نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 317-296

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 296-317

اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

راحله احمدزاده قویدل[1]، قربانعلی اسدی[2*]، محمد تقی ناصری پور یزدی[3]، رضا قربانی[4] و سرور خرم دل[3]

تاریخ دریافت: 1394/08/19
تاریخ پذیرش: 1394/11/06

احمدزاده قویدل، ر.، اسدی، ق.ع.، ناصری پور یزدی، م.ت.، قربانی، ر.، و خرم دل، س. 1395. اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 317-296.

چکیده

به منظور ارزیابی روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشدی ارقام لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تأثیر تراکم‌های مختلف بوته و مقادیر کود دامی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 36 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 94-1393 انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل چهار رقم لوبیای قرمز (اختر، لاین D-81083، ناز و گلی)، سه تراکم بوته (13/13، 20 و 40 بوته در مترمربع) و سه سطح کود گاوی کاملاً پوسیده (صفر، 15 و 30 تن در هکتار) بود. شاخص‌های رشدی مورد بررسی شامل شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی ارقام لوبیا قرمز در سطوح مختلف تراکم و کود دامی بود. نتایج نشان داد که بیشترین تجمع ماده خشک با 315/4 گرم در مترمربع برای رقم گلی و کمترین مقدار آن با 214/5 گرم در مترمربع در رقم اختر مشاهده شد. بالاترین شاخص سطح برگ (2/59) با مصرف 30 تن در هکتار کود دامی در رقم گلی به دست آمد. در هر چهار رقم حداکثر سرعت رشد محصول در 42 روز پس از سبز شدن و در تراکم 40 بوته در مترمربع حاصل شد و با کاهش تراکم به 13/13 بوته در مترمربع سرعت رشد محصول 18 درصد کاهش یافت. همچنین در تراکم 40 بوته در مترمربع بالاترین سرعت رشد نسبی نیز مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، شاخص فیزیولوژیک رشد، کود گاوی

مقدمه

لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهمترین حبوبات می‌باشد که به دلیل تأمین بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز انسان، سهم عمده‌ای در رژیم غذایی دارد. مقدار پروتئین حبوبات حدود دو تا چهار برابر غلات و 10 تا 20 برابر گیاهان غده‌ای است. طبق آمار موجود، سطح زیر کشت حبوبات در ایران در سال زراعی 92-1391، حدود 770 هزار هکتار بود که معادل 6/3 درصد از آن به حبوبات اختصاص یافته است و از این مقدار سهم لوبیا 14/9 درصد است. میزان تولید حبوبات نیز در این سال حدود 505 هزار تن برآورد شده است که 37/6 درصد آن مربوط به لوبیا می‌باشد (FAO, 2013). در گیاهانی مانند لوبیای قرمز که دارای انواع تیپ رشدی شامل ارقام ایستاده، نیمه‌ایستاده و یا خوابیده و نیز رشد محدود و نامحدود می‌باشند، تراکم کاشت بیش از پیش حائز اهمیت می‌باشد، زیرا بسته به رقم، تراکم کاشت جهت ایجاد یک ساختار تاج پوشش گیاهی مطلوب می‌تواند متفاوت باشد (Torabi et al., 2005).

تراکم بوته یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد گیاهان محسوب می‌شود، تراکم کاشت نه تنها تعیین‌کننده رقابت جهت دستیابی به نور و عناصر غذایی است، بلکه تقسیم و تخصیص ماده خشک بین اندام‌های گیاهی را نیز کنترل می‌کند (Anis et al., 2001). به بیان

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشیار، استادیار و استاد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: asadi@um.ac.ir)

دیگر، تراکم مطلوب کاشت در گیاهان زراعی، تراکمی است که در آن عوامل محیطی با کارایی بالایی مورد استفاده قرار گیرند و در عین حال، رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای در حداقل مقدار باشند (Koocheki et al., 2009). نتایج مطالعات تأییدکننده تأثیر به سزای تراکم بر رشد و میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به گونه‌ها و اندام‌های مختلف می‌باشد. در این راستا، لطیفی و نداف‌پور (Latifi & Naddaf Por, 2008) با بررسی شاخص‌های رشد لوبیا گزارش نمودند که در تراکم 30 بوته در مترمربع بالاترین سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی حاصل شد. مدنی و همکاران (Madani et al., 2008) در بررسی فواصل روی ردیف کاشت بر ارقام لوبیا گزارش نمودند که در فاصله 15 سانتی‌متر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در مقایسه با فواصل کمتر برتری داشت، اما طول غلاف و عملکرد دانه صرفاً تحت تأثیر رقم قرار گرفت. نتایج مطالعه فرجی و همکاران (Faraji et al., 2010) نشان داد که با افزایش تراکم لوبیا عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد غلاف در واحد سطح افزایش یافت. پرویزی و همکاران (Parvizi et al., 2011) در بررسی تراکم بر ارقام لوبیا نشان دادند که با افزایش تراکم، صفات روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، وزن 100 دانه و درصد پروتئین کاهش یافت، هر چند به دلیل افزایش تعداد غلاف در واحد سطح عملکرد دانه افزایش یافت. در مطالعه دیگری با بررسی فواصل کاشت و تراکم بوته بر عملکرد لاین‌های امید بخش لوبیا اعلام شد که اثر فاصله کاشت بر ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در غلاف و وزن 100 دانه معنی‌دار نگردید، ولی با کاهش فاصله کاشت، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت (Soltani et al., 2005). مونیت و همکاران (Moeinit et al., 2009) طی بررسی فواصل کاشت بر ارقام لوبیا گزارش کردند که در ارقام رشد ایستاده و نیمه‌ایستاده، بهترین فاصله بوته 20 سانتی‌متر بوده و عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با تعداد غلاف در بوته و ارتفاع داشت. نتایج حاصل از پژوهش ترابی جعفررودی و همکاران (Torabi Jafroudi et al., 2004) روی دو رقم لوبیا نشان داد که با کاهش فاصله بین ردیف از 60 به 30 سانتی‌متر یا افزایش تراکم بر میزان سرعت رشد محصول افزوده شده و بالاترین عملکرد دانه در فاصله بین ردیف 30 سانتی‌متر حاصل شد. در تحقیقی بر آرایش‌های مختلف کاشت در زراعت لوبیا گزارش شد که می‌توان با کاهش فواصل بین ردیف میزان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد (Powelson et al., 1999). این محققان دلیل اصلی کاهش عملکرد لوبیا در تراکم های بسیار زیاد بوته را به کمبود نور در جامعه گیاهی مربوط دانستند. بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2012) نیز گزارش کرده‌اند که افزایش تراکم بوته لوبیا از 11 به 33 بوته در مترمربع، باعث افزایش شاخص سطح برگ به میزان 16 درصد گردید. لیچ (Leach, 2009) طی دو سال آزمایش بر نخود (*Cicer arietinum* L.) زراعی در شرایط دیم دریافت که سرعت رشد نسبی با افزایش تراکم از 14 تا 56 بوته در مترمربع به طور معنی‌داری افزایش یافت و اعلام نمودند که تراکم حداقل 40 بوته در مترمربع برای به دست آوردن حداکثر سرعت رشد نسبی لوبیا قرمز لازم است.

از طرفی، با توجه به آن‌که این گیاه گسترده‌ترین سطح زیرکشت و بالاترین ارزش اقتصادی را بین حبوبات به خود اختصاص داده است، اعمال مدیریت زراعی بهینه به منظور بهره‌گیری هر چه بیشتر از پتانسیل عملکرد آن امری بسیار ضروری است (Golchin et al., 2008). یکی از این راهکارهای مدیریتی میزان مصرف کود می‌باشد که باید به گونه‌ای تغییر کند که عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول مدت طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد.

امروزه در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای آلی از اهمیت ویژه‌ای در فراهمی منابع، افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Esitken et al., 2003; Sharma, 2004). همراه با مصرف کود دامی، جمعیت ریزجانداران خاکزی به طور معنی‌داری افزایش یافته و مواد آلی موجود در کود دامی نیز منبع قابل توجهی برای تغذیه این موجودات محسوب می‌شوند. در زمین-های اصلاح‌شده با کود دامی، جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها و فعالیت میکروبی و آنزیمی در لایه سطحی خاک نیز بالاتر است (Gholami et al., 2009). در منابع متعدد به اثر مثبت کودهای دامی بر گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، ریزموجودات جانوری و پوشش گیاهی و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی خاک تأکید شده که این امر از طریق فراهمی عناصر غذایی و تحریک رشد، افزایش معنی‌دار عملکرد را به دنبال دارد (Singh et al., 2003; Vessey, 2003). نتایج ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2012) بر روی میزان مصرف کودآلی بر شاخص‌های رشدی لوبیا نشان داد که استفاده از کودهای آلی موجب بهبود شاخص سطح برگ شد که در نتیجه افزایش فتوسنتز و در نتیجه عملکرد ماده خشک و دانه را نیز موجب گردید. اسدی رحمانی و همکاران (Asadi Rahmani et al., 2005)

با بررسی تأثیر کاربرد کود آلی بر رشد و عملکرد لوبیا چیتی رقم Cos-16 گزارش نمودند که در نتیجه مصرف کود دامی و باکتری-های تثبیت‌کننده نیتروژن عملکرد دانه 78 درصد افزایش یافت. مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2006) طی بررسی خود در گیاه لوبیا افزایش عملکرد آن را در نتیجه کاربرد تلفیقی کود دامی و کود شیمیایی گزارش کردند، آن‌ها علت افزایش عملکرد را بهبود شرایط حاصلخیزی خاک مطرح نمودند. شهرکی و همکاران (Shahraki et al., 2016) طی بررسی روی اثر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* و سطوح کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نشان دادند که بیشترین عملکرد اقتصادی با 49/8 تن در هکتار با مصرف توأم 30 تن در هکتار کود دامی و کود زیستی *آزوسپیریلوم* به دست آمد.

با توجه به عدم وجود تحقیقات کافی در واکنش ارقام لوبیا قرمز نسبت به تراکم و سطوح مصرف کود دامی و نظر به اهمیت گیاه لوبیا به جهت دارا بودن درصد پروتئین بالا (Dorri, 2008) و عملکرد اقتصادی بالا (Troeh & Loynachan, 2003)، همچنین از طرف دیگر، شناخت و بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشدی این گیاه در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن، این آزمایش با هدف بررسی اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیا قرمز در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف مطالعه شاخص‌های فیزیولوژیک رشدی ارقام مختلف گیاه لوبیا قرمز نسبت به تراکم بوته و کود دامی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با طول جغرافیایی 59 درجه و 15 دقیقه تا 60 درجه و 36 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 35 درجه و 43 دقیقه تا 37 درجه و 8 دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا) در سال زراعی 93-1392 به اجرا در آمد.

قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری به صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی-شیمیایی خصوصیات خاک در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil before planting

بافت Texture	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم- سیلتی Loam-silty	320.2	4.5	0.196	3.1	7.76

به منظور انجام آماده‌سازی زمین، در شهریور ماه عملیات شخم و تسطیح زمین انجام گرفت و سپس با استفاده از نهرکن، جوی‌های زهکشی در هر یک از بلوک‌ها ایجاد شد. از آن‌جا که تیمار کودی مورد نظر کود دامی بود، لذا کود گاوی کاملاً پوسیده پنج ساله، پس از تجزیه و تعیین خصوصیات شیمیایی (جدول 2) بر اساس تیمارهای مربوط همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین، داخل کرت‌های مربوط به هر تیمار پخش شده و با لایه 30-0 سانتی‌متر خاک به طور کامل مخلوط گردید.

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده

Table 2- Chemical criteria of used criteria

ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
62	0.50	740	3787	8.02	7.13

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 36 تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار رقم لوبیای قرمز با تیپ‌های متفاوت رشد (رقم اختر (رشد محدود ایستاده)، لاین D-81083 (رشد محدود ایستاده)، رقم ناز (رشد نامحدود رونده) و رقم گلی (رشد نامحدود رونده))، سه تراکم بوته (13/13، 20 و 40 بوته در مترمربع) و سه سطح مصرف کود دامی (عدم مصرف، 15 و 30 تن کود دامی در هکتار) در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است که تراکم بوته از طریق تنظیم فاصله روی ردیف پس از اطمینان از سبز شدن کامل بوته‌ها در مرحله 6-4 برگی اعمال گردید.

