Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 53, No 1, Spring 2022 (85-96)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020. 312765.654769

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۱ (ص۹۶-۸۵)

Effect of micronutrients spraying and planting density on yield and yield components of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at Karaj conditions

Esmaeil Afshoon[1], Nasser Majnoon Hosseini [*2], Khyrolla Bayati[3], Ehsan Rabieian[4] and Iman Khaldari [5]

1,2,4,5. Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran, Iran. 3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology, Iran.

(Received: November 10, 2020 - Accepted: January 27, 2021)

ABSTRACT

To evaluate the effects of micro-nutrients foliar application and plant density on two bean genotypes, an experiment was conducted in split factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications at the research farm of College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University in 2015. Foliar spraying in four levels (control (water), ferrous sulfate (2 $g.L^{-1}$), zinc sulfate (2 $g.L^{-1}$), and mixture of ferrous sulfate and zinc (2 $g.L^{-1}$)) was the main factor and different levels of plant density (20, 30 and 40 plants per square meter) as well as two bean genotypes (varieties Akhtar and D81083 Line) were considered as sub-plot factors. The results showed that compared to control, foliar application increased 32.12 and 30.47% of grain yield in D81083 line and Akhtar cultivar, respectively. Simultaneous foliar application of iron and zinc micronutrient fertilizers significantly increased the studied traits in both genotypes. Akhtar cultivar did not show a significant difference in terms of grain yield between densities of 30 and 40 plants per square meter, but at the density of 30 plants per square meter, D81083 line had a higher yield than the other two densities. In general, the results showed that the highest grain yield was obtained from simultaneous foliar application of iron and zinc in D81083 line with a density of 30 plants per square meter.

Keywords: Bean, biological yield, grain yield, harvest index, spraying.

تأثیر تیمار محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در کرج

اسماعیل افشون[۱]، ناصر مجنون حسینی*[۲] خیرالله بیاتی[۳]، احسان ربیعیان[۴] ایمان خالداری[۵]

۱و۲و٤و۵- دانشجو، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳- دانشجو، گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۸)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی با ریزمغذی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو ژنوتیپ لوبیا قرمز، آزمایشی به‌صورت کرت یک‌بار خردشده فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) در سال زراعی ۱۳۹٤ اجرا شد. محلول‌پاشی به‌عنوان فاکتور اصلی در چهار سطح شامل شاهد محلول‌پاشی با آب، محلول‌پاشی دو در هزار سولفات آهن، محلول‌پاشی دو در هزار سولفات روی و محلول‌پاشی توأم سولفات آهن و روی هرکدام دو در هزار و سطوح مختلف تراکم شامل ۲۰، ۳۰ و ٤۰ بوته در مترمربع و دو ژنوتیپ لوبیا (رقم اختر و لاین D81083) به‌صورت فاکتوریل تحت عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی نسبت به عدم کاربرد آن، به‌ترتیب موجب افزایش ۳۲/۱۲ و ۳۰/٤۷ درصدی عملکرد دانه در لاین D81083 و رقم اختر شد. همچنین محلول‌پاشی هم‌زمان کود ریزمغذی آهن و روی، به‌طور معنی‌داری سبب افزایش صفات مورد بررسی در هر دو ژنوتیپ مورد مطالعه شد. بین تراکم‌های ۳۰ و ٤۰ بوته در مترمربع رقم اختر، تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه وجود نداشت، اما در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع، لاین D81083 عملکرد بالاتری نسبت به دو تراکم دیگر داشت. در کل نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول‌پاشی هم‌زمان آهن و روی در لاین D81083 با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، لوبیا، محلول‌پاشی.

* Corresponding author E-mail: mhoseini@ut.ac.ir

مقدمه

لوبیا یکی از منابع مهم غذایی در سرتاسر دنیا محسوب می‌شود که به دلیل دارابودن پروتئین، فیبر و ویتامین در دانه، ارزش غذایی بالایی دارد (Dursum, 2007). از حدود ۸۰۰ هزارهکتار سطح برداشت حبوبات در کشور، لوبیا با ۱۳/۶ درصد در رتبه سوم قرار دارد همچنین میزان برداشت و درصد برداشت لوبیا در ایران به‌ترتیب ۷۰۰ هزارتن و ۳۵ درصد گزارش شده است (FAO, 2018).

عملکرد گیاه زراعی علاوه بر پتانسیل ژنتیکی آن، تحت تأثیر اصول به‌زراعی و شرایط محیطی قرار دارد؛ در این بین، تراکم گیاهی یکی از فاکتورهای زراعی بسیار مؤثر در تعیین عملکرد می‌باشد (Sohani, Zeinal Khanghah &2001). شناخت دقیق اثر متقابل بین عملکرد تک بوته و تغییرات تراکم، یکی از عوامل اصلی در تعیین عملکرد است؛ بنابراین باید میزان و مقدار تأثیرپذیری هر یک از اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه بررسی شود. در یک مطالعه، اثر تراکم بوته (۱۴/۸، ۱۹/۱، ۲۶/۶ و ۴۴/۴ در مترمربع) در گیاه لوبیا بر وزن صد دانه، ارتفاع بوته و تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد، درحالی‌که تعداد غلاف در بوته در اثر افزایش تراکم بوته کاهش و عملکرد دانه افزایش یافت (Salehi, 2012). در تحقیق Parvizi *et al.*(2011) افزایش تراکم تا ۳۰ بوته در مترمربع، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه ارقام لوبیا افزایش داد، اما با افزایش تراکم از ۳۰ به ۶۰ بوته در مترمربع، روند صفات یاد شده کاهشی بود؛ همچنین بیشترین وزن صد دانه از کمترین تراکم (۱۴ بوته در مترمربع) به‌دست آمد.

