نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 956-939

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 939-956

اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی، شاخص‌های رشدی و عملکرد دو رقم عدس در شرایط دیم مشهد

محمد بنایان اول[1*]- فاطمه یعقوبی[2]- زهرا رشیدی[3]- سیاوش برده‌جی[4]

تاریخ دریافت: 1395/08/02
تاریخ پذیرش: 1395/11/04

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر صفات فنولوژیک و شاخص‌های رشدی دو رقم عدس دیم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 95-1394 اجرا گردید. فاکتور اصلی این آزمایش سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع اوره (صفر، 40 و 80 کیلوگرم در هکتار) و فاکتور فرعی شامل دو رقم عدس دیم (بیرجند و رباط) بود. نتایج نشان داد که مصرف 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار منجر به افزایش معنی‌دار دوره رشد رویشی و زایشی نسبت به تیمار عدم مصرف کود اوره و کل دوره رشد در مقایسه با سایر سطوح کود اوره براساس تعداد روز و درجه روز رشد گردید. دوره کاشت تا سبز شدن، رشد رویشی، زایشی و کل دوره رشد رقم بیرجند براساس تعداد روز و درجه روز رشد به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم رباط بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌دست آمد که منجر به حداکثر سرعت رشد محصول و کسب حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیک (به‌ترتیب 294/12 و 2286/17 کیلوگرم در هکتار) در این تیمار گردید. رقم بیرجند شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، عملکرد دانه و بیولوژیک (به‌ترتیب 4274/1 و 2577/96 کیلوگرم در هکتار) بیشتری را نسبت به رقم رباط دارا بود. با توجه به نتایج حاصله، استفاده از رقم بیرجند با رعایت تاریخ کاشت بهینه (با توجه به دیررس بودن آن) و مصرف 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار برای کشت عدس به‌صورت دیم در منطقه مورد مطالعه، مطلوب به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تجمع ماده خشک، رشد رویشی، رشد زایشی، شاخص سطح برگ

مقدمه

عدس با نام علمی .*Lens culinaris* Medik منبع عمده پروتئین در تغذیه انسان و دام بوده (Miguele *et al*., 2005) که توانایی رشد آن در خاک‌های نسبتاً فقیر و شرایط محیطی محدود و متنوع باعث شده است به‌صورت دیم و به‌ویژه در مناطقی که از توانایی اقتصادی بالایی برخوردار نیستند، به‌عنوان گیاه زراعی تا به امروز بقا داشته باشد. به‌طوری‌که یکی از مهم‌ترین حبوبات در سیستم‌های کشت دیم به‌خصوص در تناوب با گندم و جو در مناطق با بارندگی کم تا متوسط به حساب می‌آید (Pourtaheri *et al*., 2013). سطح زیر کشت عدس در ایران 155700 هکتار بوده که سهم اراضی دیم 94/7 درصد و بقیه به‌صورت کشت آبی می‌باشد. عملکرد این گیاه در کشور برای اراضی آبی و دیم به‌ترتیب 1195 و 476 کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (MAJ, 2015). عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد عدس مؤثر هستند که یکی از این موارد عدم رعایت نکات به‌زراعی از جمله محدودیت یا توزیع نامناسب مصرف کود است (Sabaghpour *et al*., 2013).

نیتروژن ضروری‌ترین عنصر غذایی برای رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌آید که بیش از هر عنصر دیگری عامل محدودکننده رشد است (Kaneez *et al*., 2013). لذا تأمین کافی

1- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
4- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: banayan@um.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.59769

نیتروژن قابل استفاده در خاک برای رشد بهینه گیاه به‌ویژه در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Antep, 1997). در مناطق گرم و خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل کمبود مواد آلی ناشی از تجزیه سریع و فقدان باقی‌مانده گیاهی، کمبود نیتروژن احساس می‌شود و در این مورد نیتروژن اولیه خاک کمتر می‌تواند نیاز نیتروژن گیاه را تأمین نماید، درنتیجه عدم تعادل مواد غذایی در خاک می‌تواند اختلالاتی را در جذب مواد غذایی به‌وجود آورد (Bagheri *et al*., 1997).

کارایی اصلاح و انتخاب عدس جهت افزایش عملکرد در مناطق آب و هوایی مختلف به واکنش مراحل مختلف نموی گیاه به شرایط آن مناطق بستگی دارد (Tadayyon *et al*., 2011). در مناطق جغرافیایی مختلف تغییرات فصلی و درجه حرارت می‌توانند بر روی فنولوژی، ساختار گلدهی، تولید غلاف و بالاخره عملکرد نهایی گیاه اثر بگذارند به‌طوری‌که ارسکین و همکاران (Erskin *et al*., 1989) فنولوژی را به‌عنوان کلیدی جهت سازگاری حبوبات در مناطق بزرگ جغرافیایی شناخته‌اند. لذا بررسی و مقایسه این مراحل در ارقام مختلف، اطلاعات ارزنده‌ای را در مورد کشت به موقع و یافتن بهترین رقم سازگار به منطقه در اختیار قرار می‌دهد (Tadayyon *et al*., 2011). از طرف دیگر مقدار نیتروژن قابل دسترس نیز بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیک رشد و نمو در اثر کمبود آن به تأخیر می‌افتد (Giradin *et al*., 1987). معافی و تیموری (Moafi and Teymori, 2009) در مطالعات خود بیان داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد روز تا پایان گلدهی افزایش می‌یابد و گیاه مدت زمان بیشتری به رشد خود ادامه خواهد داد. شعبان و همکاران (Shaban *et al*., 2013) نشان دادند در شرایط تنش خشکی شدید مصرف کود نیتروژن سبب شد تا ارقام نخود تعداد روز بیشتری را تا 50 درصد غلاف‌دهی طی نمایند. آن‌ها بیان داشتند که افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش رشد سبزینه‌ای، افزایش حجم گیاه و درنهایت افزایش تعرق و تسریع در مرحله غلاف‌دهی گیاه می‌گردد.

تجزیه رشد در بیان مطلوب تفاوت‌های عملکرد گیاهان زراعی مفید می‌باشد (Sarmadnia and Koocheki, 1989). تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی است برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف که گیاه در طول دوره حیات خود با آن‌ها مواجه می‌گردد (Bullock *et al*., 1998). شاخص‌های فیزیولوژیک از جمله شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و فتوسنتز خالص تحت تأثیر کود نتیروژنه قرار می‌گیرند، به نحوی که با مقادیر مناسب کود نیتروژنه می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجب بهبود عملکرد گردید (Sajedi and Ardakani, 2008).

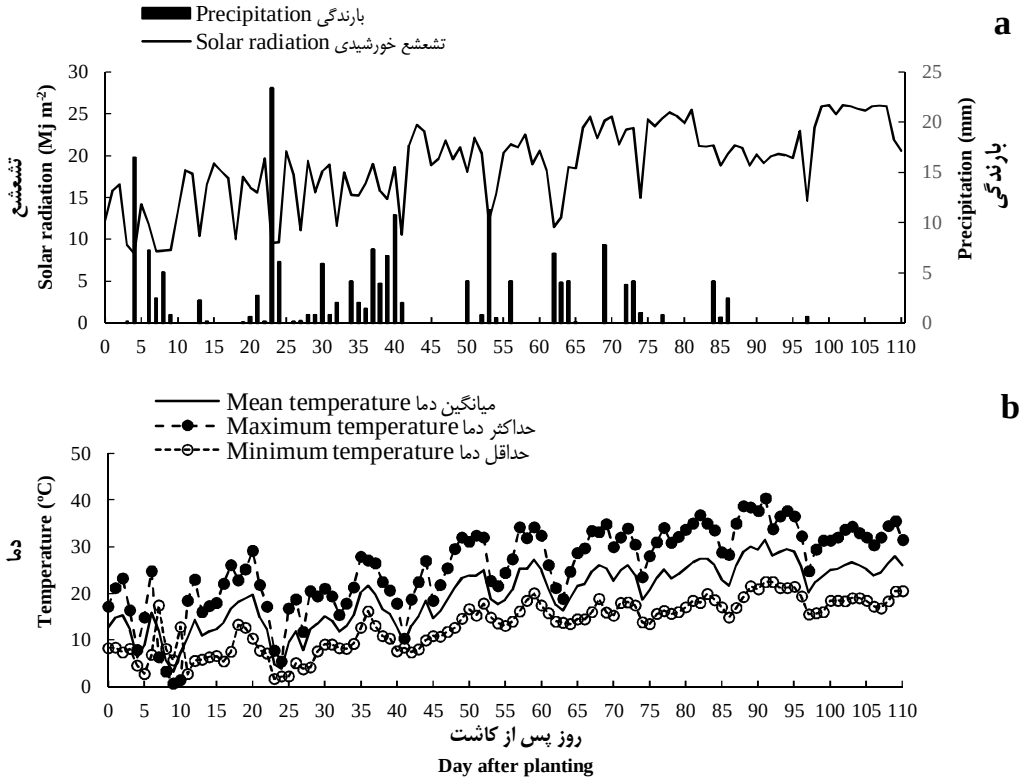
حاتمی و همکاران (Hatami *et al*., 2009) بیان داشتند که کاربرد نیتروژن معدنی میزان تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ سویا را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد اما منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد نگردید. سیدی و سید شریفی (Seiediand Seyed Sharifi, 2013) در مطالعه خود بر روی سویا نشان دادند که با کاهش نیتروژن مصرفی در هر دو تیمار تلقیح و عدم تلقیح با باکتری رایزوبیوم جاپونیکوم سرعت رشد نسبی کاهش یافت. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که افزایش نیتروژن مصرفی در واحد سطح، سبب افزایش میزان بیوماس کل در واحد سطح، سرعت رشد محصول و عملکرد دانه گردید. نامور و همکاران (Namvar *et al*., 2011) در مطالعه‌ای بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) نشان دادند که کاربرد کود اوره به میزان 75 کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سطوح صفر و 50 کیلوگرم کود اوره در هکتار شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، تجمع ماده خشک و درنهایت اجزای علمکرد و عملکرد نخود را افزایش داد. داهیا و همکاران (Dahiya *et al*., 1993) نیز افزایش تجمع ماده خشک، اجزای عملکرد و عملکرد نخود را درنتیجه استفاده از کود نیتروژن گزارش نمودند.