ابعاد کرت‌ها 5×2 متر بود. چهار ردیف کاشت با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر در هر کرت ایجاد گردید. جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد و انتهای تمامی کرت‌ها و بلوک‌ها با خاک به طور کامل مسدود شد تا آبیاری کرت‌ها به طور کاملاً جداگانه انجام گیرد. عملیات کاشت تمامی ارقام در نیمه اردیبهشت ماه به صورت دستی انجام شد (10 کیلوگرم در هکتار). بلافاصله پس از کاشت جوی‌ها هر روز به مدت یک هفته با دقت آبیاری شدند تا بذور به طور یکنواخت سبز گردند. روش آبیاری مورد استفاده نشتی و جوی و پشته‌ای با استفاده از سیفون بود که در آن آب به طور مستقیم در تماس با گیاه قرار نمی‌گیرد، بلکه به صورت نفوذی به پشته‌ها نشت نموده و آن‌ها را مرطوب می‌نماید. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی پس از هر نوبت آبیاری در شرایط ظرفیت زراعی انجام شد. در طی آزمایش آفت یا بیماری خاصی مشاهده نشد. به منظور تعیین شاخص‌های رشدی لوبیا شامل سطح برگ (LAI)[1] و میزان تجمع ماده خشک (DM)[2] شش نمونه‌برداری تخریبی از هفت روز پس از کاشت و به فاصله هر 20 روز یک‌بار و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای از طرفین کرت‌ها انجام شد.

سطح برگ گیاه توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Delta-T، کشور انگلستان) تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک ابتدا برگ‌ها از ساقه هر نمونه جدا شده و به صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی گذاشته شدند. سپس به مدت 48 ساعت در درون آون و دمای 75 درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از آن وزن خشک هر نمونه با استفاده از ترازو (دقت 0/01 گرم) تعیین شد.

تغییرات روزانه شاخص سطح برگ با برازش تابع لجستیکی به داده‌های اندازه‌گیری شده برآورد گردید (معادله 1).

$$Y = \frac{a + b \cdot 4 \cdot (\exp(-(t-c)/a))}{(1+\exp(-(t-c)/d))^2} \quad (1)$$

که در این معادله، Y: شاخص سطح برگ، b: حداکثر شاخص سطح برگ، c: زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d: ضرایب معادله و t: روز پس از سبز شدن می‌باشد.

تغییرات ماده خشک (میزان تجمع ماده خشک) نیز بر مبنای تابع زیر محاسبه گردید (معادله 2).

$$Y = \frac{a}{1+b \cdot \exp(-ct)} \quad (2)$$

که در این معادله، Y: ماده خشک ($g.m^{-2}$)، a: حداکثر ماده خشک تولید شده ($g.m^{-2}$)، c: میانگین سرعت رشد نسبی، b: ضریب معادله و t: روز پس از سبز شدن می‌باشد.

سپس از مشتق اول معادله (2) ($\frac{dY}{dt}$) سرعت رشد محصول (CGR)[3] برحسب $g.m^{-2}.d^{-1}$ محاسبه شد (معادله 3).

$$\frac{dY}{dt} = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot \exp(-ct)}{(1+b \cdot \exp(-ct))^2} \quad (3)$$

سرعت رشد نسبی (RGR)[4] ($g.g^{-1}.d^{-1}$) (معادله 4) بر مبنای مشتق دوم معادله (2) محاسبه گردید (معادله 4).

$$\frac{d_2Y}{dt} = \frac{b \cdot c \cdot \exp(-ct)}{1+b \cdot \exp(-ct)} \quad (4)$$

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت برازش توابع معادلاتی از نرم‌افزار Slide write استفاده گردید. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

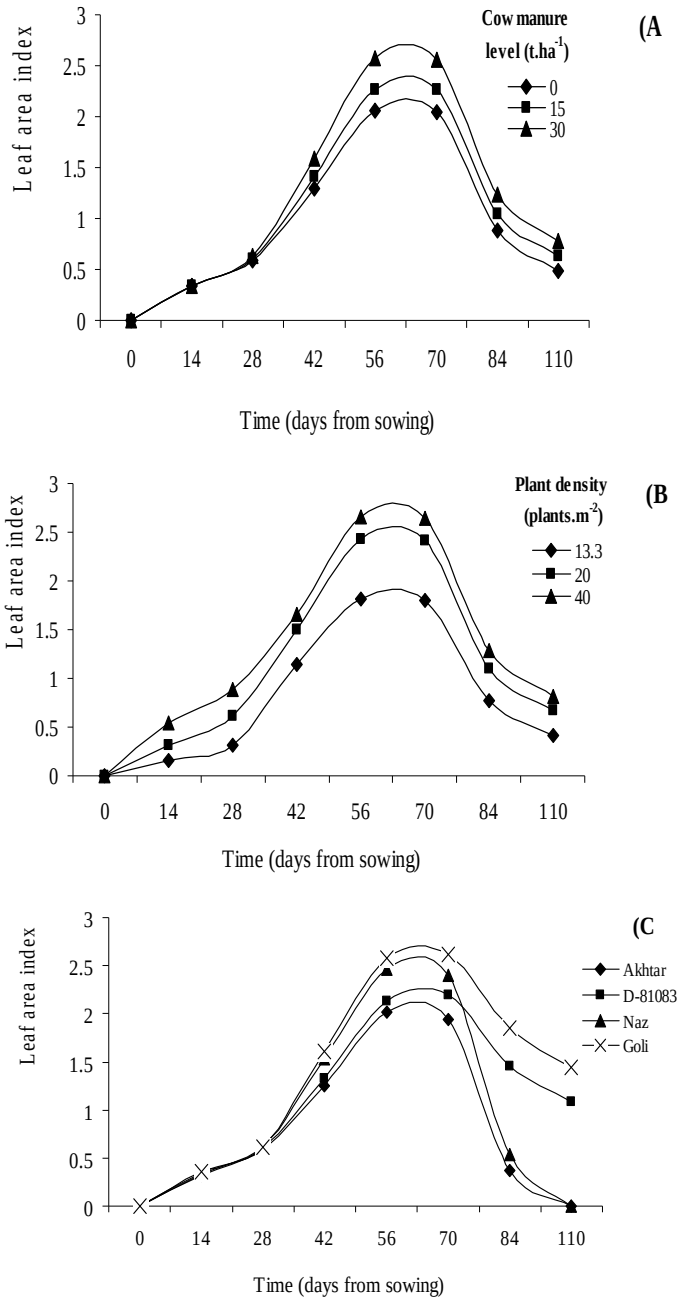
شاخص سطح برگ (LAI)

اثر سطوح مختلف کود دامی و تراکم‌های مختلف بوته بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام لوبیا در طول فصل رشد در شکل 1 نشان داده شده است.

بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ لوبیا در 56 روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار 30 تن در هکتار کود دامی و عدم

1- Leaf area index
2- Dry matter
3- Crop growth rate
4- Relative growth rate

مصرف کود دامی با 2/57 و 2/06 مشاهده شد (شکل 1).



شکل 1- اثر (الف) سطوح کود دامی، (ب) تراکم‌های مختلف بوته و (ج) رقم بر روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا

Fig. 1- The effect of Cow manure (A), plant density (B) and common bean cultivars (C) on leaf area index (LAI) of bean

به عبارت دیگر، با کاربرد حداکثر میزان مصرف کود دامی (30 تن در هکتار)، شاخص سطح برگ 20 درصد در مقایسه با شاهد افـزایش یافت. به طور کلی، توسعه سطح برگ و تجمع ماده خشک در اغلـب حبوبات، برای یک دوره طولانی پس از کاشت معمولاً آهسته است. بنابراین، در مزارع حبوبات بخش عمده‌ای از تشعشع ابتدای فصل به دلیل پوشش گیاهی نامناسب و تراکم پایین بوتـه هـدر مـی‌رود و

شاید بخشی از عملکرد کم حبوبات در مقایسه با سایر گیاهان، به این موضوع ارتباط داشته باشد (Parsa & Bagheri, 2008). کودهای دامی به دلیل اثرات مثبت بر ساختمان خاک از طریق گسترش و رشد بیشتر ریشه‌های لوبیا (Abera et al., 2005) باعث افزایش سریع‌تر شاخص سطح برگ و ایجاد سریع پوشش گیاهی بر سطح خاک شده است. نتایج این تحقیق با تحقیق قنبری-بونجار (Ghanbari-Bonjar, 2000) در بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و لوبیای زراعی تحت تأثیر کودهای دامی بر شاخص سطح برگ لوبیا و حاصلخیزی خاک مطابقت دارد. نتایج بررسی دیگر هم نشان داد که شاخص سطح برگ نخود با کاربرد 25 تن در هکتار کود دامی 48 درصد افزایش یافت (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014).

روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل رشد در تراکم‌های مختلف بوته نسبتاً یکسان بود؛ به طوری‌که در ابتدای فصل، رشد کند و تدریجی داشت و با تولید برگ‌های بیشتر توسط گیاه و تقریباً در تمامی تیمارها کمی قبل از مرحله گلدهی (حدود 28 روز پس از کاشت) با سرعت زیادی افزایش یافت و پس از گلدهی کامل و کاسته شدن از روند افزایشی مرحله قبل، کلیه تیمارها هنگام شروع رسیدگی فیزیولوژیک به حداکثر مقدار شاخص برگ رسیده (حدود 56 روز پس از کاشت) و پس از آن کاهش یافتند (شکل 1). بیشترین شاخص سطح برگ در تراکم 40 بوته در مترمربع (2/65) و کمترین آن در تراکم 13/13بوته در مترمربع (1/82) مشاهده شد. به نظر می‌رسد که تراکم 40 بوته در مترمربع به دلیل تراکم ایجاد پوشش مطلوب‌تر بر سطح خاک و نفوذ نور کافی (Moaveni et al., 2011) و همچنین رقابت کمتر بر سر جذب عناصر غذایی (Al-Ramamneh, 2009) و فراهمی آب و عناصر غذایی باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. طالعی و همکاران (Talei et al., 2010)، برود (Bourd, 2001) و شوکلا و دیکس (Shukla & Dixit, 2000) نیز نتایج مشابهی را در این رابطه به ترتیب در لوبیا، سویا (*Glycine max* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) گزارش کردند. هم‌چنین بابایان و همکاران (Babaeian et al., 2012) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم بوته لوبیا از 11 به 33 بوته در مترمربع، باعث افزایش 16 درصدی شاخص سطح برگ گردید.

همان‌گونه که در شکل 3 مشاهده می‌شود، روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام لوبیا در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و در ارقام مختلف لوبیا تا 70 روز پس از کاشت این روند ادامه یافت و پس از آن سیر نزولی پیدا کرد، در این زمان، رقم گلی با 2/61 بیشترین شاخص سطح برگ را تولید کرد که افزایش شاخص سطح برگ سبب افزایش در فتوسنتز و در نتیجه عملکرد ماده خشک و دانه بیشتر خواهد شد. شاخص‌های رشدی به طور غیرمستقیم تحت تأثیر رقابت می‌باشد، زیرا پدیده رقابت روی سطح برگ و ماده خشک گیاه شدیداً تأثیر می‌گذارد (Asghari et al., 2006). همچنین دور از انتظار نیست که رقم گلی و ناز به علت داشتن تیپ رشدی رونده در رقابت با علف‌های‌هرز موفق‌تر عمل کرده (Ghanbari Motlagh et al., 2011; Baghestani et al., 2003) و در نتیجه سطح برگ بالاتری را نیز تولید نموده‌اند. امینی و فاتح (Amini & Fateh, 2011) نیز در بررسی اثر تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) بر شاخص‌های رشد و عملکرد رقم‌های لوبیا قرمز گزارش کردند که رقم‌های گلی و صیاد در رقابت با تراکم‌های بالای تاج خروس شاخص سطح برگ و سرعت رشد مطلق بیشتری در مقایسه با رقم اختر و لاین D-81083 داشتند. همچنین شاخص سطح برگ و سرعت رشد تاج خروس در رقابت با رقم‌های گلی و صیاد کمتر از رقم اختر و لاین D-81083 بود که نشان‌دهنده توان رقابتی بیشتر این ارقام در برابر تاج خروس ریشه قرمز بود. قنبری مطلق و همکاران (Ghanbari Motlagh et al., 2011) نیز با بررسی شاخص‌های رشدی ارقام مختلف لوبیا قرمز گزارش نمودند که بالاترین شاخص سطح برگ با 2/38 برای رقم گلی به دست آمد. آن‌ها نیز دلیل این بالاتر بودن را به تیپ رشدی این رقم نسبت دادند.

