Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 3, Autumn 2019 (169-184)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.239246.654363

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۸ (ص۱۸۴-۱۶۹)

واکنش برخی شاخص های فیزیولوژیکی رشد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به شیوه مصرف کودهای فسفات و سولفات‌روی در مقادیر مختلف کود نیتروژن استارتر

نسرین کاویان اطهر[1] و محمدعلی ابوطالبیان*[2]

۱ و۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر شیوه‌های کاربرد کودهای فسفات و سولفات‌روی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد لوبیای تلقیح شده با ریزوبیوم (رقم اختر) در سطوح مختلف کود نیتروژن استارتر، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. کود نیتروژن به عنوان فاکتور اول در سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار، شیوه مصرف سولفات‌روی به عنوان فاکتور دوم به دو روش خاک‌پخش و محلول‌پاشی و شیوه مصرف سوپر فسفات تریپل به عنوان فاکتور سوم به دو روش خاک‌پخش و نواری در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد بیش‌ترین شاخص سطح برگ (LAI)، وزن خشک کل (TDW) و سرعت رشد محصول (CGR) در تیمار کاربرد توأم فسفات به صورت نواری + محلول پاشی سولفات‌روی در حضور ۳۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر در هکتار به ترتیب به مقدار ۵، ۱۱۰۰ گرم بر متر مربع و ۲۴ گرم بر متر مربع در روز حاصل شد. تیمار مذکور حداکثرهای LAI، TDW و CGR را به ترتیب ۴۳، ۶۹ و ۹۲ درصد نسبت به تیمار خاک‌پخش کودهای فسفات و سولفات روی + عدم مصرف نیتروژن افزایش داد. در مورد دو شاخص رشد سرعت جذب خالص (NAR) و سرعت رشد نسبی (RGR) در ۷۵ روز پس از کاشت تنها اثرات اصلی عوامل معنی دار شدند. بنابراین کاربرد توأمان سوپر فسفات تریپل به صورت نواری و مصرف برگی سولفات‌روی به همراه ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن استارتر بهترین تیمار جهت افزایش شاخص‌های رشد لوبیای تلقیح شده با ریزوبیوم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد، شاخص سطح برگ، ماده خشک.

The response of physiological indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to application method of phosphate and zinc sulfate fertilizers at different amounts of starter nitrogen fertilizer

Nasrin Kavian Athar[1] and Mohammad Ali Aboutalebian[2] *

1. M.Sc. student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University.

(Received: August 5, 2017 - Accepted: April 7, 2018)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of application method of phosphate and zinc sulfate fertilizers on some physiological indices of a rhizobium inoculated bean cultivar (*Phaseolus vulgaris*, cv. Akhtar), a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in 2016 at Bu-Ali Sina University research farm. The factors were as follows: Nitrogen starter fertilizer with three levels (0, 30, 60 kgha^{-1}) as the first factor, two methods of zinc sulfate application (broadcasting in soil and foliar application) as second factor, and two phosphate fertilizer application methods (broadcasting and banding placement in soil) as third factor. The maximums of leaf area index (5), total dry weight (1100 gm^{-2}) and crop growth rate (24 gm^{-2}day^{-1}) were observed in the simultaneous application of banding placement phosphate and foliar zinc sulfate in terms of consumption of 30 kg nitrogen per hectare. Compared with the control (no- nitrogen, phosphate and zinc sulfate broadcasted in soil) the maximums of LAI, TDW and CGR were 43, 69 and 92 % higher respectively. In net assimilation rate (NAR) and relative growth rate (CGR), only the main effects of the studied factors were significant. Therefore, phosphate banding placement + foliar zinc sulfate beside 30 kg N ha^{-1} is the best recommended treatment in rhizobium-inoculated bean to maximize its physiological growth indices.

Key words: Crop growth rate, dry weight, leaf area index.

*** Corresponding author E-mail: aboutalebianmail@gmail.com**

مقدمه

لوبیا (***Phaseolus vulgaris* L.**) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که با داشتن ۲۵-۲۰ درصد پروتئین، ۶۰ درصد کربوهیدرات، ویتامین‌ها و ترکیبات آمینواسیدی در رژیم غذایی مردم دنیا حائز اهمیت می‌باشد **(Broughton *et al*., 2003; Fageria & Santos, 2008)**. بر اساس شواهد، نیتروژن مهم‌ترین عنصر محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی است. نیتروژن نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی‌گیاه، ساختمان آنزیم‌ها، کلروفیل‌ها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ذخیره‌ای و دیواره سلولی دارد، در نتیجه، کمبود این عنصر بقای گیاه، عملکرد و پروتئین دانه را متأثر می‌سازد **(Gan *et al*., 2011)**. گیاهان خانواده‌ی بقولات از جمله لوبیا این توانایی را دارند که بخشی از نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق برقراری رابطه همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم تأمین نمایند. گزارشات حاکی از آن است تا زمانی که ریشه این گیاهان به اندازه کافی با این باکتری آلوده نشده باشد، مصرف مقدار مناسبی از کود نیتروژن به‌عنوان استارتر جهت تحریک رشد اولیه گیاه لازم می‌باشد **(Majnoon Hoseini, 1997)**. به بیان دیگر این گیاهان قادر نیستند تمام نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق سیستم همزیستی تأمین نمایند. بنابراین مصرف نیتروژن مکمل از طریق مصرف کودهای شیمیایی جهت دستیابی به حداکثر پتانسیل کمی و کیفی در این گیاهان، امری ضروری است. **Gan *et al*. (2011)** اظهار داشتند که بهبود کارآیی مصرف نیتروژن، راه‌کار کلیدی برای توسعه نظام‌های کشاورزی پایدار است که بیشترین تولید، با کم‌ترین انرژی ورودی و اتلاف نیتروژن را ممکن می سازد. با افزایش مصرف نیتروژن سطح برگ بیشتری به وجود آمده، که خود با جذب تشعشع بیشتر نور خورشید، موجب افزایش میزان فرآیند فتوسنتز در گیاه لوبیا شده و در نهایت ماده خشک بیش‌تری تولید خواهد شد **(Mousavi *et al*., 2005; Gan *et al*., 2011)**.

امروزه شیوه مصرف عناصر غذایی به خصوص عناصری که تحرک کمی در خاک دارند از جمله فسفر و روی بسیار برجسته شده است **(Malakouti & Nafisi, 1995; Tariq *et al*., 2011)**. فسفر یکی از عناصر پرمصرف و مهم در گیاه به شمار می‌رود که نقش کلیدی در واکنش‌های نقل و انتقال انرژی، سوخت‌وساز گیاه، نورساخت (فتوسنتز)، تقسیم یاخته ای، شرکت در ساختار فسفولیپیدهای غشاء یاخته‌ای، تبدیل قند به نشاسته، انتقال ویژگی‌های ژنتیکی و توسعهٔ قسمتهای زایشی در گیاه را ایفا می‌کند **(Verma & Abid, 2009; Tariq *et al*., 2011)**. اگر میزان فسفر قابل استفادهٔ خاک پایین باشد، کاربرد فسفر به صورت نواری نسبت به روش پخش در سطح ارجحیت دارد. برتر بودن روش مصرف نواری را می‌توان به کاهش تثبیت کود فسفر به دلیل تماس کمتر با ذرات خاک، تأثیر هم‌افزایی نیتروژن برجذب بیشتر فسفر به دلیل تأثیر آن بر رشد بیشتر ریشه و در نتیجه بالا رفتن توان گیاه در جذب فسفر مرتبط دانست **(Hagin & Tuker, 1982)**. با توجه به تثبیت سریع فسفر به ویژه در خاک‌های سنگین و آهکی مصرف نواری فسفات قابل توصیه است **(Mirza Shahi, 2011)**. **Fakhimi Paidar (2015)** گزارش نمود مصرف نواری فسفات ضمن کمک در کاهش مصرف کود فسفات و حفظ محیط زیست، افزایشی بیشتر و یا برابر تیمار پخش فسفات، در اکثر شاخص‌های زراعی ذرت (***Zea mays* L.**) ایجاد نمود. کمبود فسفر در لوبیا، به‌طور معمول در همه‌ی خاک‌های قلیایی و اسیدی دیده می شود **(Malakouti & Nafisi, 1995)**.