با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش عملکرد محصولات مختلف در کوتاه مدت و هزینه بالای تولید این کودها و از آن‌جایی‌که بررسی و تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد و کمیت‌های مؤثر بر آن می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مناسب در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گیرند، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی صفات فنولوژیک و شاخص‌های رشدی دو رقم عدس دیم تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن برای تعیین بهترین سطح کودی و رقم برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در 10 کیلومتری جنوب شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 درجه شرقی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا در سال زراعی 95-1394 انجام شد. متوسط بارندگی سالانه 286 میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به‌ترتیب 42 و 27/8- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب و هوای منطقه براساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. شکل 1 مشخصات هواشناسی محل آزمایش را در طول فصل رشد عدس (اسفند تا تیرماه) و در سال زراعی مورد مطالعه برای ایستگاه هواشناسی مشهد نشان می‌دهد. میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد در دامنه بین 3/2 تا 31/5 درجه سانتی‌گراد قرار داشت. در این زمان تشعشع خورشیدی روزانه در دامنه بین 6/9 تا

21/6 مگـاژول بـر مترمربـع و تشعشـع تجمعـی 1956 مگـاژول بـر مترمربع بود. میزان بارندگی نیز طی فصل رشد عدس در ایـن سـال زراعی 214/3 میلی‌متر گزارش گردید که منبع تأمین آب مـورد نیـاز گیاه بود.



شکل 1- الف) بارندگی و تشعشع روزانه، ب) میانگین دما، دمای حداکثر و حداقل روزانه ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد عدس (19 اسفند تا 7 تیر ماه) طی سال زراعی 95-1394

Figure 1- a) Daily precipitation and solar radiation, b) daily mean, maximum and minimum temperature of Mashhadmeteorological station during the lentil growing season (9 March- 27 June) in 2016

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایـه بلـوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح صفر، 40 و 80 کیلوگرم در هکتـار از منبـع اوره (به‌ترتیب معادل صفر، 18/4 و 36/8 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و دو رقم عدس دیم به نام‌های رباط و بیرجند به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. بذور مربوط به دو رقم ذکر شده از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید.

عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل اسفند مـاه 1394 انجـام شـد بدین صورت که ابتدا شخم و سپس دوبار دیسک عمود برهم زده شد و با لولر تسطیح صورت گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق صـفر تا 30 سانتی‌متری خاک مزرعه جهت انجام تجزیـه‌هـای فیزیکـی و شیمیایی نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول 1 نشـان داده شـده است. تیمار کودی در نسبت‌های ذکر شده به‌صورت دستپاش در زمان کاشت در زمین پخش و با خاک مخلوط گردید. سپس کشـت بـذور عدس در 19 اسفندماه 1394 در عمق سه سـانتی‌متـری خـاک و در کرت‌هایی با ابعاد 1/5 در 4 متر صورت گرفت. فاصله خطوط کاشت 25 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت 2/5 سانتی‌متر بود. جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های خاکزی، ضدعفونی بذور قبـل از کاشت توسط قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار انجـام شـد. در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود شیمیایی، علف‌کـش و آفـت‌کشـی استفاده نشد و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در طی فصل رشد انجام شد. هم‌چنین لازم به ذکر است که کشت به‌صورت دیم بـود و هیچ‌گونه آبیاری در مزرعه صورت نگرفت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical particular of research station soil

کلاس بافت خاک Soil texture class	درصد ذرات Particle percent: شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	نیتروژن Nitrogen (mg kg^{-1}soil)	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH
لومی Loamy	39.84	12.74	47.42	15.52	0.96	0.58	7.45

زمان مراحل فنولوژیک براساس زمان وقوع 50 درصد هریک از مراحل سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی (رشد رویشی)، گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (رشد زایشی) برای هر کرت مشخص و ثبت گردید. جهت تعیین سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی، در طول فصل رشد به فاصله هر دو هفته یکبار نمونه‌برداری انجام شد. به‌طوری‌که در هر نمونه‌برداری پس از حذف حاشیه، تعداد پنج بوته از چهار ردیف میانی هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. اندازه‌گیری سطح برگ به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (VM 900E/K, UK) و وزن خشک نمونه‌ها پس از خشک شدن در آون در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت با ترازوی دیجیتال با دقت 0/01گرم تعیین شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز پس از حذف اثرات حاشیه‌ای با برداشت سطحی معادل 3 مترمربع از وسط هر کرت تعیین گردید.

برای تعیین مدل ریاضی مناسب و برازش تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ، از بین معادلات غیرخطی آزمون شده، تابع سیگموئیدی و لجستیک پیک (معادله 1 و 2) به‌دلیل برخورداری از بهترین R^2 برای پیش‌بینی وزن خشک گیاه و شاخص سطح برگ مورد استفاده قرار گرفت (Hunt, 1982).

معادله (1) $TDM= a/(1+b\times exp(-c\times x))$

در این معادله، TDM عبارت است از ماده خشک تجمعی (گرم بر مترمربع)، a حداکثر تجمع ماده خشک، b ضریب ثابت، c سرعت رشد نسبی گیاه و x زمان می‌باشد.

معادله (2)

$LAI= a+4b\times(exp(-(x-c)/d))/ (1+exp (-(x-c)/d))\text{^}2$

در این معادله a عرض از مبدأ (مقدار LAI در زمان صفر)، b زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به مرحله خطی رشد سطح برگ و x زمان می‌باشد.

سپس سرعت رشد محصول (CGR) از مشتق مرتبه اول معادله وزن خشک (معادله 1) به‌دست آمد (Hunt, 1978).

معادله (3)

$CGR= dy/dx =a\times b\times c\times exp (-c\times x)/ (1+b\times exp (-c\times x))\text{^}2$

در این معادله، a، b و c ضرایب تعریف شده در معادله (1) می‌باشند.

با توجه به این‌که رشد و نمو گیاه تابعی مستقیم از دمای محیط است و مراحلی از قبیل سرعت جوانه زدن و سبز شدن بذر، توسعه اندام‌های رویشی، تشکیل و ظهور گل‌ها، گرده‌افشانی، تشکیل و پر شدن دانه و سرعت رسیدگی محصول از تغییرات عوامل محیطی به‌ویژه دما تبعیت می‌کند، درنتیجه استفاده تنها از تعداد روز برای رسیدن به مراحل اساسی رشد با توجه به تفاوت در شرایط محیطی در نقاط مختلف نمی‌تواند از دقت کافی برخوردار باشد (Khajepour and Karimi, 1987). لذا جهت محاسبه توابع رشدی گیاه باید به جای استفاده از روز پس از کاشت از درجه روز رشد استفاده کرد (Russel *et al.*, 1984).

به‌منظور محاسبه درجه روز رشد (GDD[1]) با استفاده از آمار هواشناسی در سال مذکور و دمای پایه 5 درجه سانتی‌گراد (Aase *et al.*, 1996) از معادله (4) استفاده گردید.

