نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 760-747

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 747-760

تحلیل شاخص‌های رشدی شنبلیله تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته

لیلا بذرکار خطیبانی[1*] - براتعلی فاخری[2]

تاریخ دریافت: 1393/06/26
تاریخ پذیرش: 1395/09/03

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک شنبلیله، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی 91-90 در استان گیلان (شهرستان شفت) به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. کود نیتروژن در چهار سطح (شاهد، 25، 50 و 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم بوته شامل (60، 80، 100 و 120 بوته در متر مربع) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های فیزیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای مذکور قرار گرفتند. بالاترین شاخص سطح برگ با کاربرد 50 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و در تراکم 120 بوته در متر مربع به‌دست آمد. بیشترین تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول مربوط به تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار و تراکم 120 بوته در متر مربع بود. حداکثر سرعت رشد نسبی پس از دریافت 294/3 درجه روز رشد در تیمار 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم 80 بوته در متر مربع مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، شاخص‌های فیزیولوژیک، شنبلیله، کود نیتروژن

مقدمه

گیاهان دارویی در طول تاریخ همیشه با انسان قرابت خاصی داشته و آثار دارویی و موارد مورد استفاده آن بر هیچ‌کس پوشیده نیست. ایران از لحاظ آب و هوا، موقعیت جغرافیایی و زمینه رشد گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌گردد (Yano *et al.*, 2007). شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) متعلق به تیره بقولات جزء گیاهان دارویی ارزشمند می‌باشد. این گیاه دارای خواص متعدد دارویی مانند اثر تقویتی، ملین، اشتهاآور، خلط‌آور، ضد تب، افزایش‌دهنده میزان شیر در دوران شیردهی و کاهنده قند خون است (Samsam-Shariat, 2007; Zandi *et al.*, 2013).

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به‌منظور تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی حائز اهمیت زیادی است. به‌منظور تجزیه و تحلیل روابط خاص و انجام آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر شاخص سطح برگ (LAI)[3] و وزن خشک کل (TDM)[4] الزامی است و سایر شاخص‌های رشد با انجام برخی محاسبات حاصل می‌گردند (Bavec *et al.*, 2008). شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد. در یک مطالعه کارآیی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده را وابسته به سطح برگ دانسته‌اند (Yano *et al.*, 2007). پتانسیل فتوسنتزی و توان رشدی، همبستگی بالایی با میزان سطح برگ دارند و میزان ماده خشک کل نتیجه کارآیی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش نور خورشید در طول فصل رویشی است که در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که با پوشش یکنواخت و کامل، حداکثر جذب نوری را فراهم آورد (Lebaschy and Sharifi, 2003). سرعت رشد نسبی (RGR)[5] بیان‌کننده مقدار ماده خشک تجمع‌یافته در گیاه در واحد زمان است و واحد آن گرم بر گرم در روز است. سرعت رشد نسبی در سیکل زندگی گیاه روند کاهشی دارد (Sadeghi and Bahrani, 2001). سرعت رشد محصول (CGR)[6] به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد اصلاح نباتات (ژنتیک بیومتری)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: l_bazrkar2004@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.39505

3- Leaf Area Index
4- Total Dry Matter
5- Relative Growth Rate
6- Crop Growth Rate

تولید را در واحد سطح زمین در زمان، مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (Karimi and Siddique, 1991). هر گیاهی برای تکمیل نمو خود به مجموع درجه حرارتی نیاز دارد که به ضریب حرارتی مشهور است. برای تعیین ضریب حرارتی از روش درجه- روزهای رشد (GDD)[1] استفاده می‌شود.

کود نیتروژن و تراکم بوته اثرات قابل‌توجهی بر شاخص‌های رشد دارند. با انتخاب میزان مناسب کود نیتروژن و تراکم بوته می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد. در هر منطقه شاخص سطح برگی که بتواند حداکثر عملکرد را تولید نماید متفاوت است و بایستی از طریق پژوهش‌های محلی به‌دست آید (Khiriya *et al*., 2001).

این پژوهش برای اولین بار شاخص‌های رشد شنبلیله را تحت تأثیر کود نیتروژن و تراکم بوته مورد مطالعه قرار داده است که فیزیولوژیست‌های گیاهی می‌توانند این شاخص‌ها را به‌عنوان ابزارهای مفیدی جهت تجزیه و تحلیل کمی رشد شنبلیله به‌کار برند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از شالیزارهای شهرستان شفت (49 درجه و 26 دقیقه طول شرقی و 37 درجه و 16 دقیقه عرض شمالی با ارتفاع 11 متر از سطح دریا و اقلیم معتدل) پس از برداشت برنج، در آبان ماه سال زراعی 91-90 اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی با pH=4/46 بود. استفاده بهینه از زمین‌های شالیزاری و انجام کشت دوم (*Double Cropping*) بعد از برداشت برنج از اهمیت خاصی برخوردار است. کشت زمستانه شنبلیله به‌منظور مصارف مختلف (غذایی، دارویی، علوفه‌ای و کود سبز) با هدف افزایش درآمد خانوار روستایی مربوط به زمانی است که شالیکاران منطقه، فارغ از فعالیت‌های زراعی می‌باشند، بر این اساس این آزمایش در راستای تعیین مقدار مناسب کود نیتروژن و تراکم مطلوب گیاهی جهت کشت شنبلیله در تناوب با برنج تحت شرایط دیم، اجرا گردید. در این بررسی کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (شاهد، 25، 50 و 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)[2] و تراکم بوته به‌صورت عامل فرعی (60، 80، 100 و 120 بوته در متر مربع)[3] با آزمایش کرت‌های خرد شده و طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. کود نیتروژن طی دو تقسیط در مزرعه به‌کار رفت. تقسیط اول (1/3) در زمان کاشت به‌عنوان کود پایه و تقسیط دوم (2/3)، یک ماه پس از کاشت قبل از تشکیل گره روی ریشه اعمال گردید. هر کرت آزمایشی دارای 8 خط کاشت به فاصله 30 سانتی‌متر از یکدیگر و به طول 4 متر بود. به‌منظور انجام آنالیزهای رشدی گیاه و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، نمونه‌برداری 42 روز پس از کاشت طی 12 مرحله به فاصله زمانی 15 روز یکبار با استخراج 6 نمونه از هر کرت با رعایت حاشیه انجام گرفت. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[4] محاسبه گردید. نمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک به‌طور جداگانه درون پاکت کاغذی قرار گرفته و پس از قرارگیری در آون به مدت 24 الی 48 ساعت در دمای 75 درجه سانتی‌گراد، توزین گردیدند. روند رشد گیاه براساس درجه روز رشد تجمعی (GDD) با استفاده از معادله (1) تعیین گردید. پس از برآورد ماده خشک تولیدی (معادله 2)، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول با استفاده از معادلات (3) و (4) محاسبه گردید. در نهایت تغییرات شاخص‌های مذکور با استفاده از نرم‌افزار STATGRAPH برآورد گردید و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. حداکثر شاخص‌های رشد با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرارگرفتند.