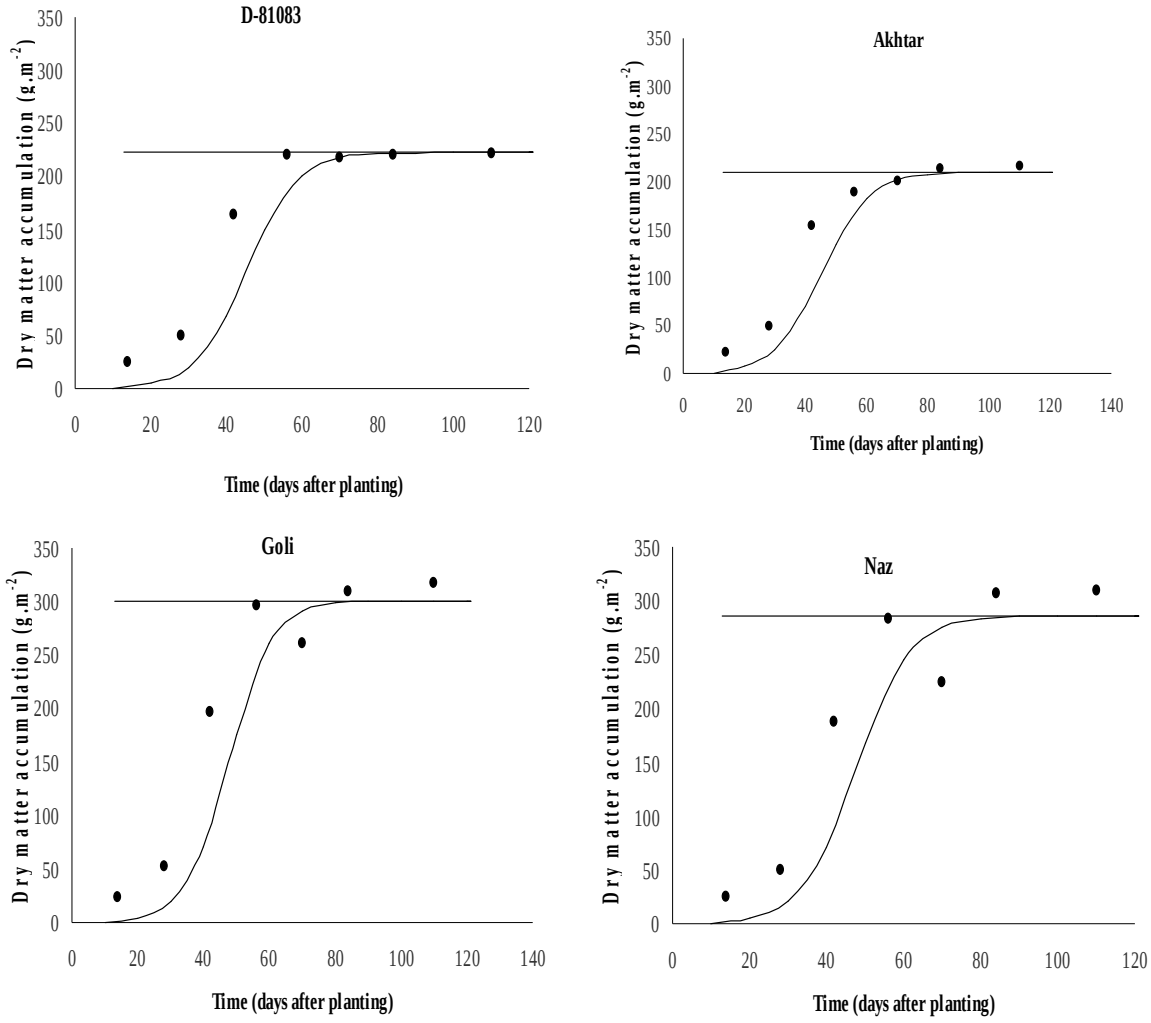
روند تغییرات تجمع ماده خشک (DM)

چنان‌که انتظار می‌رفت، بیشترین میزان تجمع ماده خشک ارقام لوبیا تحت تأثیر سطوح کود دامی و تراکم بوته در طی فصل رشد در شرایطی به دست آمد که حائز شاخص سطح برگ بالاتر و در نتیجه پتانسیل بالاتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک نسبتاً کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت و بعد از آن به دلایلی همچون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی، ریزش برگ‌های پایینی، انتقال مجدد[1] کربوهیدرات‌های ذخیره شده، افزایش بافت‌های

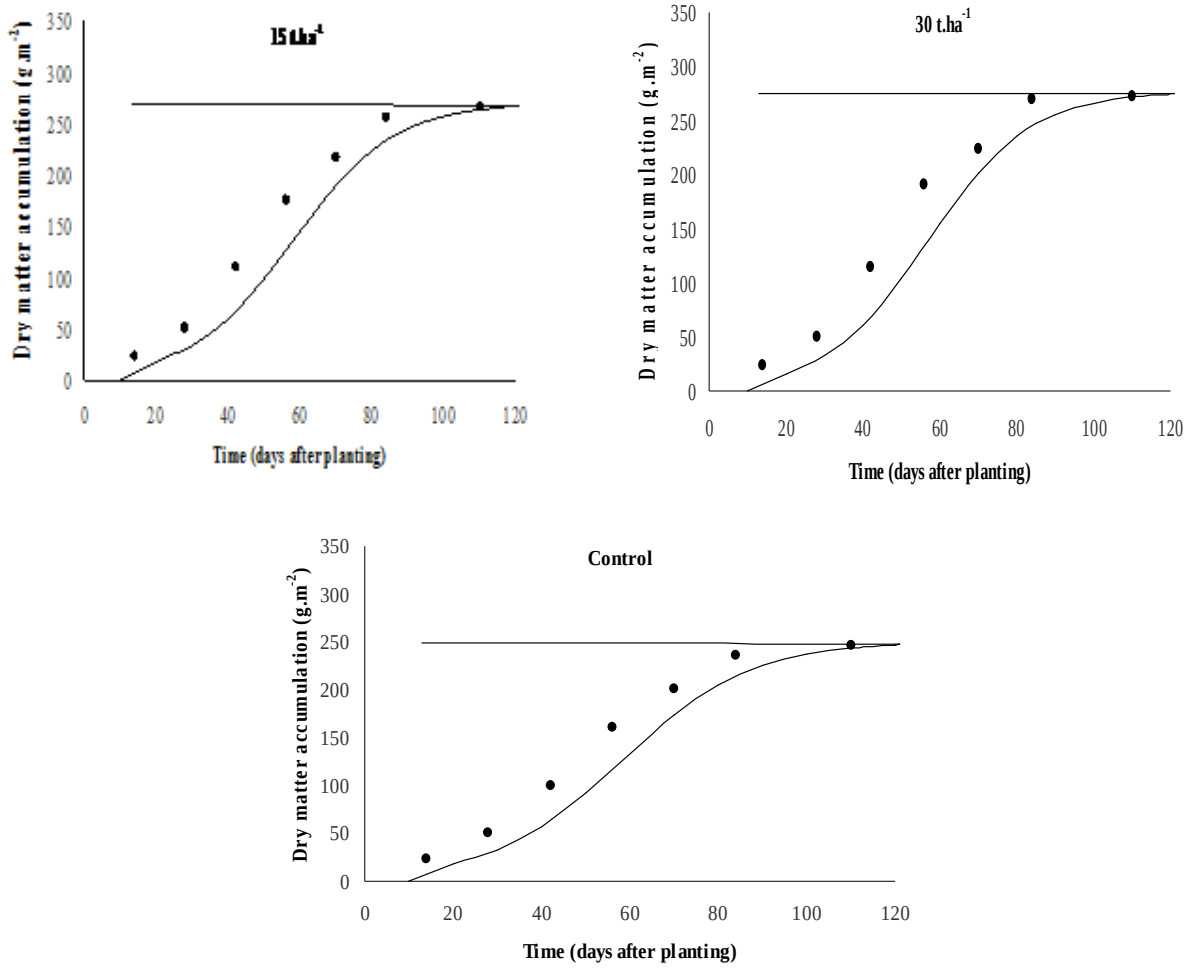
1- Remobilization

ساختمانی غیرفتوسنتزی گیاه و افزایش تـنفس گیـاه (Mostafavi, 2014) شیب تجمع ماده خشک کم و سپس تقریباً ثابت شـد (شـکل های 2، 3 و 4).

بیشترین مقدار تجمع ماده خشک به ترتیب بـرای 30 تـن کـود دامی در هکتار (275/61 گرم در مترمربع) به دست آمد که نسبت به عدم مصرف کود دامی و کاربرد 15 تن در هکتار کود دامی به ترتیب چهار و 10 درصد افزایش یافت (شکل 3). با توجه به این مطلب کـه تجمع ماده خشک شاخصی از میزان تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و تـوان جـذب عناصـر توسـط آن محسـوب مـی‌شـود (Aroiee & Omidbaigi, 2004)، همچنین به نظر می‌رسد کـه اسـتفاده از کـود دامی از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش درصد ماده آلی باعـث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و نگهداری آب و نیز افـزایش مقدار عناصر قابل جذب برای گیاه شده و از این طریق باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و بهبود تجمع ماده خشک در لوبیا را بـه دنبـال داشته است. مجیـدیان و همکـاران (Majidian et al., 2006) طـی بررسی خود در گیاه لوبیا بیشترین تجمع عملکرد دانه و علوفه خشک را در تیمار کاربرد 25 تن در هکتار کود دامی به ترتیب با 904/37 و 3482/89 کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.