معادله (4) $$GDD = \sum_{di}^{dn}\left[\left(\frac{Tmax+Tmin}{2}\right)-Tb\right]$$

در این معادله GDD: درجه روز رشد، T_{max}: حداکثر دمای روزانه، T_{min}: حداقل دمای روزانه، di: روز n ام بعد از کاشت و T_b: درجه حرارت پایه می‌باشند (Omid Beigi, 1997).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار SigmaPlot استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر اصلی کود اوره بر طول دوره کاشت تا سبز شدن براساس تعداد روز و درجه روز رشد معنی‌دار نبود (جدول 2). اما بین دو رقم مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی‌داری ($p \leq 0/01$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا سبز شدن وجود داشت (جدول 2). به‌طوری‌که طول این مرحله برای رقم بیرجند نسبت به رقم رباط دو روز (معادل 13/64 درجه روز) بیشتر بود (جدول 3). حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2013) نیز در مطالعه خود بر روی سه رقم عدس نشان دادند که بین ارقام مورد مطالعه از نظر تعداد روز و درجه روز رشد کاشت تا سبز شدن تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که طول این دوره از حداقل 8/3 برای رقم کالپوش و حداکثر 10 برای رقم گچساران متفاوت بود. با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل کود اوره و رقم بر هیچ‌یک از طول مراحل

1- Growing degree days

فنولوژیک مورد بررسی براساس تعداد روز و درجه روز رشد معنی‌دار نبود (جدول 2).

جدول ۲-تجزیه واریانس اثر کود اوره و رقم بر تعداد روز و درجه روز رشد تا مراحل فنولوژیک عدس

Table 2- Analysis of variance for effects of urea fertilizer and cultivar on days and growing degree days of phenological stages of lentil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات تعداد روز Mean of squares of days				میانگین مربعات درجه روز رشد Mean of squares of growing degree days			
		کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
تکرار Replication	2	1.17^{ns}	0.22^{ns}	4.39^{ns}	1.39^{ns}	47.94^{ns}	91.36^{ns}	664.89^{ns}	360.77^{ns}
کود اوره Urea fertilizer	2	0.17^{ns}	8.22^{**}	6.22^{*}	32.72^{**}	8.40^{ns}	2133.22^{*}	4459.35^{*}	13257.76^{**}
خطای aError a	4	0.83	0.56	0.14	0.39	44.15	91.83	286.66	157.02
رقم Cultivar	1	18^{**}	68.05^{**}	122.72^{**}	555.56^{**}	837.77^{**}	33376.67^{**}	89577.33^{**}	261051.29^{**}
کود اوره × رقم Ureafertilizer *cultivar	2	1.17^{ns}	1.55^{ns}	1.55^{ns}	5.39^{ns}	56.01^{ns}	336.18^{ns}	595.68^{ns}	1918.81^{ns}
خطای bError b	6	0.94	0.55	1.11	2.61	51.1	341.09	906.96	1428.56
ضریب تغییرات C.V(%)	-	7.47	1.43	3.44	1.68	8.76	2.95	4.95	2.87

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کود اوره و رقم بر تعداد روز و درجه روز رشد تا مراحل فنولوژیک عدس

Table 3- Mean comparison for effects of urea fertilizer and cultivar on days and growing degree days of phenological stages of lentil

تیمار Treatment		تعداد روز Days			درجه روز رشدGrowing degree days		
		کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
کود اوره Ureafertilizer	0	12.8 a	51.2 b	29.5 b	80.4 a	608.8 b	579.3 b	1268.5 c
	40	13.2 a	53.5 a	31.5 a	82.8 a	646.4 a	633.1 a	1362.3 a
	80	13.0 a	52.2 ab	30.8 a	81.6 a	625.5 ab	614.0 ab	1321.1 b
رقم Cultivar	Birjandبیرجند	14.0 a	54.2 a	33.2 a	88.4 a	670.0 a	679.3 a	1437.8 a
	Robatرباط	12.0 b	50.3 b	28.0 b	74.8 b	583.9 b	538.3 b	1196.9 b

برای هر فاکتور و در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test

کود اوره تأثیر معنی‌داری بر طول دوره سبز شدن تا گلدهی (رشد رویشی) براساس تعداد روز ($p \leq 0/01$) و درجه روز رشد ($p \leq 0/05$) داشت (جدول 2). بیشترین میزان طول این دوره با میانگین 53/5 روز و 464/4 درجه روز رشد به تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار اختصاص یافت که اختلاف معنی‌داری با تیمار 80 کیلوگرم اوره در هکتار نداشت اما نسبت به تیمار عدم کاربرد کود اوره 2/3 روز (37/6 درجه روز) دیرتر به مرحله گلدهی رسید (جدول 3). معافی و تیموری (Moafi and Teymori, 2009) در نتایج به‌دست آمده از بررسی خود به این موضوع اشاره کردند که افزایش نیتروژن تعداد روز تا ظهور گل را افزایش داد. افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش میزان پروتئین و پروتوپلاسم می‌شود. درنتیجه افزایش اندازه سلول، سطح برگ بزرگ‌تر شده، بنابراین فعالیت فتوسنتزی بیشتر می‌گردد و تأثیر همه جانبه آن منجر به رشد رویشی و به تعویق افتادن تعداد روز تا شروع گلدهی می‌شود (Ahmadi and Javidfar, 1998). ارقام عدس از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از سبز شدن تا گلدهی اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/01$) داشتند (جدول 2). به‌طوری‌که رقم رباط نسبت به رقم بیرجند 3/9 روز (86/1 درجه روز) زودتر وارد مرحله گلدهی شد (جدول 3). این تفاوت ارقام به تفاوت ژنتیکی و سازگاری‌های مختلف آن‌ها به منطقه بر می‌گردد (Shaban *et al.*, 2013). بین کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r= 0/69^{**}$ و $r= 0/81^{**}$ به‌ترتیب براساس تعداد روز و درجه روز رشد) مشاهده گردید (جدول 4). این در حالی است که حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2013) همبستگی منفی و معنی‌داری را بین این دو دوره گزارش کرده‌اند.

بین سطوح مختلف کود اوره تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی (دوره رشد زایشی) وجود داشت (جدول 2). تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشترین میزان تعداد روز و درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی را به‌خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با تیمار 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار نداشت (جدول 3). بین دو رقم تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/01$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی وجود داشت (جدول 2). به‌طوری‌که تعداد روز (33/2) و درجه روز رشد (679/3) از گلدهی تا رسیدگی برای رقم بیرجند بیشتر از رقم رباط بود (جدول 3). بین گلدهی تا رسیدگی با کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا گلدهی براساس تعداد روز و درجه روز رشد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول 4).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین مراحل فنولوژیک، عملکرد، حداکثر تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ عدس

Table 4- Correlation coefficients between phenological stages, yield, maximum dry matter accumulation and leaf area index of lentil

متغیر Variable	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence (GDD)	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering (GDD)	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity (GDD)	کاشت تا برداشت Planting to harvesting (GDD)	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	1												
سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	0.69**	1											
گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	0.64**	0.86**	1										
کاشت تا برداشت Planting to harvesting	0.80**	0.94**	0.95**	1									
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence (GDD)	0.99**	0.68**	0.63**	0.79**	1								
سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering (GDD)	0.81**	0.98**	0.87**	0.97**	0.81**	1							
گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity (GDD)	0.71**	0.89**	0.96**	0.96**	0.71**	0.91**	1						
کاشت تا برداشت Planting to harvesting (GDD)	0.80**	0.94**	0.94**	0.99**	0.79**	0.97**	0.98**	1					
عملکرد دانه Grain yield	0.32^{ns}	0.55*	0.52*	0.53*	0.33^{ns}	0.51*	0.56*	0.54*	1				
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.53*	0.83**	0.78**	0.82**	0.53*	0.83**	0.80**	0.82**	0.77**	1			
شاخص برداشت Harvest index	-0.62**	-0.86**	-0.83**	-0.86**	0.60**	-0.87**	-0.84**	-0.87**	-0.89**	0.45*	1		
حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation	0.40^{ns}	0.67**	0.53*	0.60**	0.40^{ns}	0.63**	0.541*	0.59*	0.58*	0.57*	-0.42	1	
حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	0.29^{ns}	0.54*	0.44^{ns}	0.42*	0.29^{ns}	0.49*	0.47*	0.48*	0.66**	0.52*	-0.23	0.86**	1

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنی‌دار

*,** significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا برداشت (کل دوره رشد) عدس به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر کود اوره قرار گرفت (جدول 2). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان آن به‌ترتیب در تیمار 40 و صفر کیلوگرم کود اوره در هکتار حاصل شد (جدول 3). بین دو رقم مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی‌داری ($p \leq 0/01$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا برداشت وجود داشت (جدول 2). به‌طوری‌که طول دوره رشد رقم بیرجند نسبت به رقم رباط 11/11 روز (240/82 درجه روز) بیشتر بود (جدول 3). بین کل دوره رشد گیاه بر اساس تعداد روز و درجه روز رشد با کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول 4). در این بین تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا برداشت بیشترین همبستگی را با تعداد روز (r=0/95**) و درجه روز رشد (r=0/98**) از گلدهی تا رسیدگی داشت (جدول 4). بنابراین به نظر می‌رسد در شرایط مطالعه حاضر، هرچند بهبود هر دو دوره رشد رویشی و زایشی نقش مهمی در افزایش کل دوره رشد گیاه داشته‌اند، اما تأثیر افزایش دوره رشد زایشی محسوس‌تر می‌باشد که با نتایج حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2013) مطابقت دارد.