$$GDD=\sum Hi,\ Hi=[T\ max + T\ min/2] - Tb \quad (1)$$

$$DM=EXP(a+bH+cH^2) \quad (2)$$

$$RGR= b+2cH \quad (3)$$

$$CGR= DM\times RGR \quad (4)$$

در این معادله‌ها GDD شاخص درجه حرارت تجمعی ($GDD=\sum Hi$)، Hi شاخص درجه حرارت روزانه، T max حداکثر درجه حرارت روزانه با حد بالایی30 درجه سانتی‌گراد، T min حداقل درجه حرارت روزانه با حد پایینی 5 درجه سانتی‌گراد، Tb دمای پایه برابر 5 درجه سانتی‌گراد (14)، DM وزن خشک بخش هوایی برحسب گرم بر متر مربع، RGR سرعت رشد نسبی برحسب گرم برگرم بر درجه روز رشد، CGR سرعت رشد محصول برحسب گرم بر مترمربع بر درجه روز رشد و a، b،c ضرایب رگرسیون می‌باشند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

شکل‌های 2 تا 5 اثر متقابل تیمار تراکم بوته و نیتروژن روی تغییرات شاخص سطح برگ را نشان می‌دهند. در کلیه مقادیر اثر متقابل، بیشترین شاخص سطح برگ در درجه روز رشد معادل 1043 به‌دست آمد و پس از آن به‌دلیل افزایش سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها روند کاهشی را شاهد هستیم. بالاترین شاخص سطح برگ با تراکم 120 بوته در متر مربع و کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست

1- Growth Degree Days

2- N_1=0 kg/N ha (Control), N_2=25 kg/N ha, N_3=50 kg/N ha and N_4=75 kg/N ha

3- D_1=60 plants/m^2, D_2=80 plants/m^2, D_3=100 plants/m^2 and D_4=120 plants/m^2

4- LI-3100 area meter (LI-COR, Lincoln, NB, USA)

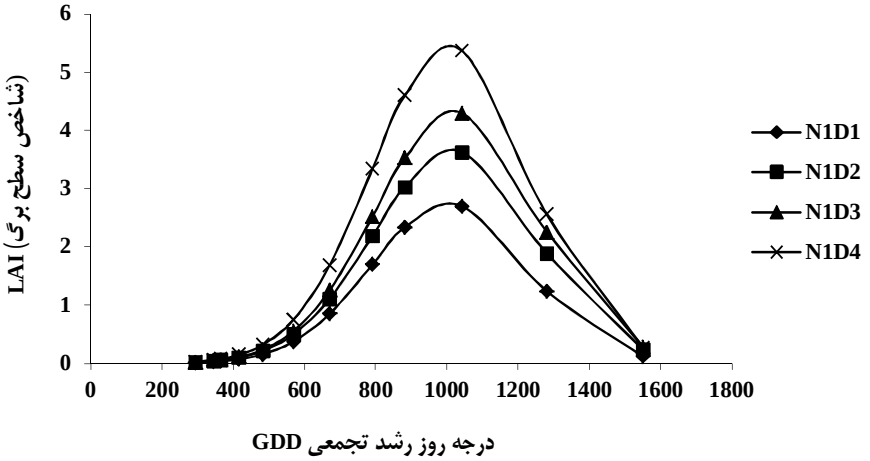
آمد.

شاخص سطح برگ که عبارت است از نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده به‌وسیله گیاه، در تراکم‌های بالا خیلی زودتر از تراکم‌های پایین به حداکثر می‌رسد (Sadeghi and Bahrani, 2001). از آن‌جایی‌که بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در مراحل اولیه پرشدن دانه‌ها به‌وجود می‌آید، بنابراین هرچه اندازه سطح برگ گیاه در این مرحله بیشتر باشد، به همان اندازه گیاه قادر به استفاده بهینه از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی را پیدا می‌کند و درنهایت بر تعداد بالقوه خورجین‌ها و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد (Mousavi *et al.*, 2013). در اوایل دوره رشد به علت شرایط نامطلوب محیطی و پایین بودن دما، گیاهان با سطح برگ کمتر، وارد مرحله رزت شدند لذا در کلیه شکل‌ها روند تغییرات سطح برگ در اوایل رشد به‌صورت بطئی بود. این کندی رشد، ناشی از سطح پایین برگ‌ها و کم بودن سطح فعال فتوسنتزی در مرحله گیاهچه‌ای بود. در اوایل بهار به‌تدریج با افزایش تدریجی دما، گیاهان شروع به رشد نموده اما به‌دلیل کوچکی سطح برگ، رشد در اوایل فصل زراعی کند بوده و با افزایش سطح برگ رشد سریع‌تر شده و در حدود چند هفته بعد از گلدهی به حداکثر مقدار خود رسید و سپس بر اثر سایه‌اندازی گل‌ها، غلاف‌ها و شاخه‌ها به‌ویژه در تراکم‌های بالاتر، شاخص سطح برگ به علت پیری برگ‌ها به سرعت کاهش یافت. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز شاخص سطح برگ به حداقل میزان خود رسید. در پژوهشی پیرامون بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زنیان و شنبلیله در کشت‌های خالص و مخلوط مبتنی بر اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک) این نتیجه حاصل گردید که با کاهش فعالیت فتوسنتزی همراه با افزایش سایه‌اندازی، روند نزولی در منحنی شاخص سطح برگ قابل ملاحظه است (Mirhashemi *et al.*, 2009). در مطالعه دیگری نیز کاهش شدید سطح برگ در زمان گلدهی مورد تأیید قرار گرفت و دلیل آن افزایش سطح خورجین‌ها بیان گردید (Dipenbrock, 2000). شاخص سطح برگ می‌تواند با افزایش سطح برگ در هر گیاه و یا با افزایش تعداد گیاه در واحد سطح افزایش یابد (Bazzazi *et al.*, 2013; Petropoulos, 2002).

