مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۳، ۱۳۹۱ (۴۶۸-۴۶۱)

بررسی پاسخ ژنوتیپ های مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به کمبود روی در شرایط گلخانه

محسن بیگی[1*]، غلامرضا ثواقبی[2] و بابک متشرع زاده[3]
۱، ۲، ۳، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱ – تاریخ تصویب: ۹۱/۳/۳۱)

چکیده

کمبود روی در خاک های آهکی عامل محدود کننده عملکرد و کیفیت محصول است. لوبیا گیاهی حساس به کمبود روی می باشد. برای بررسی پاسخ ژنوتیپ های مختلف لوبیا به کمبود روی خاک، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو عامل که عامل اول دو سطح روی (۰ و ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک به صورت سولفات روی) و عامل دوم ۱۲ ژنوتیپ لوبیا بودند که با سه تکرار در شرایط گلخانه اجرا شد. جذب روی بخش های جوان و مسن اندام هوایی همبستگی معنی داری با روی کارایی کل داشت اما غلظت روی بخش های جوان و مسن اندام هوایی همبستگی کمتری با روی کارایی کل داشت. بنابراین، شاخص جذب روی نسبت به غلظت روی خصوصیت مناسب تری برای شناسایی ژنوتیپ های لوبیای روی کارا می باشد. در شرایط کفایت روی در تمام ژنوتیپ ها ، تولید ماده خشک در مقایسه با گیاهان کشت شده در شرایط کمبود روی افزایش یافت. در شرایط کمبود روی، تولید ماده خشک بخش جوان اندام هوایی در ژنوتیپ های غیرروی کارا کمتر بود. اما در بخش مسن اندام هوایی ماده خشک بیشتری به دست آمد. به علاوه، پاسخ ژنوتیپ های غیر روی کارا در مقایسه با ژنوتیپ های روی کارا نسبت به کاربرد کود روی بیشتر بود.

واژه های کلیدی: **بخش جوان و مسن اندام هوایی، روی کارایی، غلظت و جذب روی، لوبیا**

مقدمه

روی عنصری ضروری برای گیاهان بوده و کمبود آن یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان است (Lindsay., 1972). روی در متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات ها نقش دارد. از نقش های مهم روی در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می توان به افزایش پروتئین و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی اشاره نمود. در خاک های آهکی pH و درصد بالا می باشد به همین علت کمبود روی در خاک های آهکی به علت بالا بودن pH، وجود کربنات کلسیم و کاهش قابلیت جذب آن به علت تشکیل ترکیبات نامحلول، شایع است (Gonzalez., 2007). لوبیا گیاهی است که حساسیت بالایی به کمبود روی دارد (Fageria., 2008). به دلیل عوامل کشاورزی و زیست محیطی کاربرد کود برای رفع کمبود روی همیشه یک راهکار مناسب نمی باشد (Graham & Rengel, 1993).

* نویسنده مسئول: محسن بیگی تلفن: ۰۹۱۰۸۰۷۰۰۹۲ E-mail: Mohsenbeygi63@gmail.com

با توجه به تفاوت های ژنوتیپ های مختلف گیاهی نسبت به کمبود روی، شناسایی و کاشت ژنوتیپ های روی کارا که در استفاده از روی خاک و روی بافت خود کارا هستند می تواند یک جایگزین مناسب برای کاربرد کود روی باشد (Moraghan & Grafton., 1999). روی کارایی (Zinc Efficiency) عبارتست از توانایی رشد و عملکرد خوب در شرایط کمبود روی خاک که از تقسیم عملکرد دانه یا اندام هوایی در تیمار کمبود روی به عملکرد در تیمار کفایت روی به دست می آید (Cakmak et al., 1998). در سالهای اخیر محققین زیادی روی‌کارایی و مکانیسم های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و ژنتیکی آن را در گیاهان مختلف مورد بررسی قرار داده اند (Moraghan & Grafton., 2003; Khoshgoftarmanesh et al., 2004; Sadeghzadeh et al., 2009 Moshiri et al., 2010).

Torun et al (2000) گزارش کردند که تفاوت ژنوتیپ ها در ظرفیت انتقال روی از اندام های مسن به جوان یک عامل مهم در بروز روی کارایی می باشد. Sadeghzadeh et al (2009) عنوان کردند که غلظت و جذب روی در اندام هوایی می توانند برای ارزیابی روی کارایی ژنوتیپ های جو مورد استفاده قرار گیرند. Hajiboland & Salehi (2006) گزارش کردند که جذب و انتقال روی از ریشه به اندام هوایی در ژنوتیپ های روی کارا بیشتر بود. Moshiri et al (2010) گزارش کردند که جذب روی در ارقام روی کارای گندم بیشتر بود و جذب روی نسبت به غلظت آن در اندام هوایی همبستگی بیشتری با روی کارایی داشت. Hacisalihoglu et al (2004a) نشان دادند که روی کارایی در ژنوتیپ های لوبیا وابسته به اندام هوایی بوده و ریشه عامل موثری در روی کارایی نیست. با توجه به اهمیت موضوع و نقش روی در افزایش کمی و کیفی لوبیا این پژوهش با هدف بررسی پاسخ های گیاهی (تولید ماده خشک و غلظت و جذب روی در بخش های جوان، مسن و کل اندام هوایی) در ارقام مختلف لوبیا به کمبود روی در یک خاک آهکی در شرایط گلخانه به اجرا در آمد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی پاسخ های تعدادی از ژنوتیپ های لوبیا به کمبود روی، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در شرایط گلخانه ای در گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران طراحی گردید. عامل اول ۱۲ ژنوتیپ لوبیا (۶ ژنوتیپ چیتی شامل کاردینال، خمین، Ks-۲۱۱۸۹, Ks-۲۱۴۷۰, ۰۱۴۳۷ Ks-۲۱۶۴۶,G و ۶ ژنوتیپ سفید شامل درسا، پاک، شکوفا، دهقان، دانشکده و جولس) و عامل دوم ۲ سطح روی (۰ و ۱۰ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک) که در سه تکرار بررسی شدند. خاک مورد آزمایش از منطقه هشتگرد کرج تهیه گردید. قبل از کاشت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه گیری شد (Chapman, 1961) (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آهکی مورد استفاده در گلدان و برخی عناصر محدود کننده رشد در خاک آهکی

