نیز این چنین است، کم‌ترین غلظت منگنز برگ در بیش‌ترین سطح کیالت (Co_{0.3}) و در تیمار N₁₅₀Mo_{0.067}Co_{0.3} دیده شد.

آن‌ها روابط آنتاگونیستی معینی را بین کیالت و آهن نشان دادند و علت کاهش غلظت آهن با افزایش کاربرد کیالت را به رقابت بین یون کیالت و آهن در جذب توسط گیاه نسبت دادند. در تیمارهای N₂₀₀Mo_{0.6}Co_{0.006} (بیش‌ترین غلظت آهن) و N₅₀Mo_{0.067}Co_{0.3} (کم‌ترین غلظت آهن)، وقتی غلظت کیالت از Co_{0.006} به Co_{0.3} افزایش یافت، غلظت آهن به دلیل رابطه آنتاگونیستی موجود بین Co-Fe به کم‌ترین مقدار خود (۱۸/۳۰) رسید. از طرفی به دلیل رابطه سینرژیستی موجود بین N-Mo (Brent et al., 2005)، با کاهش غلظت نیترژن از تیمار N₂₀₀Mo_{0.6}Co_{0.006} به N₅₀Mo_{0.6}Co_{0.006}، غلظت مولیبدن نیز از Mo_{0.6} به Mo_{0.067} کاهش یافت.

۸.۳. غلظت منگنز برگ

اثرهای متقابل سه‌گانه بر غلظت منگنز برگ معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱). بیش‌ترین غلظت منگنز برگ (۱۸۵/۴ mg/kg) در تیمار N₁₅₀Mo_{0.2}Co_{0.006} و کم‌ترین آن (۱۵/۹۴ mg/kg) در تیمار N₁₅₀Mo_{0.067}Co_{0.3} به دست آمد (p≤۰/۰۱) که با تیمار N₁₅₀Mo_{0.067}Co_{0.006} تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۵). مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مولیبدن با منگنز اثر متقابل

تأثیر کاربرد نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر عملکرد غلاف و محتوای عناصر غذایی برگ لوبیا چیتی