ماده خشک کل

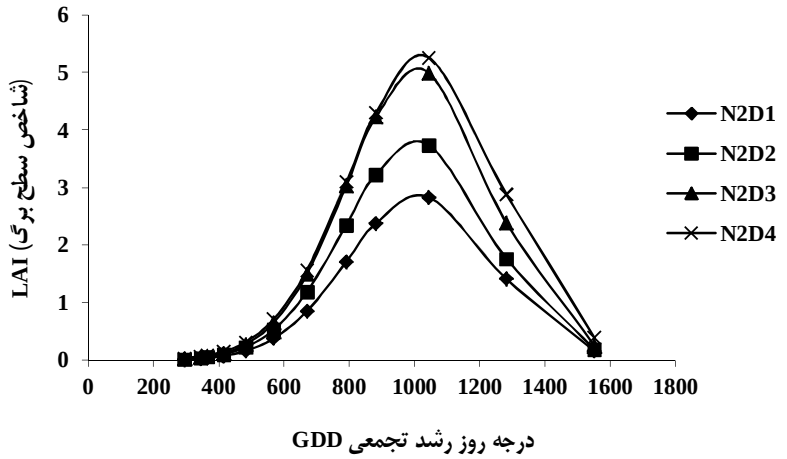
روند تغییرات ماده خشک در کلیه سطوح تیماری مشابه بود که با نتایج به‌دست آمده توسط میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al.*, 2009) مطابقت دارد. همانطور که در شکل‌های 5 تا 8 ملاحظه می‌گردد، بالاترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار و تراکم 120 بوته در متر مربع بود. در کلیه سطوح تیماری نیز کاهش وزن خشک پس از دریافت حدود 1280/9 درجه روز رشد حاصل شد. در گیاه دارویی شنبلیله هم‌زمان با شروع رشد زایشی، رشد رویشی هم ادامه دارد به‌عبارتی شنبلیله دارای عادت رشدی نامحدود است.

سرعت تجمع ماده خشک در ابتدای رشد کم و تدریجی است و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ، میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرده و شیب تجمع ماده خشک مثبت تر می‌شود به‌طوری‌که در نقطه اوج منحنی به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن به دلیل افزایش سن و پیری برگ‌ها از مقدار ماده خشک کاسته شده و درنهایت متوقف می‌شود (Mehta *et al.*, 2010; Petropoulos, 2002).



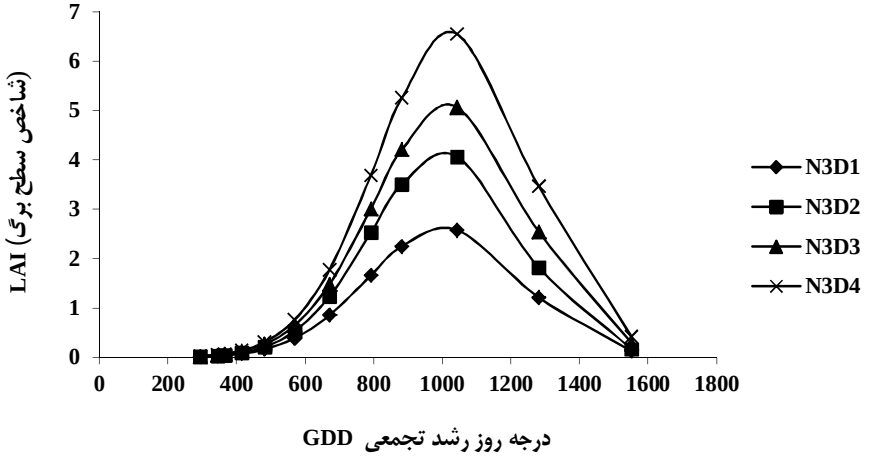
شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد، در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80 ، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N_1 (شاهد- بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 1- Changing trend of leaf area index (LAI) during the growing season in different plant density (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants m^{-2}) in main treatment N_1 (Control- no nitrogen application)



شکل 2- روند تغییرات شاخص برگ در طی فصل رشد، در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N2)

Figure 2- Changing trend of leaf area index (LAI) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 25 kgN ha^{-1} (N2)

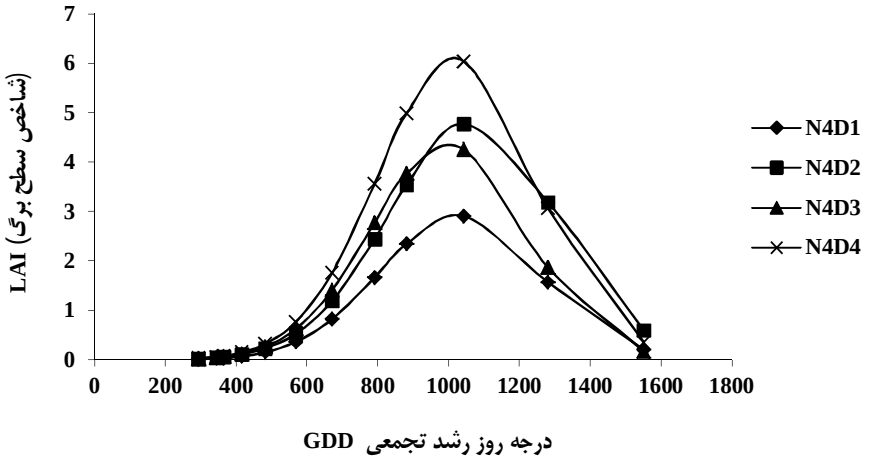


شکل 3- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد، در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 3- Changing trend of leaf area index (LAI) in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 50 kg N/ ha (N3)