خصوصیت	مقدار	خصوصیت	مقدار
بافت	لوم	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۱۲۰/۰۰
رطوبت ظرفیت مزرعه (٪)	۱۹/۰۰	فسفر قابل جذب (mg/kg)	۱۱/۰۰
مواد خنثی شونده (آهک) (٪)	۶/۰۰	روی قابل جذب* (mg/kg)	۰/۵۰
مواد آلی (٪)	۰/۹۱	آهن قابل جذب* (mg/kg)	۱/۵۰
pH	۸/۳۰	مس قابل جذب* (mg/kg)	۰/۵۰
Ec (dS/m)	۰/۷۶	منگنز قابل جذب*(mg/kg)	۸/۵۰
نیتروژن کل (٪)	۰/۰۷		

*DTPA-extractable

ابتدا ۲۵۰۰ گرم خاک در هر گلدان ریخته شد و سپس قبل از کاشت و به هنگام آبیاری به نیمی از گلدان ها به میزان ۱۰ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک به صورت سولفات روی (تیمار کفایت روی) و به نیمی

دیگر از گلدان ها کود سولفات روی اضافه نشد (تیمار کمبود روی). همچنین برای جلوگیری از بروز کمبود سایر عناصر، به همه گلدان ها عناصر غذایی مورد نیاز اضافه گردید.

حد کمبود و بیشبود عنصر روی در خاک تحت کشت گیاه لوبیا به ترتیب ۱ و ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد. برای کاشت، ابتدا تعداد شش بذر لوبیا در هر گلدان کاشته شد، که یک هفته پس از جوانه زنی تعداد جوانه ها به سه عدد در هر گلدان کاهش یافت. در طول دوره رشد، آبیاری گلدان ها با آب مقطر تا ۸۰٪ ظرفیت مزرعه صورت گرفت. دمای گلخانه بین ۱۸ تا ۲۸ درجه سلسیوس و مدت زمان روشنایی بین ۱۲ الی ۱۴ ساعت در شبانه روز متغییر بود (Cakmak et al., 1997). ۴۵ روز بعد از کاشت، اندام هوایی برداشت و به دو قسمت جوان و مسن تقسیم شدند (Hacisalihoglu et al., 2004b). برگ های سه برگچه ای اولیه و ساقه زیر آن به عنوان بخش مسن و بقیه اندام هوایی به عنوان بخش جوان در نظر گرفته شدند (Hacisalihoglu et al., 2004b). نمونه های گیاهی بعد از برداشت ابتدا خشک و سپس توزین و آسیاب شدند. عصاره گیاهی با روش اکسایش خشک بدست آمد (Chapman., 1961).

در عصاره بدست آمده غلظت عنصر روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu –6400 قرائت گردید.

درصد روی کارایی (ZE%) برای بخش جوان، مسن و کل اندام هوایی و همچنین میزان جذب از روابط زیر محاسبه گردید (Hacisalihoglu et al., 2004b). آنالیز داده ها شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

$$ZE\% = \frac{\text{وزن خشک اندام هوایی در تیمار بدون روی}}{\text{وزن خشک اندام هوایی در تیمار کفایت روی}} \times 100$$

جذب (µg/pot) = وزن خشک (g pot^{-1}) × غلظت (µg g^{-1})

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مربوط به وزن گیاه لوبیا و غلظت و جذب روی در آن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن کل (g pot^{-1})	وزن بخش جوان (mg kg^{-1})	وزن بخش مسن (mg kg^{-1})	غلظت روی بخش جوان (µg g^{-1})	غلظت روی بخش مسن (µg g^{-1})	جذب روی کل (µg pot^{-1})	جذب روی بخش جوان (µg pot^{-1})	جذب روی بخش مسن (µg pot^{-1})
ژنوتیپ	۱۱	۲/۱۳**	۰/۴۲**	۱/۰۶**	۱۳۲/۸۶**	۷۸/۹۲**	۲۹۸۱/۵**	۹۹۲/۴۳**	۸۱۳/۴۲**
کود روی	۱	۲۱/۷۰**	۳۷/۵۰**	۲/۱۴**	۹۱۱۱/۳۷**	۱۷۰۵/۵۷**	۱۲۸۹۱۹/۴۱**	۱۰۶۷۸۲/۰۷**	۱۰۴۱/۵۰**
کود روی×ژنوتیپ	۱۱	۰/۵۰*	۰/۴۵*	۰/۴۱*	۷۱/۶۸**	۲۳/۵۳**	۱۱۷۹/۲**	۷۰۲/۷۸**	۴۳۳/۳۶*
خطا	۴۸	۰/۲	۰/۱۸	۰/۱۶	۲/۱۸	۵/۷۵	۲۰۰/۵۲	۱۸۳/۹۹	۹۸/۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۳۰	۱۶/۵۰	۱۸/۹۴	۶/۵۲	۱۲/۹۵	۱۷/۶۱	۲۵/۴۲	۲۴/۶۳