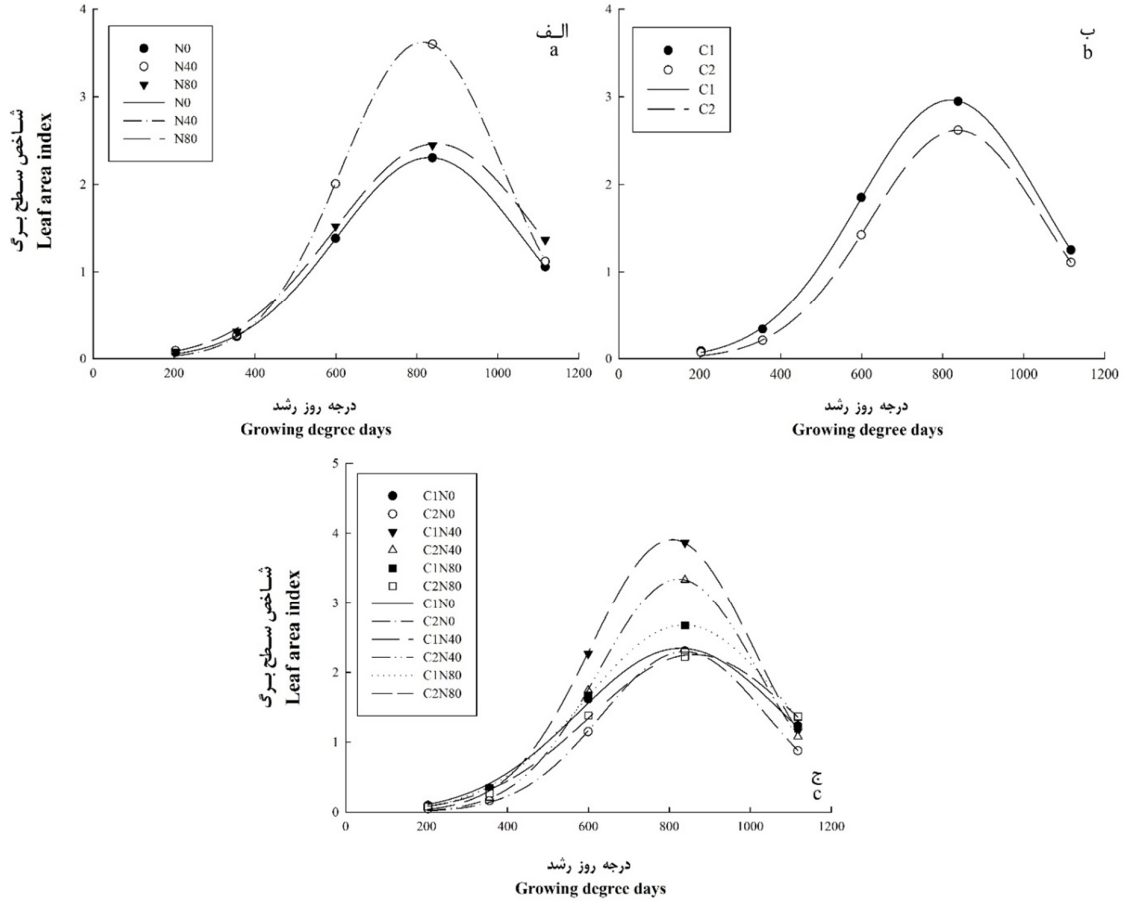
روند تغییرات شاخص سطح برگ عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره در شکل 2- الف نشان داده شده است. روند تغییرات در تیمارهای عدم مصرف کود اوره و مصرف 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار مشابه بوده و هر دو تیمار در 838 درجه روز رشد به حداکثر شاخص سطح برگ رسیدند. در حالی‌که تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار کمی زودتر (حدود 800 درجه روز رشد) به حداکثر شاخص سطح برگ دست یافت و پس از آن با شیب تندتری نسبت به دو تیمار دیگر کاهش یافت. تأثیر سطوح مختلف کود اوره بر حداکثر شاخص سطح برگ عدس معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول 5). تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار با میانگین 3/60 بیشترین میزان شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد. به‌طوری‌که نسبت به تیمار 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار و عدم مصرف کود اوره به‌ترتیب 36 و 31 درصد افزایش نشان داد (جدول 6). از آن‌جایی‌که بیشتر شاخص‌های رشد به شاخص سطح برگ وابسته‌اند، تغییر این شاخص ازطریق تغییر در میزان کود نیتروژنه، یکی از عملی‌ترین راه‌کارها جهت بهبود عملکرد می‌باشد (Amanullah *et al*., 2009). در مطالعه حاضر نیز وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه (r= 0/66**) تأییدکننده این امر می‌باشد (جدول 4).

شکل 2-ب بیانگر روند تغییرات شاخص سطح برگ دو رقم مورد مطالعه می‌باشد. هر دو رقم روند تغییرات مشابهی در طول دوره داشتند، اما شاخص سطح برگ رقم بیرجند از اوایل دوره رشد در سطح بالاتری نسبت به رقم رباط قرار داشت که این اختلاف به‌تدریج تا رسیدن به حداکثر مقدار، افزایش نشان داد. با توجه به این که زمان گلدهی رقم رباط و بیرجند به‌ترتیب 658/65 و 758/41 درجه روز رشد بود (جدول 3)، هر دو رقم بعد از گلدهی و در 899 درجه روز رشد به حداکثر مقدار خود رسیدند. تأثیر رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس اثر کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد عدس

Table 5- Analysis of variance for effects of urea fertilizer and cultivar on maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and yield of lentil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)				
		حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.07 ^{ns}	1850.99^{ns}	454.30 ^{ns}	24578.87 ^{ns}	0.76 ^{ns}
کود اوره Urea fertilizer	2	3.04**	14746.43*	8530.45 *	692404.28*	1.28 ^{ns}
خطای aError a	4	0.05	1589.65	1166.26	44619.51	2.11
رقمCultivar	1	0.48 *	8316.63*	8986.94 *	8417619.07**	317.46**
کود اوره x رقم Ureafertilizer *Cultivar	2	0.12*	827.72*	2962.68 *	719876.49**	9.80*
خطای bError b	6	0.05	706.63	1388.68	64708.12	1.46
ضریب تغییرات C.V (%)	-	8.04	8.31	14.79	13.42	8.05



شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ عدس تحت تأثیر سطوح مختلف (الف) کود اوره، (ب) رقم و (ج) اثر متقابل آن‌ها

Figure 2- Trend for leaf area index of lentil under different levels of (a) urea fertilizer, (b) cultivar and (c) their interaction effect

C1، C2، N0، N40 و N80، به‌ترتیب رقم بیرجند، رقم رباط، عدم مصرف کود اوره، 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار

C1, C2, N0, N40 and N80, respectively Birjand cultivar, Robat cultivar, 0 kg urea fertilizer per hectare, 40 kg urea fertilizer per hectare and 80 kg urea fertilizer per hectare

جدول 6- مقایسه میانگین اثر کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد عدس

Table 6- Mean comparison for effects of urea fertilizer and cultivar on maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and yield of lentil

تیمار Treatment		حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation (g m^{-2})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
کود اوره Urea fertilizer	0	2.30 b	285.23 b	221.78 b	1687.22 b	15.49 a
	40	3.60 a	376.67 a	294.12 a	2286.17 a	14.91 a
	80	2.45 b	297.73 b	239.48 b	1708.95 b	14.58 a
رقم Cultivar	بیرجند Birjand	2.95 a	341.37 a	274.14 a	2577.96 a	10.80 b
	رباط Robat	2.62 b	298.38 b	229.45 b	1210.27 b	19.20 a

برای هر فاکتور و در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

به‌طوری‌که رقم بیرجند با 2/95 حداکثر شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد (جدول 6). این امر می‌تواند به طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی رقم بیرجند (جدول 3) مربوط باشد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین حداکثر شاخص سطح برگ با تعداد روز (r= 0/54*) و درجه روز رشد (r= 0/49*) از سبز شدن تا گلدهی نیز تأییدکننده این امر می‌باشد (جدول 4). تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر اثر متقابل کود اوره و رقم در شکل 2-ج نشان داده شده است. در اکثر طول دوره رشد شاخص سطح برگ تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند در بالاترین سطح و تیمار عدم مصرف کود اوره و رقم رباط در پایین‌ترین سطح قرار داشت. اثر متقابل کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌داری بود (جدول 5). با این وجود تنها در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بین دو رقم تفاوت معنی‌داری وجود داشت و رقم بیرجند حداکثر شاخص سطح برگ را با میانگین 3/87 به خود اختصاص داد (جدول 7).