جدول ۵. اثر متقابل فاکتورهای مورد آزمایش بر غلظت برخی عناصر میکرو برگ لوبیا چیتی

کبالت	مولیبدن	مس	روی	منگنز	آهن	سطوح نیتروژن، مولیبدن و کبالت (mg/l)
(mg/kg)						
۴۰/۱۴fgh	۴۲/۵۰no	۵/۰۸۴efg	۶۴/۹۴a	۶۴/۹۴op	۹۸/۰۰g-z	N ₅₀ Mo _{0.067} Co _{0.006}
۳۲/۴۷ijk	۲/۳۶۰v	۳/۵۴۲h	۶۱/۹۹a	۱۱۳/۹ghi	۸۱/۴۷kl	N ₅₀ Mo _{0.067} Co _{0.06}
۳۶/۶۰ghi	۱۳/۵۸tu	۴/۴۲۸fgh	۳۵/۴۲h-m	۱۲۱/۶fgh	۱۸/۳۰o	N ₅₀ Mo _{0.067} Co _{0.3}
۲۴/۷۹mn	۳۵/۴۲op	۴/۱۳۲gh	۵۶/۰۸b	۴۲/۵۰qr	۷۹/۱۰kl	N ₅₀ Mo _{0.2} Co _{0.006}
۲۸/۳۴klm	۱۸/۸۹st	۴/۷۲۳fg	۴۱/۹۱def	۸۵/۰۱k-n	۷۲/۰۲lm	N ₅₀ Mo _{0.2} Co _{0.06}
۳۶/۶۰ghi	۲۳/۶۱qrs	۴/۷۲۳fg	۴۱/۳۲d-g	۳۱/۸۸rs	۱۰۰/۹ghi	N ₅₀ Mo _{0.2} Co _{0.3}
۲۷/۷۵klm	۳۳/۶۵p	۵/۹۰۳de	۴۲/۵۰def	۱۰۶/۳hij	۲۵/۳۸o	N ₅₀ Mo _{0.6} Co _{0.006}
۲۶/۵۷lm	۵۶/۶۷m	۵/۹۰۳de	۳۸/۳۷e-k	۹۶/۲۲ijk	۶۳/۱۷m	N ₅₀ Mo _{0.6} Co _{0.06}
۲۸/۳۴klm	۳۱/۲۹pq	۷/۰۸۴bc	۲۷/۷۵opq	۷۰/۸۴no	۹۲/۰۹h-k	N ₅₀ Mo _{0.6} Co _{0.3}
۴۷/۲۳cd	۴۷/۸۲n	۵/۹۰۳de	۴۹/۵۹c	۸۲/۶۵k-o	۷۷/۹۲kl	N ₁₀₀ Mo _{0.067} Co _{0.006}
۳۴/۸۳hij	۳۳/۰۶p	۵/۹۰۳de	۳۶/۰۱g-l	۱۴۱/۱de	۷۰/۸۴lm	N ₁₀₀ Mo _{0.067} Co _{0.06}
۳۸/۹۶fgh	۸/۲۶۵uv	۳/۵۴۲h	۳۴/۲۴i-m	۹۴/۴۵jkl	۱۰۲/۱ghi	N ₁₀₀ Mo _{0.067} Co _{0.3}
۳۲/۴۷ijk	۲۷/۷۵pqr	۴/۷۲۳fg	۴۳/۰۹de	۹۱/۵۰j-m	۸۰/۲۹kl	N ₁₀₀ Mo _{0.2} Co _{0.006}
۲۴/۲۰mn	۲۱/۸۴rst	۴/۱۳۲gh	۳۳/۰۶k-o	۵۰/۱۸pq	۴۶/۶۴n	N ₁₀₀ Mo _{0.2} Co _{0.06}
۳۴/۸۳hij	۶/۴۹۴uv	۴/۷۲۳fg	۳۵/۴۲h-m	۷۵/۵۶mno	۹۱/۵۰h-k	N ₁₀₀ Mo _{0.2} Co _{0.3}
۳۰/۷۰jkl	۷۴/۳۸l	۵/۹۰۳de	۳۸/۹۶e-j	۱۰۳/۹hij	۹۳/۲۷h-k	N ₁₀₀ Mo _{0.6} Co _{0.006}
۴۹/۰۰bc	۶۹/۰۷l	۷/۰۸۴bc	۳۲/۱۴l-o	۱۳۷/۰def	۸۶/۷۸i-l	N ₁₀₀ Mo _{0.6} Co _{0.06}
۲۸/۹۳klm	۷۴/۹۷l	۷/۶۷۴ab	۳۹/۵۵e-i	۷۹/۶۹k-o	۱۰۰/۴ghi	N ₁₀₀ Mo _{0.6} Co _{0.3}