** و * و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪ ، ۵٪ و غیرمعنی‌دار می باشند.

نتایج و بحث

روی کارایی (ZE) و عملکرد ماده خشک

درصد روی کارایی از ۷۲٪ (G۰۱۴۳۷) تا ۲۵٪ (کاردینال) برای بخش جوان اندام هوایی و از ۹۲٪ (G۰۱۴۳۷) تا ۵۴٪ (دهقان) برای کل اندام هوایی متغییر بود (جدول۳). محققین دیگر نیز از وزن خشک اندام هوایی برای محاسبه روی کارایی استفاده نمودند (Khoshgoftarmanesh et al., 2004; Hajiboland & Salehi., 2006; Sadeghzadeh et al., 2009; Moshiri et al., 2010). تقسیم اندام هوایی به دو بخش جوان و مسن در تحقیق مشابه انجام گردید و نشان داده شد که محاسبه روی کارایی بر اساس وزن خشک بخش جوان نسبت به وزن خشک کل اندام هوایی پارامتر بهتری برای جداسازی ژنوتیپ های روی کاراست (Hacisalihoglu et al., 2004b). در ارتباط با بخش مسن اندام هوایی، روی کارایی در تمام ژنوتیپ ها بالای

۱۰۰٪ بود (جدول ۳). این مساله نشان داد که کمبود روی باعث افزایش وزن خشک بخش مسن نسبت به شرایط کفایت روی خاک می شود. علت این مساله انتقال کمتر روی از بخش های مسن به بخش های جوان اندام هوایی در تیمار کمبود روی است. در تمام جداول، داده ها بر اساس روی کارایی کل اندام هوایی (از زیاد به کم) مرتب شده اند.

جدول ۳- وزن خشک کل، بخش جوان و مسن اندام هوایی در ۱۲ ژنوتیپ لوبیا پس از ۴۵روز با دو تیمار کمبود (-Zn) و کفایت روی (+Zn) خاک (داده ها براساس روی کارایی کل اندام هوایی از زیاد به کم مرتب شده اند).

ژنوتیپ ها	کل اندام هوایی			بخش جوان اندام هوایی			بخش مسن اندام هوایی		
	-Zn	+Zn	ZE	-Zn	+Zn	ZE	-Zn	+Zn	ZE
	g pot^{-1}		(%)	g pot^{-1}		(%)	g pot^{-1}		(%)
G۰۱۴۳۷	۴/۲۵ ±۰/۱۶	۴/۶۱±۰/۳۱	۹۲	۱/۹۸±۰/۰۱	۲/۷۹±۰/۳۶	۷۲	۲/۲۷±۰/۱۷	۱/۸۲±۰/۰۶	۱۲۵
Ks-۲۱۶۴۶	۳/۷۵±۰/۲۹	۴/۱۸±۰/۲۱	۹۰	۱/۷۸±۰/۲۴	۲/۷۸±۰/۲۱	۶۳	۱/۹۷±۰/۱۱	۱/۴۰±۰/۱۲	۱۴۶
درسا	۳/۲۰±۰/۱۶	۳/۸۰±۰/۲۷	۸۵	۱/۴۴±۰/۱۴	۲/۳۳±۰/۳۵	۶۲	۱/۷۶±۰/۳۱	۱/۴۷±۰/۲۳	۱۲۲
Ks-۲۱۱۸۹	۳/۳۱±۰/۱۵	۳/۹۱±۰/۳۵	۸۴	۱/۵۲±۰/۰۳	۲/۸۷±۰/۳۸	۵۲	۱/۷۹±۰/۱۶	۱/۰۳±۰/۱۱	۱۷۵
شکوفا	۳/۷۲±۰/۲۱	۴/۶۸±۰/۱۸	۸۰	۱/۴۶±۰/۱۷	۲/۹۰±۰/۱۷	۵۱	۲/۲۶±۰/۲۲	۱/۷۸±۰/۱۴	۱۲۶
دانشکده	۳/۳۷±۰/۳۰	۴/۴۸±۰/۲۸	۷۶	۱/۲۸±۰/۳۶	۲/۵۶±۰/۲۲	۵۰	۲/۰۹±۰/۵۴	۱/۹۲±۰/۴۵	۱۱۲
Ks-۲۱۴۷۰	۲/۶۵±۰/۲۶	۳/۶۷±۰/۲۶	۷۳	۱/۴۴±۰/۰۶	۲/۷۷±۰/۲۷	۵۳	۱/۲۱±۰/۳۰	۰/۹۱±۰/۱۴	۱۳۴
پاک	۲/۳۸±۰/۲۹	۳/۷۲±۰/۳۱	۶۴	۱/۰۶±۰/۰۵	۲/۵۷±۰/۴۸	۴۲	۱/۳۲±۰/۳۴	۱/۱۶±۰/۲۳	۱۱۲
خمین	۲/۱۷±۰/۲۳	۳/۸۰±۰/۵۳	۵۷	۰/۷۴±۰/۰۶	۲/۵۳±۰/۵۳	۳۰	۰/۱۹±۱/۴۴	۱/۲۷±۰/۰۵	۱۱۳
جولس	۲/۲۴±۰/۲۷	۴/۰۸±۰/۲۳	۵۶	۱/۰۲±۰/۱۰	۳/۰۹±۰/۲۱	۳۴	۱/۲۲±۰/۳۱	۱/۰۰±۰/۱۸	۱۲۰
کاردینال	۱/۸۴±۰/۲۴	۳/۴۲±۰/۱۹	۵۵	۰/۵۹±۰/۰۸	۲/۴۱±۰/۱۶	۲۵	۱/۲۵±۰/۲۷	۱/۰۱±۰/۱۹	۱۲۳
دهقان	۱/۷۹±۰/۱۵	۳/۴۹±۰/۲۱	۵۴	۰/۸۴±۰/۱۰	۲/۷۸±۰/۱۰	۳۲	۰/۹۵±۰/۱۵	۰/۶۲±۰/۲۰	۱۵۳
LSD*	۰/۷۵		۲۲	۰/۷۰		۱۶	۰./۶۹		۴۳