جدول 7- مقایسه میانگین اثر متقابل کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد عدس

Table 7- Mean comparison for interaction effect between urea fertilizer and cultivar on maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and yield of lentil

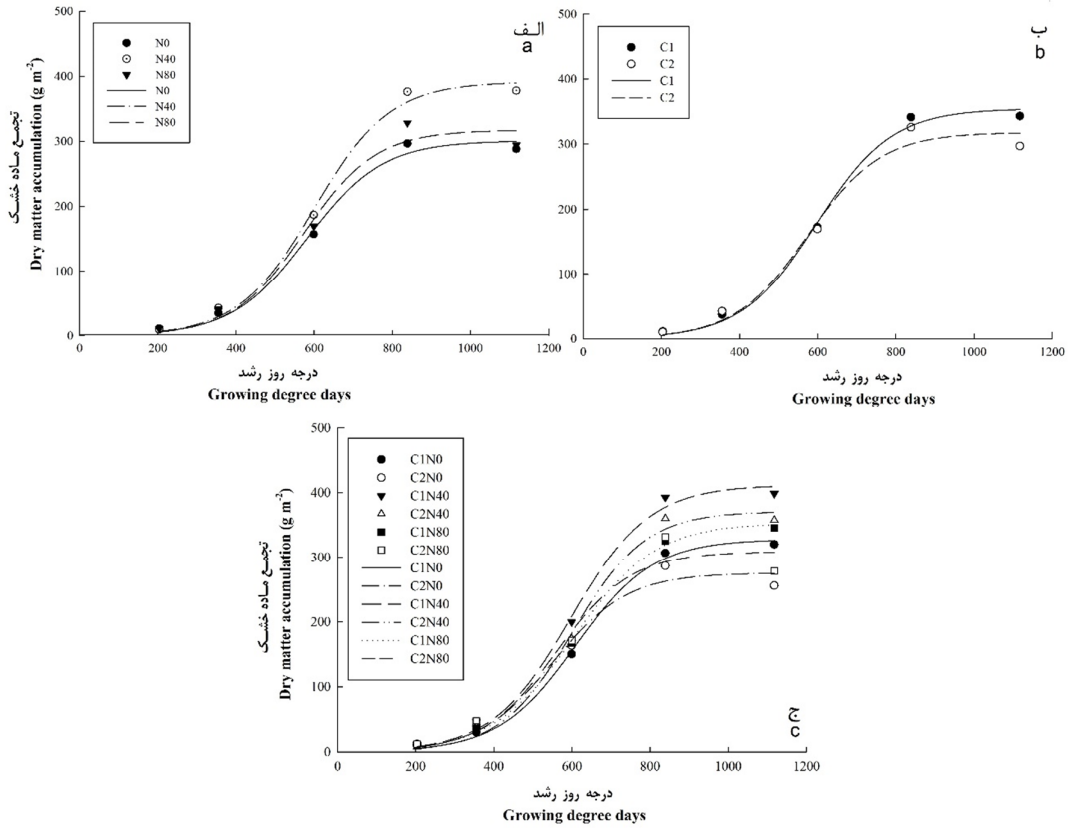
تیمار Treatment		حداکثر شاخص سطح برگ Maximum of leaf area index	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum of dry matter accumulation (g m^{-2})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
0	بیرجند Birjand	2.30 c	320.12 bc	245.00 b	2416.10 b	10.28 c
	رباط Robat	2.30 c	250.35 d	198.57 b	958.33 c	20.71 a
40	بیرجند Birjand	3.87 a	393.33 a	338.23 a	3291.68 a	10.29 c
	رباط Robat	3.33 b	360.00 ab	250.00 b	1280.68 c	19.54 ab
80	بیرجند Birjand	2.67 c	310.67 bc	239.18 b	2026.10 b	11.82 c
	رباط Robat	2.22 c	284.80 cd	239.78 b	1391.80 c	17.34 b

برای هر فاکتور و در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level usingDuncan's Multiple Range Test.

در مراحل اولیه رشد بین تیمارهای کودی، تفاوت چندانی از نظر وزن خشک دیده نشد (شکل 3-الف)، زیرا در این زمان گیاه کوچک است و رشد اندام‌های رویشی آن ناچیز می‌باشد. با شروع دوره رشد خطی و اختلاف در شاخص سطح برگ (شکل 2-الف)، اختلاف بین سرعت رشد جامعه گیاهی بارز شد و پس از مرحله گلدهی به حداکثر مقدار خود رسید. اثر نیتروژن بر حداکثر تجمع ماده خشک معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). به‌طوری‌که تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار با میانگین 376/67 گرم بر مترمربع دارای بیشترین ماده خشک تجمعی بود (جدول 6). این امر می‌تواند به بالاتر بودن شاخص سطح برگ آن در مقایسه با سایر تیمارها مربوط باشد (جدول 5). زیرا همبستگی مثبت و معنی‌داری (r= 0/86**) بین حداکثر تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ وجود داشت (جدول 4).

روند تغییرات تجمع ماده خشک در دو رقم مورد مطالعه نشان داد که در زمان رشد رویشی علی‌رغم بالا بودن شاخص سطح برگ رقم بیرجند نسبت به رقم رباط، تفاوتی بین تیمارها به لحاظ تجمع ماده خشک وجود نداشت (شکل 3-ب). این امر می‌تواند به ساختار کانوپی متفاوت دو رقم مربوط باشد به نحوی که نازکی، زاویه و مقدار عمودی بودن برگ‌ها در دو رقم کاملاً یکسان نبوده و احتمالاً ساختار کانوپی برای جذب نور بیشتر در رقم رباط مطلوب‌تر بوده است. اما از زمان گلدهی (658/6 و 758/4 درجه روز رشد به‌ترتیب برای رقم رباط و بیرجند (جدول 3)) اختلاف بین دو تیمار به‌تدریج بیشتر شد و تا انتهای دوره رشد رقم بیرجند ماده خشک تجمعی بالاتر را به خود اختصاص داد. حداکثر تجمع ماده خشک برای رقم بیرجند در حدود 1050 درجه روز رشد و برای رقم رباط در 1000 درجه روز رشد به‌دست آمد. رقم تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بر حداکثر تجمع ماده خشک داشت (جدول 5). به‌طوری‌که رقم بیرجند با میانگین 341/37 گرم بر مترمربع حداکثر تجمع ماده خشک را به‌خود اختصاص داد (جدول 6). رقم بیرجند به علت دیررس بودن 11 روز بیشتر به رشد خود ادامه داد (جدول 3) و این افزایش طول دوره رشد و به‌خصوص طول دوره رشد رویشی به‌دلیل دوام بافت‌های سبز گیاه، سبب فتوسنتز بیشتر و درنتیجه افزایش تولید ماده خشک نسبت به رقم رباط گردید.



شکل 3- روند تغییرات تجمع ماده خشک عدس تحت تأثیر سطوح مختلف (الف) کود اوره، (ب) رقم و (ج) اثر متقابل آن‌ها

Figure 3- Trend for dry matter accumulation of lentil under different levels of (a) urea fertilizer, (b) cultivar and (c) their interaction effect

C1، C2، N0، N40 و N80، به‌ترتیب رقم بیرجند، رقم رباط، عدم مصرف کود اوره، 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار

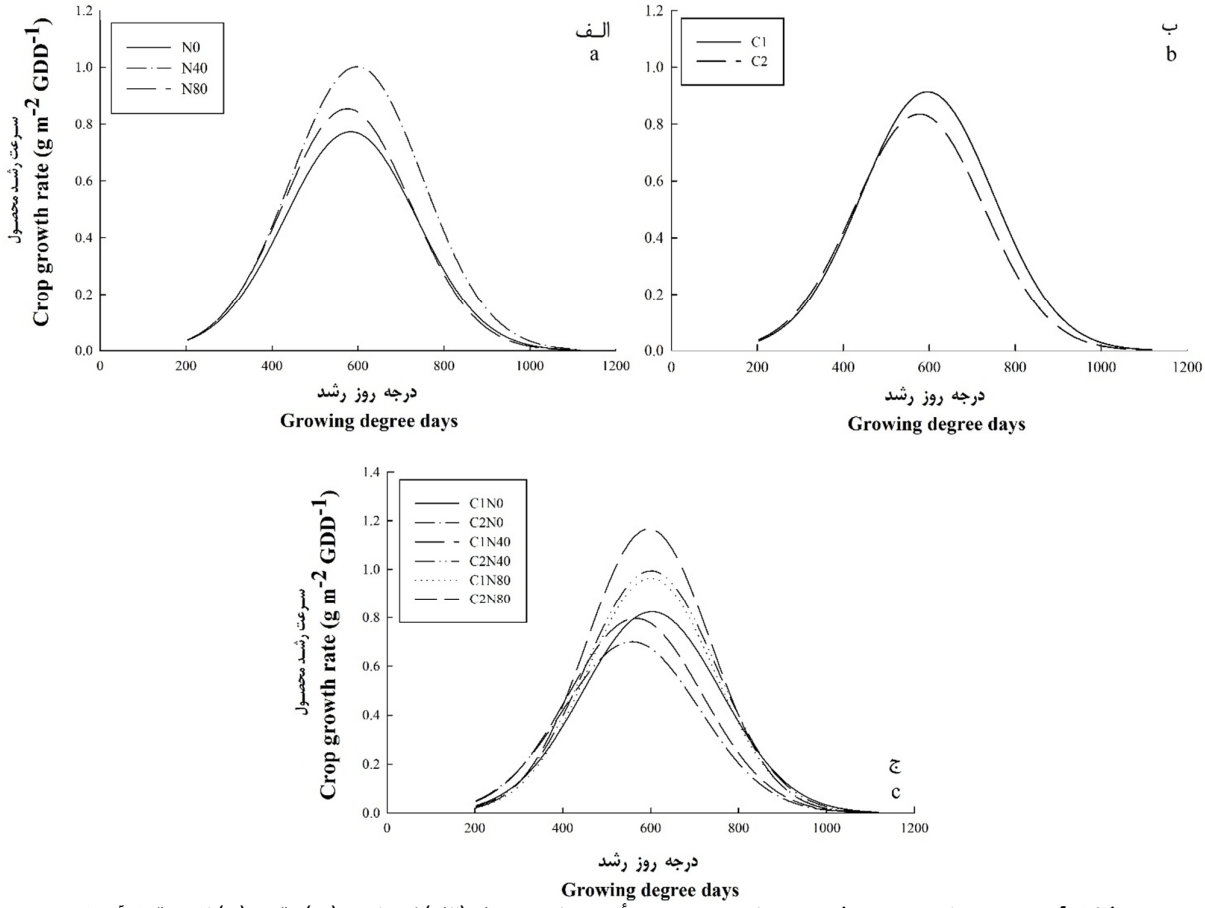
C1, C2, N0, N40 and N80, respectively Birjand cultivar, Robat cultivar, 0 kg urea fertilizer per hectare, 40 kg urea fertilizer per hectare and 80 kg urea fertilizer per hectare

زیرا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین حداکثر تجمع ماده خشک با تعداد روز و درجه روز رشد از سبز شدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی و کاشت تا برداشت وجود داشت. در این بین حداکثر تجمع ماده خشک بیشترین میزان همبستگی (**r= 0.67 و **r= 0.63 به‌ترتیب براساس تعداد روز و درجه روز رشد) را با سبز شدن تا گلدهی داشت (جدول 4). صمد و همکاران (Samad *et al.*, 2010) نیز در مطالعه‌ای بر روی ده ژنوتیپ عدس، مشاهده نمودند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر ماده خشک تولیدی تفاوت معنی‌داری داشتند.

اثر متقابل رقم و کود اوره بر روند تغییرات تجمع ماده خشک در شکل 3-ج نشان داده شده است. حداکثر تجمع ماده خشک در تیمار صفر و هشتاد کیلوگرم کود اوره در هکتار برای رقم رباط در 850 درجه روز رشد به‌دست آمد اما در مابقی تیمارها حداکثر تجمع ماده خشک در حدود 900 درجه روز حاصل شد. به‌طور کلی وزن خشک گیاه زراعی در هر مرحله از رشد به وزن خشک اولیه، دوام و سرعت رشد محصول بستگی دارد (Karimi and Siddique, 1991). اثر متقابل کود اوره و رقم بر حداکثر تجمع ماده خشک معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین و کمترین میزان حداکثر تجمع ماده خشک به‌ترتیب به رقم بیرجند در سطح کودی 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم رباط بدون مصرف کود اوره اختصاص یافت. این تیمارها به‌ترتیب بیشترین و کم‌ترین شاخص سطح برگ را دارا بودند (جدول 7).

بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر مقادیر مختلف کود اوره (شکل 4-الف) نشان داد که از ابتدای دوره رشد تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشترین میزان سرعت رشد محصول را دارا بود. از آن‌جایی‌که سرعت رشد روزانه ارتباط مستقیمی با سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص دارد (Koocheki *et al.*,

1988)، بالا بودن سرعت رشد محصول در این تیمار می‌تواند به شاخص سطح برگ بالاتر تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارهای کودی (شکل 2-الف) مربوط باشد. مطالعات یوهارد و اندرد (Uhart and Andrade, 1995) نیز نشان داد که آهنگ رشد گیاه تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرد به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش می‌یابد. درنتیجه نفوذ نور به درون کانوپی و کارایی جذب نور نیتروژن بیشتر می‌شود که این عوامل باعث افزایش رشد گیاه شده و درنهایت بیوماس کل افزایش می‌یابد.



شکل 4- روند تغییرات سرعت رشد محصول عدس تحت تأثیر سطوح مختلف (الف) کود اوره، (ب) رقم و (ج) اثر متقابل آن‌ها

Figure 4- Trend for crop growth rate of lentil under different levels of (a) urea fertilizer, (b) cultivar and (c) their interaction effect

C1، C2، N0، N40 و N80، به‌ترتیب رقم بیرجند، رقم رباط، عدم مصرف کود اوره، 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار

C1, C2, N0, N40 and N80, respectively Birjand cultivar, Robat cultivar, 0 kg urea fertilizer per hectare, 40 kg urea fertilizer per hectare and 80 kg urea fertilizer per hectare

شکل 4-ب روند تغییرات سرعت رشد محصول را در دو رقم بیرجند و رباط نشان می‌دهد. در ابتدا روند تغییرات سرعت رشد محصول در دو رقم مشابه بود، ولی بعد از رسیدن به حدود 450 درجه روز رشد تا انتهای دوره رشد سرعت رشد رقم بیرجند در سطح بالاتر قرار گرفت. در این زمان احتمالاً بالابودن شاخص سطح برگ (شکل 2-ب) و متعاقب آن بالاتر بودن میزان تجمع ماده خشک (شکل 3-ب) سبب افزایش سرعت رشد محصول رقم بیرجند شده است. حداکثر سرعت رشد محصول برای رقم بیرجند در 600 درجه روز رشد و برای رقم رباط کمی زودتر و در 580 درجه روز رشد حاصل شد که این امر می‌تواند به‌دلیل زودرسی رقم مذکور نسبت به رقم بیرجند باشد (جدول 3).

اثر متقابل کود اوره و رقم بر روند تغییرات سرعت رشد در شکل 4-ج نشان داده شده است. تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند در تمام طول رشد در سطح بالاتری نسبت به سایر تیمارها قرار داشت. این امر به علت بالاتر بودن شاخص سطح برگ این تیمار نسبت به سایر تیمارها می‌باشد (شکل 2-ج). در کل سرعت

رشد محصول روند تقریباً مشابهی با روند تغییرات سطح برگ دارد (شکل 2-ج). از این رو افزایش سرعت رشد محصول در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سطح برگ و کاهش سرعت رشد را به کاهش فتوسنتز خالص و ریزش برگ‌ها نسبت داد.

تأثیر کود اوره بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین میزان آن در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌دست آمد که حدود 25 و 19 درصد دانه بیشتری نسبت به تیمارهای صفر و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار تولید کرد (جدول 6). مصرف کود نیتروژن در حبوبات به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) شده است (Hatami *et al*., 2009). وجود کود آغازگر نیتروژن سبب استقرار سریع‌تر گیاه در مزرعه، افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. هم‌چنین وجود نیتروژن در ابتدا و تا قبل از این‌که تثبیت نیتروژن توسط گرهک‌های ریشه در گیاه صورت گیرد نیتروژن مورد نیاز آن را تأمین می‌نماید (Kashafi *et al*., 2011). جودی و همکاران (Joudi *et al*., 2011) نیز در مطالعه‌ای بر روی چهار ژنوتیپ عدس در شرایط اردبیل نشان دادند که بین سطوح صفر، 45 و 90 کیلوگرم کود اوره در هکتار، بیشترین عملکرد دانه در تمامی ژنوتیپ‌ها در تیمار 45 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

بین دو رقم مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/05$) مشاهده شد (جدول 5). رقم بیرجند با 274/14 کیلوگرم دانه در هکتار 16 درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به رقم رباط تولید کرد (جدول 6). طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی، زایشی و کل دوره رشد رقم بیرجند در مقایسه با رقم رباط (جدول 3) سبب افزایش عملکرد دانه آن شده است. زیرا بین عملکرد دانه و سبز شدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی و کاشت تا برداشت براساس تعداد روز و درجه روز رشد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول 4). در این بین، عملکرد دانه بیشترین همبستگی را براساس تعداد روز با دوره سبز شدن تا گلدهی (r= 0/55*) و براساس درجه روز رشد با گلدهی تا رسیدگی (r= 0/56*) داشت (جدول 4). بررسی‌ها نشان داده است که افزایش طول دوره رشد و دوام بافت‌های سبز عدس و به‌ویژه افزایش طول دوره رشد زایشی آن موجب می‌شود تا گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته و درنتیجه سبب افزایش عملکرد می‌گردد (Oweis *et al*., 2004). غانم و همکاران (Ghanem *et al*., 2015) در مطالعه‌ای بر روی گیاه عدس بیان داشتند که افزایش تعداد روز از کاشت تا سبز شدن و از سبز شدن تا گلدهی سبب افزایش عملکرد این گیاه می‌شود.