۵۴/۹۰a	۱۴۵/۸k	۴/۷۲۳fg	۲۸/۳۴n-q	۲۰/۰۷s	۸۱/۴۷kl	N ₁₅₀ Mo _{0.067} Co _{0.006}
۳۹/۵۵fgh	۲۲۳/۱de	۵/۳۱۳ef	۳۳/۶۵j-n	۷۶/۷۴l-o	۶۱/۹۹m	N ₁₅₀ Mo _{0.067} Co _{0.06}
۴۱/۹۱efg	۲۲۷/۹de	۵/۹۰۳de	۴۰/۷۳d-h	۱۵/۹۴s	۸۶/۷۸i-l	N ₁₅₀ Mo _{0.067} Co _{0.3}
۳۶/۰۱hij	۱۶۲/۳j	۵/۹۰۳de	۲۴/۷۹pqr	۱۸۵/۴a	۱۰۳/۹fgh	N ₁₅₀ Mo _{0.2} Co _{0.006}
۳۳/۰۶ijk	۱۹۰/۷i	۵/۹۰۳de	۲۸/۳۴n-q	۱۰۵/۱hij	۱۰۲/۱ghi	N ₁₅₀ Mo _{0.2} Co _{0.06}
۳۳/۰۶ijk	۲۴۷/۹b	۵/۹۰۳de	۳۳/۰۶k-o	۱۱۴/۵ghi	۶۰/۸۰m	N ₁₅₀ Mo _{0.2} Co _{0.3}
۲۱/۲۵n	۲۲۲/۰e	۴/۴۲۸fgh	۴۳/۶۸de	۱۴۴/۰de	۱۲۶/۹de	N ₁₅₀ Mo _{0.6} Co _{0.006}
۳۹/۵۵fgh	۲۳۰/۲cde	۵/۹۰۳de	۴۵/۴۶cd	۱۲۶/۹efg	۱۱۸/۱ef	N ₁₅₀ Mo _{0.6} Co _{0.06}
۴۶/۰۵cde	۲۸۴/۵a	۶/۴۹۴cd	۴۰/۷۳d-h	۱۷۱/۸ab	۸۳/۲۴jkl	N ₁₅₀ Mo _{0.6} Co _{0.3}
۳۱/۲۹i-l	۲۱۲/۵f	۷/۰۸۴bc	۳۷/۱۹f-l	۱۱۹/۲gh	۱۰۹/۲fg	N ₂₀₀ Mo _{0.067} Co _{0.006}
۴۳/۰۹def	۱۹۶/۶hi	۶/۴۹۴cd	۳۰/۱۱m-p	۷۰/۸۴no	۱۳۴/۰d	N ₂₀₀ Mo _{0.067} Co _{0.06}
۵۳/۷۲ab	۲۳۷/۳c	۶/۴۹۴cd	۲۴/۷۹pqr	۱۱۳/۹ghi	۱۲۸/۱de	N ₂₀₀ Mo _{0.067} Co _{0.3}
۵۰/۱۸abc	۲۰۵/۴fg	۶/۴۹۴cd	۳۶/۰۱g-l	۱۳۹/۹de	۲۵۸/۶b	N ₂₀₀ Mo _{0.2} Co _{0.006}
۴۹/۵۹bc	۲۵۲/۷b	۶/۴۹۴cd	۳۱/۸۸l-o	۷۱/۴۳no	۲۶۳/۳b	N ₂₀₀ Mo _{0.2} Co _{0.06}
۳۹/۵۵fgh	۲۳۱/۴cd	۷/۰۸۴bc	۲۰/۶۶rs	۱۴۳/۵de	۲۱۷/۲c	N ₂₀₀ Mo _{0.2} Co _{0.3}
۴۰/۱۴fgh	۲۲۶/۷de	۶/۴۹۴cd	۲۴/۷۹pqr	۱۶۱/۸bc	۴۹۰/۰a	N ₂₀₀ Mo _{0.6} Co _{0.006}
۴۸/۴۱c	۱۹۹/۵gh	۷/۶۷۴ab	۱۸/۸۹s	۱۴۸/۲cd	۲۵۳/۸b	N ₂₀₀ Mo _{0.6} Co _{0.06}
۳۲/۴۷ijk	۲۴۷/۳b	۸/۲۶۵a	۲۳/۰۲qrs	۹۳/۸۶j-m	۲۵۵/۶b	N ₂₀₀ Mo _{0.6} Co _{0.3}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال یک درصد با هم دیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