LSD* تفاوت معنی داری در سطح ۵٪

اثر ژنوتیپ و کود روی بر وزن خشک کل اندام هوایی در سطح ۱٪ و اثر متقابل کود روی و ژنوتیپ بر وزن خشک کل اندام هوایی در سطح ۵٪ معنی دار بودند (جدول ۲). وزن خشک کل اندام هوایی در تیمار کمبود روی در ژنوتیپ های روی کارا بیشتر بود (جدول ۳). این مساله نشان داد که ژنوتیپ های روی کارای لوبیا در شرایط کمبود نیز دارای عملکرد مطلوب می باشند. بررسی های مشابه نیز نشان داد که ژنوتیپ های روی کارا لوبیا دارای عملکرد دانه و ماده خشک بیشتری نسبت به ژنوتیپ های غیرروی کارا بودند (Moraghan and Grafton., 2003; Fageria.,2008). در تیمار کفایت روی، وزن خشک کل اندام هوایی در تمام ارقام در مقایسه با تیمار کمبود روی افزایش یافت ولی درصد افزایش عملکرد ژنوتیپ های غیر روی کارا بیشتر بود (جدول ۳). بیشترین مقدار وزن خشک کل اندام هوایی در تیمار کمبود روی با ۴/۲۵ گرم در گلدان متعلق به ژنوتیپ G۰۱۴۳۷ و کمترین مقدار با ۱/۷۹ گرم در گلدان متعلق به ژنوتیپ دهقان بود (جدول ۳). اثر ژنوتیپ و کود روی بر وزن خشک بخش جوان و مسن اندام هوایی در سطح ۱٪ و اثر متقابل کود روی و ژنوتیپ بر وزن خشک بخش جوان و مسن اندام هوایی در سطح ۵٪ معنی دار بودند (جدول ۲) در تیمار کمبود روی، عملکرد ماده خشک بخش جوان اندام هوایی ژنوتیپ های روی کارا بیشتر از ژنوتیپ های غیر روی کارا بود. بیشترین مقدار وزن خشک بخش جوان در تیمار کمبود روی با ۱/۹۸گرم در گلدان متعلق به رقم G۰۱۴۳۷ و کمترین مقدار با ۰/۵۹ گرم در گلدان متعلق به ژنوتیپ کاردینال بود. اضافه کردن کود روی وزن خشک بخش جوان را نیز افزایش داد که درصد افزایش در ژنوتیپ های غیر روی کارا بیشتر بود. در تمام

ژنوتیپ ها ، وزن خشک بخش مسن اندام هوایی در تیمار کمبود روی بیشتر از تیمار کفـایت روی بود (جدول ۳). این مساله احتمال وجود وجود یک بازدارندگی در انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن فیزیولوژیک را در شرایط کمبود روی را نشان می داد که از نتایج تجمع مواد فتوسنتزی در برگ های اولیه، تشکیل گونه های O_2 واکنشی در سلول و آسیب فتواکسیداتیو به کلروپلاست برگ هاست (Cakmak et al., 1998). محققین دیگر نیز نشان دادند که کمبود روی باعث تجمع مواد فتوسنتزی در برگ های اولیه گردید و اضافه کردن کود روی باعث کاهش تجمع در بخش منبع فیزیولوژیک بعد از ۴۸ ساعت شد (Marshner & cakmak., 1989; Hacisalihoglu et al., 2004a). همچنین افزایش وزن خشک برگ های اولیه در شرایط کمبود روی می تواند به ممانعت از رشد اندام های هوایی جوان به دلیل کاهش غلظت فیتوهورمون ها نسبت داده شود (Cakmak et al., 1998).