شکل 2- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک ارقام لوبیا
Fig. 2- Trends of dry matter (DM) accumulation of bean cultivars



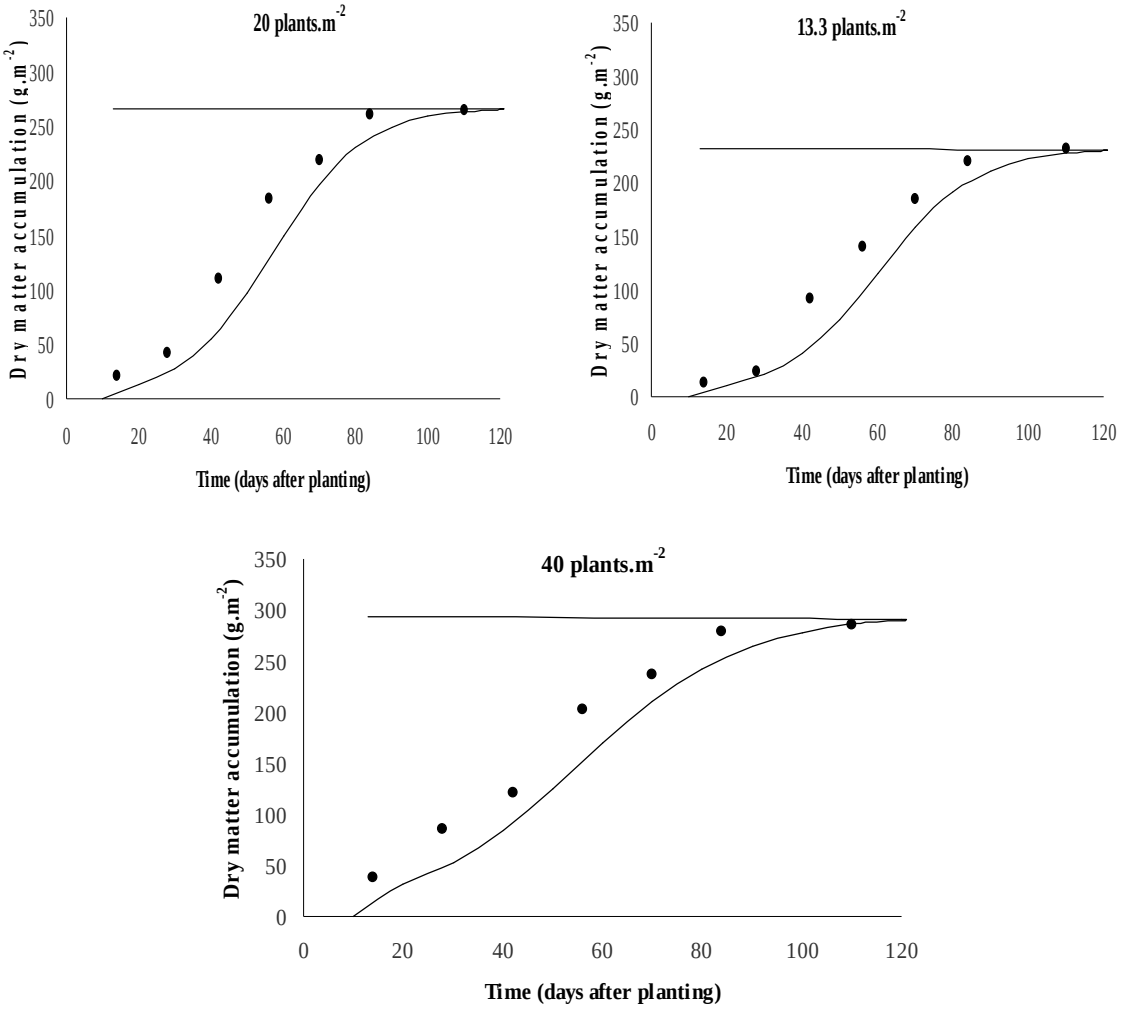
شکل 3- اثر سطوح کود دامی بر روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک لوبیا

Fig. 3- The effect of cow manure on dry matter accumulation (DM) of bean

آن‌ها علت افزایش عملکرد را بهبود حاصلخیزی خاک و فراهمی بیشتر عناصر غذایی به ویژه عناصر پرمصرف برای رشد بوته‌ها مطرح نمودند. ملکوتی (Malakoti, 2000) گزارش کرد که استفاده از کودهای دامی در مقایسه با شاهد اثر مثبتی در افزایش غلظت نیتروژن، پروتئین دانه، فسفر دانه و افزایش ماده خشک گیاه نخود داشت. در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه نخود نیز مشخص شد که کاربرد کودهای دامی، 35 درصد عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد و بیشترین عملکرد در نتیجه کاربرد 25 تن در هکتار کود دامی بود (Mishra et al., 2010).

تعادل بین اندام‌های رویشی و زایشی تشکیل‌دهنده عملکرد امری ضروری است (Parsa & Bagheri, 2008). مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد کل ماده خشک تولیدی با تراکم بوته رابطه‌ای تنگاتنگ دارد (Tharp & Kells, 2001). مقدار کل ماده خشک تولیدی با افزایش تراکم افزایش یافت؛ به طوری‌که تراکم 40 بوته در مترمربع با 293/43 گرم در مترمربع حداکثر ماده خشک تولیدی را دارا بود (شکل 4). با کاهش تراکم از 40 به 13/13 بوته در مترمربع، مقدار کل ماده خشک تولیدی 24 درصد کاهش یافت (شکل 4). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم به علت افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح شرایط بهینه‌ای را برای حصول پوشش گیاهی مطلوب و بالتبع آن جذب نور بیشتر و دستیابی به حداکثر راندمان فتوسنتز فراهم آورده است. ربیعی و جیرانی (Rabie & Jerani, 2015) نیز مشاهده نمودند که با افزایش فواصل کاشت بین ردیف و همچنین بین دو بوته در ردیف و در نتیجه کاهش تراکم بوته، عملکرد دانه و بیولوژیکی لوبیا به طور معنی‌داری کاهش یافت. ناصری و همکاران (Naseri et al.,

2015) با اعمال تراکم‌های مختلف کاشت در نخود گزارش نمودند که می‌توان با افزایش تراکم (از 20 به 40 بوته در مترمربع)، عملکرد دانه در واحد سطح را به طور معنی‌داری افزایش داد.

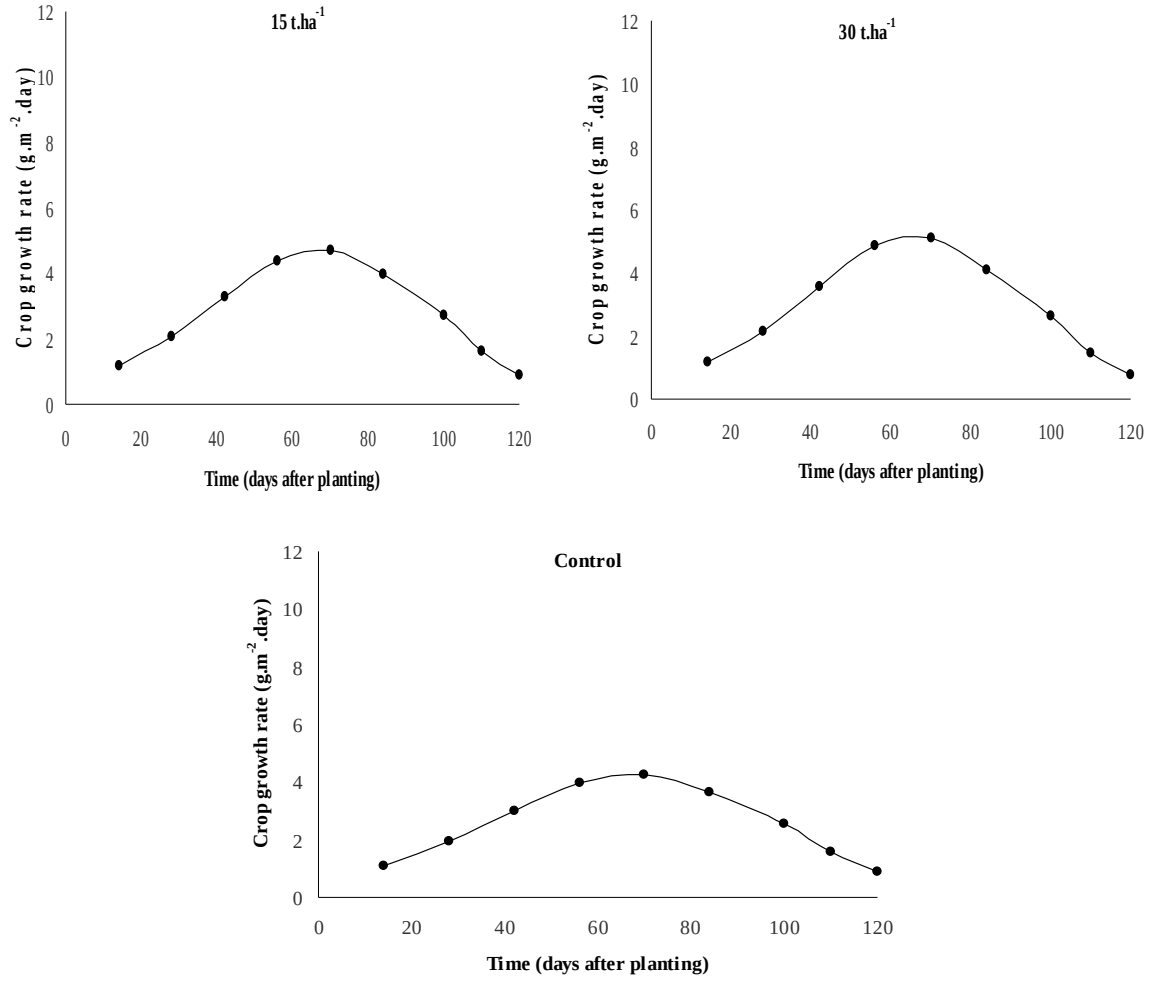


شکل 4- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک لوبیا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف
Fig. 4- Trends of dry matter (DM) accumulation of bean affected by different plant densities

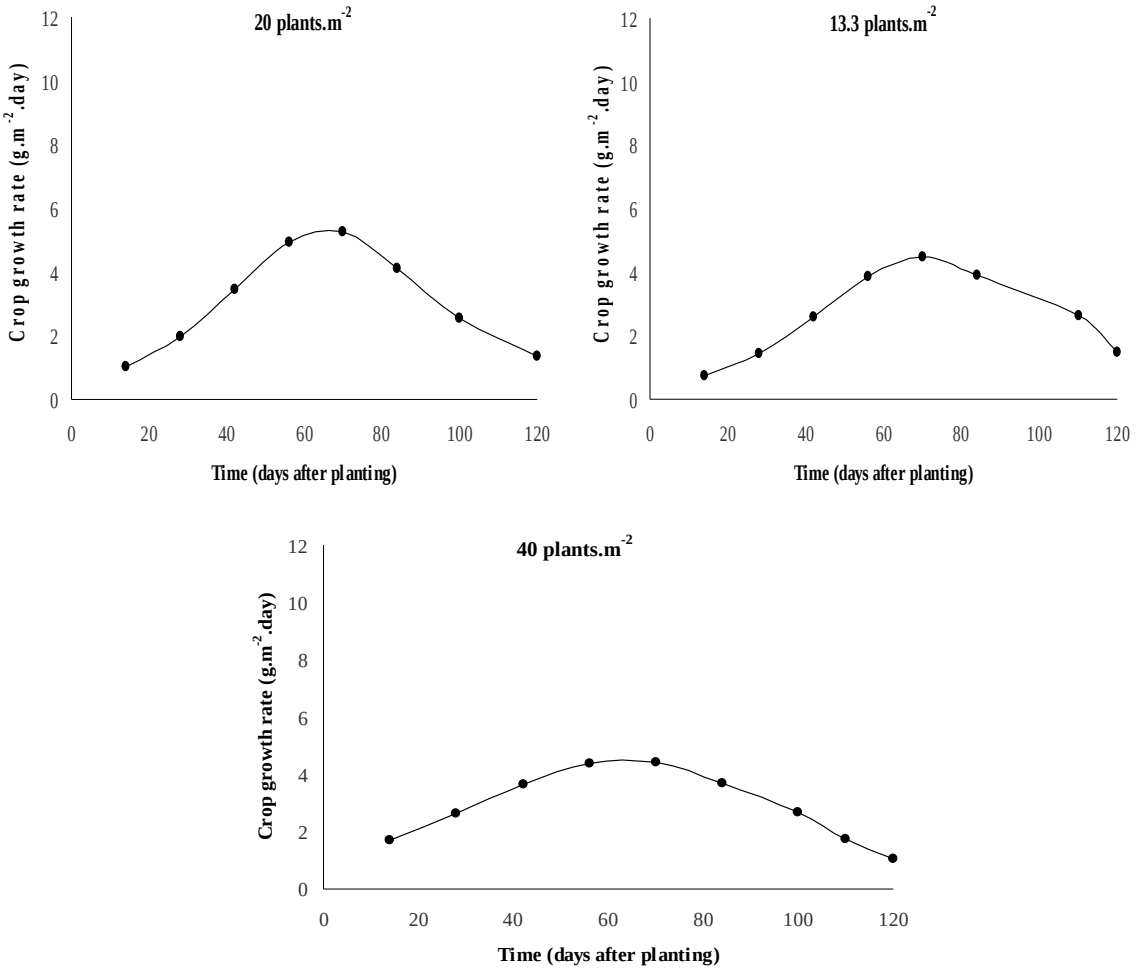
آن‌ها بیان کردند که بالاترین عملکرد بیولوژیکی با 2860 کیلوگرم در هکتار در تراکم 40 بوته در مترمربع حاصل شد. آندراده و همکاران (Andrade et al., 2002) نیز گزارش کردند که اعمال فواصل ردیف باریک در بین بوته‌ها سبب توزیع متعادل بوته‌ها، ایجاد الگوی کاشت مناسب، بهبود جذب عناصر غذایی از خاک، کاهش رقابت علف‌های هرز، افزایش نور و افزایش، عملکرد می‌گردد. در آزمایش موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2010) نشان داده شد که عملکرد دانه نخود در تراکم کاشت 30 بوته در مترمربع به طور معنی‌داری کمتر از سایر تراکم‌ها بود. همچنین با افزایش تراکم از 30 به 54 بوته در مترمربع عملکرد دانه نخود در واحد سطح به طور تقریباً خطی افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را استفاده مطلوب‌تر از تشعشع فتوسنتزی و در نتیجه تولید بیشتر ماده خشک نسبت دادند.