بزرگ‌کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

۹.۳. غلظت روی برگ

اثر متقابل سه جانبه نشان داد که بیش‌ترین غلظت روی برگ (۶۴/۹۴ mg/kg) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ و کم‌ترین آن (۱۸/۸۹ mg/kg) در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.06}$ به‌دست آمد ($p \leq 0.01$) (جدول ۵). کاهش غلظت روی در برگ می‌تواند به‌دلیل روابط آنتاگونیستی روی با کاتیون‌های دیگر مانند منگنز و آهن در جذب باشد که با افزایش غلظت مولیبدن در محلول غذایی، غلظت آن‌ها در برگ افزایش یافته است. بیش‌ترین غلظت منگنز و آهن به‌ترتیب در تیمارهای $N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.006}$ و $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ حاصل شده بود که حاوی سطوح بالای مولیبدن بودند.

۱۰.۳. غلظت مس برگ

نتایج نشان دادند که اثر متقابل سه‌جانبه فاکتورها بر غلظت مس برگ معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). بررسی اثرهای متقابل نشان داد که بیش‌ترین (۸/۲۶ mg/kg) و کم‌ترین (۳/۵۴ mg/kg) غلظت مس برگ به‌ترتیب در تیمارهای $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.06}$ و $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ به‌دست آمد (جدول ۵). پرمنازهای Zn/Fe^1 که معروف به ZIPs هستند (پرمنازها گروهی از ناقلین غشایی هستند)، علاوه بر آهن و روی، می‌توانند Cu^{2+} را نیز وارد سلول‌های ریشه کنند، از این‌رو، موقعی که کبالت مانع جذب آهن شود، جذب مس توسط گیاهان افزایش می‌یابد (Marschner, 2011). این عوامل باعث شده که در تیمار $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ که حاوی بالاترین سطح کبالت است، بیش‌ترین غلظت مس دیده شود. با توجه به رابطه آنتاگونیستی بین عناصر غذایی Fe-Co (Gad & Kandil, 2008)، با افزایش سطوح کبالت در محلول غذایی، غلظت آهن جذب‌شده توسط لوبیا کاهش می‌یابد و از سوی دیگر، با توجه به

این‌که رابطه آنتاگونیستی بین عناصر غذایی Cu-Fe برقرار است (Martins & Mourato, 2006)، لذا با کاهش غلظت آهن در بافت‌ها، غلظت مس می‌تواند افزایش یابد. این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده توسط Gad & Kandil (2008) برای گیاه چغندر قند مطابقت دارد.

۱۱.۳. غلظت مولیبدن برگ

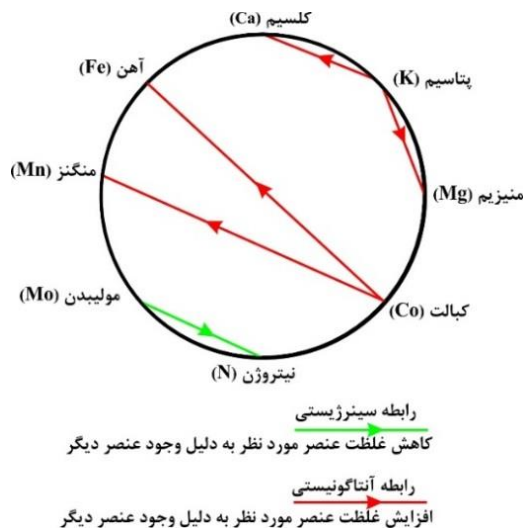
بررسی اثر متقابل سه‌جانبه فاکتورها نشان داد که بیش‌ترین غلظت مولیبدن برگ (۲۸۴/۵ mg/kg) در تیمار $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ و کم‌ترین آن (۲/۳۶ mg/kg) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.06}$ به‌دست آمد ($p \leq 0.01$) (جدول ۵). از آن‌جایی که لوبیا حاوی مقادیر زیادی پروتئین است و برای سنتز پروتئین، اسیدآمین‌های حاوی نیتروژن مورد نیاز است (Farzaneh et al., 2010)، لذا به‌نظر می‌رسد که کاربرد ۱۵۰ mg/l نیتروژن (N_{150}) می‌تواند نیاز لوبیا به نیتروژن را برآورده کند، ولی این سطح از نیتروژن با بیش‌ترین سطح از مولیبدن همراه شده است ($Mo_{0.6}$) که این امر می‌تواند به‌دلیل ناقلین مولیبدن در گیاه باشد. ناقلین مولیبدن در گیاه پروتئین‌هایی هستند که عمدتاً از اسیدآمین‌های حاوی نیتروژن سنتز شده و معروف به MOT1 و MOT2^۲ هستند، لذا با افزایش غلظت نیتروژن گیاه، سنتز پروتئین‌های MOT1 و MOT2 بیش‌تر شده و انتقال مولیبدن به برگ‌ها نیز افزایش می‌یابد (Manuel et al., 2018) و همین‌طور با افزایش غلظت مولیبدن در گیاه، چون فعالیت آنزیم نیتروژناز بیش‌تر می‌شود (Vieira et al., 2011)، لذا نیاز به عنصر کبالت نیز به بیش‌ترین مقدار خود در تیمار $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ می‌رسد (Khan & Khan, 2010). مولیبدن یک عنصر ضروری در سیستم‌های بیولوژیکی است، این عنصر جزئی از آنزیم نیتروژناز باکتری‌هاست و در واکنش‌های کلیدی در