دانستن تراکم مناسب کشت به خودی خود کافی نیست و کشاورزان برای افزایش عملکرد در واحد سطح، یکی از روش‌های کوددهی رایج شامل مصرف خاکی، از طریق آبیاری، اختلاط با بذر و محلول‌پاشی را مورد استفاده قرار می‌دهند. محلول‌پاشی برگی، یکی از روش‌های سریع در رفع نیاز کودی است که در آن، هم در مصرف کود صرفه‌جویی می‌شود و هم اثر مثبت جنبه‌های اقتصادی - زیست‌محیطی آلودگی شیمیایی حفظ می‌شود که این امر در راستای تحقق کشاورزی پایدار بسیار مؤثر می‌باشد (Malakoti, 2000). عناصر غذایی کم‌مصرف، عناصر بسیار لازم و اساسی برای رشد و نمو گیاهان هستند که در مقادیر کمتر از عناصر غذایی اصلی از قبیل نیتروژن، فسفر و پتاسیم مصرف می‌شوند (Rashid & Ryan., 2004). آهن (Fe)، روی (Zn) ، منگنز (Mn) و مس (Cu) برای رشد گیاهان عالی ضروری هستند و در فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی نقش غیرقابل‌انکاری دارند، به‌طوری‌که هر عامل ثانویه‌ای که موجب غیرقابل‌دسترس بودن این عناصر برای گیاه شود، علایم ناشی از کمبود به‌طور مختلف از قبیل کاهش عملکرد و کاهش غلظت این عناصر در اندام‌های مختلف نمایان خواهد شد و هر گونه تنش تغذیه‌ای ناشی از کمبود این عناصر نیز به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان و حیوان تأثیر نامطلوبی به‌جای می‌گذارد (Sadri & Malakoti, 2004). در لوبیا چیتی گزارش شد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف (اسید بوریک، سولفات روی و سولفات منگز) به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه و زیستی را افزایش داده است (Roshdi *et al.*, 2011). نتایج پژوهش Aboueshaghi1 & Yadavi (2015) در گیاه لوبیا نشان داد که تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد زیستی و شاخص برداشت با کاربرد همزمان آهن و روی به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی افزایش یافت.

لوبیا با شرایط آب و هوایی کرج سازگار است، ولی هیچ گونه مطالعه‌ای در مورد تاثیر تراکم بر عملکرد رقم اختر و لاین D81083 در این شهرستان انجام نشده است، همچنین به دلیل این‌که خاک‌های زراعی ایران عمدتاً قلیایی هستند و تحت چنین شرایطی عناصر ریزمغذی با محدودیت جذب مواجه می‌شوند، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تاثیر تیمار محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در کرج انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و خاک محل آزمایش

این مطالعه در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج با طول جغرافیایی ۳۵ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا در تابستان و پاییز ۱۳۹۴ انجام شد. این منطقه دارای آب و هوای سرد و خشک می‌باشد و میانگین ۳۰ ساله بارندگی آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. بافت خاک مزرعه مورد آزمایش لومی رسی بود. جهت تعیین خصوصیات خاک، شش نمونه خاک از عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری به‌صورت ضربدری از مزرعه تهیه و پس از مخلوط نمودن آن‌ها، یک نمونه مرکب به‌دست آمد و این نمونه به آزمایشگاه تجزیه خاک گروه علوم خاک‌شناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ارسال شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physiochemical properties of the experimental site soil.

Depth (cm)	K	P	Zn	Fe	pH	EC	Soil texture	Sand	Silt	Clay	Organic Carbon	Total N
	(mg kg^{-1})					(dS m^{-1})		%				
0-30	125	8.3	0.48	2.86	8.4	0.97	Clay Loam	25	44	31	0.76	0.09
30-60	125	2.2	0.47	2.88	8.5	1.16	Clay Loam	26	44	30	0.62	0.07

تیمارهای آزمایش

آزمایش به‌صورت کرت یک‌بار خرد شده فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمار محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها (در چهار سطح شامل شاهد محلول‌پاشی با آب، محلول‌پاشی دو در هزار سولفات آهن (۶۰۰ گرم در ۳۰۰ لیتر در هکتار)، محلول‌پاشی دو در هزار سولفات روی (۶۰۰ گرم در ۳۰۰ لیتر در هکتار) و محلول‌پاشی توأم سولفات آهن و روی هرکدام دو در هزار (۶۰۰ گرم از هرکدام در ۳۰۰ لیتر در هکتار) به‌عنوان کرت اصلی و ترکیب سطوح مختلف تراکم (شامل ۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در مترمربع با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر) و دو ژنوتیپ لوبیا (رقم اختر و لاین *D81083*) به‌صورت فاکتوریل، به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. محلول‌پاشی در سه نوبت در مراحل چهار برگی،۵۰ درصد گل‌دهی و ۵۰ درصد غلاف‌دهی انجام شد. رقم اختر به‌طور متوسط دارای ارتفاع بوته ۴۰ سانتی‌متر، دوره رشد ۹۸ روز، وزن صد دانه ۴۶ گرم، عملکرد دانه ۳۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و میزان پروتئین دانه ۲۱ درصد و لاین D81083 به‌طور متوسط دارای ارتفاع بوته ۳۵-۳۰ سانتیمتر، دوره رشد ۸۰ روز، وزن صد دانه ۴۶ گرم، عملکرد دانه ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و میزان پروتئین ۲۲ درصد است (Sadeghipour, 2009).

کوددهی عناصر درشت‌مغذی (ماکرو) بر پایهٔ آزمون خاک انجام گرفت و در همهٔ تیمارها، کود پایه از نوع نیتروژن (اوره) به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط و در دو نوبت (نصف در هنگام کاشت به‌صورت آغازگر یا استارتر و نصف دیگر پیش از گلدهی)، کود فسفر (از منبع فسفات تریپل) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص و کود پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص در نظر گرفته شد. برای هر کرت آزمایشی، شش مترمربع (سه متر طول در دو متر عرض) در نظر گرفته شد و کاشت با دست انجام گرفت. به‌منظور تعیین زمان آبیاری، ابتدا نقطهٔ ظرفیت زراعی[1] و نقطهٔ پژمردگی دائم[2] با استفاده از دستگاه صفحه فشاری[3] برآورد شد. سپس زمانی که درصد حجمی رطوبت خاک به θ_v (رابطه ۲) رسید، آبیاری به روش بارانی (کلاسیک ثابت)، انجام گرفت. همچنین برای برآورد درصد حجمی رطوبت خاک، از دستگاه رطوبت‌سنج خاک ساخت شرکت IMKO

[1] Field capacity
[2] Permanent wilting point
[3] Pressure plate

(مدل HD2، آلمان) استفاده شد.