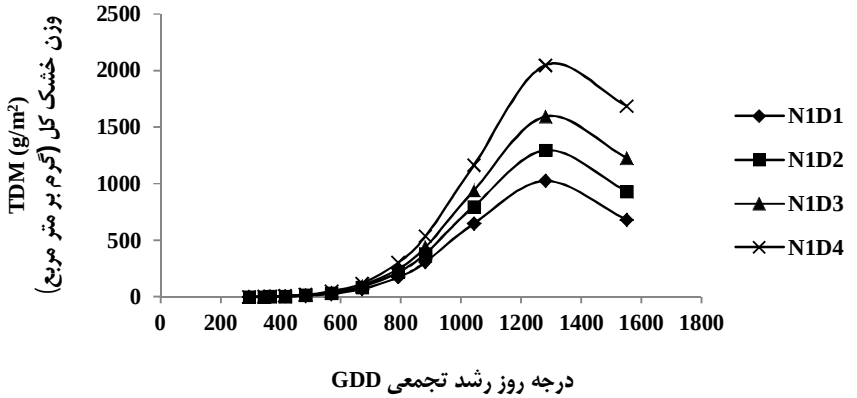
معادلات رگرسیونی تغییرات ماده خشک کل نسبت به درجه - روزهای رشد در تیمارهای مختلف نشان داد که مدل برازش شده برای کلیه تیمارها به‌صورت معادله نمایی درجه دوم بوده و کلیه معادلات برای کلیه سطوح از نظر آماری قابل قبول می‌باشد. از آن‌جایی‌که تاریخ کاشت یازدهم آبان انتخاب گردید (Petropoulos, 2002)، بنابراین بذور کاشته شده به موقع جوانه زده و گیاهچه‌های قوی‌تری را تولید نمودند و چون به شکل کامل‌تری به حالت رزت رفتند قادر به تحمل شرایط دشوار محیطی در زمستان تحمل گردیدند. بنابراین در اوایل رشد تا اول بهار آهنگ رشد وزن خشک کل به‌صورت بطئی بود. با مناسب شدن شرایط محیطی در بهار و افزایش تدریجی دما، گیاهان شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی بالاتر یافته و در نتیجه این مسأله باعث افزایش ماده خشک کل شد. در

مراحل انتهایی رشد نیز شاهد کاهش وزن خشک کل بودیم که ناشی از ریزش شدید برگ‌ها بود. این مسأله به دلیل افزایش دما در مراحل نهایی رشد و همچنین عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کشت دیم بود.



شکل 4- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 4- Changing trend of leaf area index (LAI) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 75 kg N/ ha (N4)



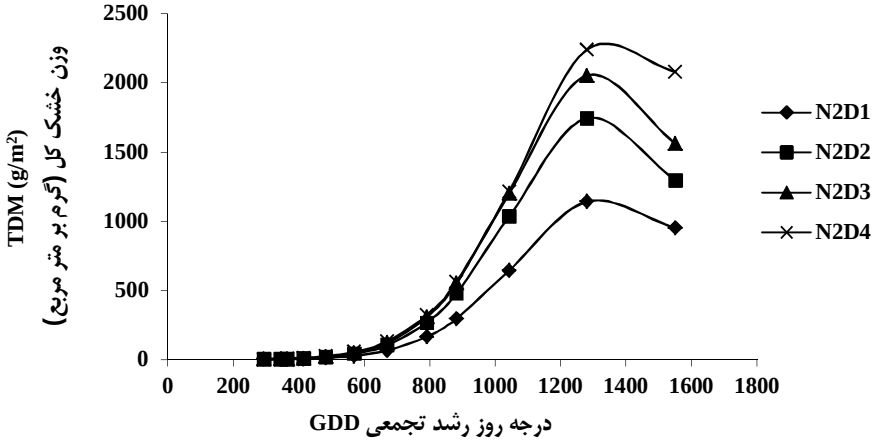
شکل 5- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در در طی فصل رشد سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N_1 (شاهد- بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 5- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) in main treatment N_1 (Control- no nitrogen application)

سرعت رشد نسبی

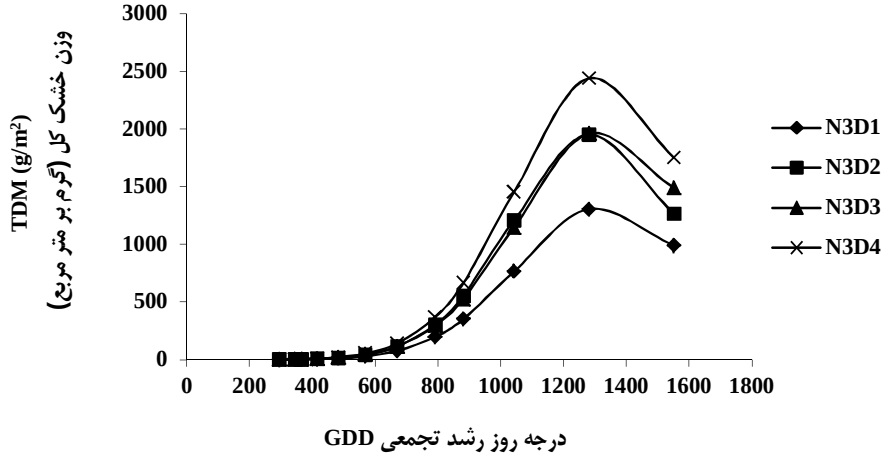
اثر متقابل تیمارهای تراکم بوته و نیتروژن روی تغییرات سرعت رشد نسبی در شکل‌های 10 تا 13 به نمایش درآمده است. همانطور که در شکل‌ها مشخص است اثر متقابل تراکم 80 بوته در متر مربع و 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین سرعت رشد نسبی را در مقایسه با سایر سطوح نیتروژن در این تراکم داشته و اوج سرعت رشد نسبی در مرحله ظهور اولین برگ ساده با دریافت 294/3 درجه روز رشد بود، ولی در آخرین مرحله نمونه‌برداری به دلیل کاهش محسوس

تر وزن خشک در مقایسه با سایر سطوح اثر متقابل در این تراکم شیب منفی‌تری داشت. لازم به توضیح است ضمن اینکه حداکثر سرعت رشد نسبی در سطح نیتروژن 50 کیلوگرم در هکتار در زمان اولین برگ ساده حادث گردید مقدار آن در تراکم 80 بوته در متر مربع نیز بیشتر از سایر سطوح تراکم بود که علت این موضوع افزایش تعداد بوته در واحد سطح و در نتیجه افزایش وزن خشک کل نسبت به تراکم 60 بوته در متر مربع بود و از طرفی در زمان رسیدن غلاف‌ها سیر نزولی نمودار شدیدتر و مقدار آن منفی‌تر بود که علت این موضوع کاهش تعداد برگ در بوته می‌باشد.