2. Molybdate Transporters type 1 and 2 (MOT1 and MOT2)

1. Permeases

تأثیر کاربرد نیتروژن، مولیبدن و کبالت بر عملکرد غلاف و محتوای عناصر غذایی برگ لوبیا چیتی

همچنین آنالیزهای شیمیایی طی این پژوهش نشان داد که یون سولفات (SO_4^{2-}) به عنوان یون مخالف^۲ برای کبالت (یونی که همراه کبالت جذب می‌شود) عمل می‌کند (Yamaguchi *et al.*, 2019). در کل برهم‌کنش‌های بین عناصر ماکرو و میکرو برای گیاه لوبیاچیتی مطابق با نتایج این پژوهش در نمودار مولدر^۳ ارائه شده است (شکل ۱).



شکل ۱. برهم‌کنش‌های بین عناصر در گیاه لوبیاچیتی بر طبق مدل مولدر

۴. نتیجه‌گیری

تغذیه گیاهان به لحاظ تأثیر آن بر کمیت و کیفیت محصولات تولیدی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است، این موضوع به‌ویژه در محیط‌های آب‌کشت نقش پررنگ‌تری دارد. نتایج پژوهش نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک غلاف در تیمار $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$ به مقدار $34/05$ g/pot به‌دست آمد، ولی فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.06}$ بود. کاربرد سطوح مختلف فاکتورها توانست غلظت نیتروژن، فسفر و منیزیم را در

متابولیسم نیتروژن، کربن و گوگرد مورد نیاز است (Vieira *et al.*, 2011). مولیبدن می‌تواند در مقادیر زیاد جذب شود بدون این‌که ایجاد خسارت شود، اما غلظت‌های بالای آن برای سلامت مصرف‌کننده مضر می‌باشد (Anbuselvi *et al.*, 2011). بنابراین افزایش مولیبدن محلول غذایی به بیش از $0/1$ mg/l محلول غذایی حالت سمیت ایجاد می‌کند. افزایش کبالت مصرفی سبب افزایش غلظت مولیبدن برگ گردید جدول (۵).

۱۲.۳. غلظت کبالت برگ

بیش‌ترین غلظت کبالت برگ ($54/90$ mg/kg) در تیمار $N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ و کم‌ترین آن ($21/25$ mg/kg) در تیمار $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ به‌دست آمد ($p \leq 0/01$) جدول (۵). مطابق با جدول (۵) در تیمار $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ با وجود کم‌ترین غلظت کبالت ($0/006$ mg/l) بیش‌ترین غلظت آن در برگ‌ها گزارش شد، دلیل این امر را می‌توان به آنیون‌های همراه این عنصر (NO_3^- و MoO_4^{2-}) در تیمار مذکور ربط داد، که موجب تشدید جذب عنصر کبالت می‌شوند. با جذب NO_3^- و MoO_4^{2-} تعادل بار در داخل سلول‌های گیاه به هم خورده و گیاه برای تعادل بار، Co^{2+} را در سلول‌های خود تجمع می‌دهد. دلیل بیش‌تر بودن غلظت کبالت ($54/90$ mg/kg) در برگ‌های تیمار $N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ را می‌توان به جریان تبخیر و تعرق نسبت داد، چرا که این عنصر بیش‌تر از طریق تبخیر و تعرق در آوندهای چوبی جریان داشته و هر اندامی که بیش‌ترین تبخیر و تعرق را داشته باشد، بیش‌ترین غلظت کبالت را نیز خواهد داشت (Palit *et al.*, 1994). نتایج آنالیز تصاویر XRF^۱ نشان داد که نسبت به سایر قسمت‌های برگ، غلظت کبالت در نوک برگ‌های *Clethra barbinervis* در بیش‌ترین مقدار خود است و