از بین عناصر کم مصرف، کمبود روی بیش‌ترین مشکل را برای محصول ایجاد می‌کند **(Cakmak *et al*., 1999)**. روی، از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاه است که در تشکیل اسید ایندول استیک دخالت دارد و رشد گیاه را تنظیم می کند، افزون بر این روی باعث فعال شدن بسیاری از آنزیم‌هایی می‌شود که برای ساخت سبزینه (کلروفیل) و تشکیل کربوهیدرات‌ها ضروری است **(Alloway, 2008)**. نتایج آزمایش **Animashaun & Odeley (2007)** نشان داد که محلول‌پاشی عناصر

ریزمغذی در سویا (***Glycine max* L.**) باعث افزایش عملکرد، کیفیت، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش‌خشکی گردید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی در شروع گل‌دهی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد شد. ایشان گزارش دادند نقش اساسی عناصر ریزمغذی به خصوص روی و منگنز در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفات، امراض و تنش‌های محیطی در خور اهمیت است. **Abedi Babaarabi *et al.* (2011)**، در آزمایش خود روی گلرنگ (***Carthamus tinctorius* L.**) توانستند با محلول‌پاشی عناصر روی و پتاسیم عملکرد را در بیش‌تر تیمارهای تنش رطوبتی به طور معنی‌داری افزایش دهند. از آنجا که روی عنصری است که درون گیاه قادر به انتقال دوباره نیست، گزارش شده است محلول‌پاشی آن مناسب تر است (**Malakouti & Tabatabaei, 1999**). همچنین در تحقیقی گزارش گردید که پرایم کردن مزرعه‌ای بذر ذرت به همراه کاربرد نواری یا محلول‌پاشی کود سولفات‌روی توانست موجب افزایش شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت گردد **(Aboutalebian & Moghisaei, 2014)**. دست‌یابی به دانش صحیح میزان و شیوه مصرف کودهای مؤثر در رشد و نمو گیاهان زراعی از جمله لوبیا، فرصت‌های جدیدی را برای افزایش کارآیی مصرف کودها و اطلاع از پیامدهای ناشی از مصرف بی‌رویه آنها به‌وجود می‌آورد. بنابراین در پژوهش حاضر سعی شده است تا تأثیر شیوه مصرف کودهای فسفات و سولفات‌روی بر شاخص‌های مهم فیزیولوژیک رشد لوبیا در مقادیر مختلف کود استارتر نیتروژن، مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا) به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول، کود نیتروژن استارتر در سه سطح (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره)، فاکتور دوم، شیوه مصرف سولفات‌روی (به دو روش خاک‌پخش و محلول‌پاشی) و فاکتور سوم، شیوه مصرف فسفات (به دو روش خاک‌پخش و مصرف نواری از منبع سوپر فسفات تریپل) قرار داده شد. کود سولفات‌روی از شرکت کیمیاگران برتر زنجان تهیه شده بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم عمیق و دو دیسک عمود برهم بود. طبق نتایج آزمون خاک (جدول۱) از کود سولفات‌روی در حالت کاربرد خاک‌پخش به میزان ۵۰ کیلوگرم هکتار در هنگام آماده سازی زمین استفاده شد. تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی نیز در دو مرحلهٔ شش برگی و گل‌دهی با نسبت ۵ در هزار و به میزان ۲۵۰ لیتر محلول در هکتار انجام شد. همچنین به منظور تأمین فسفر، از کود سوپر فسفات تریپل مطابق آزمون خاک (جدول ۱) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت به صورت نواری در زیر بذر با فاصله سه سانتی‌متر استفاده شد. رقم لوبیای مورد استفاده اختر بود که از شرکت نگین بدر خمین تهیه گردید. در تمامی واحدهای آزمایشی بذرها به مایه تلقیح ریزوبیوم فازئولی آغشته گردید. مایع تلقیح مورد نظر از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد، که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. بذرها به صورت دستی روی پشته‌هایی به فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر در تاریخ اول خرداد ماه کشت شدند. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به طول پنج متر، بود که با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع کشت گردید. بین بلوک‌ها نیز یک متر فاصله در نظر گرفته شد. آبیاری بارانی هر شش روز یک بار صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental soil (soil depth 0-30 cm)

Soil Texture	EC (dS m^{-1})	pH	Zn (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Total N (%)	Organic matter (%)
S.L	0.37	7.91	0.26	6.1	160	0.13	0.78

به منظور اندازه‌گیری روند تغییرات شاخص‌های رشد مورد بررسی ۴۰ روز پس از کاشت به فاصله زمانی هر ۱۰ روز یک بار، تعداد ۵ بوته از هر کرت انتخاب شد و وزن خشک و سطح برگ آن‌ها اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک کل، اندام‌های گیاه برای مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن خشک کل بر حسب گرم بر متر مربع ثبت گردید. اندازه‌گیری سطح برگ بوته‌ها نیز با استفاده از کاغذ شطرنجی انجام شد. شاخص سطح برگ نیز از نسبت سطح برگ پنج بوته به مساحت زمین اشغال شده آن‌ها (سایه-انداز) محاسبه گردید. جهت محاسبه‌ی شاخص‌های رشد از روابط رگرسیونی زیر استفاده گردید **(Hozayn *et al.*, 2007)**.

رابطه (۱) ماده خشک کل **(TDW)**[۱]	$TDW= EXP (a+bT+cT^2)$
رابطه (۲) شاخص سطح برگ **(LAI)**[۲]	$LAI= EXP (a'+b'T+c'T^2)$
رابطه (۳) سرعت رشد محصول **(CGR)**[۳]	$CGR= NAR \times LAI$
رابطه (۴) سرعت رشد نسبی **(RGR)**[۴]	$RGR= b+2cT$
رابطه (۵) سرعت جذب خالص[۵] **(NAR)**	$NAR= (b+2cT) \times EXP [(a-a')+(b-b') T+ (c-c^2) T^2]$

در این رابطه ها **a**، **b**، **c**، **a'**، **b'** و **c'** ضریب‌های معادله‌های رگرسیونی مربوطه و **T** زمان بر حسب روز پس از کاشت می‌باشد. حداکثرهای شاخص‌های سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول و همچنین سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص در ۷۵ روز پس از کاشت (مقارن با زمانی که سرعت رشد به حداکثر خود رسید) در تیمارهای مختلف آنالیز واریانس و مقایسه میانگین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها بعد از آزمون نرمال بودن باقیمانده داده‌ها، بر اساس مدل آماری طرح، با نرم افزار **SAS Ver. 9.1** انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (**LSD**) در سطح پنج درصد صورت گرفت. رسم شکل‌ها نیز به کمک نرم افزار **Excel** انجام شد.

۱. **Total dry weight**
۲. **Leaf area index**
۳. **Crop growth rate**
۴. **Relative growth rate**
۵. **Net assimilation rate**

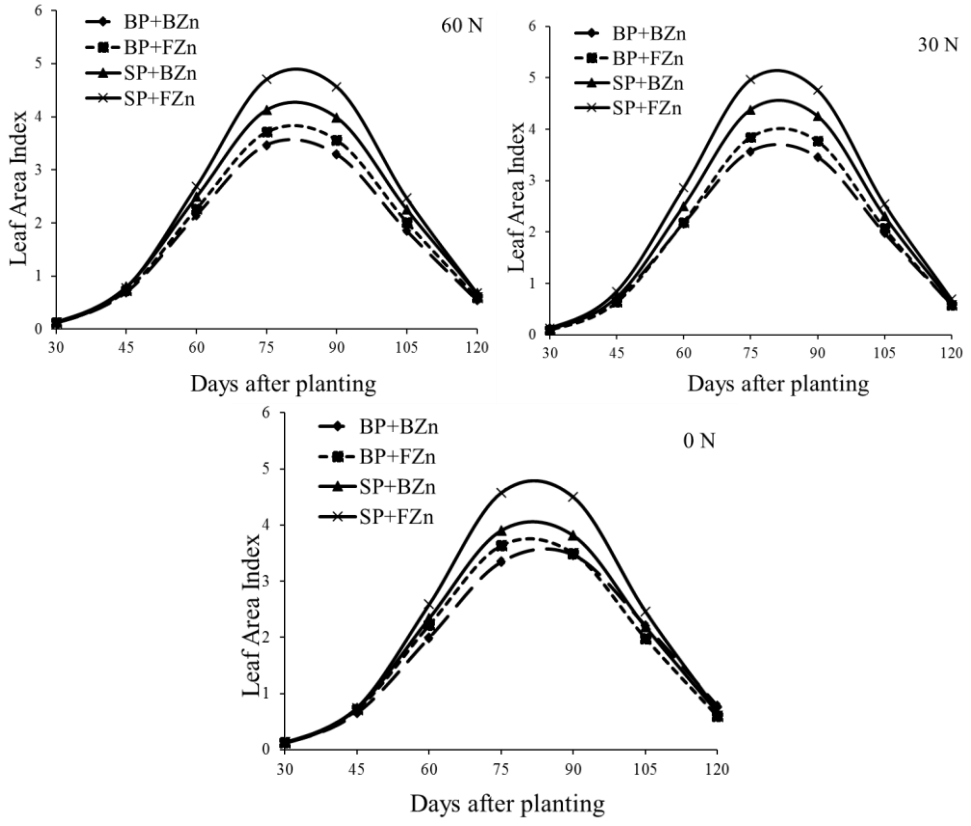
نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ، بیان‌کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است و نشان گر ظرفیت فتوسنتزی گیاه بوده و به تعداد و اندازه برگ‌ها در هر مرحله از رشد، بستگی دارد. شاخص سطح برگ با گذشت زمان به‌دلیل تولید برگ‌های جدید و افزایش سطح برگ افزایش می‌یابد، اما بعد از رسیدن به یک حد معین که برای هر گونه و در شرایط محیطی مختلف متفاوت است، شروع به کاهش می‌کند. علت این کاهش ریزش برگ‌های پیرتر گیاه است که عمدتا به‌دلیل نرسیدن نور به بخش‌های پایین جامعه گیاهی رخ می دهد، در چنین شرایطی قبل از آن‌که برگ به حالت انگلی درآید گیاه با ارسال هورمون باعث ریزش آن می‌شود **(Rahnama, 2008)**.

بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ گیاه نشان داد که تغییرات شاخص سطح برگ از یک روند سیگموئیدی پیروی می‌کند، به‌طوری که شاخص سطح برگ از زمان سبز شدن گیاه به طور صعودی افزایش یافته و کمی قبل از گل‌دهی به بیش‌ترین میزان خود می‌رسد. سپس به علت انتقال مواد فتوسنتزی برگ‌ها به اندام‌های زایشی و در نهایت پژمرده شدن و ریزش برگ‌های پایین‌تر رو به کاهش می‌گذارد **(Daneshian, 2000)**. تحت تمامی تیمارهای مورد بررسی، شاخص سطح برگ گیاه لوبیا در بازه زمانی ۷۵ تا ۹۰ روز پس از کاشت در بیش-ترین مقدار خود بود (شکل ۱). در تمامی سطوح کودی نیتروژن استارتر، مصرف پخش فسفات و پخش سولفات روی، با شیب ملایمی شاخص سطح برگ را افزایش داد و نسبت به کاربرد نواری فسفات و محلول-پاشی روی، در پایین‌ترین مقدار خود بود. در تیمار ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن استارتر در هکتار، روند افزایش شاخص سطح برگ، در شرایط کاربرد توام نواری

فسفات و محلول‌پاشی سولفات روی، نسبت به سایر تیمارها شیب افزایشی بیش‌تری از خود نشان داد (شکل ۱). مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط کاربرد ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر حاکی از عدم تفاوت قابل توجهی بین این دو مقدار نیتروژن است (شکل ۱). **Malmir (2016)** نشان داد کاربرد توأم مایکوریزا و برادی رایزوبیوم در تیمار کودی ۳۰ کیلوگرم نیتروژن تأثیر بیش‌تری بر روند شاخص سطح برگ گیاه سویا نسبت به تیمار ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار داشت. **Shirin Abadi (2016)** گزارش نمود در شرایط تلقیح باکتریایی و نیز کاربرد توأم کود بیولوژیک در نخود (***Cicer arietinum* L.**)، کاربرد ۳۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر بیش‌ترین شاخص سطح برگ را نشان داد که نشان دهنده توانایی کودهای بیولوژیک در کاهش وابستگی به نیتروژن شیمیایی بوده است. **Fakhimi (2015)** **Paidar** گزارش نمود محلول‌پاشی سولفات روی بیش‌ترین تاثیر را بر روند شاخص سطح برگ داشته و باعث افزایش شیب در مرحله رشد سریع در گیاه ذرت گردیده است. همچنین نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج **Soleimani *et al.* (2011)** در ذرت علوفه ای مطابقت دارد.



شکل ۱- تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر شاخص سطح برگ لوبیا در سطوح مختلف کود نیتروژنه (کیلوگرم در هکتار)

SP= مصرف نواری فسفات **FZn=** محلول‌پاشی سولفات‌روی **BZn=** پخش سولفات‌روی **BP=** پخش فسفات

Figure 1- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on the leaf area index of bean at different levels of nitrogen starter fertilizer (kg ha^{-1})

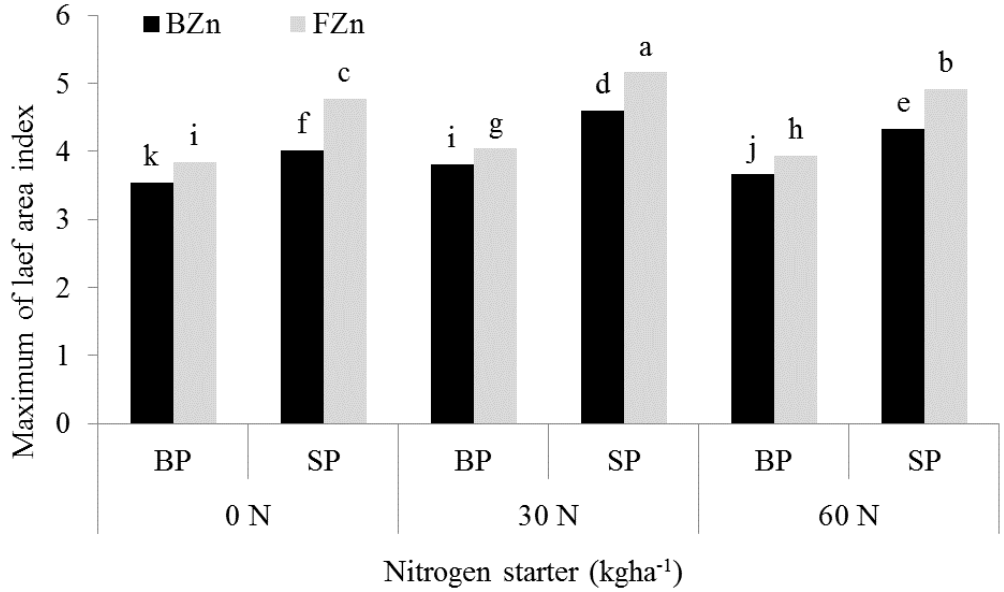
P= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting iar FZn= Zinc Fo SP= Strip Phosphate

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی دارشده است (جدول ۲). در بین تیمارها بیش‌ترین شاخص سطح برگ به میزان ۵/۲ به تیمار مصرف نواری فسفات و محلول‌پاشی روی در شرایط مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر و کم‌ترین آن ۳/۶ در تیمار مصرف پخش کودهای فسفات و سولفات روی در

شرایط عدم مصرف نیتروژن استارتر مشاهده شد (شکل ۲). **Fakhimi Paidar (2015)** با تحقیق روی ذرت گزارش نمود که در هر دو شیوه مصرف فسفات (نواری و پخش در خاک) که با سولفات روی محلول-پاشی شده بود، بیش‌ترین شاخص سطح برگ به دست آمد و کم‌ترین شاخص سطح برگ مربوط به عدم مصرف سولفات روی بوده است. ایشان دلیل برتری محلول‌پاشی سولفات روی بر مصرف خاکی آنرا تثبیت روی در شرایط مصرف خاکی عنوان نموده و وجود اثرات آنتاگونیستی بین فسفات و روی در خاک را از دیگر علل ناکارآمدی مصرف خاکی سولفات‌روی برشمرده است. افزایش شاخص سطح برگ در اثر استفاده از روی ممکن است به دلیل افزایش اسید آمینه تریپتوفان و هورمون ایندول استییک اسید باشد که عامل موثر در توسعه برگ‌هاست (**Safi Nadergoli & Yarania, 2011**).

همچنین مصرف نواری فسفات با بهبود دسترسی گیاه به فسفر باعث توسعه سریع تر ریشه و سطح برگ و به تبع آن افزایش جذب آب، عناصر غذایی و نور قابل دسترس می شود **(Memon & Puno, 2005).**

Javanmard *et al.* (2015) اثر مثبت کود فسفر را بر شاخص سطح برگ ذرت گزارش نمودند. **Baniabbass *et al.* (2011)** گزارش نمودند عنصر روی در افزایش غلظت کلروفیل و افزایش جذب نیتروژن و فسفر نقش دارد. در پژوهش دیگری در بررسی سطوح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، گزارش شده است که بیش‌ترین تعداد و سطح برگ لوبیا از تلقیح با رایزوبیوم و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد **(Jha & Singh ; 2013)**. **Walley *et al.* (2005)** اظهار داشتند که نیتروژن در مقادیر کم (۳۰- ۱۵کیلوگرم در هکتار) به عنوان استارتر تاثیر مثبتی بر تثبیت بیولـوژیکی نیتروژن دارد، ولی مقادیر بالاتر (۳۰ - ۴۵ کیلوگرم در هکتار)، اثر بازدارندگی بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد.



شکل ۲- تأثیر شیوه‌های کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر حداکثر شاخص سطح برگ لوبیا در سطوح مختلف کود نیتروژنه

حرف های ناهمسان معرف معنی دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

The dissimilar letters indicate the meaningfulness of the treatments at a probability level of 0.05.