$\theta_{MAD\%45} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times MAD$

(Fazel *et al*., 2016) رابطه (۱)

$\theta_{v} = \theta_{MAD\%45} \times \rho b$ رابطه (۲)

که در آن‌ها، FC θ: درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی، PWP θ: درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم، v θ: درصد حجمی رطوبت خاک، pb: جرم مخصوص ظاهری خاک (gr cm-3) و MAD: حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی خاک (۰/۴۵) است.

برداشت محصول و مطالعه صفات

برای ارزیابی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا، با رعایت اثر حاشیه در هر کرت، بوته‌های موجود در یک مترمربع برداشت شدند و صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، شاخه فرعی ودر بوته و طول غلاف اندازه‌گیری شد. بعد از برداشت نمونه‌ها از خطوط مربوط به عملکرد نهایی، نمونه‌های هر کرت پس از هوادهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون خشک شدند و وزن صددانه، عملکرد دانه در مترمربع و عملکرد زیستی محاسبه شدند و شاخص برداشت با استفاده از معادله ۳ تعیین شد.

معادله (۳)

شاخص برداشت = (عملکرد دانه)/(عملکرد زیستی) × ۱۰۰

تجزیه‌های آماری

برای انجام تجزیه واریانس از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL 2013 انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد کـه اثـر متقابـل محلول‌پاشی در تراکم بوته در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲).

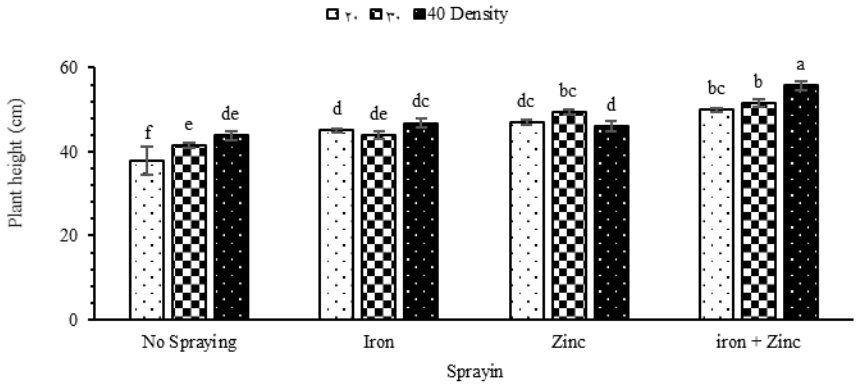
جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و تراکم کاشت بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا

Table 2. ANOVA, yield and yield components of bean cultivars affected by different Spraying and plant densities

S. O. V	DF	Mean Square							
		Plant height	Branche number	Number pod in plant	Grain Number per pod	100-grain Weight	Grain yield	Biological yield	Harvest index
Replication	2	0.317 ns	0.272 ns	0.790 ns	0.310 ns	3.802*	68958.452 ns	13530.0 ns	15.906 ns
Spraying	3	402.22**	9.848**	19.580**	6.785**	20.788**	2739816.7**	10807581.0**	56.795*
Error (a)	6	13.342	0.022	0.565	0.120	1.782	97183.413	231290.4	19.059
Density (b)	2	59.307**	18.141**	40.713**	14.893**	96.709**	998111.63**	3946172.3**	61.000**
Cultivar (c)	1	2.801 ns	0.469 ns	10.283**	1.740*	7.075**	898088.5**	1975078.1**	35.093*
Spraying× Density	6	26.975*	0.775**	2.140*	0.283 ns	2.277*	173027.05*	640171.0**	25.993*
Spraying× Cultivar	3	3.984 ns	0.411*	1.336 ns	0.072 ns	0.694 ns	30866.772 ns	169540.2 ns	1.574 ns
Density× Cultivar	2	27.957 ns	0.199 ns	0.347 ns	0.070 ns	1.218 ns	46303.357 ns	94063.2 ns	16.825 ns
Spraying× Density× Cultivar	6	13.531 ns	0.255 ns	0.217 ns	0.040 ns	0.236 ns	14684.878*	87855.0 ns	20.380*
Replication× Density	4	-	0.093 ns	0.436 ns	0.143 ns	-	-	-	-
Replication× Cultivar	2	-	0.009 ns	0.621 ns	0.505 ns	-	-	-	-
Replication×Density× Cultivar	4	-	0.241 ns	1.165 ns	0.037 ns	-	-	-	-
Error (bc)	40	8.783	0.145	0.738	0.207	0.826	69266.32	153534.3	6.087
C.V.%		5.07	7.01	10.21	9.79	3.06	9.49	15.07	9.3

بیشـترین ارتفـاع بوتـه (۵۵/۷۸ سـانتی‌متـر) از تیمـار محلول‌پاشی تـوأم آهـن و روی در تـراکم ۴۰ بوتـه در مترمربع به‌دست آمد (شـکل ۱). بـه‌طورکلی و صـرف نظر از تـراکم، تیمـار محلـول‌پاشـی ، موجـب افـزایش ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد. همچنـین پاسـخ ارتفاع لوبیا به افزایش تراکم مثبت و افزایشـی بـود. بـا توجه به نقـش آهـن و روی در متابولیسـیم کلروفیـل، کـاربرد همزمـان ایـن عناصـر موجـب افـزایش سـطح

فتوسنتزی بوته شد و با فراهمی بیشتر شیره‌پرورده، افزایش ارتفاع بوته رخ داد. همچنین گزارش شد که عنصر روی، نقش مهمی در سنتز تریپتوفان دارد و این عنصر موجب افزایش ارتفاع و تعداد گره در ساقه می‌شود (Thalooth *et al*., 2006).