مقدار کل ماده خشک تولیدی در ارقام گلی و ناز (دارای تیپ

رشدی نامحدود رونده) (به ترتیب با 300/4 و 285/1 گرم در مترمربع) به ترتیب 32 و 30 درصد نسبت به رقم اختر و 30 و 28 درصد نسبت به لاین D-81083 (دارای تیپ رشدی محدود ایستاده)، بیشتر بود (شکل 2). طبق تحقیقات انجام شده میزان تجمع ماده خشک، مقیاسی مناسب از رشد رویشی گیاهان بوده که به طور مستقیم با درصد تابش خورشیدی جذب شده توسط پوشش گیاهی مرتبط است (Holshouser & Whittaker, 2002)، بنابراین، با توجه به نحوه رشد نامحدود رونده ارقام گلی و ناز این افزایش عملکرد در تراکم‌های بالاتر به دلیل افزایش رقابت برای جذب نور بیشتر قابل توجیه می‌باشد. طی بررسی فواصل کاشت بر ارقام لوبیا گزارش شد که ارقام رونده در مقایسه با رشد ایستاده و نیمه‌ایستاده، عملکرد دانه بیشتری را دارا بودند (Moeini et al., 2009). گزارش لطیفی و نواب‌پور (Latifi & Navab Por, 2008) نیز روی اثر تراکم بوته در ارقام مختلف لوبیا چیتی مبنی بر برتری عملکرد ماده خشک تولیدی نتایج حاصله در این آزمایش را تأیید می‌کند. این محققین گزارش کردند که در ارقام رونده لوبیا با تراکم 30 بوته در مترمربع بالاترین ماده خشک تولیدی حاصل شد. مدنی و همکاران (Madani et al., 2008) گزارش نمودند که در نواحی گرم در لاین‌های رشد محدود، تغییرات عملکرد در مقایسه با ارقام رشد نامحدود کمتر بوده و لوبیاهای بذر درشت معمولاً عملکرد کمتری از لوبیاهای بذر ریز دارند.



شکل 5- اثر سطوح کود دامی بر روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیا
Fig. 5- The effect of cow manure levels on crop growth rate (CGR) of bean

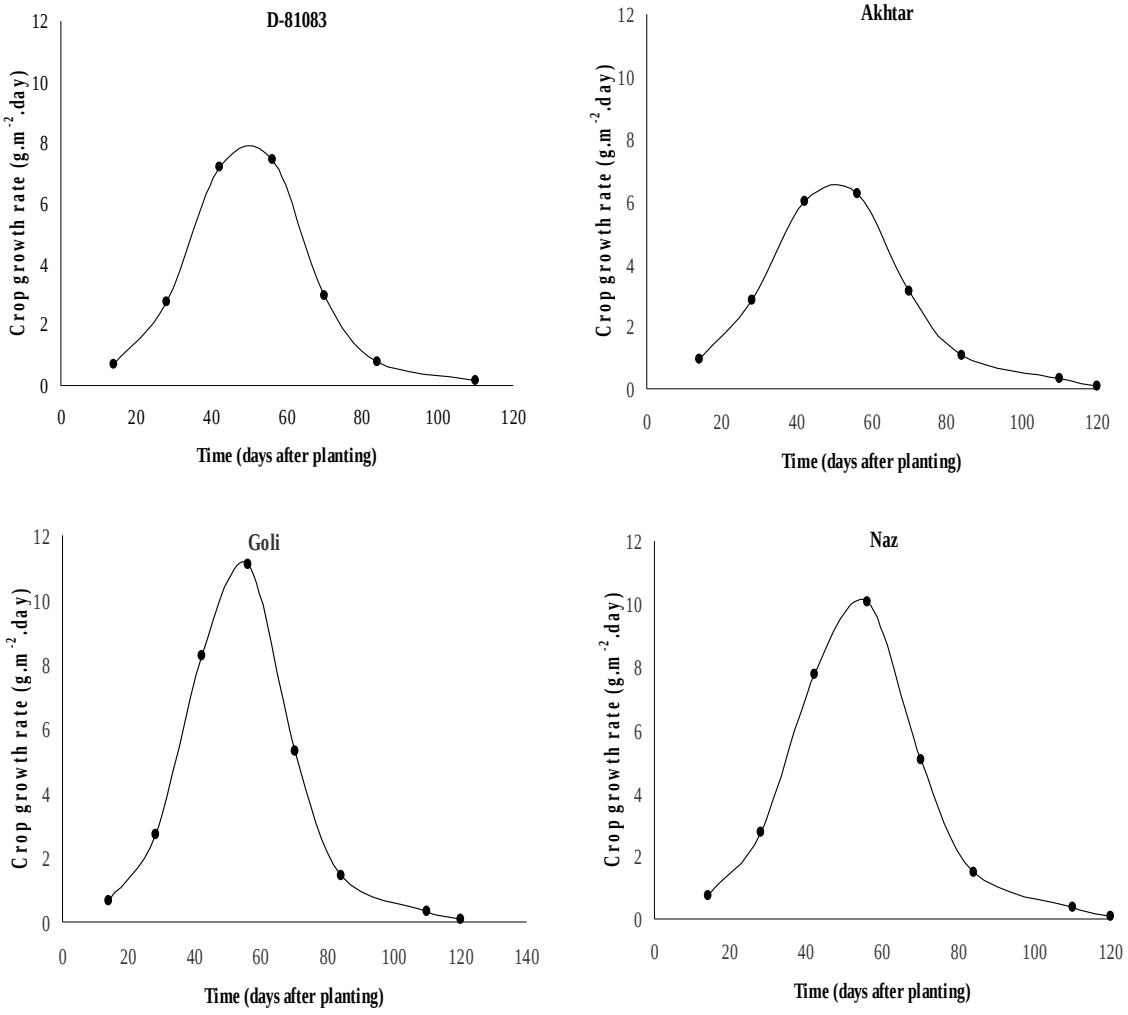


شکل 6- روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف
Fig. 6- Trends of dry matter (DM) accumulation of bean affected by different plant densities

سرعت رشد محصول (CGR)

روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر مقادیر مختلف کود دامی و تراکم بوته، در شکل‌های 5، 6 و 7 نشان داده شده است.

سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. در ابتدای فصل رشد به دلایلی همچون کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن روزها و دمای پایین هوا، سرعت رشد محصول نیز پایین بوده و پس از مدتی به دلیل توسعه سطح برگ گیاه و افزایش رشد ریشه‌ها و در نتیجه امکان فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول شدت یافت و در اواسط دوره رشد به حداکثر میزان خود رسیده است. پس از این مرحله سرعت رشد محصول دچار کاهش شدیدی گردید و این روند تا پایان دوره رشدی گیاه نیز ادامه یافت. روند حاضر به دلیل افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع خورشیدی، همزمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول کاهش یافته است. روند افزایش CGR، در تمام تیمارها تا 70 روز پس از سبز شدن افزایش و سپس با نزدیک شدن به مراحل رسیدگی و پر شدن دانه و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و زرد شدن اندام‌های فتوسنتزی کاهش یافت (شکل‌های 5، 6 و 7).



شکل 7- روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام لوبیا
Fig. 7- Trends of crop growth rate (CGR) of bean cultivars

بیشترین و کمترین CGR در 70 روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار 30 تن در هکتار کود دامی و عدم مصرف کود دامی با 5/11 و 4/25 گرم بر مترمربع در روز مشاهده شد. با افزایش مصرف کود دامی از صفر به 15 تن در هکتار و از 15 به 30 تن در هکتار سرعت رشد لوبیا به ترتیب 12 و 11 درصد افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد که بالاتر بودن سرعت رشد در تیمار مصرف بیشتر کود دامی احتمالاً به علت بالاتر بودن شاخص سطح برگ (شکل 1) و متعاقب آن بالا بودن وزن خشک تولیدی در شرایط استفاده از کود دامی می‌باشد.

احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی کود دامی، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی (Arancon, 2004; Tomati, 1987) و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران خاکزی به واسطه فعالیت زیستی بیشتر (Arancon, 2004) باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه شده که این امر در نهایت، بهبود سرعت رشد محصول را موجب شده است.

سرعت رشد محصول یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان همبستگی بالایی نشان می‌دهد (Mohammadian et al., 2013) و از مهم‌ترین شاخص‌های تجزیه و تحلیل رشد در جوامع

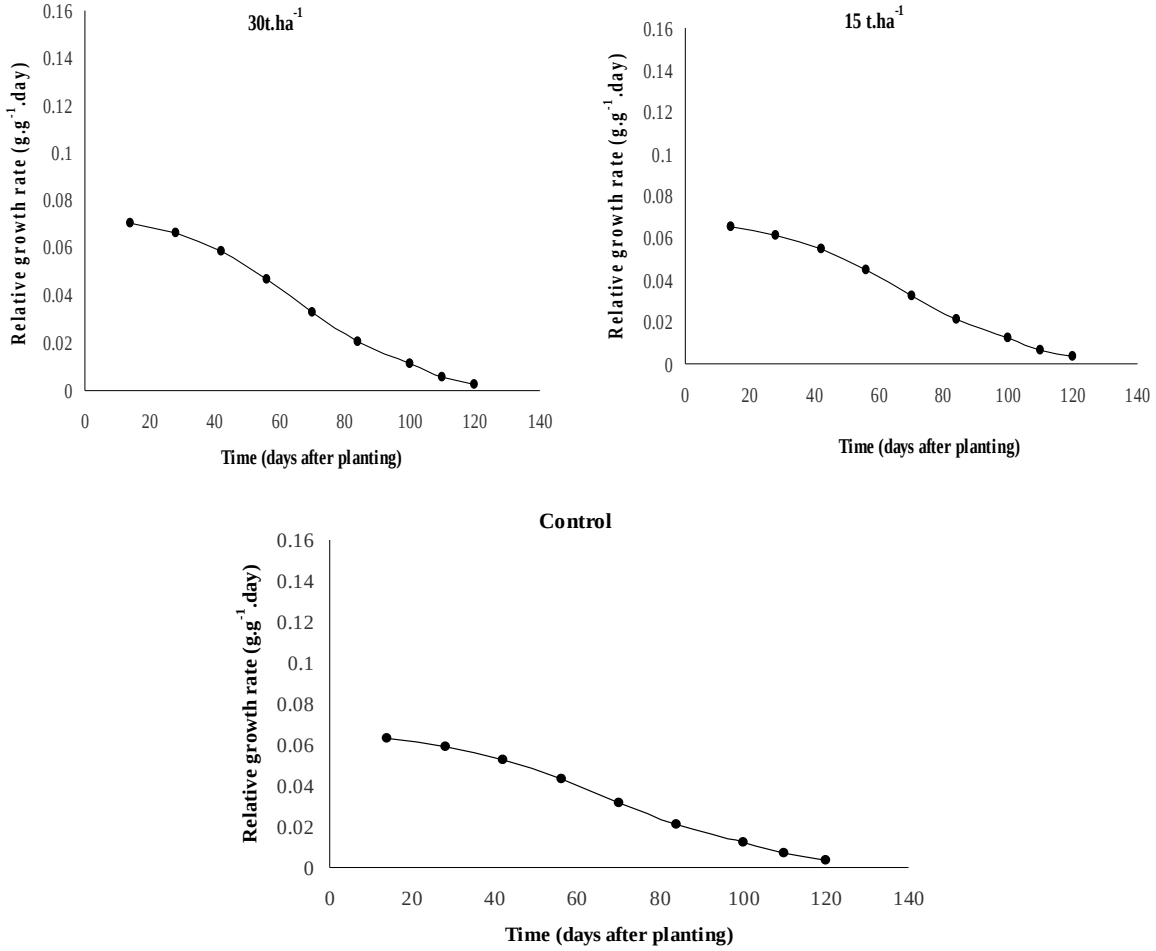
گیاهی محسوب می‌شود. سرعت رشد محصول به صورت افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان تعریف می‌گردد، بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در مترمربع (واحد سطح زمین) در روز بیان می‌شود. از سرعت رشد محصول به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات استفاده می‌شود (Koocheki & Sarmadniya, 2011). برخی محققان معتقدند که سرعت رشد محصول رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده گیاهی و پوشش گیاهی بر سطح خاک دارد و به خصوص در تراکم‌های مطلوب توزیع بوته‌ها و سطح برگ در واحد سطح یکنواخت‌تر شده و برگ‌ها موقعیت مناسب‌تری برای جذب تابش و فتوسنتز پیدا می‌کنند و در نتیجه سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد (Oozooni Doji et al., 2008). دکا و دیلیپ (Deka & Dileep, 2002)، در تحقیقات خود افزایش سرعت فتوسنتزی گیاهان را در اثر تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و *آزوسپریلیوم* گزارش کردند. دلیل این امر ناشی از تولید هورمون‌های محرک رشد و بهبود جذب عناصر غذایی توسط این ریزجانداران بوده که متعاقباً افزایش سرعت فتوسنتزی گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد را به دنبال داشته است. شکوهی (Shokuhi, 2011) حداکثر مقدار سرعت رشد محصول نخود را در تیمار مصرف 20 تن در هکتار کود دامی گزارش کرد.