BP= پخش فسفات **BZn=** پخش سولفات‌روی **FZn=** محلولپاشی سولفات‌روی **SP=** مصرف نواری فسفات

Figure2- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on maximum of leaf area index of bean at different levels of nitrogen starter fertilizer

BP= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosphate

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای بکار رفته بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد لوبیا

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for the effects of treatments on physiological indices of bean.

Source of variation	df	Maximum of LAI	Maximum of CGR	NAR (75 DAP)	RGR (75 DAP)	Maximum of TDW
Block	2	0.0008*	0.28^{ns}	0.115^{ns}	0.000007^{ns}	778^{ns}
Nitrogen (N)	2	0.3459**	86.97**	0.596**	0.000031*	1488**
Phosphorus (P)	1	6.3672**	197.21**	1.416**	0.000128**	307747**
Zinc sulfate (Zn)	1	1.6641**	57.86**	0.711**	0.0000027^{ns}	108625**
P×N	2	0.0330**	5.21**	0.207^{ns}	0.0000068^{ns}	12133**
Zn×N	2	0.0074**	1.17**	0.127^{ns}	0.000012^{ns}	9173**
P × Zn	1	0.2669**	0.75^{ns}	0.001^{ns}	0.000025^{ns}	11^{ns}
P × Zn×N	2	0.0008**	4.11**	0.191^{ns}	0.000005^{ns}	2582**
Error	22	0.0001	0.30	0.087	0.000008	300
CV (%)	-	4.28	3.04	7.64	8.89	1.93

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد؛ **ns**: غیرمعنی‌دار

*, and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively; ns: non significant

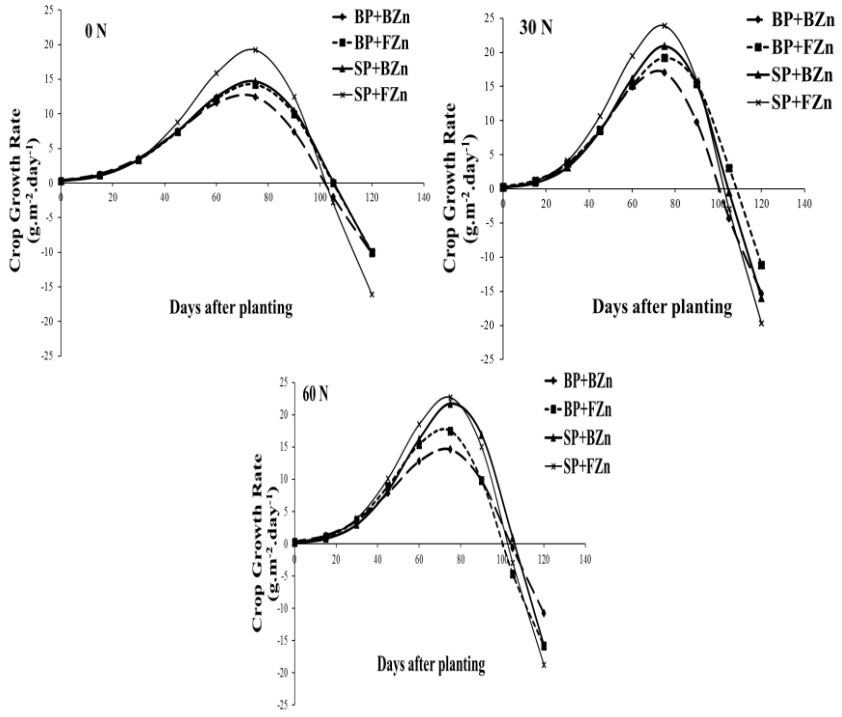
سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول نمایان‌گر میزان تجمع ماده خشک گیاهان در یک فاصله زمانی مشخص در واحد سطح زمین است و مقدار آن زمانی که شاخص سطح برگ در حد مطلوب است بیش‌ترین بوده و سپس با سایه اندازی و پیری برگ‌ها کاهش می‌یابد **(Koocheki & Sarmadnia, 2009)**. شاخص سرعت رشد محصول از طرفی وابسته به شاخص سطح برگ است و میزان کارایی تاج پوشش و جذب تابش خورشید را نشان می‌دهد و از طرفی در روند افزایش تجمع ماده خشک تاثیرگذار است **(Gardner *et al.*, 1985)**. با توجه به روند تغییرات سرعت رشد محصول مشاهده می‌شود (شکل ۳) که در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب تشعشع میزان **CGR** در پوشش گیاهی پایین است، با گذشت زمان و توسعه برگ‌ها، تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی افزایش یافته و در نتیجه **CGR** نیز افزایش می یابد **(Dadrasi *et al.*, 2012)**.

سرعت رشد محصول، در بازه زمانی ۴۰ تا ۵۰ روز پس از کاشت، روند افزایشی در پیش گرفت و ۷۵ روز پس از کاشت به حداکثر میزان خود رسید (شکل ۳). در تمامی سطوح نیتروژن استارتر ، مصرف توام فسفات نواری و محلول‌پاشی سولفات‌روی با تشدید اثرات مثبت یکدیگر، سرعت رشد محصول را افزایش داد. در سطح کودی ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفات نواری بیش‌ترین تاثیر را در افزایش سرعت رشد محصول داشت در حالی که کم‌ترین سرعت رشد محصول هنگامی ملاحظه شد که کود استارتر مصرف نشده بود چون گیاه با کمبود نیتروژن مواجه شده و رایزوبیوم نیز تحت این شرایط نمی‌تواند به خوبی با گیاه همزیستی برقرار نماید **(Malmir, 2016)**، بنابراین تاثیر شیوه مصرف فسفات و روی کاهش یافته بود که این نکته اهمیت مصرف نیتروژن استارتر را اثبات می‌کند. **Malmir (2016)** گزارش نمود در سطوح کودی ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن، برادی ریزوبیوم تاثیر مثبت بیش‌تری در افزایش سرعت رشد محصول سویا داشت اما هنگامی که کود استارتر مصرف نشده بود، تاثیر برادی‌ریزوبیوم در گیاه سویا کاهش یافت.

بررسی‌ها نشان داد که در بازه زمانی ۷۵ تا ۹۵ روز پس از کاشت سرعت رشد محصول روند کاهشی در پیش گرفت و تقریبا ۱۰۰ روز پس از کاشت مقدار آن به صفر رسید (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد در این زمان با رسیدگی بیشتر گیاه و نزدیک شدن به دوره

بلوغ به دلیل توقف رشد رویشی، پیر شدن و ریزش برگ‌ها توان فتوسنتزی کم شده و منجر به کاهش سرعت رشد محصول می‌گردد و حتی در آخر دوره نیز سبب منفی شدن این شاخص می‌شود (**Mousavi *et al.*, 2012**). در گیاه نخود گزارش شده است که شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول با گذشت زمان تا مرحله تشکیل نیام افزایش یافته و پس از آن کاهش پیدا کرد، به طوری که در زمان رسیدگی نیام‌ها، سرعت رشد محصول صفر و حتی منفی شد، زیرا در این زمان گیاه به جای تولید بیشتر مواد به انتقال مواد ساخته شده می‌پردازد (**Lebaschy *et al.*, 2004. Fakhimi Paidar (2015)**) گزارش نمود در تمام سطوح تنش رطوبت و در هر دو شیوه مصرف فسفات (خاکی و نواری)، محلول‌پاشی سولفات روی نسبت به مصرف خاکی آن سبب افزایش سرعت رشد گردید.



شکل ۳- تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات‌روی بر سرعت رشد محصول لوبیا در سطوح مختلف کود نیتروژنه (کیلوگرم درهکتار)

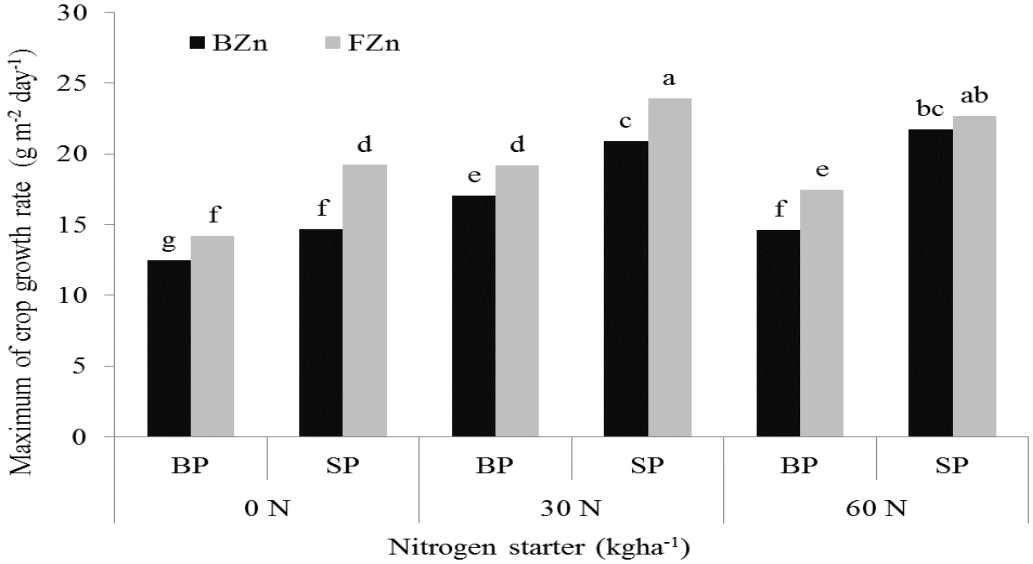
SP=مصرف نواری فسفات **FZn=**محلولپاشی سولفات‌روی **BZn=**پخش سولفات‌روی **BP=**پخش فسفات