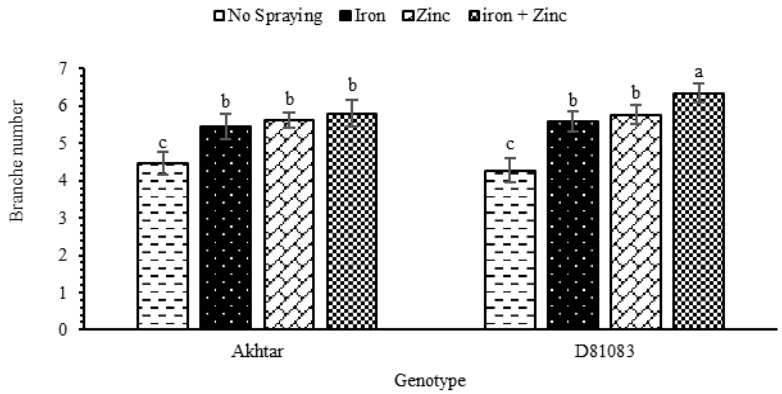


شکل ۱- میانگین ارتفاع لوبیا، تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی کود و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 1. Mean plant heights of bean affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

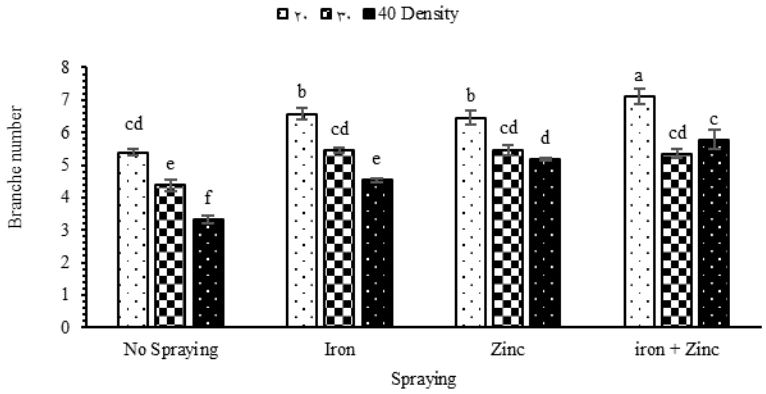
تعداد شاخه فرعی

اثر متقابل محلول‌پاشی در ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل محلول‌پاشی در تراکم در سطح احتمال یک درصد بر میزان تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود (جدول ۲). لاین D81083 نسبت به رقم اختر، تعداد شاخه فرعی بیشتری داشت؛ همچنین محلول‌پاشی نسبت به شرایط شاهد، موجب افزایش ۲۶/۳۱ و ۳۸/۳۲ درصدی شاخه فرعی به‌ترتیب در لاین D81083 و رقم اختر شد (شکل ۲). بیشترین تعداد شاخه فرعی (۷/۱۲ عدد) از تیمار محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (شکل ۳). افزایش تراکم به سبب افزایش رقابت بین بوته‌ها، موجب کاهش تعداد شاخه فرعی خواهد شد؛ با این حال در تراکم های بالاتر، با کاربرد محلول‌پاشی به واسطه فراهمی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه، تعداد شاخه فرعی نسبت به شرایط شاهد بیشتر خواهد شد.



شکل ۲- میانگین تعداد شاخه فرعی ژنوتیپ‌های لوبیا، تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی کود. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 2. Mean branche numbers of bean genotypes affected by fertilizer praying. Columns with the same letters are not significantly different.

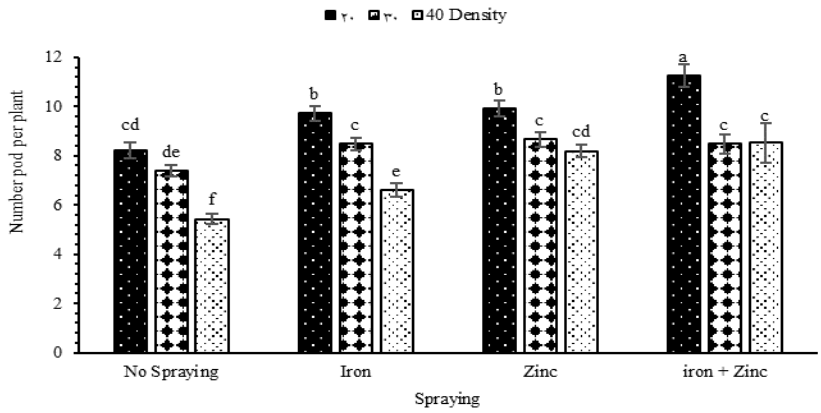


شکل ۳- میانگین تعداد شاخه فرعی لوبیا، تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی کود و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 3. Mean branche numbers of bean affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

تعداد غلاف در بوته

متقابل تیمار محلول‌پاشی در تراکم بوته بر تعداد غلاف در بوته لوبیا معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف (۱۱/۲۷ عدد) از تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و از محلول‌پاشی همزمان آهن و روی به‌دست آمد (شکل ۴). در تراکم‌های پایین تر به دلیل فراهمی نور، رقابت کمتر برای مواد غذایی و آب و همچنین بهبود شرایط گرده‌افشانی، تعداد غلاف در بوته افزایش خواهد یافت و درصورت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در این تراکم‌ها، تعداد اندام‌های زایشی بیش از پیش افزایش خواهد یافت. نقش مثبت سولفات روی بر تشکیل پرچم و دانه گرده و افزایش تعداد غلاف به واسطه کاربرد آن نیز قبلا گزارش شده است (Seifi Nadergholi *et al.*, 2011).