غلظت و جذب روی

اثر ژنوتیپ ، اثر کود روی و اثـر متقابـل کـود روی و ژنوتیپ بر غلظـت روی در بخـش جـوان و مـسن انـدام هوایی در سطح ۵٪ معنی دار بودند (جـدول ۲). غلظـت روی در بخش جوان و مسن اندام هوایی در تیمار کمبود روی بسیار کم و از ۸/۱۶ تا ۱۴/۱۲ $\mu g\ g^{-1}$ بـرای بخـش جوان و از ۱۰/۱۹ تا ۱۸/۱۳ $\mu g\ g^{-1}$ بـرای بخـش مـسن متغییر بود. (جدول۴). در تیمار کفایت روی، غلظت روی در بخش جوان بیشتر از بخش مسن بود که ایـن مـساله انتقال روی از بخش مسن به بخش جـوان را نـشان مـی داد. ژنوتیـــپ هـــای روی کـــارا (ماننـــد G۰۱۴۳۷، Ks-۲۱۶۴۶، درسا، Ks-۲۱۱۸۹ و شکوفا) دارای غلظـت روی بیشتری در بخش جوان و مـسن در تیمـار کمبـود روی بودند ولی بـا ایـن حـال، تفـاوت معنـی داری بـین ژنوتیپ ها وجـود نداشـت. بـه همـین دلیـل، بـین روی کارایی و غلظت در بخـش مـسن و جـوان انـدام هـوایی همبـستگی بـالایی مـشاهده نـشد (شـکل ۱). بررسـی محققین دیگـر نیـز نـشان داد غلظـت روی در شـرایط کمبود در ژنوتیپ های مختلف یکسان بود ولی در تیمار کفایت روی ژنوتیپ های روی کارا دارای غلظت بیشتری بودند (Hacisalihoglu et al., 2001). با وجود اینکه روی کارایی بین ژنوتیپ ها بـسیار متفـاوت بـود ولـی غلظـت روی در بین ژنوتیپ ها تفـاوت زیـادی در هـر دو تیمـار کودی نداشت (جدول۴).

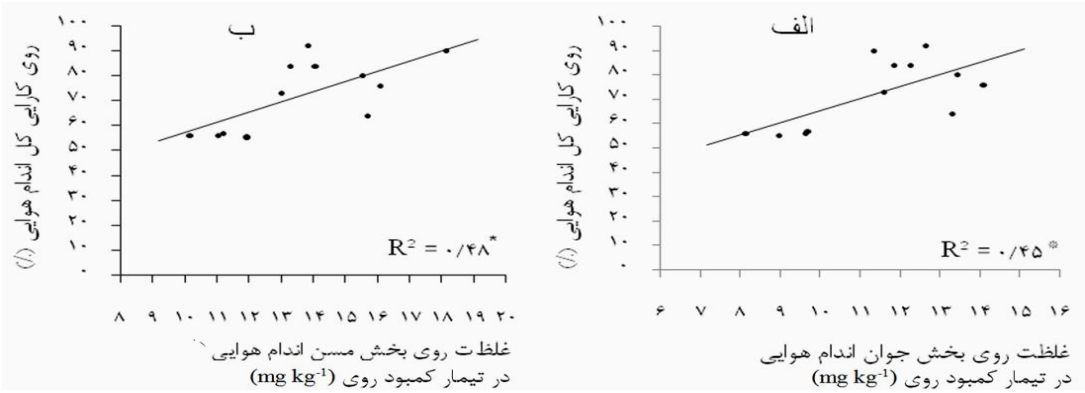
جدول ۴- غلظت روی اندام هوایی ۱۲ رقم لوبیا پس از ۴۵ روز با دو تیمار کمبود (Zn-) و کفایت روی (Zn+) روی خاک

ژنوتیپ ها	ZE	بخش جوان		بخش مسن	
		-Zn	+Zn	-Zn	+Zn
		$\mu g\ g^{-1}$			
G۰۱۴۳۷	۹۲	۱۲/۶۴±۰/۸۴	۳۰/۸۴±۱/۴۸	۱۳/۸۴±۰/۴۹	۲۳/۲۶±۰/۷۸
Ks-۲۱۶۴۶	۹۰	۱۱/۳۳±۰/۶۳	۳۱/۱۶±۱/۷۵	۱۸/۱۳±۰/۹۲	۲۳/۵۶±۰/۶۵
درسا	۸۵	۱۲/۲۷±۰/۹۶	۳۸/۳۶±۲/۲۸	۱۴/۰۹±۰/۱۷	۲۴/۱۰±۰/۷۹
Ks-۲۱۱۸۹	۸۴	۱۱/۸۶±۰/۶۴	۲۶/۵۸±۰/۹۲	۱۳/۲۹±۰/۵۳	۱۹/۰۹±۰/۸۰
شکوفا	۸۰	۱۳/۴۵±۰/۳۵	۴۵/۰۶±۱/۸۰	۱۵/۵۴±۰/۳۳	۲۸/۷۴±۱/۲۳
دانشکده	۷۶	۱۴/۱۲±۰/۴۲	۴۴/۰۴±۲/۵۱	۱۶/۰۹±۰/۶۳	۳۱/۶۱±۱/۴۷
Ks -۲۱۴۷۰	۷۳	۱۱/۵۹±۰/۴۸	۳۰/۷۰±۲/۷۴	۱۳/۰۰±۰/۲۸	۲۱/۵۶±۰/۹۲
پاک	۶۴	۱۳/۳۰±۰/۳۷	۴۲/۲۲±۱/۹۳	۱۵/۶۹±۰/۳۳	۳۱/۸۵±۱/۸۱
خمین	۵۷	۹/۷۱±۰/۳۸	۲۹/۸۷±۰/۸۸	۱۱/۱۹±۰/۸۰	۱۷/۱۹±۰/۷۵
جولس	۵۶	۹/۶۳±۰/۲۵	۳۱/۹۹±۱/۷۰	۱۱/۰۴±۰/۶۵	۲۱/۴۰±۱/۱۵
کاردینال	۵۵	۸/۱۶±۰/۴۴	۲۸/۴۴±۰/۹۱۱	۱۰/۱۹±۰/۷۰	۱۴/۴۲±۰/۵۰
دهقان	۵۴	۸/۹۷±۰/۵۳	۳۹/۷۰±۰/۷۳	۱۱/۹۶±۰/۳۷	۲۴/۰۸±۱/۲۴
LSD*	۲۲	۲/۴۳		۳/۹۴	