Figure 3- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on the crop growth rate of bean at different levels of nitrogen starter fertilizer (kg ha^{-1})

BP= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosphate

نتایج جدول تجزیه واریانس بیشینه سرعت رشد محصول نشان داد که تمام اثرات به جز اثر دوگانه فسفات × سولفات‌روی در سطح ۱ درصد معنی دار شدند (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد که در بین این تیمارها بیش‌ترین و کم‌ترین **CGR** به میزان ۲۳/۹۱ و۱۲/۴۷ گرم بر متر مربع در روز به ترتیب به تیمار مصرف نواری فسفات و محلول‌پاشی روی در تیمار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر و مصرف پخش کودهای فسفات و سولفات روی در سطح تیمار عدم مصرف نیتروژن استارتر بود (شکل ۴). به‌نظر می‌رسد علت این امر، جذب بهتر روی از طریق برگ‌ها نسبت به خاک (از طریق ریشه) است زیرا بخشی از روی در خاک تثبیت و غیرقابل جذب می شود به ویژه در حالت فسفر پخش، چرا که روی می‌تواند توسط فسفات از فرم قابل جذب خارج شود (**Malakouti & Tabatabaei, 1999**)، لذا محلول‌پاشی اثر بهتری

داشته است. **Malmir (2016)** گزارش نمود حداکثر سرعت رشد محصول در سویا از مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن و در حالت تلقیح با برادی رایزوبیوم حاصل شد.تیمار مصرف نواری فسفات و محلول‌پاشی روی در تیمار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر حداکثر **CGR** را ۹۲ درصد نسبت به تیمار خاک‌پخش کودهای فسفات و سولفات روی در تیمار عدم مصرف نیتروژن استارتر افزایش داد.



شکل ۴- تأثیر شیوه‌های کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر حداکثر سرعت رشد محصول لوبیا در سطوح مختلف کود نیتروژنه (حرف های ناهمسان معرف معنی دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

The dissimilar letters indicate the meaningfulness of the treatments at a probability level of 0.05.

SP=مصرف نواری فسفات **FZn=**محلولپاشی سولفات‌روی **BZn=**پخش سولفات‌روی **BP=**پخش فسفات

Figure 4- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on maximum of crop growth rate at different levels of nitrogen starter fertilizer

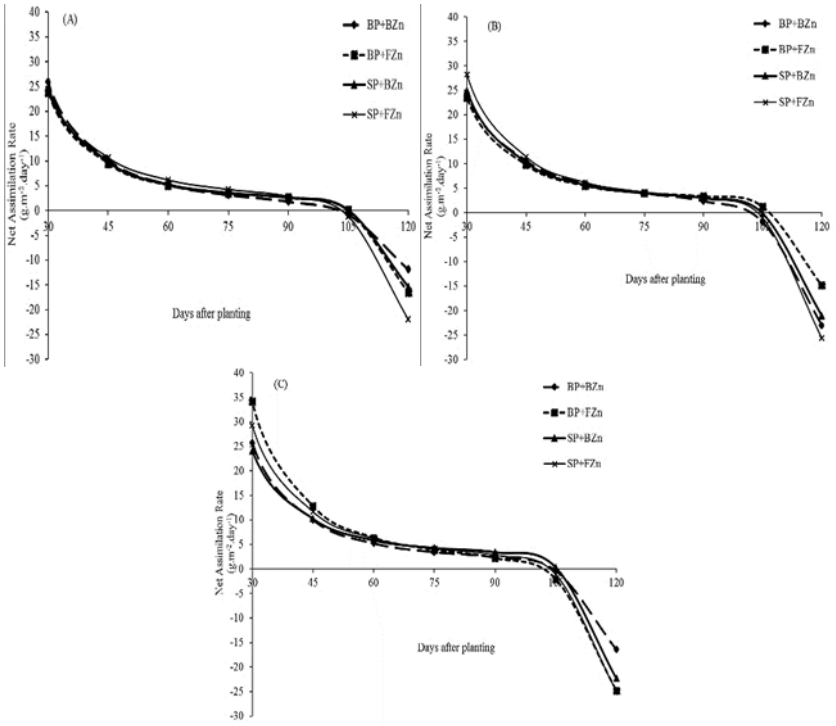
BP= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosphate

سرعت جذب خالص (NAR)

سرعت جذب خالص عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد سطح برگ و در واحد زمان **(Rahnama, 2008)**. زمانی که گیاهان کوچک باشند و اغلب برگ‌ها در معرض نور مستقیم خورشید قرار بگیرند، **NAR** در بالاترین سطح خود قرار خواهد گرفت. همزمان با رشد گیاه و افزایش **LAI** برگ‌های بیش‌تری در سایه قرار می‌گیرند و این امر باعث کاهش **NAR** در طول فصل رویش می‌گردد **(Koochaki & Sarmadnia, 2009)**.

در تحقیق حاضر نیز بررسی روند تغییرات سرعت جذب خالص در تیمارهای مختلف نشان داد که در اوایل فصل رشد، این شاخص در بیش‌ترین مقدار خود بود و در بازه زمانی ۹۰ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت، مقدار آن به صفر میل کرده و پس از آن منفی شد (شکل ۵). **Aboutalebian & Moghisaei (2014)** نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. بیش‌ترین سرعت جذب خالص زمانی به وجود می‌آید که تمامی برگ‌ها در معرض دریافت نور خورشید باشند. در ابتدای فصل رشد، در تیمار کودی ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مصرف توام فسفات نواری و محلول‌پاشی روی، سرعت جذب خالص بیش‌تری داشت اما به علت افزایش سرعت رشد و تولید سریع برگ‌ها و افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش سایه اندازی برگ‌ها روی هم، روند نزولی سرعت جذب خالص در این تیمار، شیب تندتری داشت (شکل ۵). نتایج جدول تجزیه واریانس سرعت جذب خالص در ۷۵ روز پس از کاشت (زمانی که سرعت رشد گیاه به حداکثر رسید) نشان داد، که تنها اثرات اصلی عوامل مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول۲). بیش-

ترین مقدار آن مربوط به تیمارهای ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین ۴/۰۳ و ۳/۹۶ گرم در متر مربع در روز بود و در مورد فسفات نواری با میانگین ۴/۰۷ گرم در متر مربع و محلول‌پاشی سولفات روی با میانگین ۴/۰۱ گرم در متر مربع در بدست آمد (جدول ۳). **Fakhimi Paidar (2015)** در تحقیقی بر روی ذرت گزارش نمود در تیمار شیوه مصرف فسفات، بالاترین میانگین جذب خالص در روز هشتادم پس از کاشت، از تیمار نواری فسفات به دست آمد. مصرف نواری فسفات سبب دسترسی سریع تر و کامل تر ریشه به فسفر می‌شود زیرا حرکت فسفر در خاک به صورت انتشار است و در حالت پخش در خاک احتمال جذب به موقع این عنصر توسط ریشه کاهش می‌یابد **(Eghbal *et al.*, 1990)**.



شکل ۵- تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات‌روی بر سرعت فتوسنتز خالص در سطوح مختلف کود نیتروژنه (کیلوگرم در هکتار)

SP=مصرف نواری فسفات **FZn=**محلول‌پاشی سولفات روی **BZn=**پخش سولفات روی **BP=**پخش فسفات

Figure 5- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on the net assimilation rate of bean at different levels of nitrogen starter fertilizer (kg ha^{-1})

BP= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosphate

سرعت رشد نسبی (RGR)

افزایش نسبی وزن گیاه در واحد زمان سرعت رشد نسبی نامیده می‌شود. به بیان دیگر، سرعت رشد نسبی یک گیاه معیاری از کارآیی رشد آن گیاه می‌باشد و بیان‌گر سرعتی از تولید بیوماس جدید به ازای بیوماس فعلی موجود، در واحد زمان است **(Rahnama, 2008)**. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار این شاخص در طول فصل رشد سیر نزولی داشت (شکل ۶). میزان سرعت رشد نسبی با بالا رفتن سن گیاه رو به کاهش می‌گذارد. علت کاهش در سرعت رشد نسبی را می‌توان به افزایش سن برگ های پایین‌تر، در سایه قرار گرفتن آن‌ها و همچنین افزایش بافت های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، نسبت داد **(Rahnama, 2008)**.