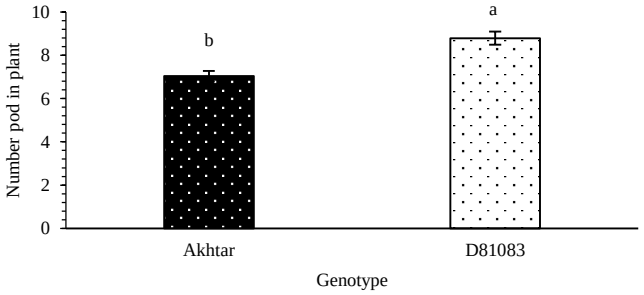
شکل ۴- میانگین تعداد غلاف لوبیا تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی کود و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارایحروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 4. Mean number of pods per bean plant affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

تعداد دانه در غلاف

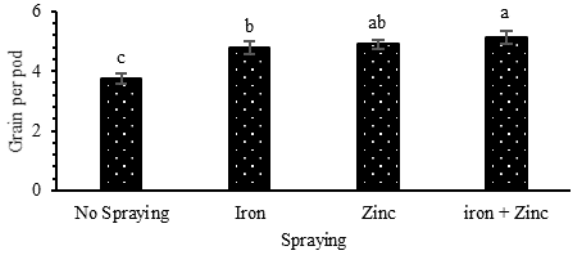
اثر ساده محلول‌پاشی، تراکم و رقم به‌ترتیب در سطح احتمال پنج، پنج و یک درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در غلاف (۵/۱۳ عدد) از محلول‌پاشی همزمان آهن و روی و کمترین آن (۳/۷۵ عدد) از تیمار عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (شکل ۶). همچنین افزایش تراکم، تاثیر نامطلوبی بر تعداد دانه در غلاف داشت، به‌طوری‌که

بیشترین تعداد این صفت (۵/۴۷ عدد) در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (شکل ۷). با توجه به نقش کلیدی آهن در افزایش اسمیلاسیون خالص و همچنین افزایش تلقیح گل‌ها به واسطه کاربرد روی، تعداد دانه در هنگام کاربرد همزمان این دو عنصر کودی افزایش یافته است. Abdili *et al* (2010) افزایش تلقیح و تشکیل تعداد دانه بیشتر در گیاه سویا را با مصرف سولفات روی گزارش کردند و دلیل آن را افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده و در نتیجه افزایش طول عمر آن‌ها بیان نمودند. در تراکم‌های بالاتر، افزایش رقابت بین تک بوته‌ها برای دریافت نور و جذب مواد غذایی، موجب پوکی غلاف‌ها و درنتیجه کاهش تعداد آن‌ها خواهد شد



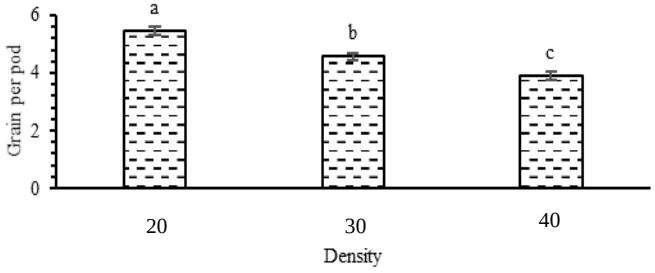
شکل ۵ - میانگین تعداد غلاف در ژنوتیپ‌های لوبیا. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 5. Mean number of pods per plant in bean genotypes. Columns with the same letters are not significantly different.



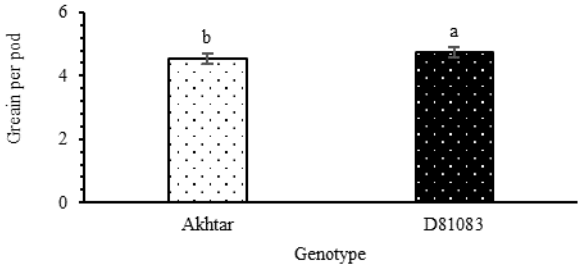
شکل ۶- میانگین تعداد دانه در غلاف لوبیا تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی کود. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 6. Means grain number per pod of bean affected by fertilizer spraying. Columns with the same letters are not significantly different.



شکل ۷- میانگین تعداد دانه در غلاف لوبیا تحت تاثیر تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

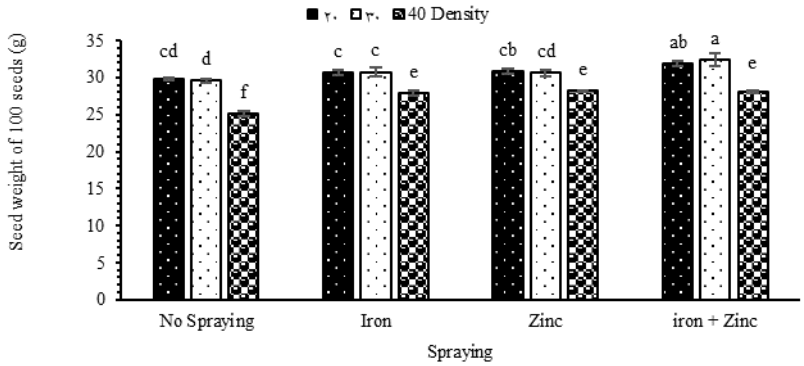
Figure 7. Means ograin number per pod of bean plant affected by plant density. Columns with the same letters are not significantly different.



شکل ۸- میانگین تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ‌های لوبیا .ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.
Figure 8. Means of grain number per pod of of bean genotypes. Columns with the same letters are not significantly different.

وزن صد دانه

اثر متقابل محلول‌پاشی در تراکم بوته بر میزان وزن صد دانه لوبیا معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار وزن صددانه لوبیا نسبت شرایط عدم محلول‌پاشی شد. بین تیمار ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری در وزن صد دانه مشاهده نشد، درحالی‌که تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، موجب کاهش معنی‌دار این صفت نسب به دو تراکم دیگر شد (شکل ۹).