LSD* تفاوت معنی داری در سطح ۵٪

این نتایج نشان داد که غلظت روی یک عامل مناسب برای شناسایی و جداسازی ژنوتیپ های مقاوم به کمبود روی خاک نیست. این شواهد با نتایج بدست آمده توسط محققین دیگر همخوانی داشت (Graham &

(Rengel., 1993; Moshiri et al., 2010). این محققین اظهار داشتند جذب روی نسبت به غلظت آن همبستگی بیشتری با روی کارایی گیاهان مختلف داشت. همچنین جذب عامل مناسب تری برای قضاوت در مورد ژنوتیپ های روی کارا بود و غلظت روی در گونه های مختلف گیاهی مانند برنج، گندم، لوبیا و جو که از نظر روی کارایی متفاوت بودند اختلاف معنی داری با هم نداشتند. در مقابل این نتایج، بررسی های دیگر نشان داد که علاوه بر جذب روی، غلظت آن نیز در ژنوتیپ های روی کارا بیشتر از ژنوتیپ های غیر روی کارا بود و همبستگی بالایی با روی کارایی داشت (Khoshgoftarmanesh et al., 2004).



شکل ۱- همبستگی بین غلظت روی در بخش جوان (الف) و مسن اندام هوایی (ب) با روی کارایی در تیمار کمبود روی خاک (*- تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ و R^2 مربع ضریب رگرسیون خطی).

برخلاف غلظت، جذب روی بخش جوان گیاه در تیمار کودی در ژنوتیپ های روی کارا بیشتر از ژنوتیپ های غیرروی کارا بود (جدول۵).

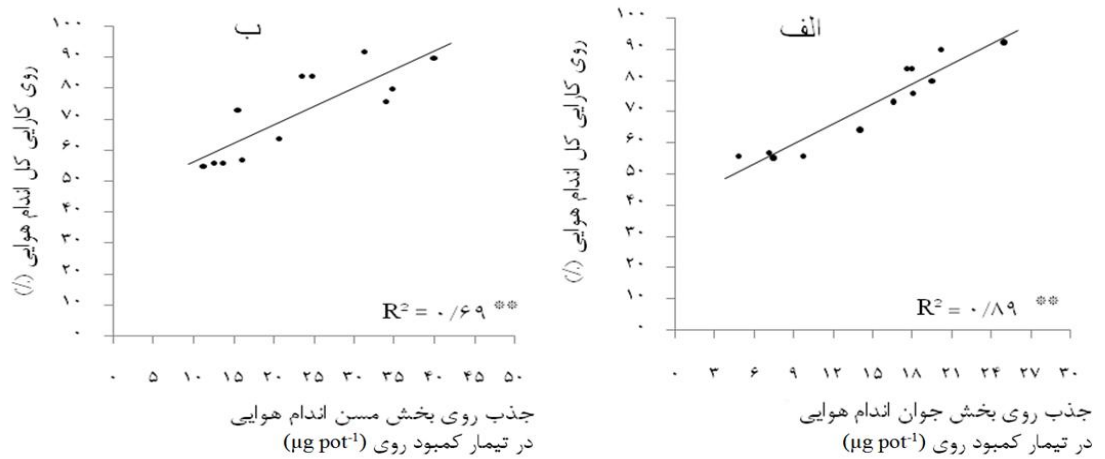
جدول ۵- جذب روی بخش در جوان، مسن و کل اندام هوایی ۱۲ رقم لوبیا پس از ۴۵ روز با دو تیمار کمبود (Zn-) و کفایت روی (Zn+) روی خاک