Voldeng & Blackman (1975) گزارش کردند سرعت رشد نسبی با سن گیاه رابطه خطی معکوس دارد. به طور تقریبی ۱۰۰ روز پس از کاشت، در زمانی که سرعت رشد محصول به صفر رسیده بود، سرعت

رشد نسبی نیز به سمت صفر میل نمود (شکل ۶) و سپس مقدار آن منفی شد. این کاهش تا اندازه‌ای مربوط به در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های تحتانی پوشش گیاهی می‌باشد (**Silim *et al*., 1993; Singh, 1997**). تجزیه واریانس سرعت رشد نسبی در ۷۵ روز پس از کاشت نشان داد، اثرات اصلی شیوه‌های کاربرد فسفات در سطح احتمال ۱ درصد و سطوح مختلف کود نیتروژن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول۲). بیش‌ترین مقدار آن مربوط به تیمارهای ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۰/۰۳۳ گرم بر گرم در روز که البته با تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت و فسفات نواری با میانگین ۰/۰۳۴ گرم بر گرم در روز به‌دست آمد (جدول۳). **Malmir (2016)** گزارش کرد بیش‌ترین سرعت رشد نسبی از مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در گیاه سویا به دست آمده است. **Walley *et al* (2005)**در بررسی مقادیر مختلف نیتروژن بر نخود (***Cicer arietinum* L.**) بیان کردند که نیتروژن در مقادیر کم به عنوان استارتر، تاثیر مثبتی بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد، ولی در مقادیر بالای این عنصر سبب بازدارندگی در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و کاهش وزن خشک گره گردید. **Ahmadkhan *et al*. (2007)** نیز تلقیح نخود با ریزوبیوم را عامل کاهش مصرف کود نیتروژنی گزارش کرده‌اند.

ماده خشک کل (TDW)

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که روند افزایش وزن خشک در طول دوره رشد گیاهان زراعی به‌صورت منحنی سیگموئیدی است (**Rahman *et al*., 2000**). بر اساس نتایج به دست آمده، تجمع ماده خشک در گیاه، ۶۰ روز پس از کاشت روند سریع خود را آغاز نمود و در بازه زمانی ۱۰۰ تا ۱۱۰ روز پس از کاشت، به بیش-ترین مقدار رسید (شکل ۷)، اما ۱۱۰ روز پس از کاشت به علت کاهش سطح برگ (شکل ۱)، تجمع ماده خشک در گیاه روند کاهشی را آغاز نمود و در بازه زمانی ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز پس از کاشت، با شیب تندی روند کاهشی نشان داد. همزمان با انتقال مواد از اندام ها به دانه‌ها و به علت ریزش برگ‌ها در اثر سایه اندازی، پیری و عدم توانایی کافی جهت فتوسنتز و ماده سازی، تجمع ماده خشک در گیاه ثابت شده و حتی کاهش می‌یابد (**Sarmadnia & Kochaki, 2007**). به‌طور کلی جهت دست‌یابی به عملکرد دانه بیشتر در گیاهان زراعی، دو راه‌کار اصلی وجود دارد که عبارتند از: افزایش تجمع ماده خشک و افزایش در شاخص برداشت (**Spagnoletti *et al*., 1999**). تولید ماده خشک علاوه بر زنده بودن گیاه، بیانگر رشد و نمو آن نیز می‌باشد. نتایج نشان داد که در تمامی سطوح، مصرف نواری فسفات، محلول‌پاشی روی و مصرف توام آن‌ها، باعث افزایش روند تجمعی ماده خشک بوته‌ها شده است، اما تاثیر این کودها در سطح کودی ۳۰ کیلوگرم، نسبت به مصرف صفر و تا حدی ۶۰ کیلوگرم، بیشتر بود (شکل ۷). در تیمار پخش فسفات و پخش سولفات‌روی، روند تجمع ماده خشک بسیار ملایم و آهسته بود که نشان می‌دهد گیاه شرایط تغذیه‌ای مناسبی نداشته و رشد و فتوسنتز آن تحت تاثیر قرار گرفته است، بنابراین ماده خشک تولیدی آن با سرعت بسیار کم‌تری تشکیل شده است. در تمامی سطوح، فسفات نواری نسبت به پخش آن، برتری محسوسی در تجمع ماده خشک در گیاه داشت. که علت آن دسترسی آسان تر ریشه‌ها در مصرف نواری کود فسفاته بوده است چرا که تثبیت فسفر را نسبت به حالت پخش آن کاهش می دهد (**Tisdale *et al*., 1985**) و محلول‌پاشی روی سبب رسیدن بهتر روی به گیاه نسبت به مصرف خاکی شده است (**Malakouti & Tabatabaei, 1999**) که نهایتا در تیماری که ترکیبی از مصرف نواری فسفات و محلول پاشی سولفات روی بوده است انجام بهتر فتوسنتز گیاه و تولید ماده خشک بیشتر رخ داده است. **Fakhimi Paidar (2015)** گزارش نمود محلول‌پاشی روی و مصرف نواری فسفات در گیاه ذرت، بیشترین ماده خشک را به خود اختصاص دادند.

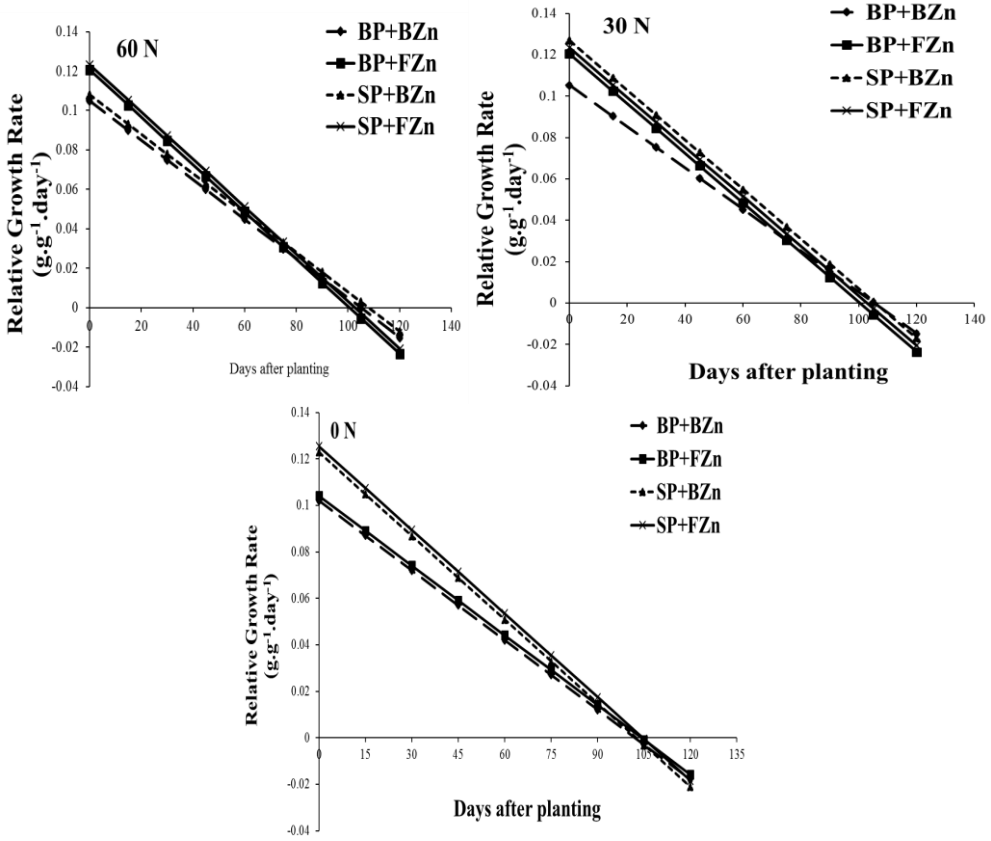
جدول۳- اثرات شیوه‌های مصرف کود فسفات، سولفات روی و مقادیر کود نیتروژنه بر سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص لوبیا در ۷۵ روز پس از کاشت

Table 3- The effects of application method of phosphate, zinc sulfate and amount of nitrogen fertilizer on the relative growth rate and net assimilation rate of bean on the 75th day after planting

	Relative growth rate (g g^{-1} day^{-1})	Net assimilation rate (g m^{-2} day^{-1})
Nitrogen (kg ha^{-1})		
0	0.030[b]	3.61[b]
30	0.033[a]	4.03[a]
60	0.032[ab]	3.96[a]
LSD (0.05)	0.0024	0.250
Phosphorus		
Strip	0.034[a]	4.07[a]
Broadcast	0.030[b]	3.67[b]
LSD (0.05)	0.002	0.204
Zinc sulfate		
Foliar	0.032[a]	4.01[a]
Broadcast	0.031[a]	3.73[b]
LSD (0.05)	0.002	0.204

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P ≤ 0.05).