در تمامی تراکم‌های مورد بررسی حداکثر CGR در تراکم 40 بوته در مترمربع با 4/41 گرم در مترمربع در روز مشاهده شد. افزایش تراکم کاشت از 13/13 به 20 و 40 بوته در مترمربع به ترتیب سبب افزایش پنج و 18 درصدی سرعت رشد محصول گردید (شکل 6). نتایج مشابهی در این مورد توسط سیرتی و همکاران (Sirait et al., 2002) و اینی (Enyi, 2007) به ترتیب در لوبیا و سویا (*Glycine max* L.) گزارش شده است. ترابی جعفرودی و همکاران (Torabi Jafroudi et al., 2007) نیز اظهار داشتند که با کاهش فاصله بین دو بوته در ردیف و یا افزایش تراکم کاشت بر میزان سرعت رشد لوبیا افزوده شد. طبق یافته‌های استینموس و نوریس (Steinmaus & Noriss, 2005) افزایش تراکم بوته لوبیا از 10 به 40 بوته در مترمربع و یا کاهش فواصل ردیف کاشت، امکان افزایش سرعت رشد محصول در ارقام ایستاده و ارقام رونده لوبیا را بیشتر می‌کند. لوپز-بیلودی و همکاران (Lopez-Billido et al., 2007) طی آزمایشی گزارش کردند که افزایش تراکم گیاهی از طریق کاهش فاصله ردیف ها سرعت رشد نخود زمستانه را افزایش داد.

در بین ارقام بیشترین سرعت رشد محصول با 11/09 گرم در مترمربع در روز مربوط به رقم گلی بود (شکل 7). رقم اختر نیز به علت داشتن کمترین ماده خشک تجمعی (شکل 4) و کمترین شاخص سطح برگ (شکل 1) با 6/23 گرم در مترمربع در روز کمترین سرعت رشد محصول را به خود اختصاص داد (شکل 7). به نظر می‌رسد که بالا بودن سرعت رشد محصول در رقم گلی مربوط به علت رشد نامحدود بودن و تیپ رشدی رونده آن بوده است. همچنین داشتن شاخص سطح برگ بالا (شکل 1) را می‌توان به عنوان یکی دیگر از دلایل احتمالی بیشتر بودن سرعت رشد محصول در این رقم بیان کرد. نتایج بررسی قنبری مطلق و همکاران (Ghanbari Motlagh et al., 2011) بر روی ارقام مختلف لوبیا نیز مؤید این مطلب می‌باشد، این محققان گزارش کردند که بیشترین سرعت رشد با 14/04 گرم بر مترمربع در روز مربوط به رقم گلی و رقم درخشان با 9/87 گرم بر مترمربع در روز کمترین سرعت رشد را به خود اختصاص دادند. ایزیک و همکاران (Isik et al., 2001) نیز نشان دادند که ارقام رونده لوبیا از قابلیت تولید بالاتری نسبت به تیپ‌های بوته‌ای برخوردار هستند. ترابی جعفرودی و همکاران (Torabi Jafroudi et al., 2007) در مقایسه بین تیپ‌های رشدی مختلف لوبیا نیز بیان کردند که رقم رونده ناز دارای سرعت رشد محصول بالاتری نسبت به رقم ایستاده درخشان بود. معینی و همکاران (Moeini et al., 2009) در بررسی سرعت رشد ارقام مختلف لوبیا گزارش نمودند که سرعت رشد رقم گلی با تیپ رشدی رونده 36 درصد بیشتر از رقم درخشان با تیپ رشدی ایستاده بود.

سرعت رشد نسبی (RGR)

در شکل‌های 8، 9 و 10 سرعت رشد نسبی (مشتق دوم معادله سیگموییدی روند تجمع ماده خشک) ارقام لوبیا تحت تأثیر مقادیر مختلف کود دامی و تراکم بوته نشان داده‌شده است.



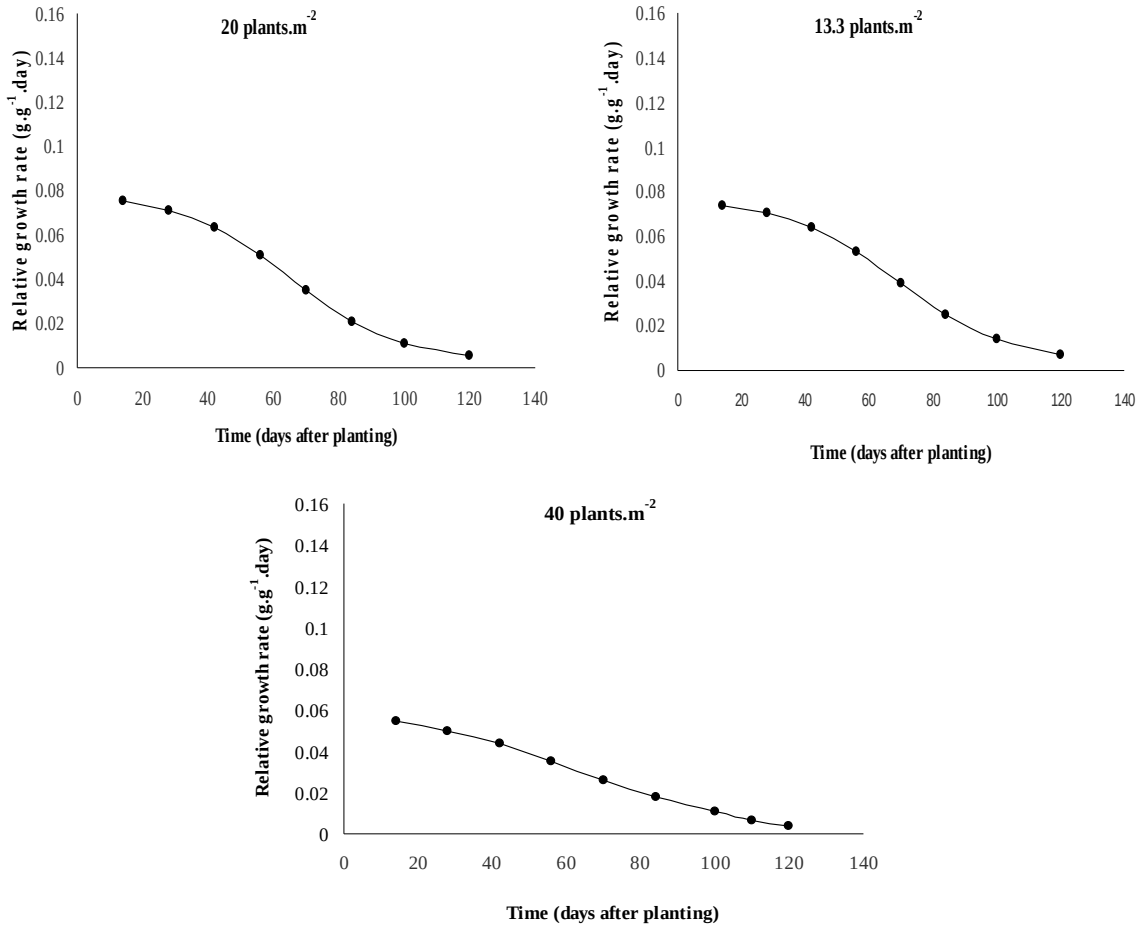
شکل 8- روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیا تحت تأثیر سطوح مختلف کود دامی
Fig. 8- Trends of relative growth rate (RGR) of bean affected by different manure levels

سرعت رشد نسبی مشتق دوم معادله سیگموییدی روند تجمع ماده خشک بوده و بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است، اما توصیف‌کننده سرعت رشد ثابت در طول یک چارچوب زمانی مشخص نیست و می‌تواند با مقادیر لحظه‌ای RGR متفاوت باشد (Koocheki & Sarmadniya, 2011). سرعت رشد نسبی به تنهایی نمی‌تواند در تجزیه و تحلیل شرایط رشد گیاهان و به خصوص جوامع گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، توصیه محققین برای محاسبه تولید ماده خشک در گیاهان با استفاده توأم از سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) که به عنوان دو شاخص مهم در تجزیه و تحلیل رشد مطرح می‌باشند، توصیه می‌گردد (Conley et al., 2002).

کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی نتایج بهتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد؛ به طوری‌که بالاترین سرعت رشد نسبی در 14 روز پس از سبز شدن مربوط به تیمار مصرف 30 تن در هکتار کود دامی با مقدار 0/07 گرم بر گرم در روز بود (شکل 8). سرعت رشد نسبی در تیمار 15 تن کود دامی در هکتار و عدم مصرف کود دامی به ترتیب برابر 0/065 و 0/063 شد که نسب به تیمار مصرف 30 تن در هکتار کود دامی هفت و 10 درصد کاهش داشتند (شکل 8). علت این امر می‌تواند به این دلیل باشد که در تیمار مصرف 30 تن در هکتار کود دامی به دلیل در اختیار داشتن عناصر غذایی بیشتر نسبت به سایر تیمارها سبب بهبود رشد رویشی شده و به دنبال آن سرعت رشد نسبی نیز افزایش یافته است این نتایج با یافته‌های ناظری و همکاران

(Nazeri et al., 2012) در بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کودهای آلی در لوبیا هم‌خوانی دارد. آن‌ها بیان کردند که سرعت رشد نسبی تحت تأثیر مصرف کود دامی قرار گرفت، به طوری‌که در سطح کودی 25 تن در هکتار کود دامی بیشترین وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت آسیمیلاسیون خالص مشاهده شد.

در تراکم 40 بوته در مترمربع بیشترین سرعت رشد نسبی لوبیا مشاهده گردید؛ به طوری‌که سرعت رشد نسبی در تراکم 40 بوته در مترمربع نسبت به تراکم‌های 20 و 13/13 بوته در مترمربع، به ترتیب 48 و 97 درصد بالاتر بود (شکل 9).