ژنوتیپ ها	ZE	کل اندام هوایی		بخش جوان		بخش مسن	
		-Zn	+Zn	-Zn	+Zn	-Zn	+Zn
		(µg pot^{-1})		(µg pot^{-1})		(µg pot^{-1})	
G۰۱۴۳۷	۹۲	۵۶/۳۶±۳/۰۶	۱۲۸/۰۱±۵/۹۶	۲۵/۰۳±۰/۵۰	۸۵/۹۸±۵/۹۵	۳۱/۳۳±۱/۱۶	۴۲/۰۳±۱/۰۴
Ks-۲۱۶۴۶	۹۰	۳۲/۶۰±۲/۶۲	۱۱۸/۴۱±۷/۷۱	۲۰/۲۱±۱/۶۱	۸۶/۴۹±۴/۷۱	۴۰/۱۱±۲/۰۴	۳۱/۹۱±۲/۵۹
درسا	۸۵	۴۲/۴۰±۳/۳۱	۱۲۴/۰۲±۸/۳۵	۱۷/۶۱±۱/۳۶	۸۹/۳۸±۴/۸۱	۲۴/۷۹±۱/۹۴	۳۴/۶۴±۱/۲۴
Ks-۲۱۱۸۹	۸۴	۴۱/۵۱±۲/۹۶	۹۶/۳۲±۶/۰۴	۱۷/۹۴±۰/۴۵	۷۶/۵۷±۳/۶۷	۲۳/۵۷±۰/۹۰	۱۹/۷۴±۱/۵۶
شکوفا	۸۰	۵۴/۳۸±۳/۵۶	۱۸۱/۲۴±۹/۹۲	۱۹/۵۷±۲/۲۳	۱۳۰/۳۳±۶/۲۳	۳۴/۸۲±۱/۴۹	۵۰/۹۱±۲/۳۵
دانشکده	۷۶	۵۲/۰۷±۴/۵۱	۱۷۳/۶۵±۸/۷۳	۱۸/۰۵±۱/۵۰	۱۱۲/۷۵±۷/۲۵	۳۴/۰۱±۱/۶۹	۶۰/۹۰±۳/۰۱
Ks -۲۱۴۷۰	۷۳	۳۲/۲۵±۳/۲۲	۱۰۴/۷۹±۷/۳۳	۱۶/۵۷±۰/۷۰	۸۴/۹۴±۶/۹۰	۱۵/۶۹±۰/۸۷	۱۹/۸۵±۰/۷۷
پاک	۶۴	۳۴/۷۵±۳/۰۹	۱۴۵/۷۴±۸/۶۱	۱۴/۱۲±۰/۱۲	۱۰۸/۸۰±۶/۲۱	۲۰/۶۲±۰/۷۳	۳۶/۹۳±۲/۸۴
خمین	۵۷	۲۳/۲۱±۲/۳۷	۹۱/۹۴±۶/۴۱	۷/۱۴±۰/۶۵	۷۰/۱۴±۴/۸۹	۱۶/۰۸±۱/۰۲	۲۱/۸۰±۱/۴۴
جولس	۵۶	۲۳/۴۲±۲/۸۰	۱۲۱/۲۹±۷/۴۷	۹/۷۵±۱/۴۶	۹۹/۵۹±۵/۵۱	۱۳/۶۶±۰/۹۶	۲۱/۶۹±۱/۲۲
کاردینال	۵۵	۱۷/۳۸±۲/۷۳	۵۸/۹۷±۳/۲۹	۴/۷۹±۰/۵۶	۴۴/۴۳±۳/۶۵	۱۲/۶۰±۰/۸۸	۱۴/۵۴±۰/۷۷
دهقان	۵۴	۱۸/۹۵±۱/۱۳	۱۲۸/۲۰±۶/۴۸	۷/۵۴±/۸۷	۱۱۳/۱۶±۶/۳۶	۱۱/۴۱±۰/۸۲	۱۵/۰۴±۰/۳۱
LSD*	۲۲	۸/۲۵		۵/۶۹		۶/۲۵	

LSD* تفاوت معنی داری در سطح ۵٪

به همین دلیل همبستگی بین روی کارایی و جذب روی در بخش جوان زیاد بود (شکل ۲). اثر ژنوتیپ، کود روی و اثر متقابل ژنوتیپ و کود روی بر جذب روی کل و بخش جوان اندام هوایی در سطح ۵٪ معنی دار بودند

(جدول ۱). بیشترین و کمترین جذب روی در بخش جوان در تیمار کمبود روی به ترتیب متعلق به ژنوتیپ G۰۱۴۳۷ با ۲۵/۰۳ و ژنوتیپ کاردینال با $\mu g\ pot^{-1}$ ۴/۷۹ بود. همبستگی بالای روی کارایی و جذب روی نشان می دهد که ژنوتیپ های روی کارا قادر به انتقال روی بیشتری از برگ های مسن به اندام های جوانتر هستند. اثر ژنوتیپ و کود روی بر جذب روی بخش مسن در سطح ۱٪ و اثر متقابل ژنوتیپ و کود روی بر جذب روی بخش مسن در سطح ۵٪ معنی دار بودند (جدول ۲). همبستگی جذب روی بخش مسن با روی کارایی زیاد بود (شکل ۲). تحقیقات مشابه نشان داد که همبستگی بین روی کارایی و جذب روی در بخش مسن و جوان بیشتر از همبستگی بین روی کارایی و غلظت روی بخش مسن و جوان اندام هوایی بود (Hacisalihoglu et al., 2004b). جذب روی کل از جمع جذب روی بخش جوان و مسن اندام هوایی به دست آمد و در تیمار کمبود روی در ژنوتیپ های روی کارا بیشتر بود (جدول ۵). به علت پاسخ دهی بیشتر ژنوتیپ های غیرروی کارا به کاربرد کود ، روند خاص کاهشی یا افزایشی بین روی کارایی و جذب روی در تیمار کفایت روی مشاهده نشد (جدول۵). تحقیقات مشابه نشان داد که جذب روی در ژنوتیپ های روی کارای لوبیا بیشتر بود (Moraghan & Grafton., 1999).