2. Counter ion
3. Mulder's chart

1. X-ray fluorescence (XRF)

- FAO (2016). *Re: Pulses are praised for their health, environmental and economic benefits. How can their full potential be tapped?* 13 September, <http://www.fao.org/fsnforum/es/comment/7119>.
- Farzaneh, N., Gholchin, A. & Hashemi Majd, K. (2010). The Effect of Nitrogen and Boron on Growth, Yield and Concentration of Some Nutrient Elements of Tomato. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 1(2), 19-29. (in Persian)
- Ferrer, I., Zweigenbaum, J. A. & Thurman, E. M. (2010). Analysis of 70 Environmental Protection Agency priority pharmaceuticals in water by EPA Method 1694. *Journal of Chromatography A*, 1217(36), 5674-5686. DOI: 10.1016/j.chroma.2010.07.002.
- Gad, N. & Kandil, H. (2008). Response of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) plants to different levels of cobalt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(4), 949-955.
- Gad, N. (2006). Increasing the efficiency of nitrogen fertilization through cobalt application to pea plant. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2, 433-442.
- Ghaffari Malayeri, M., Akbari, Gh.A. & Mohammadzadeh, A. (2012). Response of yield and yield components of corn on soil use and foliar application of micronutrients. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(2), 368-373. (In Persian)
- Gregory, P. J., Wahbi, A., Adu-Gyamfi, J., Heiling, M., Gruber, R., Joy, E. J. & Broadley, M. R. (2017). Approaches to reduce zinc and iron deficits in food systems. *Global Food Security*, 15, 1-10. DOI: 10.1016/j.gfs.2017.03.003
- Gulati, P. & Rose, D. J. (2018). Effect of extrusion on folic acid concentration and mineral element dialyzability in Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food chemistry*, 269, 118-124. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.124.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L. & Beaton, J. D. (2016). *Soil fertility and fertilizers*. 8 edition, Pearson Education, India.
- Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T., Gerszberg, A., Wiktorrek-Smagur, A. & Kononowicz, A. K. (2014). Phaseolus vulgaris-Recalcitrant potential. *Biotechnology advances*, 32(7), 1205-1215. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.06.001>
- Hong, D. D., Anh, H. T. L., Tam, L. T., Show, P. L. & Leong, H. Y. (2019). Effects of nanoscale zerovalent cobalt on growth and photosynthetic parameters of soybean *Glycine max* (L.) Merr. DT26 at different stages. *BMC Energy*, 1(1), 6. DOI: 10.1186/s42500-019-0007-4
- برگ لوبیاچیتی در تیمارهای $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ ، $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ و $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ به ترتیب به میزان ۶/۹۴، ۰/۹۰ و ۰/۴۱ درصد افزایش دهد، این در حالی است غلظت سایر عناصر غذایی ماکرو (پتاسیم و کلسیم) کاهش یافت. بیشترین و کمترین غلظت آهن برگ در تیمارهای $N_{50}Mo_{0.067}Co_{0.3}$ و $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.006}$ به ترتیب به میزان ۴۹۰ و ۱۸/۳۰ mg/kg مشاهده شد. بیشترین غلظت منگنز و مس برگ در تیمارهای $N_{150}Mo_{0.2}Co_{0.006}$ و $N_{200}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ به ترتیب به مقدار ۱۸۵/۴ و ۸/۲۶ mg/kg به دست آمد. روابط بین عناصر غذایی ماکرو و میکرو بررسی شده در این پژوهش در قالب نمودار مولدر ارائه شد. بیشترین غلظت مولیدن و کبالت برگ در تیمارهای $N_{150}Mo_{0.6}Co_{0.3}$ و $N_{150}Mo_{0.067}Co_{0.006}$ به ترتیب به مقدار ۲۸۴/۵ و ۵۴/۹ mg/kg به ثبت رسید. در مجموع می توان اظهار داشت که با کاربرد تیمار $N_{100}Mo_{0.2}Co_{0.06}$ در کشت‌های هیدروپونیک، عناصر غذایی می‌توانند در غلظت‌های مورد نیاز در گیاه لوبیاچیتی برای نیل به بیشترین وزن خشک غلاف‌ها، وجود داشته باشد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

- Anbuselvi, S., Sathish Kumar, M., Vikram, M. & Debi-Prasad, P. (2011). Effect of molybdenum on nitrogen fixing enzymes of blackgram using anabaena azollae sp treated coir waste manure under drought stress. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(4), 252-256.
- Brent, N. K., Gridley, K. L., Brady, J. N., Philips, T. & Tyerman, S. D. (2005). The role of Molybdenum in agricultural plant production. *Annals of Botany*, 96(5), 745-754. <https://doi.org/10.1093/aob/mci226>
- DalCorso, G., Manara, A., Piasentin, S. & Furini, A. (2014). Nutrient metal elements in plants. *Metallomics*, 6(10), 1770-1788.