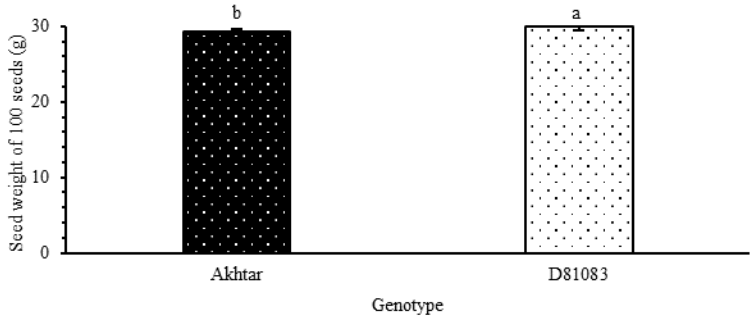
شکل ۹ - میانگین وزن صد دانه لوبیا تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.
Figure 9. Means of 100 grains weight of bean affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

لاین D81083 نسبت به رقم اختر، به دلیل بزرگتر بودن اندازه دانه، حدود دو درصد وزن صد دانه بیشتری تولید کرد (شکل ۱۰). در مطالعه Heidarian *et al.* (2011)، محلول‌پاشی آهن و روی، وزن دانه سویا را به‌طور معنی‌داری افزایش داد و همچنین بیان شد که عناصر کم‌مصرف، باعث افزایش سطح برگ و دوام آن می‌شوند؛ در نتیجه مقدار بیشتری آسیمیلات تولید می کنند و با جذب آن‌ها، وزن دانه‌ها که مخزن اصلی آسیمیلات ها هستند، وزن می‌یابد. همچنین گزارش شد که محلول‌پاشی عنصر روی در لوبیا از طریق افزایش تعداد سلول‌های گیاهی، موجب تجمع ماده خشک بیشتر و در نتیجه افزایش وزن دانه می‌شود (Nasri *et al.*, 2011).

عملکرد دانه

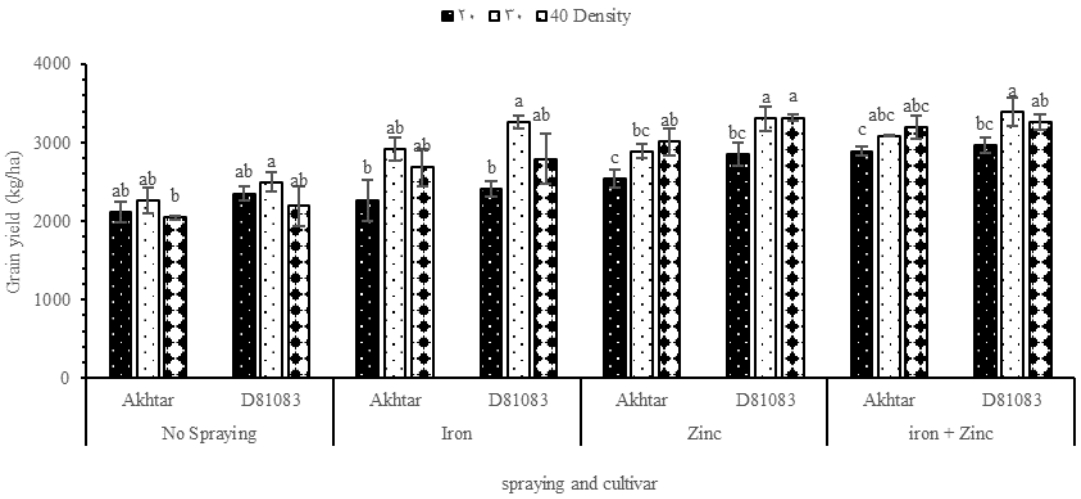
اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم در محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به شکل برش‌دهی دادها (شکل ۱۱)، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه در تراکم‌های متناظر در تیمار عدم محلول‌پاشی مشاهده نشد. در تیمار محلول‌پاشی آهن، در تراکم ۳۰

بوته در متر مربع، بیشترین میزان عملکرد (۳۲۵۵/۷ کیلوگرم در هکتار)در لاین D81083 مشاهده شد. کمترین میزان عملکرد دانه در این تیمار محلول‌پاشی، به‌ترتیب با مقادیر ۲۴۰۶/۸ و ۲۲۶۶ کیلوگرم در هکتار از تراکم ۲۰ بوته در متر مربع از لاین D81083 و رقم اختر به‌دست آمد. در تیمار محلول‌پاشی روی، لاین D81083 در تراکم‌های۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع، بیشترین میزان عملکرد دانه را داشت که البته تفاوت معنی‌دای باهم نداشتند و کمترین میزان آن در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع در رقم اختر مشاهده شد. در تیمار محلول‌پاشی همزمان آهن و روی، بیشترین (۳۳۹۵/۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۸۹۲/۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به‌ترتیب از تراکم ۳۰ و ۲۰ بوته در متر مربع از لاین D81083 و رقم اختر مشاهده شد. زمانی که تراکم از حد مطلوب فراتر رود، تشدید رقابت و سایه اندازی بوته‌ها بر یکدیگر، موجب افزایش تنفس نگه‌داری و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌شود که این امر موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. محلول‌پاشی آهن و روی از طریق تأثیر بر تعداد دانه در گیاه و وزن دان،ه باعث افزایش عملکرد دانه شد که با نتایج Mostafavi (2012) در مورد کاربرد آهن و روی در افزایش عملکرد دانه سویا همخوانی دارد. همچنین گزارش شد که در هنگام محلول‌پاشی روی، یون‌های آن به سرعت جذب برگ‌ها می‌شود که بهبود عملکرد را در پی دارد (Nasri *et al.*, 2011).



شکل ۱۰ - میانگین وزن صد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 10 Means of 100 grains weight of bean genotypes. Columns with the same letters are not significantly different.