اثر متقابل کود اوره و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین میزان آن در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول 7). بیشتر بودن عملکرد دانه این تیمار را می‌توان به بالاتر بودن حداکثر شاخص سطح برگ و ماده خشک آن در مقایسه با سایر تیمارها نسبت داد (جدول 7). وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با حداکثر شاخص سطح برگ (r= 0.66**) و حداکثر تجمع ماده خشک (r= 0.58*) تأییدکننده این امر می‌باشد (جدول 4). اعتصامی و همکاران (Etesami *et al*., 2015) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ گزارش کردند. از آن جهت که برگ‌ها در گیاه پذیرنده عمده نور می‌باشند و می‌توانند منبع غنی برای مرحله زایشی و پر شدن دانه مهیا کنند، داشتن شاخص سطح برگ مطلوب و هم‌چنین سایر شاخص‌های رشد می‌توانند در افزایش عملکرد گیاه تأثیر زیادی داشته باشند.

تأثیر کود اوره بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین عملکرد بیولوژیک با 2286/17 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که نسبت به تیمار صفر و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار، به‌ترتیب 26/19 و 25/24 درصد افزایش داشت (جدول 6). در این تیمار به‌دلیل وجود نیتروژن کافی در دوران رشد رویشی، گیاه فرصت داشته تا شاخص سطح برگ خود را افزایش دهد و رشد اندام هوایی به‌خوبی صورت گیرد. نتایج نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد بیولوژیک با حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک نشان دادند (جدول 4). اثر اصلی رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($p\leq 0/01$) بود (جدول 5). به‌طوری‌که رقم بیرجند با میانگین 2577/96 کیلوگرم در هکتار 50 درصد عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به رقم رباط تولید کرد (جدول 6). این امر می‌تواند به دیررس بودن رقم بیرجند نسبت به رقم رباط و بیشتر بودن طول دوره رشد رویشی این رقم مربوط باشد (جدول 3). وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک و طول مراحل فنولوژیک مورد بررسی تأییدکننده این امر می‌باشد که در این بین بیشترین میزان همبستگی (r= 0/83**) براساس تعداد روز و درجه روز رشد) برای عملکرد بیولوژیک با دوره سبز شدن تا گلدهی به‌دست آمد (جدول 4). اثر متقابل کود اوره و رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($p\leq 0/01$) گردید (جدول 5). بیشترین و کمترین میزان آن به‌ترتیب در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند و تیمار عدم کاربرد کود اوره و رقم رباط به‌دست آمد. در تمام سطوح کود اوره، رقم بیرجند دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم رباط بود و با آن اختلاف معنی‌داری داشت (جدول 7).

کود اوره تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت اما تفاوت بسیار معنی‌داری ($p\leq 0/01$) بین دو رقم مورد مطالعه از نظر این شاخص وجود داشت (جدول 5). به‌طوری‌که رقم رباط با میانگین 19/20 درصد شاخص برداشت بالاتری نسبت به رقم بیرجند داشت

(جدول 6). شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه (r=0/45*) و همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک (r= -0/89**) داشت (جدول 4). لذا با توجه به همبستگی بیشتر شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک می‌توان نتیجه گرفت شاخص برداشت بالاتر رقم رباط، به عملکرد بیولوژیک پایین‌تر این رقم مربوط می‌گردد (جدول 6). با این وجود ملک ملکی و همکاران (Malek Maleki *et al*., 2011) بین شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک عدس رابطه مثبت و معنی‌داری را گزارش نمودند به‌طوری‌که با افزایش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت افزایش یافت. اثر متقابل کود اوره و رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار ($p\leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کود اوره و رقم رباط به‌دست آمد که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را دارا بود. در سایر سطوح کود اوره نیز رقم رباط بالاترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد (جدول 7).

نتیجه‌گیری

در بین سطوح مختلف نیتروژن مصرف 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار سبب بهبود خصوصیات فنولوژیک گیاه عدس گردید. در این تیمار به‌دلیل افزایش شاخص سطح برگ، نور بیشتری توسط گیاه دریافت و درنتیجه به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک در این تیمار افزایش یافت. درنهایت این افزایش در شاخص‌های فوق منجر به افزایش عملکرد گردید. به نظر می‌رسد به‌منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف کود و جلوگیری از تبعات منفی ناشی از زیادی مصرف آن بهتر است برای کشت عدس به‌صورت دیم در منطقه مورد مطالعه از کود اوره به میزان 40 کیلوگرم در هکتار استفاده شود. با این وجود میزان مصرف کود باید براساس تفاوت‌های ویژه هر خاک، در مزارع صورت گیرد. با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط‌زیست، افزایش کیفیت آب و کاهش فرسایش، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد و با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه مصرف عناصر غذایی، هزینه تولید را به حداقل رساند.

رقم بیرجند از نظر کلیه شاخص‌های رشد، وضعیت مناسبی داشت و توانست عملکرد بالاتر را به خود اختصاص دهد. اما با توجه به طولانی بودن دوره رشد و دیررس بودن این رقم، احتمال برخورد مرحله پرشدن دانه با خشکی وجود دارد لذا برای کشت در منطقه مورد مطالعه نیازمند رعایت تاریخ کاشت بهینه است. هم‌چنین شاید بهتر باشد به جای استفاده از ارقام محلی با توجه به حساس بودن آن‌ها به خشکی آخر فصل و دیررس بودنشان از ارقام اصلاح شده عدس استفاده نمود که در برابر تنش‌های خشکی و سرما مقاوم می‌باشند (Sabaghpour *et al*., 2013).

هم‌چنین نتایج، همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با دوره رشد رویشی، زایشی، کل دوره رشد، حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک نشان داد. لذا در این بررسی می‌توان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را به‌عنوان شاخص‌های مؤثر بر عملکرد دانه این دو رقم عدس معرفی نمود.

سپاسگزاری

هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد 39050 مورخ 1394/12/1 تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Aase, J. K., Pikul, J. L., Prueger, J. H., and Hatfield, J. L. 1996. Lentil water use and fallow water loss in a semiarid climate. Agronomy Journal 88: 723-728.
2. Ahmadi, M., and Javidfar, F. 1998. Oilseed crops nutrition: Canola. Oilseed crops committee publications. Tehran.
3. Amanullah, K., Marwat, B., Shah, P., Maula, N., and Arifullah, S. 2009. Nitrogen levels and its time of application influence leaf area, height and biomass of maize planted at low and high density. Pakistan Jouarnal of Botany 41 (2): 761-768.
4. Antep, S. 1997. Evaluation of some chemical of soil nitrogen available based on 15 nitrogen technique. Communications in Soil Science and Plant analysis 28: 537-550.
5. Bagheri, A., Goldani, M., and Hasanzadeh, M. 1997.Agronomy and Breeding of Lentil. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad. (in Persian).
6. Bullock, D. G., Nielson, R. L., and Nyquist, W. E. 1998.A growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science 24: 1187-1191.
7. Dahiya, S., Singh, M., and Singh, R. B. 1993. Economics and water use efficiency of chickpea as effected by genotypes, irrigation and fertilizer application. Crop Research-Hisar 6: 532-534.
8. Etesami, M., Biabani, A., Rahemi Karizaki, A., Gholizadeh, A., and Sabouri, H. 2015.Comparison of growth and accumulation of dry matter in winter cereals under nitrogen limitation conditions. Research in Crop Ecosystems 2 (2): 49-61. (in Persian with English abstract).
9. Erskin, W., Adham, Y., and Holly, L. 1989. Geographic distribution of variation in quantitative characters in a