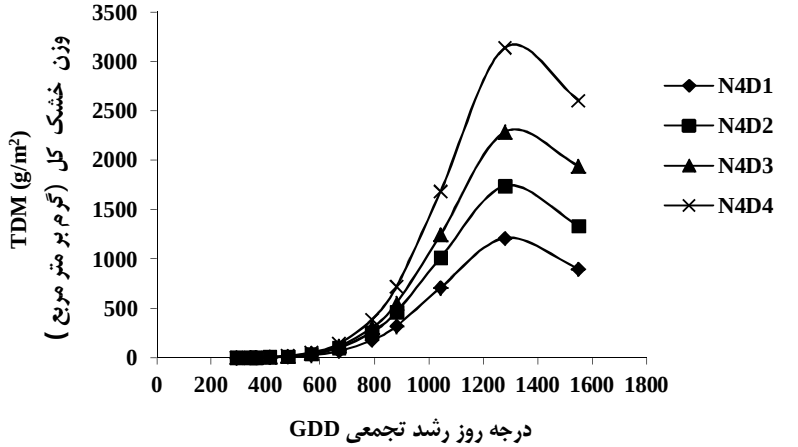
شکل 6- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) و کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N2)

Figure 6- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation in different planting densities (D1: 60, D2:80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) and application of 25 kg N/ ha (N2)



شکل 7- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 7- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) and application of 50 kg N/ ha (N3)



شکل 8- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 8- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2:80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) and application of 75 kg N/ ha (N4)

علت بیشتر بودن سرعت رشد نسبی در تراکم‌های پایین بوته در این آزمایش، بزرگ بودن جثه گیاه در تراکم پایین بوته می‌باشد. افزایش جثه گیاه، افزایش وزن خشک را در پی خواهد داشت، ولی قسمتی از این افزایش وزن مربوط به بافت‌های مسن، بالغ و حتی مرده‌ای است که فقط ماده خشک داشته و نقشی در تولید ندارند و لذا تغییرات وزن خشک کل گیاه نسبت به وزن خشک اولیه با بزرگ شدن گیاه و افزایش وزن خشک اولیه آن کاهش نشان می‌دهد.

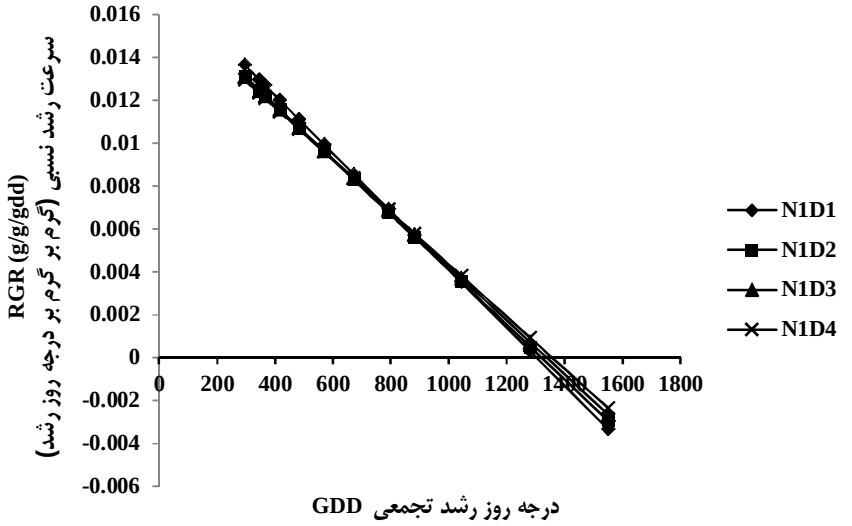
سرعت رشد نسبی مقدار افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن اولیه در واحد زمان است که براساس افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن گیاه در واحد زمان بیان می‌گردد و واحد آن گرم بر گرم بر درجه روز رشد می‌باشد. مقدار سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل به‌دلیل رشد سریع گیاهان، وجود بافت‌های جوان و وزن اولیه کم گیاه نسبت به زمان‌های دیگر بیشتر است، با گذشت زمان و افزایش بافت‌های غیر زنده و مسن و سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و درنتیجه غیر فعال شدن بعضی برگ‌ها، مقدار سرعت رشد نسبی روند نزولی پیدا می‌کند تا اینکه به مقدار منفی در زمان برداشت می‌رسد. دلیل کاهش و منفی شدن سرعت رشد نسبی را می‌توان به سایه‌اندازی پوشش برگ‌ها و افزایش برگ‌های مسن و از بین رفتن یک سری از برگ‌های مسن در پایین بوته در گیاه ارتباط داد (Bazzazi *et al.*, 2013). در این تحقیق نیز میزان سرعت رشد نسبی در تیمارهای مورد مطالعه در ابتدا بالا بود و سپس در طی رشد و انتهای دوره رشد به دلیل افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها کاهش پیدا کرد.

سرعت رشد محصول

در شکل‌های 14 تا 17 اثر متقابل تیمارهای تراکم بوته و نیتروژن روی تغییرات سرعت رشد محصول نشان داده شده است. در تمام مقادیر اثر متقابل بین دو مرحله غلاف‌دهی و رسیدگی کامل غلاف‌ها، سرعت رشد محصول با دریافت 1043 درجه روز رشد در حداکثر مقدار خود بود و روندی تقریباً خطی داشت و به‌تدریج به دلیل انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها روند نزولی پیدا کرد و در آخر فصل به علت از بین رفتن برگ‌ها و کاهش وزن خشک کل اندام رویشی منفی گردید که با نتایج محققان دیگر (Lebaschy and Sharifi, 2003; Mehta *et al.*, 2010) مطابقت دارد. همانطور که در شکل‌ها مشخص است اثر متقابل تراکم 120 بوته در متر مربع و تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار بیشترین سرعت رشد را در مقایسه با سایر سطوح نیتروژن در این تراکم داشته و اوج سرعت رشد محصول در این تراکم در مرحله قبل از رسیدگی غلاف‌ها (دانه‌ها) با دریافت 1087/6 درجه روز رشد بود.