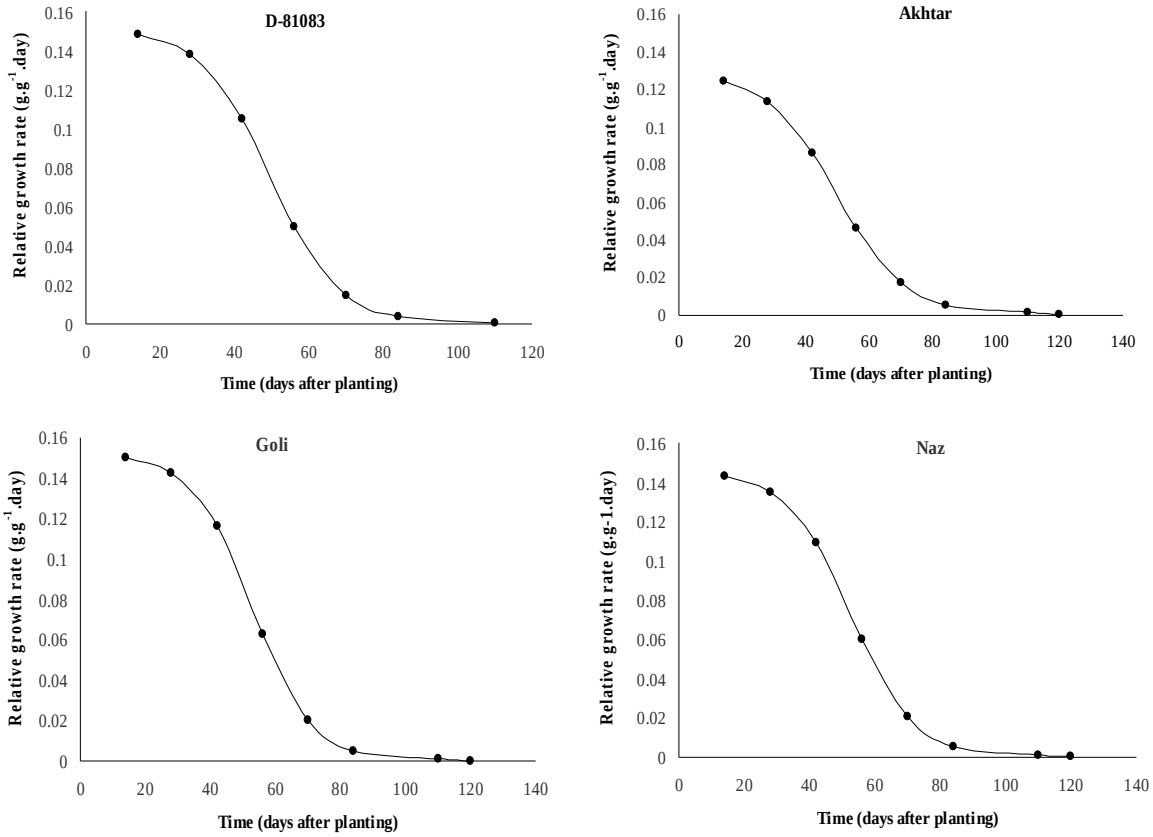
شکل 9- روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف

Fig. 9- Trends of relative growth rate (RGR) of bean affected by different plant densities

به نظر می‌رسد که در تراکم 13/13 بوته در مترمربع به دلیل عدم پوشش کامل سطح خاک کارایی استفاده از منابع طبیعی کاهش یافته، بنابراین، کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت با افزایش دریافت نور (Naseri et al., 2010)، کاهش تبخیر از سطح خاک (Rezaeyan Zadeh et al., 2011; Fallah et al., 2005)، بهبود جذب عناصر غذایی خاک (Talei et al., 2000) و جلوگیری از رشد علف‌های هرز توانسته سرعت رشد نسبی را بهبود بخشد (Mazaheri & Chghakhor,2011). در این ارتباط، موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2009) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها نشان دادند که بیشترین سرعت رشد نسبی در تراکم 66 بوته در مترمربع به دست آمد. در بررسی سه فاصله کشت 30، 45 و 60 سانتی‌متر در دو رقم لوبیا عنوان شد که با کاهش فاصله بین ردیف یا افزایش تراکم بر

میزان سرعت رشد نسبی افزوده شده و بالاترین مقدار این صفت در فاصله بین ردیف 30 سانتی‌متر حاصل شد (Torabi Jafroudi et al., 2004). در بررسی گنجعلی و همکاران (Gandjali et al., 2000) نشان داده شد که اثر تراکم گیاهی بر سرعت رشد نسبی معنی دار می‌باشد، به طوری‌که تراکم‌های 70 و 30 بوته در مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد نسبی را دارا بودند. آن‌ها کم بودن این صفت را در تراکم پایین به عدم وجود پوشش گیاهی کافی نسبت دادند که این امر در مراحل اولیه رشد، سبب از دست دادن قسمت زیاد تابش نور و بنابراین، موجب کاهش سرعت رشد نسبی گردید. لیچ (Leach, 2009) طی دو سال آزمایش بر نخود زراعی در شرایط دیم دریافت که سرعت رشد نسبی با افزایش تراکم بوته از 14 تا 56 بوته در مترمربع به طور معنی‌داری افزایش یافت. آن‌ها همچنین اعلام نمودند که تراکم حداقل 40 بوته در مترمربع برای به دست آوردن حداکثر سرعت رشد نسبی لازم است. نتیجه بررسی فاصله ردیف و فواصل بوته روی ردیف بر لوبیا سفید (*Phaseolus lunatus* L.) بدین صورت بود که با افزایش فاصله ردیف و فواصل بوته، سرعت رشد نسبی کاهش یافت (Kahrarian & Fatemi, 2005).

همان‌گونه که در شکل 10 ملاحظه می‌گردد، رقم گلی با 0/05 گرم بر گرم در روز بیشترین و رقم اختر با 0/04 گرم بر گرم در روز کمترین سرعت رشد نسبی را داشتند. به بیان دیگر، رقم رونده گلی از اختر هشت درصد و از لاین پنج درصد سرعت رشد نسبی بالاتری داشت (شکل 10).



شکل 10- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ارقام لوبیا
Fig. 10- Trends of relative growth rate (RGR) of bean cultivars

به طور کلی، سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف مصرف کود دامی در طول فصل رشد با توجه برای میزان مصرف کود دامی بین

0/002 تا 0/07 گرم بر گرم در روز، برای تراکم‌های مختلف گیاهی بین 0/003 تا 0/07 گرم بر گرم در روز و برای ارقام مختلف بین 0/0002 تا 0/01 گرم بر گرم در روز را شامل شد (شکل‌های 8، 9 و 10).

بر این اساس، می‌توان اظهار داشت که سرعت رشد نسبی ارقام رونده با توجه به بالاتر بودن شاخص سطح برگ (شکل 1) و تجمع ماده خشک تولیدی (شکل 4) در مقایسه با ارقام ایستاده افزایش یافته است. مالیک و همکاران (Malik et al., 1993)، نگوجیو و همکاران (Ngouajio et al., 2001) و نای و همکاران (Ni et al., 2001) نیز گزارش کردند که رقم‌های رشد نامحدود و نیمه‌رونده لوبیا شاخص سرعت رشد نسبی بیشتری در مقایسه با رقم‌های بوته‌ای و رشد محدود لوبیا داشتند. آن‌ها علت این امر را به سطح جذب بیشتر تشعشع خورشیدی به واسطه توزیع بهتر پوشش گیاهی بر سطح خاک در تیپ‌های با رشد نامحدود و نیمه‌رونده نسبت دادند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2006) نیز مشاهده کردند که ژنوتیپ‌های خوابیده لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) نسبت به ژنوتیپ های ایستاده سرعت رشد نسبی بالاتری داشتند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از این آزمایش، برتری شاخص‌های رشدی این آزمایش ارتباط مشخصی را بین تیپ رشدی بوته، مقدار مصرف کود دامی و تراکم بوته لوبیا نشان داد، به طوری‌که رقم گلی با تیپ بوته رونده در شرایط مصرف 30 تن در هکتار کود دامی و تراکم 40 بوته در مربع در مقایسه با سایر ارقام موفق‌تر عمل کرد و توانست شاخص سطح برگ و به تبع آن عملکرد بیشتری را تولید کند. بنابراین استفاده از کود دامی جهت حاصلخیزی خاک و بهبود رشد لوبیا در جهت افزایش تولید یکی از راحل‌های اساسی و مفید در راستای تأمین امنیت غذایی و پایداری در تولید مطلوب می‌باشد. همچنین این رقم با کاربرد بالاترین مقدار کود دامی و در تراکم 40 بوته در مترمربع نیز بالاترین سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی را دارا بود. بنابراین، رقم گلی برای کشت در شرایط آب و هوایی مشهد قابل توصیه است.

منابع

Al-Ramamneh, E.A.D.M. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30: 389-394.

Alam, M.S., Cui, Z.J., Yamagishi, T., and Ishii, R. 2001. Grain yield and related physiological characteristics of rice plants (*Oryza sativa* L.) inoculated with free-living rhizobacteria. Plant Production Science 4: 126-130.

Amini, R.A., and Fateh, E. 2011. Effect of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on growth indices and yield of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 20: 100-124. (In Persian with English Summary)

Andrade, F.H., Calvino, P.A., Ciriloc, A., and Barbieria, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal 94: 975-980.

Anis, R., Wells, R., and Thomas, G. 2001. Reproductive allocation of Virginia-type peanut cultivars bred for yield in North Carolina. Crop Science 41: 72-77.

Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Aroiee, H., and Omidbaigi, R. 2004. Effects of nitrogen fertilizer on productivity of medicinal pumpkin. Acta Horticulturae 629: 415-419.

Asadi Rahmani, H., Afshar, M., Khavazi, K., Nourgholipour, F., and Otadi, A. 2005. Effect of Common bean nodulating rhizobia native to Iranian soils on the yield and quality of bean. Journal of Water and Soil 19(2): 215-223. (In Persian with English Summary)

Asghari, J., Zareei, B., and Barzegari, M. 2006. Effect of plant density and planting pattern on growth parameters and yield of two promising corn hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Agriculture Science Technology 20: 123-133. (In Persian with Persian Summary)

Babaeian, M., Javaheri, M., and Asgharzade, A. 2012. Effect of row spacing and sowing date on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Microbiology Research 6(20): 4340-4343.

Bagheri, A., Mahmoudi, A., and Ghezeli, F. 2001. Common Bean: Research for Crop Improvement. Jihad Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran 556 pp. (In Persian)

Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD thesis. Technical University of Munich, Germany 219 pp.

Bourd, J. 2001 Reduce Logding for soybean low plant population is related to light quality. Crop Science 41: 379-384.

Bovetchko, S.M., and Tewaris, J.P. 2009. Root colonization of different hosts by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*. Plant and Soil 129: 131-136.

Conley, P.S., Binning, L.K., Boerboom, C.M., and Stoltenberg, D.E. 2002. Estimating giant foxtail cohort productivity in soybean based on weed density, leaf area, or volume. Weed Science 50: 72-78.

Deka, B.H.P., and Dileep, K.B.S. 2002. Plant disease suppression and growth promotion by a fluorescent Pseudomonas strain. Folia Microbiology 47: 137-143.

Dorri, H.R. 2008. Bean Agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein, Iran 46 pp. (In Persian)

Enyi, B.A.C. 2007. Effect of plant population on growth and yield of soybean. The Journal of Agricultural Science, Cambridge 18: 131-138.

Fallah, S., Ehsanzadeh, P., and Daneshvar, M. 2005. Grain yield and yield components in three chickpea genotypes under dryland conditions with and without supplementary irrigation at different plant densities in Khorram-Abad, Lorestan. Iranian Journal of Agriculture Science 36(3): 719-731. (In Persian with English Summary)

FAO. 2013. FAO Hunger map. (www.fao.org)

Faraji, H., Gholizadeh, S., Owliaiee, H.R., and Azimi Gandomani, M. 2010. Effect of plant density on grain yield of three spotted bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars in Yasouj condition. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 43-50. (In Persian with English Summary)

Gandjali, A., Malekzadeh, S., and Bagheri, A.R. 2000. Effect of plant population density and planting pattern on trend of growth indices of chickpea (*Cicer arientium* L.) in Neishabour region. Agriculture Science Technology 14(2): 33-41. (In Persian with English Summary)

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58: 28-36.

Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting chickpea in dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science 2(3): 63-72. (In Persian with English Summary)

Golchin, A., Mousavi, S.F., Ghasemi Golezani, K., and Saba, J. 2008. Relationship between plant density and grain yield of three pinto bean cultivars at different sowing dates. Journal of Agricultural Science 18(1): 101-117. (In Persian with English Summary)

Golchin, A., Mousavi, S.F., Ghasemi Golezani, K., and Saba, J. 2008. Relationship between plant density and grain yield of three pinto bean cultivars at different sowing dates. Journal of Agricultural Science 18(1): 101-117. (In Persian with English Summary)

Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplementary irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land condition. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 12(5): 1-9. (In Persian with English Summary)

Hodges, T., and Kanemasu, E.T. 2000. Modeling daily dry matter production of winter wheat. Agronomy Journal 69: 674-678.

Holshouser, D.L., and Whittaker, J.P. 2002. Plant population and row spacing effects on early soybean instruction emission agronomy. Agronomy Journal 94: 603-611.

Isik, M., Tekeoglu, M., Onceler, Z., and Cakir, S. 2001. The effect of plant population density on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Anatolia Agriculture Research Institute. Available in: //tagem.gov.tr\eng\projelers97/21.html

Kahrarian, B., and Fatemi, R. 2005. The effect of row spacing and planting space on the grain yield in white bean cv. Daneshkadeh. Iranian Journal of Crop Science 6(4): 438-440. (In Persian with English Summary)

Karimi, M.M., and Siddique, K.H. 2000; Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.

Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad-Abadi, A.A., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Performance of

saffron (*Crocus sativus* L.) under different planting patterns and high corm density. 3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. 20-23 May, Korokos, Kozani, Greece.

Lopez-Billido, F.J., Lopez- Billido, R.J., Khalil, S.K., and Lopez-Billido, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean condition. Agronomy Journal 100: 957- 967.

Madani, H., Shirzadi, M.H., and Darini, F. 2008. Effect of plant density on yield and yield components of vigna and tepary local beans germplasm in Jiroft, Iran. New Findings in Agriculture 3(1): 93-104. (In Persian with English Summary)

Mal, A.L., and Patidar, M. 2004. Effect of farmyard manure, fertility levels and bio-fertilizers on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agronomy 49: 117-120.

Malakoti, M. 2005. Constant agronomy and enhance yield by optimum use of fertilizer in Iran. Instruction Emission Agronomy. (In Persian)

Malik, V.S., Swanton, C., and Michaels, T.E. 1993. Interference of white bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars, row spacing and seeding density with annual weeds. Weed Science 41: 62-68.

Mazaheri, M., and Chghakhor, A. 2011. Effect of plant density and row spacing on some morphological characteristics, yield and protein content of two chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agronomy Science 6: 97-107. (In Persian with English Summary)

Mishra, A., Prasad, K., and Rai, G. 2010. Effect of biofertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different dose of chemical fertilizers. Journal of Agronomy 9(4): 163-168.

Mohamadian, M., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H., and Yanegh, A. 2013. Study the effect of intercropping of three sesame genotypes on morphological and physiological indices. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 421-429. (In Persian with Persian Summary)

Moeini, M.R., Nazarkakhki, H., Razazi, A., and Kamel Shikharjeh, M. 2009. Survey of yield and yield component in three common bean cultivars in cropping pattern. Journal of Agrisearch 1(2): 78-92. (In Persian with English Summary)

Moaveni, P., Aliabadi Farahani, H., and Maroufi, K. 2011. Effects of sowing date and planting density on quantity and quality features in thyme (*Thymus vulgaris* L.). Advances in Environmental 5(7): 1706-1710.

Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary)

Ngouajio, M., McGiffen, J.M.E., and Hembree, K.J. 2001. Tolerance of (*Phaseolus vulgaris*) cultivar to velvetleaf interference. Weed Science 49: 91-98.

Ni, H., Moody, K., Robles, R.P., Paller, J.C.E., and Lales, J.S. 2000. Bean (*Phaseolus vulgaris*) plant traits conferring competitive ability against weeds. Weed Science 48: 200-204.

Ouzuni Douji, A.A., Esfahani, M., Samizadeh Lahiji, H.A., and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran. Journal of Crop Science 9: 400-328. (In Persian with Persian Summary)

Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Mashhad University Press, Mashhad, Iran 523 pp. (In Persian)

Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., and 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 with English Summary)

Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., and 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 with English Summary)

Powelson, A., Udy, R.I., and Peachy Manath, D. 1999. Row spacing effect on while mold and snap bean yield. Horticulture Weed Control 8: 220-227.

Qin, T.C., and li, Z.G. 2002. Studies of inheritance of kemal growth characters and their relation to giel characters maize. Acta Agronomical Sinica 17(3): 183-191

Rabiee, M., and Jilani, M. 2010. Effect of row spacing and seed rate on yield and yield component of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Guilan province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 9-20. (In Persian with English Summary)

Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of

chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplementary irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25: 1080-1095. (In Persian with English Summary)

Rosalind, A.B., Purcell, L.C., and Vories, E.D. 2000. Short season soybean yield compensation in response to population and water regime. Crop Science 40: 1070-1078.

Saindon, G., Huang, G., and Kozub, H.C. 1995. White-mold avoidance and agronomic attributes of upright common beans growth at multiple planting densities in narrow rows. Journal of the American Society for Horticultural Science 120: 843-853.

Shahraki, M., Dahmarede, M., Khamari, E., and Asgharzade, A. 2016. Effects of Azotobacter and Azospirillum and Levels of Manure on Quantitative and Qualitative Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 8(1): 59-69. (In Persian with English Summary)

Shukla, K.N., and Dixit, R.S. 2000. Nutrient and plant population management in summer gram. Indian Journal of Agronomy 41: 78-83.

Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D. 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 414-421.

Sirait, Y., Pill, W.G., and Kee, W.E. 2002. Lima bean (*Phaseolus vulgaris* L.) response to irrigation and plant population densities. Horticultural Science 29(2): 71-73.

Soltani, N., and Sikkema, P. 2005. White bean (*Phaseolus vulgaris*) tolerance to preplant- incorporated herbicides. Weed Biology and Management 5: 35-38.

Steinmaus, S.J., and Norris, R.F. 2002. Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. Weed Science 50: 42-53.

Talei, A., and Sayadian, K. 2000. Effect of supplementary irrigation and nutrition requirement of chickpea in dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science 2(3): 63-72. (In Persian with English Summary)

Tharp, B.E., and Kells, J. 2001. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays* L.) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) growth. Weed Technology 15: 413-418.

Tomati, U., Grappelli, A., and Gall, E. 1987. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. Biology and Fertility of Soils 5: 288-294.

Torabi Jafroudi, A., Hasanzadeh, A.A., and Fayaz moghadam, A. 2007. Effect of plant population on some morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 20(1): 63-71. (In Persian with English Summary)

Troeh, Z.I., and Loynachan, T.E. 2003. Endomycorrhozal fungal survival in continuous corn, soybean, and fallow. Agronomy Journal 95: 224-230.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571- 586.

Wilson, R.G., Wick, G.A., and Fenster, C.R. 2008. Weed control in field beans (*Phaseolus vulgaris*) in Western Nebraska. Weed Science 28: 295-299.

Wolf, D., Henderson, W., Chsiao, D.W., and Alvino, A. 2008. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration nitrogen distribution, and yield. Agronomy Journal 80: 859-864.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 296-317

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 317-296

Effects of Plant Density and Cow Manure Levels on Growth Criteria of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Mashhad Climatic Conditions

R. Ahmadzadeh Ghavidel[1], G.A. Asadi[2*], M.T. Naseri Pour Yazdi[3], R. Ghorbani[4] and S. Khorramdel[3]

Submitted: 10-11-2015
Accepted: 26-01-2016

Ahmadzadeh Ghavidel, R., Asadi, G.A., Naseri Pour Yazdi, M.T., Ghorbani, R., and Khorramdel, S. 2016. Effects of Plant Density and Cow Manure Levels on Growth Criteria of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Mashhad Climatic Conditions. Journal of Agroecology 8(2): 296-317.

Introduction

In common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), plant density can affect canopy architecture, light conversion efficiency, duration of vegetative growth, dry matter production, seed yield and ultimately, the economic productivity of a crop. Therefore, optimizing plant density, which may be defined by both the number of plants per unit area and the arrangement of plants on the ground, is a pre-requisite for obtaining higher productivity of common bean. Therefore, varying plant density may be a viable alternative to manipulate the productivity of bean under different environmental conditions through their changes in physiological processes. Moeinit et al. (2009) reported the increase in common bean seed yield with the increase in plant density. Another important factor determining growth indices is manure. Integrated supply of nutrient to plants through planned combinations of organic and inorganic sources is becoming an increasingly important aspect of environmentally sound agriculture.

Materials and methods

In order to study the effects of plant density and cow manure levels on four common bean cultivars an experiment was conducted as a factorial arrangement based on complete randomized block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during two growing seasons of 2011-2012 and 2013-2014. The experimental treatments were plant density in three levels (13.13, 20 and 40 plants.m^{-2}), three cow manure levels (0, 15 and 30 kg.ha^{-1}) and four common bean cultivars (Gholi, Akhtar, Naz and D-81083). All common bean plants were harvested by cutting at the soil surface. Dry matter (DM), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) were measured and calculated accordingly. Plants were then divided into leaf and stem. The areas of green leaves were measured using a Delta-T leaf area meter. The leaf area data was divided to ground area and the LAI was obtained. The LAI data was fitted to the Gaussian equation to predict the LAI of common bean in growth season.

The sigmoid equation was fitted to the TDM data and by derivation from this equation, the CGR and RGR were obtained (Steinmaus and Norris, 2002).

The regression analysis was performed by SAS 9.1 and the graphs were prepared by Excel.

Results and discussion

The results showed that during the days after planting in all treatments, LAI first increased until 56 days after planting and then it had a descending trend. The highest slope of leaf area increase is related to plant density (40 plants.m^{-2}). Although, decreasing plant density from 40 plants.m^{-2} to 13.13 decreased LAI 29%. The maximum of LAI was obtained in cow manure (30 t.ha^{-1}) (2.57). Goli with 2.61 had the greatest LAI. CGR first increased slightly and then increased more quickly until 56 days after planting, then decreased with a sharp slope. The lowest RGR was belonged to 13.13 plant.m^{-2} density, 0 t.ha^{-1}cow manure and Akhtar cultivar) (with 8.32 g.m^{-2}.day, 7.90 g.m^{-2}.day and 4.26 g.m^{-2}.day, respectively). RGR decreased as the plant age increased so that at the end of growth season RGR was close to zero. At the beginning of growth stage, due to more penetration of light into the canopy and less shadow of the leaves on each other and the less respiration, RGR is more and its reduction slope is less. Plant density with 40 plants.m^{-2} shows the highest primary RGR and the plant density with 3.13 plants.m^{-2} shows the lowest one. The highest RGR in the 56th day has been related to 30 t.ha^{-1}cow manure.

Conclusion

1, 2, 3 and 4- PhD Student in Agroecology, Associate Professor, Assistant Professor and Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: asadi@um.ac.ir)

We can conclude that indeterminate common bean cultivars such as Goli and Naz showed the greatest growth rate and these findings indicate that the common bean crop has the ability to alter plant size and canopy structure in response to changes in plant density. These strategies can be used as cultural methods to reduce the competitive ability of weeds and maintain common bean growth at acceptable levels. However, there is a need to evaluate numerous common bean cultivars in different locations and years to find cultivars with high competitive ability and stability in yield.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the project by Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Keywords: Competitive ability, Dry matter, Leaf area index, Relative growth rate

References

Moeini, M.R., Nazarkakhki, H., Razazi, A., and Kamel Shikharjeh, M. 2009. Survey of yield and yield component in three common bean cultivars in cropping pattern. Journal of Agrisearch 1(2): 78-92. (In Persian with English Summary)

Steinmaus, S.J., and Norris, R.F. 2002. Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. Weed Science 50: 42-53.