world lentil collection. Euphytica 43: 97-103.
10. Ghanem, M. E., Marrou, H., Biradar, C., and Sinclair, T. R. 2015. Production potential of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in East Africa. Agricultural Systems 137: 24-38.
11. Giradin, P. M., Tollenaar, A., and Muldoon, D. 1987. Temporary N starvation in maize effects ondevelopment, dry accumulation and grain yield.Agronomy Journal 7: 289-296.
12. Hatami, H., Inehband, A., Azizi, M., and Dadkhah, A. 2009. Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at North Khorasan. Electronic Journal of Crop Productivity 2 (2): 25-42. (in Persian with English abstract).
13. Hosseini, F. S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2013. Reaction of pheno-morphological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions. Iranian Journal of Pulses Research 4 (2): 35-50. (in Persian with English abstract).
14. Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis.Studies in Biology No. 96. Edward Arnold, London, UK.
15. Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves: the Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London, UK.
16. Joudi, F., Tobeh, A., Ebadi1, A., Mostafaee, H., and Jamaati-e-Somarin, Sh. 2011. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil genotypes. Electronic Journal of Crop Productivity 4 (4): 39-50. (in Persian with English abstract).
17. Kaneez, F., Nazir, H. F. A. P., and Mohd, M. 2013. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil (*Lens culinaris*). Applied Botany 57: 14323-14325.
18. Karimi, M. M., and Siddique, H. M. 1991.Crop growth and relative growth rates of old modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 783-788.
19. Kashafi, S. M. H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1 (2): 11-20. (in Persian with English abstract).
20. Khajehpour, M. R., and Karimi, M. 1987. Using of air temperature data for agronomic decision, Book 1, Mohandesien Moshverea Yekom Tehran, Tehran. (in Persian).
21. Koocheki, A., Rashed Mohassel, M., Nasiri Mahallati, M., and Sadr Abadi, R. 1988. Physiological Bases of Crop Growth and Development.Publications of Astan Qods Razavi, Mashhad. (in Persian).
22. Malek Maleki, F., Majnoun Hosseini, N., and Alizadeh, H. 2011. Effect of plant density on seed yield and yield components of two lentil cultivars (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Field Crops Research 42 (1): 33-40. (in Persian with English abstract).
23. Miguele, Z., Frade, M. M., and Valenciano, J. B. 2005.Effect of sowing density on the yield and yieldcomponents of spring-sowing irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Spain. New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science 33: 367-371.
24. Ministry of Agriculture Jihad (MAJ). 2015. Statistical yearbook of agriculture, Volume I: Field crops 2012-13. Retrieved January 4, 2016, from http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?
25. Moafi, R., and Teymiri, A. A. 2009. The effect of different amounts of N fertilizer in different sowing dates on phenological characteristics, grain yield and of Canola (Hyola 401). Journal of Plant Ecophysiology 1 (3): 30-44. (in Persian with English abstract).
26. Namvar, A., Seyed Sharifi, R., and Khandan, T. 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. Ekologija 57 (3): 97-108.
27. Omid Beigi, R. 1997. Approach the Production and Processing Plants. Tarahan Publisher. (in Persian).
28. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-265.
29. Pourtaheri, S. N., Rahomo, M. M., Vaezi, B., and Ahmadikhah, A. 2013. Effect of seed density and weed control on yield and yield components of two lentil dryland-specific cultivars in subtropical conditions. Crop Production 5(4): 135-150. (in Persian with English abstract).
30. Russel, M. A., Wilhelm, W. W., Olsen, R. A., and Power, J. F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science 24: 28-32.
31. Sabaghpour, S. H., Seyyedi, F., Mahmoudi, A. A., Safi Khani, M., Pezeshkpour, P., Rostami, B., Kamel, M., Farayadi, Y., Alahyari, N., Mehdipour Siabidi, M., Kanouni, H., Mahmoudi, F., Pouralibaba, H., Karami, I., and Jahangiri, A. 2013. Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 29-1 (2): 397-399. (in Persian with English abstract).
32. Sajedi, N. A., and Ardakani, M. R. 2008. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. Iranian Journal of Field Crops Research 6 (1): 99-110. (in Persian with English abstract).
33. Samad, M. A., Yasmin, A., and Mondal, M. M. A. 2010. Role of morphophysiological attributes on yield in lentil. International Journal of Sustainable Crop Production 5 (4): 42-45.
34. Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1989. Physiology of crop plants. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad. (in Persian).

35. Shaban, M., Mansourifar, C., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S. H. 2013.Investigation of phenological and morphological characteristics and correlation them with yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and N fertilizer in Kermanshah province. Iranian Journal of Pulses Research 4 (1): 59-68. (in Persian with English abstract).
36. Seiedi, M. N., and Seyed Sharifi, R. 2013. The effects of seed inoculation with rhizobium and nitrogen application on yield and some agronomic characteristicsof soybean (*Glycine max* L.) under Ardabil condition. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (4): 618-628. (in Persian with English abstract).
37. Tadayyon, A., Hashemi, L., and Khodambashi, M. 2011. Effective morphological and phenological traits on seed and biological yield in lentil genotypes in Shahrekord region. Iranian Journal of Pulses Research 2 (2): 47-62. (in Persian with English abstract).
38. Uhart, S. A., and Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effect on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. Crop Science 35: 1376-1383.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 939-956

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 956-939

Effect of Different Nitrogen Levels on Phenology, Growth Indices and Yield of two Lentil Cultivars under Rainfed Conditions in Mashhad

M. Bannayan Aval[1*]- F. Yaghoubi[2]- Z. Rashidi[3]- S. Bardehji[4]

Received: 23-10-2016
Accepted: 23-01-2017

Introduction

Lentil (*Lens Culinarris* Medik.) is an important pulse crop in Iran and is usually grown in rainfed areas. The average lentil yield in Iran is 1195 and 476 Kg.ha^{-1} in irrigated and rainfed farms, respectively. Low productivity occurs due to different factors. One of these factors is poor agronomic management practices that applied by the farmers, e.g. Limitation or inappropriate fertilizer distribution. Plant development occurs in a number of consecutive phases. These phases can be affected by temperature, moisture, photoperiod, cultivar and other factors. The amount of available nitrogen affects the distribution of assimilates between vegetative and reproductive organs and phenological stages of growth. Therefore, analysis of growth indices and its effective factors can be used as a suitable tool in evaluating the yield. The aim of this study was to evaluate the effect of different nitrogen levels on phenology and growth indices of two lentil cultivars in rainfed conditions of Mashhad.

Materials and Methods

The experiment was conducted as split plot layout based on randomized complete blocks design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during growth season 2016. Nitrogen fertilizer as urea (in three levels i.e. 0, 40 and 80 kg.ha^{-1}) and cultivar (in two levels i.e. Birjand and Robat) were in main plots and sub plots, respectively. To determine the leaf area and dry matter, sampling was done every two weeks during the growing season. Phenological stages timing for each plot were determined based on 50% of emergence, 50% of flowering, 50% of maturity. Final yield was estimated from three square meter from each plot. Data were analyzed with the SAS software; the means were compared with Duncan's multiple range tests at the 5% level of probability. The graphs were prepared by SigmaPlot software.

Results and Discussion

The results showed that the effect of urea fertilizer was significant on vegetative, reproductive and overall plant growth based on days and growth degree-days. Also, 40 kg urea fertilizer per hectare showed that maximum of these traits. The effect of cultivar was significant on days and growth degree-days of planting to emergence, vegetative growth, reproductive growth and overall plant growth. Maximum of these traits were obtained in the Birjand cultivar. The difference in two lentil cultivars is related to genetic differences and their different adaptations to region. Urea fertilizer and cultivar interaction effects was not significant on phenological stages.

Urea fertilizer had a significant effect on leaf area index, dry matter accumulation and yield. The highest leaf area index was obtained in treatment of 40 kg urea fertilizer per hectare. More production of leaf area affected on other growth indices and led to increasing of crop production. The highest grain and biological yield were achieved in this treatment. Cultivar effect was significant on maximum leaf area index, dry matter accumulation and yield. Birjand cultivar had maximum leaf area index, dry matter accumulation, crop growth rate, grain and biological yield. Since the most of growth indices are dependent on leaf area index, changes in this indicator through change in the nitrogen fertilizer levels, is one of the most important practices to improve yield.

1- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- PhD Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- PhD Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4- Former MSc Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and PhD Student of Agronomy, Faculty of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology, Iran
(*- Corresponding Author Email: banayan@um.ac.ir)

Correlation analysis showed that, grain yield had positive and significant correlations with vegetative growth, reproductive growth, overall plant growth, maximum leaf area index and dry matter accumulation.

Conclusions

In this study, using of 40 kg urea fertilizer per hectare had a greater effect on leaf area index in comparison to other nitrogen fertilizer levels. That leads to an increase in the dry mater accumulation, crop growth rate and eventually increased the seed yield. So, application of 40 kg urea fertilizer per hectare is advised to achieve maximum crop production. Birjand cultivar had a good situation in terms of all growth indices and produced the highest yield, but it is a late cultivar and requires the optimum planting date for cultivation in this region. According to the observed correlations, leaf area index and dry matter accumulation can be introduced as traits affecting the yield of the two lentil cultivars.

Keywords: Dry matter accumulation, Leaf area index, Reproductive growth, Vegetative growth