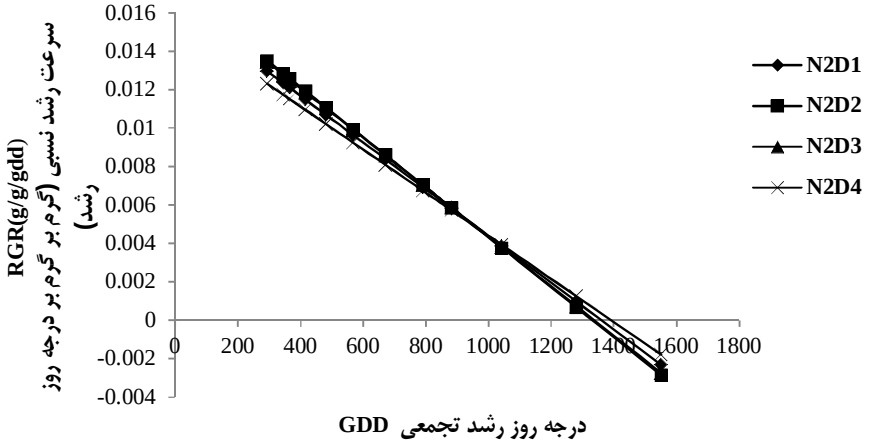
سرعت رشد محصول نشان‌دهنده میزان افزایش ماده خشک گیاه در واحد سطح زمین در واحد زمان است که معمولاً واحد آن به‌صورت گرم بر متر مربع در روز و یا گرم بر متر مربع در درجه روز رشد بیان می‌شود. در اوایل فصل رشد به‌دلیل نبودن پوشش گیاهی کامل روی سطح زمین و هدر رفتن مقدار زیادی از تشعشع خورشید، سرعت رشد محصول پایین است ولی با افزایش سطح برگ گیاه، مقدار سرعت رشد محصول نیز افزایش یافته و معمولاً در مرحله گلدهی و شروع

میوه‌دهی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. پس از این مرحله به‌دلیل کاهش روند ماده‌سازی در گیاه، مقدار سرعت رشد محصول ثابت شده و به‌تدریج سیر نزولی پیدا می‌کند. کاهش سرعت رشد در زمانی اتفاق می‌افتد که گیاه به جای تولید مواد جدید، بیشتر به انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های مختلف به دانه پرداخته و لذا وزن کل تقریباً ثابت می‌ماند. با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، به‌واسطه خشک شدن و ریزش برگ‌ها، سطح فتوسنتزی کاهش می‌یابد و به همین خاطر سرعت رشد محصول به مقادیر منفی نیز می‌رسد.



شکل 9- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N_1 (شاهد- بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 9- Changing trend of relative growth rate (RGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) in main treatment N_1 (Control- no nitrogen application)

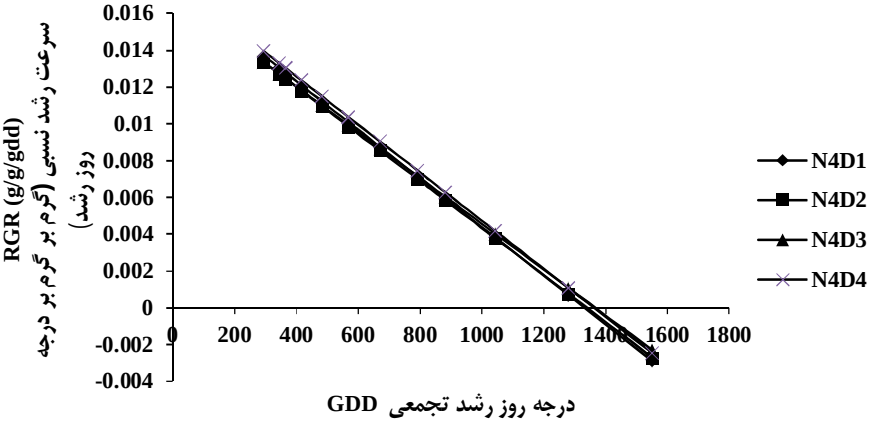


شکل 10- روندتغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در مترمربع) با کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N2)

Figure 10- Changing trend of relative growth rate (RGR) in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 25 kg N/ ha (N2)

شکل 11- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

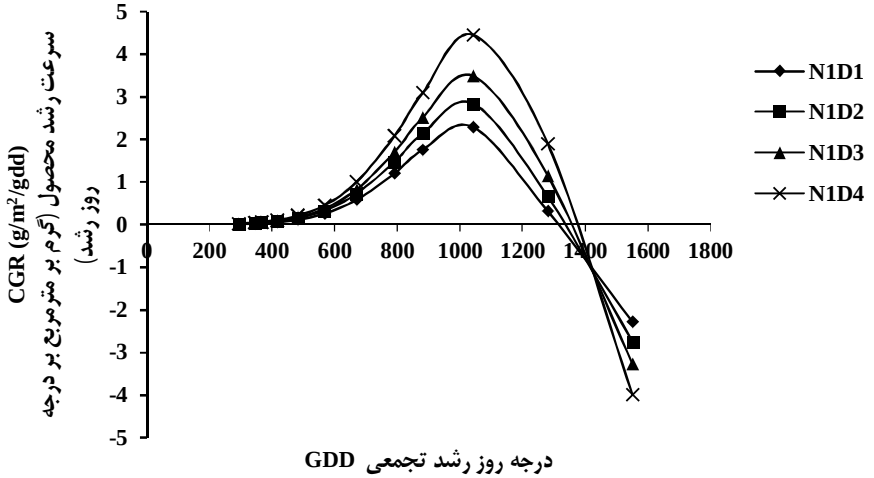
Figure 11- Changing trend of relative growth rate (RGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 50 kg N/ ha (N3)



شکل 12- روندتغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

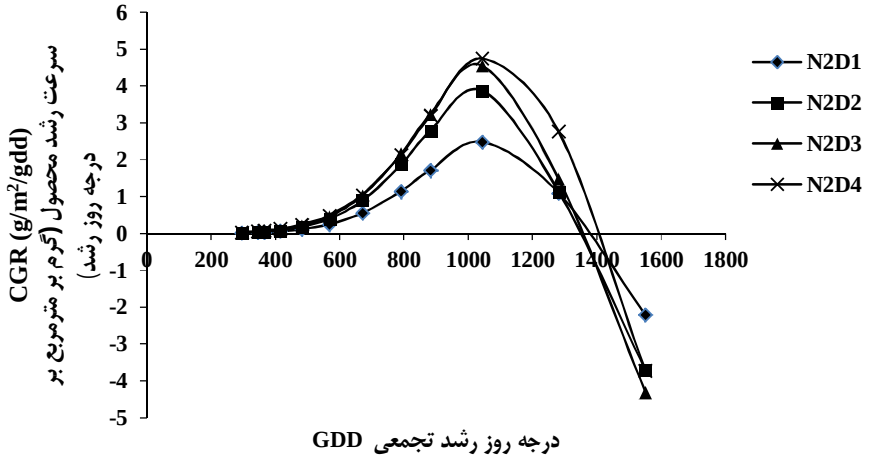
Figure 12- Changing trend of relative growth rate (RGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 75 kg N/ ha (N4)