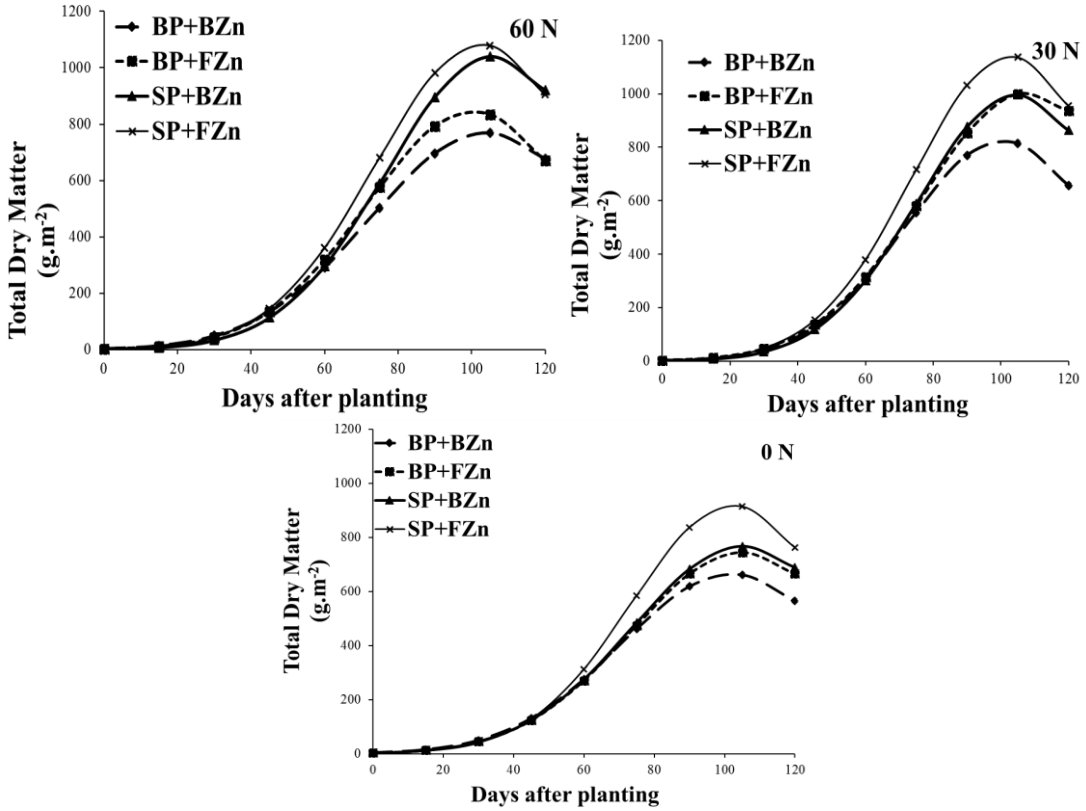


شکل ۶- تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف کود نیتروژنه (کیلوگرم در هکتار)

SP: مصرف نواری فسفات **FZn=** محلول‌پاشی سولفات روی **BZn=** پخش سولفات روی **BP=** پخش فسفات

Figure 6- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on relative growth rate of bean at different levels of nitrogen starter fertilizer (kg ha^{-1})

BP= Phosphate BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosp Broadcasting



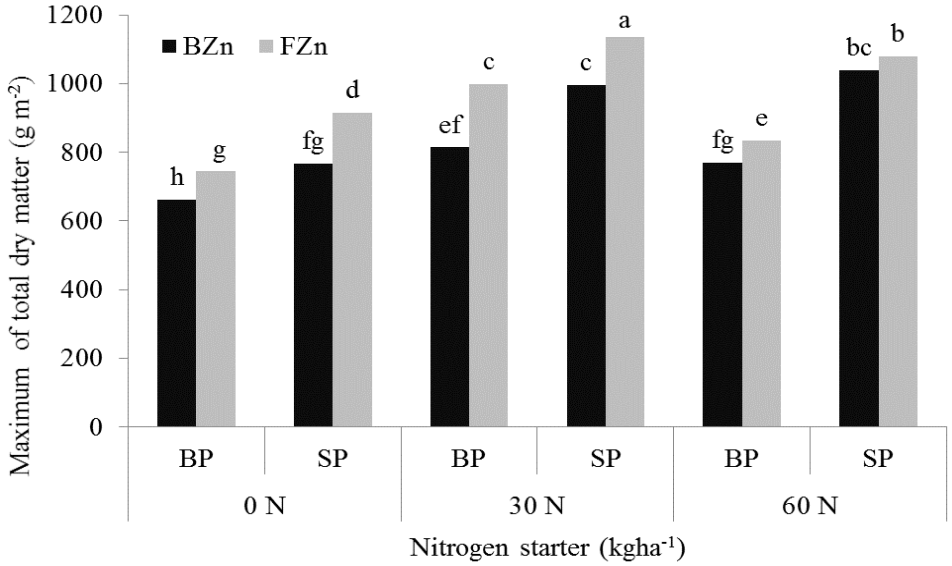
شکل ۷- تأثیر شیوه کاربرد کودهای فسفات و سولفات روی بر ماده خشک لوبیا در سطوح مختلف کود نیتروژنه (کیلوگرم در هکتار)

SP= مصرف نواری فسفات **FZn=** محلولپاشی سولفات روی **BZn=** پخش سولفات روی **BP=** پخش فسفات

Figure 7- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on the total dry matter of bean at different levels of nitrogen starter fertilizer (kg ha^{-1})

BP= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosphate

جدول تجزیه واریانس حداکثر ماده خشک کل نشان داد که همه اثرات اصلی و چندگانه به جز اثر دوگانه فسفات در سولفات‌روی بر این صفت در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین این تیمارها بیش‌ترین و کمترین ماده خشک به میزان ۱۱۳۶/۷۲ و ۶۶۱/۹۶ گرم در متر مربع به ترتیب به تیمار مصرف نواری فسفات و محلول‌پاشی روی در تیمار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر و مصرف پخش کودهای فسفات و سولفات روی در شرایط عدم مصرف نیتروژن متعلق بود (شکل ۸). عاملی مانند نیتروژن شاخص سطح برگ را در گیاه افزایش داده و موجب بالا رفتن میزان ماده خشک در گیاه می شود (**Hay & Walkar, 1989**). گزارش کردند که **Ghanbari *et al.* (2013)** استفاده از روی در لوبیا با افزایش کربوهیدرات‌های محلول، بر میزان ماده خشک گیاه افزوده است، که این افزایش نتیجه نقش کلیدی روی در تحریک فعالیت های فتوسنتزی و افزایش میزان آسیمیلات‌های تولیدی است. **Malmir (2016)** گزارش نمود بیش ترین ماده خشک گیاه سویا از کاربرد ۳۰ کیلوگرم نیتروژن و تلقیح برادی رایزوبیوم و کم‌ترین آن از عدم مصرف کود و برادی رایزوبیوم به‌دست آمد. ایشان بیان داشت که مصرف بیش‌تر کود استارتر تاثیر منفی بر رابطه همزیستی گیاه با برادی ریزوبیوم داشته و باعث تقلیل ماده خشک تولیدی گردید.



شکل۸- تأثیر شیوه‌های کاربرد کودهای فسفات و سولفات‌روی بر حداکثر ماده خشک لوبیا در سطوح مختلف کود نیتروژنه

حرف های ناهمسان معرف معنی دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

The dissimilar letters indicate the meaningfulness of the treatments at a probability level of 0.05.

BP= پخش فسفات **BZn=** پخش سولفات روی **FZn=** محلولپاشی سولفات روی **SP=** مصرف نواری فسفات

Figure 8- The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on maximum of total dry matter at different levels of nitrogen starter fertilizer

BP= Phosphate Broadcasting BZn= Zinc Broadcasting FZn= Zinc Foliar SP= Strip Phosp

نتیجه گیری کلی

استفاده از ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن استارتر تا زمانی که ریشه گیاه به اندازه کافی به باکتری‌های همزیست آلوده نشده است، می‌تواند باعث افزایش شاخص سطح برگ و وزن خشک کل و سایر شاخص های فیزیولوژیکی رشد گردد و در عین حال سبب کاهش مصرف کود نیتروژنی می‌شود. در این پژوهش مشخص گردید که کاربرد نواری کود فسفاته و محلول پاشی همزمان سولفات روی در مقایسه با مصرف خاکی آن‌ها می تواند در بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد لوبیا مؤثر باشد که در نهایت منجر به بهبود رشد این گیاه می‌گردد.