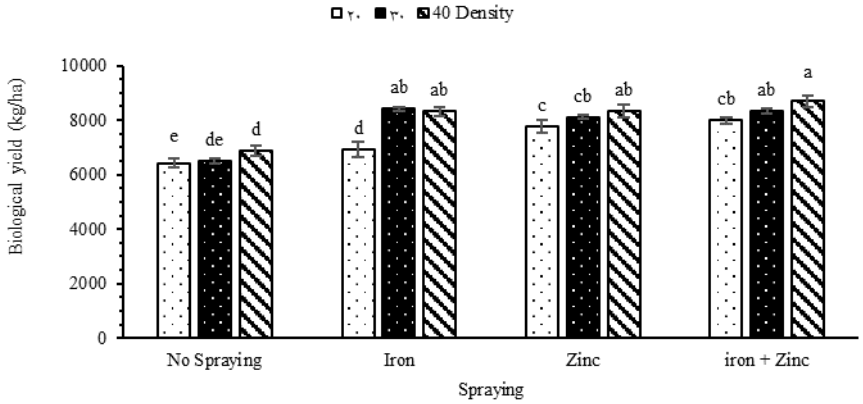


شکل ۱۱– عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 11. Grain yield of bean genotypes affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

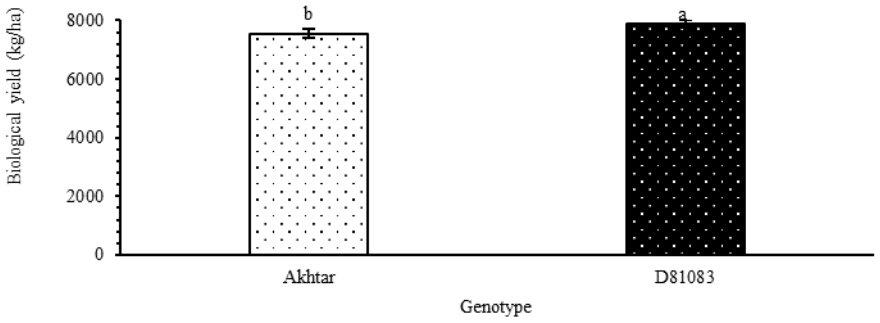
عملکرد زیستی

اثر متقابل محلول‌پاشی در تراکم و اثر ساده ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود (جدول ۲). بین تراکم‌های ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع، تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد زیستی مشاهده نشد، اما در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی، تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نسبت به تیمار ۲۰ بوته، عملکرد زیستی بیشتری داشت (شکل ۱۲). همچنین کاربرد محلول‌پاش نسبت به عدم محلول‌پاشی، موجب افزایش ۱۸/۵۷ درصدی عملکرد زیستی شد. لاین D81083 به دلیل تولید عملکرد دانه بیشتر توانست عملکرد زیستی بالاتری (۷۸۸۹/۷۸ کیلوگرم در هکتار) را نسبت به رقم اختر (۷۵۵۸/۵۳ کیلوگرم در هکتار) تولید کند (شکل ۱۳). به دلیل افزایش سطح تغذیه در تک بوته‌ها در تراکم‌های پایین‌تر، عملکرد زیستی افزایش می‌یابد، اما با افزایش تراکم به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها، از وزن تک بوته کاسته می‌شود؛ هرچند به دلیل افزایش تعداد بوته، عملکرد زیستی در واحد سطح افزایش می‌یابد (Koocheki *et al.*, 1995) . در گلرنگ، محلول‌پاشی آهن توانست عملکرد زیستی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دهد (Kamaraki & Gelavi, 2012)، همچنین افزایش شاخص برداشت لوبیا با کاربرد همزمان آهن و روی نیز قبلا گزاش شده است (Saeidi Aboueshaghi1 & Yadavi, 2015).



شکل ۱۲- میانگین عملکرد زیستی لوبیا تحت تاثیر محلول‌پاشی و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 12. Biological yield mean of bean affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

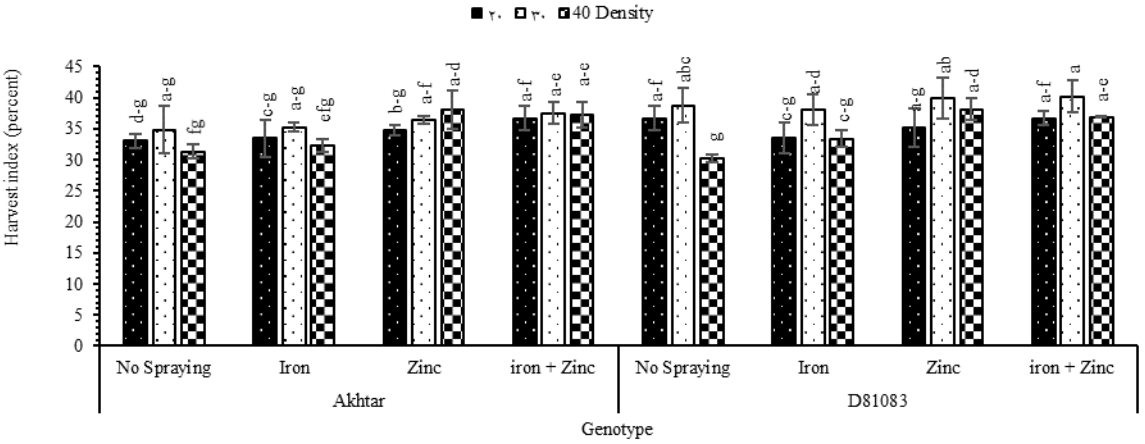


شکل ۱۳- میانگین عملکرد زیستی ژنوتیپ‌های لوبیا. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 13. Means of Biological yield of bean genotypes. Columns with the same letters are not significantly different.