در این آزمایش سرعت رشد محصول در مراحل گیاهچه‌ای و رزت به‌دلیل پایین بودن سطح کانوپی، کمی جذب تشعشع خورشیدی، دمای پایین و کوتاه بودن طول روز روند بطئی نشان داد. با آغاز رشد مجدد، سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه با جذب تشعشع خورشیدی بیشتر، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح بالا رفته و به تبع آن سرعت رشد محصول نیز روندی افزایشی به دنبال داشت. سرعت رشد محصول در مراحل پر شدن دانه به حداکثر میزان خود رسید. حداکثر سرعت رشد محصول مصادف با حداکثر شاخص سطح برگ بود. به عبارت دیگر بیشترین مقدار سرعت رشد محصول با دریافت 1043 درجه روز رشد به‌دست آمد و سپس سیر نزولی پیدا کرد. در اواخر دوره رشد به دلیل سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی مثل غلاف‌ها، شاخه‌ها و برگ‌های انتهایی روی برگ‌های پایین‌تر، گیاه با کمبود شدت نور در کانوپی مواجه شد و قدرت فتوسنتزی گیاه افت نمود و با ریزش برگ‌ها، سرعت رشد محصول به شدت کاهش نشان داد و در زمان رسیدگی غلاف‌ها، این مقدار منفی شد.



شکل13- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N_1 (شاهد-بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 13- Changing trend of crop growth rate (CGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2:80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) in main treatment N_1 (Control: no nitrogen application)

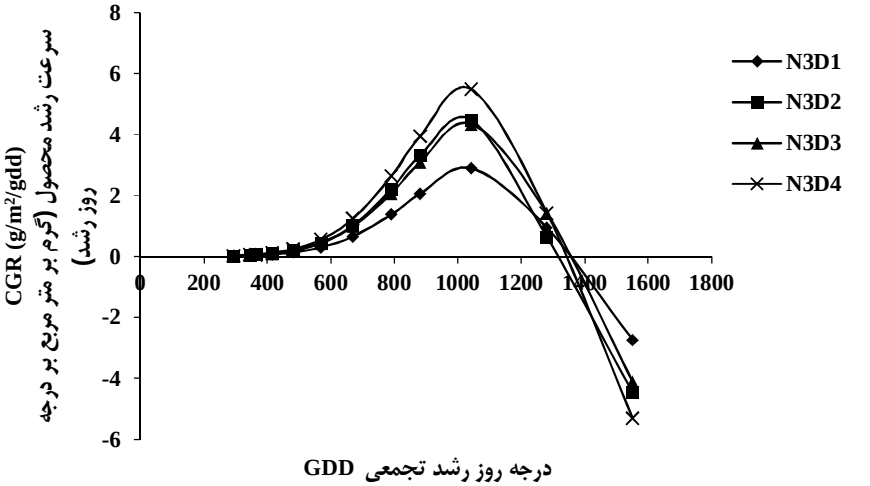


شکل 14- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N2)

Figure 14- Changing trend of crop growth rate (CGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2:80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 25 kg N/ ha (N2)

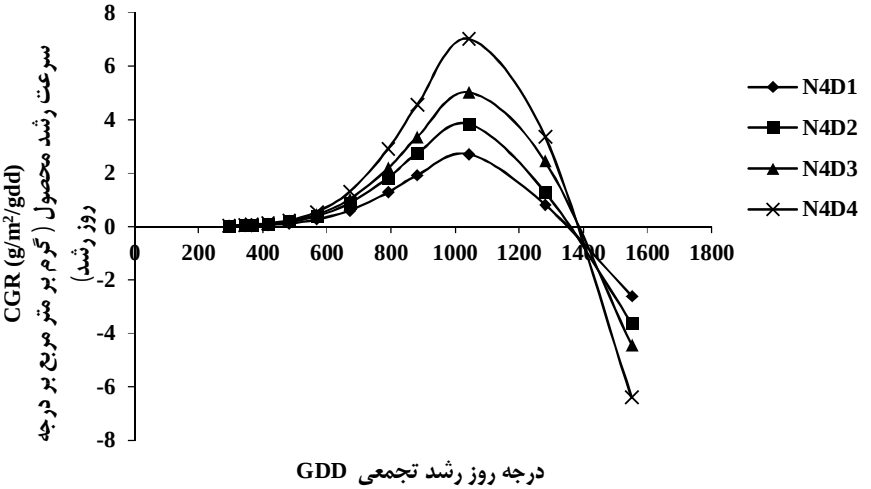
نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ با کاربرد 50 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و در تراکم 120 بوته در متر مربع حاصل می‌گردد. بیشترین تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول مربوط به تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار و تراکم 120 بوته در متر مربع بود. حداکثر سرعت رشد نسبی پس از دریافت 294/3 درجه روز رشد در تیمار 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم 80 بوته در متر مربع مشاهده شد.



شکل 15- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 15- Changing trend of crop growth rate (CGR) in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 50 kg N/ ha (N3)



شکل 16- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 16- Changing trend of crop growth rate (CGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m^2) with application of 75 kg N/ ha (N4)

References

1. Bavec, M., Vuković, K., Grobelnik, S., Rozman, Č., and Bavec, F. 2008. Leaf area index in winter wheat: response on seed rate and nitrogen application by different varieties. Journal of Central European Agriculture 8 (3): 342-377.
2. Bazzazi, N., Khodambashi, M., and Mohammadi, S. 2013. The Effect of Drought Stress on Morphological Characteristics and Yield Components of Medicinal Plant Fenugreek. Journal of Crop Production and Processing 3 (8): 11-23.

3. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus*): a review. Field Crops Research 67 (1): 35-49. doi: 10.1016/S0378-4290(00)00082-4.
4. Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42 (1): 13-20.
5. Khiriya, K. D., Sheoran, R. S., and Singh, B. P. 2001.Growth analysis of fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.) under various levels of farmyard manure and phosphorous. Journal of Spices and Aromatic Crops 10 (2): 105-110.
6. Lebaschy, M. H., and Sharifi, E. 2003. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. Pajouhesh & Sazandegi 65: 65-75.
7. Mehta, R. S., Patel, B. S., Singh, R. K., Meena, S. S., and Malhotra, S. K. 2010. Growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as influenced by irrigation levels and weed management practices. Journal of Spices and Aromatic Crops 19 (1&2): 14-22.
8. Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa. M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek inpure culture and intercropping based on organic agriculture. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 685-694. (in Persian with English abstract).
9. Mousavi Boogar A. A., Jahansouz, M., Mehrvar, M., Sadeghi Shoae, M., and Hosseinipur, R. 2013.The study of growth analysis in irrigated wheat cultivars under different tillage systems. Iranian Journal of Agronomy and Plant breeding 9 (3): 15-23.
10. Petropoulos, G. A. 2002. Fenugreek—the genus Trigonella. Taylor & Francis, London.
11. Sadeghi, H., and Bahrani, M. G. 2001. Effect of plant density and nitrogen rates on physiological indices of corn (*Zea myse* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 3 (1): 13-25.
12. Samsam-Shariat, H. 2007. Collection of Medicinal Plants, Mani Publication, Tehran, Iran.
13. Yano, T., Aydin, M., and Haraguchi, T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. Sensors 7 (10): 2297-2315. doi: 10.3390/s7102297.
14. Zandi, P., Basu, S. K., Bazrkar Khatibani, L., Balogun, M. O., Aremu, M. O., Sharma, M., Kumar, A., Sengupta, R., Li, X., Li, Y., Tashi, S., Hedi, A., and Cetzal-Ix, W. 2015. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed: a review of physiological and biochemical properties and their genetic improvement. Acta Physiologiae Plantarum 37: 1714. doi: 10.1007/s11738-014-1714-6.
15. Zandi, P., Shirani Rad, A. H., Daneshian, J., and Bazrkar Khatibani, L. 2013. Evaluation of nitrogen fertilizer and plant density effects on yield and yield components of Fenugreek in double cropping. The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture) 35 (4): 85-91.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 747-760

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 760-747

Growth Analysis of Fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.) under Various Levels of Nitrogen and Plant Density

L. Bazrkar-Khatibani[1*]- B. A. Fakheri[2]
Received: 17-09-2014
Accepted: 23-11-2016

Introduction

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) is a specific condiment crop mostly grown for its edible parts, and is used as a green fodder and fresh vegetable. The seeds have medicinal value solely against digestive disorders, whereas its leaves are rich source of minerals and nutrients. The growth and yield of fenugreek is particularly affected by the application of nitrogen fertilizer and planting arrangement. Plant growth is a process of biomass accumulation which in turn is derived out of the interaction of the respiration, photosynthesis, water relations, long-distance transport, and mineral nutrition processes. Growth is the most important process in predicting plant reactions to environment. Irradiance, temperature, soil-water potential, nutrient supply and enhanced concentrations of atmospheric carbon dioxide are among some external components influencing crop growth and development. Growth analysis is a useful tool in studying the complex interactions between plant growth and the environment, clarifying and interpreting physiological responses. Plants total dry matter (TDM) production and accumulation can be appraised via relative growth rate (RGR) and crop growth rate (CGR) which are the most important growth indices. Leaf area index (LAI) is a factor of crop growth analysis that accounts for the potential of the crop to assimilate light energy and is a determinant component in understanding the function of many crop management practices.

Materials and Methods

A field investigation was conducted in a paddy field at Shaft County (Guilan Province) for eight consecutive months (from November 2009 to June 2010), to study the effect of four levels of nitrogen fertilizer (0, 25, 50 and 75 Kg N ha^{-1}) and four levels of planting density (60, 80,100, and 120 plants m^{-2}) on the growth indices of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) crop. The soil for the experiment was loam in texture and strongly acidic in reaction (pH 4.5). Sixteen treatment combinations, keeping nitrogen levels in main plots and levels of planting density in sub-plots, were replicated four times in a split-plot experiment on the basis of randomized complete block design (RCBD). Hand-sowing was done in lines (30 cm apart) as per experimental treatment. Weeds were controlled regularly during the whole study. All other recommend management practices were followed.Observations on leaf area and dry matter accumulation were recorded from all subplots (6 plants per subplot) with 15 day intervals up to crop maturity, initiating at 42 days after planting. Harvested plants were separated into remaining leaves, pods, and stems in the crown. The fresh weight of each sample was determined and the green leaf area of the remaining leaves was also measured immediately after harvest using a LI-3100 area meter (LI-COR, Lincoln, NB, USA). Shoot tissues were then oven-dried at 75°C for 24-48 h and dry weighs were calculated. STATGRAPH software was employed to find the best mathematical model to describe the relationship between total dry matter (TDM) accumulation, leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR) and growing degree-days (GDD).

Results and Discussion

Result indicated that the physiological indices were wholly influenced by applied treatments. The highest leaf area index was recorded in plots containing 120 plantsm^{-2} while receiving 50 kg pure N ha^{-1}. Combined treatments of 120 plants m^{-2}× 75 kg N ha^{-1} and 80 plants m^{-2}× 50kg N ha^{-1} resulted in highest TDM and RGR rates, respectively. In all the applied interactions, among the podding and fully ripened pod stages, the CGR reached to its maximum rate (peak point) at around 1043 GDD from sowing and almost had a steady and linear trend which then slowly declined down turn to reach zero value at about 1400 GDD and thereafter to negative values. CGR was the highest in combined treatment of 120 plants m^{-2}× 75 kg as compared to other nitrogen levels in this plant population.

1 and 2- PhD student and Professor, Recpectively, Plant Breeding and Biotecnology Department, Zabol University, Iran
(*- Corresponding Author Email: l_bazrkar2004@yahoo.com)

Conclusions

Result showed that the physiological indices were all were affected by applied treatments. The highest leaf area index was recorded in plots containing 120 plants m^{-2} while receiving 50 kg N ha^{-1}. Combined treatments of 120 plants m^{-2}× 75 kg N ha^{-1} and 80 plants m^{-2}× 50 kg N ha^{-1} resulted in highest DMW and CGR rates, respectively. RGR was the highest in combined treatment of 120 plantsm^{-2}× 75 kg as compared to other nitrogen levels in this plant population after receiving 294.3 GDD.

Keywords: Growth indices, Nitrogen fertilization, Plant density, *Trigonella foenum* L.