REFERENCES

1. **Abedi Baba-Arabi, S., Movahedi Dehnavi, M., Yadavi, A. R. & Ahmadi, E. (2011). Effect of Zn and K foliar application on physiological traits and yield of spring sunflower under drought stress. *Iranian Journal of Crop Science*, 4(1), 75-95 (In Farsi).**
2. **Aboutalebian, M. A. & Moghisaei, F. (2014). Effect of seed priming and fertilizer application methods of zinc sulfate on some physiological indices of two corn cultivar in Hamedan. *Journal of Crop Production and Processing*, 18(5), 255-268 (In Farsi).**
3. **Ahmadkhan, I., Ahmad, Sh., Sarvat, N. M., Moazzam, N., Atha, M. & Shabir, Sh. (2007). Growth response of buffel grass *(Cenchrus ciliaris)* to phosphorus and mycorrhizal inoculation. *Agriculture Science*, 2, 129-132.**
4. **Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soils and crops nutrition*. International Zinc Association (IZA). Brussels, Belgium. 127 p.**
5. **Baniabbass, Z., Zamani, G, & Sayyari, M. (2011). Effect of drought stress and zinc sulfate on the yield and some physiological characteristics of sunflower *(Helianthus. annuus* L.*)*. In: National Conference on the Modification of Production and Consumption Pattern, Kerman Higher Education Institution, Kerman, Iran, pp. 453-458 (in Farsi).**
6. **Broughton, W., Hernandez, J., Blair, G., Beebe, M., Gepts, S. P. & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. *Plant and Soil*, 252, 55-128.**

7. **Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H. J. & Yilmaz, A. (1999). Zinc and human nutrition in Turkey: NATO. Science for Stability Project.** ***Field Crops Research*****, 60, 175-188.**
8. **Dadrasi, V., Aboutalebian, M. A., Ahmadvand, G., Mousavi, S. & Seyedi, M. (2012). Effect of on-farm seed priming and irrigation interval on growth indices of two corn cultivars (*Zea mays* L.).** ***Journal of Agronomy Sciences*****, 7, 64-85 (In Farsi).**
9. **Daneshian, J. (2000).** ***Ecophysiological effects of water deficit stress in soybean*****. PhD Thesis, Tehran Islamic Azad University, Tehran, Iran (In Farsi).**
10. **Eghbal, B., Sander, D. H., Skopp, J. (1990). Diffusion, adsorption and predicted longevity of banded phosphorus fertilizer in three soils.** ***Soil Science Society America Journal*****, 54, 1161-1165.**
11. **Fageria, N. K. & Santos, A. B. (2008). Yield physiology of dry bean.** ***Journal of Plant Nutrition*****, 31, 983-1004.**
12. **Fakhimi Paidar, N. (2015).** ***The effect of application method of phosphate and zinc sulfate on the agronomic characteristics of corn (Zea mays* L.*) under water deficit stress*****. MSc Thesis. College of Agriculture, Bu-Ali Sina University. Hamedan, Iran. (in Farsi)**
13. **Gan, Y., Malhi. S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F. & Stevenson, C. (2011). Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of *Juncea canola* under diverse environments.** ***Agronomy Journal*****, 100, 285-295.**
14. **Gardner, F., Pearce, R. & Mitchell, R. L. (1985).** ***Physiology of crop plants*****. Iowa State University Press, Ames, USA, 327 pages.**
15. **Ghanbari, A. A., Shakiba, M. R., Toorchi, M. & Choukan, R. (2013). Nitrogen changes in the leaves and accumulation of some minerals in the seeds of red, white and Chitti beans** ***(Phaseolus vulgaris)*** **under water deficit conditions.** ***Australian Journal of Crop Science*****, 7(5), 706-712.**
16. **Hagin, J. & Tucker, B. (1982).** ***Fertilization of dry land and irrigated Soils*****. Spring-Verlag, New York, 188 pages.**
17. **Hay, R. K. M. & Walker, A. J. (1989).** ***Introduction to the physiology of crop yield*****. Longman Group UK Limited, Harlow, 292 pp.**
18. **Hozayn, M., Zeidan, M. S., Abd El-Lateef, E. M. & Abd El-Salam, M. S. (2007). Performance of some mungbean (*Vignna radiate* L. Wilczek) genotypes under late sowing condition in Egypt.** ***Research Journal Agriculture and Biotechnological Sciences*****, 3, 972-978.**
19. **Javanmard, A., Mustafavi, H., Khezri, A. & Mohammadi, S. (2015). Improvement of macro and micro nutrients accumulation in maize (*Zea mays* L.) grain by application of chemical and biological fertilizers.** ***Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*****, 25(2.1), 27-43 (in Farsi).**
20. **Jha, A. K. & Singh, R. (2013). The influence of interaction between *Rhizobium tropici* and fertilizer N on nutrient uptake, growth and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salt stress.** ***Progressive Horticulture*****, 45(1), 222-228.**
21. **Koocheki, A. & Sarmadnia, G. H. (2009).** ***Physiology of crop plants.*** **Jahad Daneshgahi, Mashhad Publication, Mashhad, Iran. 400 pages (in Farsi).**
22. **Majnoon Hosseini, N. (1997).** ***Food legumes in Iran*****. Jahad Academic Publications, University of Mashhad (In Farsi).**
23. **Malakouti, M. J. & Nafisi, M. (1995).** ***Fertilization of dry land, and irrigated soils.*** **Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. 342 pages (In Farsi).**
24. **Malakouti, M. & Tabatabaei, S. J. (1999).** ***Foliar nutrition of plants.*** **Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy, Horticulture Affairs, Tehran, Iran. 121 pages (In Farsi).**
25. **Malmir, M. (2016).** ***The effects of mycorrhizae and bradyrhizobium on the growth and yield of soybean (Glycine max* L.*) under different levels of nitrogen starter fertilizer*****. MSc Thesis, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University. Hamedan, Iran (In Farsi).**
26. **Memon, K. S. & Puno, H. K. (2005). Effect of different nitrogen and phosphorus levels on the yield and yield components of wheat variety Pavan. Agriculture Research Station Dadu, Sindh, Pakistan.** ***Indus Journal of Plant Sciences*****, 4, 273-277.**
27. **Mirza Shahi, K. (2011). Effect of management of phosphorus fertilizer on wheat grain yield and total phosphorus in north of Khuzestan.** ***Crop Physiology Journal*****, 4(13), 99-114 (in Farsi).**
28. **Mousavi, R., Aboutalebian, M. A., Sepehri, A. & Mehdizadeh, A. (2012). Effect of sowing date and seed priming on germination, biological yield and some physiological characteristics of maize hybrid 260 in Hamedan.** ***Iranian Journal of Field Crop Science*****, 43(1), 39-49 (In Farsi).**
29. **Mousavi, S. H., Fathi, Gh. & Dadgar, M. A. (2005). Planting date and density on growth, yield components and yield of red beans. In: Proceedings of** ***First Pulse National Conference, 20-21 November, Ferdosi Mashhad University*****. 31 pp (In Farsi).**

30. **Odeley, F. & Animashaun, M. O. (2007). Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield *(Glycine max* L.*)* in south west Nigeria. *Australian Journal of Crop Science*, 41, 1842-1850.**
31. **Rahnama, A. (2008). *Plant physiology*. Pouran Pajouhesh Press. Tehran, Iran (In Farsi).**
32. **Rahman, M. A., Karim, A. J. M. S., Hoque, M. M. & Egashira, K. (2000). Effects of irrigation and nitrogen fertilization on photosynthesis, leaf area index and dry matter production of wheat on clay terrace soil in Bangladesh. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 45, 289-300.**
33. **Safi Nadergoli, M. & Yarania, M. (2011). Effect of zinc manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolous vulgaris* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(5), 859-865.**
34. **Shirin Abadi, M. (2016). *Evaluation the response of yield and yield components of two chickpea cultivars to mesorhizobium and mycorrhizae under different levels of nitrogen starter fertilizer*. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran (In Farsi).**
35. **Soleimani, A., Firozi, M. & Narenjani, L. (2011). Effect of foliar application of micro-nutrient elements on some physiological indices affecting the growth and yield of dry matter of forage corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9 (3), 340-347.**
36. **Tariq, M., Rozina, G., Fazal, M., Fazal, J., Zahid, H., Nadia, N., Hamayoon, Kh. & Hayatullah, Kh. (2011). Effect of different phosphorus levels on the yield and yield components of maize. *Sarhad Journal Agriculture*, 27, 165-170.**
37. **Tisdale, L. S., Nelson, W. L. & Beaton, J. D. (1985). *Soil fertility and fertilizers* (4th Ed.). Mac Million Pub. Co., New York. 528 pages.**
38. **Verma, K. C. & Abidi, A. B. (2009). Effect of phosphorus and molybdenum on biochemical, yield and yield attributing parameters of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *African Journal of Basic and Applied Sciences*, 1, 67-69.**
39. **Walley, F. L., Boahen, G., Hnatowich, S. K. & Stevenson, C. (2005). Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and kabuli chickpea. *Canadian Journal of Plant Science*, 85, 73-79.**