شاخص برداشت

اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم در محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان شاخص برداشت معنی‌دار شد (شکل ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت در هردو ژنوتیپ مورد مطالعه، صرف‌نظر از تیمارهای محلول‌پاشی و عدم کاربرد محلول‌پاشی، از تراکم ۳۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد؛ با این وجود صرف‌نظر از تمامی تیمارهای مورد بررسی، لاین D81083 نسبت به رقم اختر، حدود چهار درصد شاخص برداشت بیشتری داشت (شکل ۱۴) که دلیل آن، افزایش میزان عملکرد دانه و همچنین عملکرد زیستی در این لاین می‌باشد. با کاربرد همزمان محلول‌پاشی آهن و روی در هر سه تراکم مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود نداشت، ولی به‌طور کلی، بیشترین میزان شاخص برداشت (۴۰/۲۲ درصد) در لاین D81083 از تیمار محلول‌پاشی توأم آهن و روی در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد که با نتایج Saeidi Aboueshaghi1 & Yadavi (2015) در مورد افزایش شاخص برداشت لوبیا با کاربرد همزمان آهن و روی همخوانی دارد.



شکل ۱۴- میانگین شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیا تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی و تراکم‌های مختلف کاشت. ستون‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 14. Means of harvest index of bean genotypes affected by fertilizer spraying and plant densities. Columns with the same letters are not significantly different.

نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی نسبت به عدم محلول‌پاشی موجب افزایش میزان ارتفاع بوته، وزن صد دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و تعداد شاخه فرعی، غلاف در بوته ودانه در غلاف، لوبیا شد و تیمار محلول‌پاشی هم-زمان آهن و روی نسبت به دیگر تیمارهای محلول-پاشی، تاثیر بیشتری بر صفات مورد مطالعه داشت. هر دو ژنوتیب مورد مطالعه در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع، عملکرد دانه پایین‌تری داشتند و با افزایش تراکم، میزان عملکرد دانه آن‌ها افزایش یافت؛ هرچند از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین تراکم‌های ۳۰ و ۴۰ بوته در مترمربع مشاهده نشد. در کل نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول پاشی هم‌زمان آهن و روی در لاین D81083 با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد.

REFERENCES

1. Abdili, J., Roshdi, M., Majidi, A., Hasanzadeh Ghorttappeh, A. & Hanareh, M. (2010). Effect of zinc sulfate on the soybean cultivar Williams. *Journal of Agricultural Science* ,1(4), 39-50. (In Persian)
2. Dursun, A. (2007). Variability, heritability and correlation studies in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 12-16. (In Persian)
3. Fazel, F., Ganji Khorramde, N. & Gheysari, M. (2016). Simulation of soil nitrate and water distribution in two different surface and drip irrigation systems using Eu -Rotate - N in Isfahan. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 3(10), 377-385. (In Persian)

4. *Food and Agriculture Organization*. (2018). *FAO Statistics.* Retrieved June 15, 2020 from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
5. Heidarian, A., Kord, R., Mostafavi, K., Parviz Lak, A. & Amini Mashhadi, F. (2011). Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(9), 189 -197.
6. Kamaraki, H. & Gelavi, M. (2012). Evaluation of foliar application of micronutrient elements iron and zinc on quantitative and qualitative characteristics of safflower. *Journal of Agroecology*, 4(3), 201-206. (In Persian)
7. Koocheki, A., Rashed Mohassel, M. H., Nasiri, M. & Sadr Abadi, R. (1995). *Physiological basis of crop growth and development*. Imam Reza University Publication. (Translate).
8. Malakoti, M. J. (2000). *Sustainable agriculture and increase yield by optimizing the use of fertilizers in Iran. Council policy to reduce the use of pesticides and use of chemical fertilizers*. Ministry of Agriculture. (In Persian)
9. Mostafavi, K. (2012). Grain yield and yield components of soybean upon application of different micronutrient foliar fertilizers at different growth stages. *International Journal of Agricultural Research and Reviews*, 2(4), 389-394.
10. Nasri, M., Khalatbari, M. & Aliabadi Farahani, H. (2011). Zn-foliar application influence on quality and quantity features in (*phaseolous vulgaris* L.) under different levels of N and K fertilizers. *Advances in Environmental Biology*, 5(5), 839-846.
11. Nasri, M., Khalatbari, M. & Farahani, H. A. (2011). Zn-foliar application influence on quality and quantity features in phaseolous vulgaris under different levels of N and K fertilizers. *Advances in Environmental Biology*, 839-847.
12. Norsworthy, J. K., & Shipe, E. R. (2005). Effect of row spacing and soybean genotype on mainstem and branch yield. *Agronomy journal*, 97(3) , 919-923.
13. Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Gorttapeh, A. & Raeii, Y. (2011). Evaluation of different plant densities effects on rate and process of grain filling, yield and yield components in varieties of dry bean. *Journal of Plant Production*, 18(1), 69-87. (in Persian)
14. Rashid, A. & Ryan, J. (2004). Micronutrient constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 27(6), 959-975.
15. Roshdi, M., Boyaghchi, D. and Rezadoust, S. (2012). Effect of Micronutrients on Growth and Yield of Pinto Bean under Irrigation– cutback Treatments. *Journal of Crop Production and Processing*, 2, 131-142. (In Persian)
16. Sadeghipour, O. (2009). Effect of deficit irrigation on physiologic and agronomic traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11 (1), 25-39 (In Persian)
17. Saeidi Aboueshaghi1, R. & Yadavi, A. (2015). Effects of irrigation levels and foliar application with iron and zinc on quantitative and qualitative traits of red bean (*Phaseolous vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 6(1), 54-65. (In Persian)
18. Salehi, F. (2012). Effect of plant density on seed yield and its components in new red bean lines. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 103, 23-28. (In Persian)
19. Seifi Nadergholi, M., Yarnia, M. & Rahimzade Khoei, F. (2011). Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. CV. Khomein). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(5), 859-865.
20. Sharma, K. D., Kuhad, M. S., & Nandwal, A. S. (1992). Possible role of potassium in drought tolerance in Brassica. *Journal of Potassium Research*, 8(4), 320-327.
21. Zeinal Khanghah, H. & Sohani, A. (2001). Genetic study of some important traits with grain yield in soybean crops through multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 30, 807-816. (in Persian)