- Khan, M. R. & Khan, M. M. (2010). Effect of varying concentration of nickel and cobalt on the plant growth and yield of chickpea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(6), 1036-1046.
- Manuel, T. J., Alejandro, C. A., Angel, L., Aurora, G. & Emilio, F. (2018). *Roles of molybdenum in plants and improvement of its acquisition and use efficiency*. pp. 137-159, In: M. A. Hossain, T. Kamiya, D. J. Burritt, L. P. Tran and T. Fujiwara (ed.), *Plant Micronutrient Use Efficiency*. Academic Press, London, UK.
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- Martins, L. L. & Mourato, M. P. (2006). Effect of excess copper on tomato plants: growth parameters, enzyme activities, chlorophyll, and mineral content. *Journal of Plant Nutrition*, 29(12), 2179-2198. <https://doi.org/10.1080/01904160600972845>
- Palit, S., Sharma, A. & Talukder, G. (1994). Effects of cobalt on plants. *The botanical review*, 60(2), 149-181. <https://doi.org/10.1007/BF02856575>
- Rafique, E., Yousera, M., Mahmood-ul- Hassan, M., Sarwar, S., Tabassam, T. & Choudhary, T. K. (2015). Zinc application Affects tissue zinc concentration and seed yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Pedosphere*, 25(2), 275-281. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60012-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60012-1)
- Rayan, J., Estefan, G. & Rashid, A. (2001). *Soil and plant analysis laboratory manual*. Second edition. Available from ICARDA, Aleppo, Syria, X+172.
- Reyes, J. O., Bendezú, S. G. & Joaquín, A. H. (2016). Molybdenum and Cobalt Application in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with Two Fertilization Systems under No-Tillage. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 72. DOI: 10.17265/2161-6264/2016.02.002
- Saeidi Aboueshaghi, R., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M. & Baluchi, H. (2014). Effect of irrigation intervals and foliar application of iron and zinc on some physiological and morphological characteristics of red bean (*Phaseolous vulgaris* L.). *Plant Process and Function*, 3(7), 27-42. (in Persian)
- Tang, T. & Miller, D. M. (1991). Growth and tissue composition of rice grown in soil treated with inorganic copper, nickel, and arsenic. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 22, 2037-2045. <https://doi.org/10.1080/00103629109368556>.
- Vieira, R. F., Paula, T. J., Pires, A. A., Carneiro, J. E. S. & da Rocha, G. S. (2011). Common bean seed complements molybdenum uptake by plants from soil. *Agronomy journal*, 103(6), 1843-1848.
- Yakubu, H., Kwari, J. D. & Sandabe, M. K. (2010). Effect of molybdenum fertilizer on N₂ fixation by some grain legume varieties in Sudano-Sahelian Zone of North Eastern Nigeria. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 8(1), 109-115. DOI: 10.4314/njbas.v18i1.56837
- Yamaguchi, T., Tsukada, C., Takahama, K., Hiroto, T., Tomioka, R. & Takenaka, C. (2019). Localization and speciation of cobalt and nickel in the leaves of the cobalt-hyperaccumulating tree *Clethra barbinervis*. *Trees*, 33(2), 521-532. DOI: 10.1007/s00468-018-1797-6
- Zaborowska, M., Kucharski, J. & Wyszowska, J. (2016). Biological activity of soil contaminated with cobalt, tin, and molybdenum. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(7), 398. DOI: 10.1007/s10661-016-5399-8
- Zahedi, S. M., Farzad Rasoli, F. & Gohari, G. (2017). The effect of potassium on the yield and concentrations of microelements in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) under drought stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 12(48), 25-34. (in Persian)