شکل ۲- همبستگی بین جذب روی در بخش جوان (الف) و مسن اندام هوایی (ب) با روی کارایی در تیمار کمبود روی خاک (*- تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ و R^2 مربع ضریب رگرسیون خطی).

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ های لوبیا از بسیار روی کارا تا غیر روی کارا تقسیم بندی شدند. ژنوتیپ های روی کارا دارای عملکرد ماده خشک بیشتری بودند. ژنوتیپ های غیر روی کارا واکنش بیشتری به اضافه کردن کود روی از خود نشان دادند. بخش مسن اندام هوایی در تمام ژنوتیپ ها دارای وزن بیشتری در تیمار کمبود روی بود که نشان دهنده یک بازدارندگی در انتقال مواد فتوسنتزی به نقاط در حال رشد و مریستمی بود. جذب و غلظت روی در تیمار کمبود روی در ژنوتیپ های روی کارا بیشتر از ژنوتیپ های غیر روی کارا بود. جذب روی عامل مناسب تری برای قضاوت در مورد روی کارایی ژنوتیپ ها است و همبستگی بیشتری نیز با روی کارایی دارد. جذب روی در بخش جوان نسبت به بخش مسن و کل اندام هوایی همبستگی بیشتری با روی کارایی دارد بنابراین بهترین گزینه برای شناسایی ژنوتیپ های روی کاراست. امید است با انجام تحقیق در این زمینه، ژنوتیپ های روی کارا در گونه های مختلف گیاهی شناسایی و راهکار جدیدی برای مواجهه با تنش کمبود عناصر غذایی پیش روی جامعه کشاورزی بویژه در شرایط خاک های آهکی کشور قرار گیرد.

REFERENCES

1. Cakmak, I., Torun, B. Erenoglu, B., Marschner, H., Kalayci, M., Ekiz, H. & Yilmaz, A. (1998). Morphological and physiological differences in cereals in response to zinc deficiency. *Euphytica*, 100 (1-3), 349–357.
2. Cakmak, I, Ekiz, H., Yilmaz, A., Torun, B., Koleli, N., Gultekin, I., Alkan, A. & Eker, S. (1997). Differential response of rye, triticale, bread and durum wheat to Zn deficiency in calcareous soils. *Plant Soil*, 188(1), 1–10.
3. Chapman, H. D., & P.F. Prat. 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California Agriculture Science, Riverside, CA.
4. Fageria, N. K., Barbosa Filho, M. P. & Santos, A. B. (2008). Growth and zinc uptake and use efficiency in food crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(15-16), 2258–2269.
5. Gonzalez, D., Obrador, A. & Alvarez, J. M. (2007). Behavior of zinc from six organic fertilizers applied to a navy bean crop grown in a calcareous soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(17), 7084-7092.
6. Graham, RD. & Rengel, Z. (1993). Genotypic variation in Zn uptake and utilization by plants. In: D. Robson (ed.) *Zinc in soils and plants*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 107–114.
7. Hacisalihoglu, G., Hart, J.J & Kochian, L.V. (2001). High- and low- affinity zinc transport systems and their possible role in zinc efficiency in bread wheat. *Plant Physiology*, 125(1), 456–463.
8. Hacisalihoglu, G. & Kochian, L. V. (2003). How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. *New Phytologist*, 159(2), 341–350.
9. Hacisalihoglu, G., Hart, J .J., Vallejos, C. E. & Kochian, L. V. (2004a) The Role of shoot-localized Processes in the mechanism of zn efficiency in common bean. *Planta*, 218(5), 704–711.
10. Hacisalihoglu, G., Ozturk., L Cakmak., Welch, I. R. M. & Kochian, L. (2004b). Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil. *Plant and Soil*, 259(1-2), 71–83.
11. Hajiboland, R. and Salehi, S.Y. (2006). Characterization of Zn efficiency in iranian rice genotypes. I: Uptake efficiency. *Plant Physiology*, 32(3-4), 191-206.
12. Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari., H. Karimian., M. & Khajehpour, M. R. (2004). Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 27(11), 1953–1962.
13. Lindsay, WL. (1972). Zinc in soils and plant nutrition. *Advance Agronomy*, 24, 147–186.
14. Marschner, H. & Cakmak, I. (1989). High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc potassium, and magnesium deficient bean plant. *Plant Physiology*, 134(4), 308–315.
15. Moraghan, J. T & Grafton, K. (1999). Seed-Zinc Concentration and Zinc-Efficiency Trait in navy bean. *Soil Science Society of American Journal*. 63(4), 918– 922.
16. Moraghan, J.T & Grafton, K. (2003). Plant zinc and the zinc-efficiency trait in navy bean. *Journal of Plant Nutrition*, 26(8), 1649–1663.
17. Moshiri, F., Ardalan, M., Tehrani. M. M. & Savaghebi, GH. (2010). Zinc efficiency of wheat cultivars in a calcareous soil with low zinc status. *Journal of Water and Soil*, 24(1), 145-153. (In Farsi).
18. Sadeghzadeh, B., Rengel, Z. & Li, C. (2009). Differential zinc efficiency of barley genotypes grown in soil and chelator-buffered nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 32(10), 1744–1767.
19. Torun, B., Bozbay, G., Gultekin, I., Braun, H. J., Ekiz, H. & Cakmak, I. (2000). Differences in shoot growth and zinc concentration of 164 bread wheat genotypes in a zinc-deficient calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 23(9), 1251–1265.