گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

بررسی آنالیز رشد و عملکرد ارقام نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت تأثیر تنش خشکی و کود نیتروژنه

عزت‌اله حسن‌پور (نویسنده مسئول)*

*کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران،

Ezathasanpoor76@gmail.com

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲

Investigation of growth analysis and yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and Nitrogen fertilizer

Ezatillah Hassanpoor (Corresponding author)*

* M.Sc, Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran,

Ezathasanpoor76@gmail.com

Received: February 2023 Accepted: May 2023

Abstract

This study performed in order to evaluate the effects of drought stress and Nitrogen fertilizer on growth indices and yield of four chickpea cultivars. The experiment was done as a split-factorial using randomized complete block design with three replications. Drought stress treatment consisting of no drought stress, moderate drought stress and severe drought stress stand in main plots. Combination of Nitrogen fertilizer (in two levels) and cultivar treatment (Azad, Bivanij, Hashem and ILC482) stand in sub plots. Results showed that, the effect of drought stress on all treats excluding CGR and LAR was significant. Drought stress reduced the procedure of LAI, CGR, RGR and NAR and decreased accumulation of dry matter and seed yield. Performance of irrigation and application of Nitrogen fertilizer increased leaf area, net assimilation and in final accumulation of dry matter and seed yield. Bivanij cultivar with highest CGR, NAR and LAR produced highest seed yield.

Key words: Assimilation, Chickpea, Leaf, Maturity, Yield.

چکیده

نخود یکی از مهمترین گیاهان زراعی متعلق به خانواده حبوبات بوده که نقش مهمی در تغذیه انسانها بر عهده دارد. علاوه بر نقش تغذیه ای این گیاه به دلیل خاصیت تثبیت نیتروژن توسط این گیاه نقش مهمی در تناوب زراعی گیاهان ایفا می نماید. این تحقیق به منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژنه روی شاخص‌های رشد ارقام نخود زراعی انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار تنش خشکی شامل سطح بدون تنش، سطح تنش متوسط و سطح تنش شدید در کرت‌های اصلی قرار گرفت. ترکیب تیمارهای کود نیتروژنه (در دو سطح) و رقم (آزاد، بیونیج، هاشم و ILC482) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری روی همه صفات به جز CGR و LAR داشته است. تنش خشکی باعث کاهش بیشتر روند شاخص‌های رشد از قبیل LAI، CGR، RGR، NAR، و کاهش میزان تجمع ماده خشک و عملکرد دانه گردید. انجام آبیاری و کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش سطح برگ، میزان آسیمیلاسیون خالص و در نهایت افزایش تجمع ماده خشک و عملکرد دانه شد. رقم بیونیج نیز که دارای بیشترین میزان CGR، LAR وآسیمیلاسیون خالص بوده بالاترین میزان عملکرد را تولید نمود.

کلمات کلیدی: آسیمیلاسیون، برگ، رسیدگی، عملکرد، نخود.

مقدمه و کلیات

از مهمترین گیاهان زراعی متداول در مناطق خشک و نیمه خشک نخود زراعی می باشد که تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کاهش صفات وابسته به عملکرد در این گیاه مطرح شده است (Singh and Saxena, 2017). شناخت و بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه از اهمیت زیادی برخوردار بوده و میزان مشارکت هر یک از این شاخص‌ها را در عملکرد نهایی مشخص می‌کند و به کمک آنها می‌توان با توصیف کمی رشد و نمو، تولید محصول را ارزیابی کرد (Clarke and Simpson, 2008). تنش خشکی موجب تغییر در شاخص‌های رشد گیاهان زراعی شده و تغییراتی درمراحل نموی آنها ایجاد می‌کند (Neumann, 2015). میزان جذب نور توسط پوشش گیاهی با برخی شاخص‌های رشد از قبیل شاخص سطح برگ(Leaf Area Index, LAI) همبستگی مثبت دارد به طوری که با اندازه‌گیری این شاخص می‌توان میزان جذب نور توسط پوشش گیاهی را برآورد نمود. نسبت سطح برگ (Leaf Area Ratio) نیز بیانگر نسبت سطح پهنک یا بافت فتوسنتزی به کل بافتهای تنفس کننده یا وزن گیاه می‌باشد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۸). تنش خشکی در گیاه نخود موجب کاهش سرعت آسیمیلاسیون شده وتغییراتی در شاخص های رشد ازقبیل شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate) و سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate) میزان آسیمیلاسیون (Net Assimilation Rate) و سایر شاخص‌ها به وجود می‌آورد (ثمین و همکاران، ۱۳۸٦). در شرایط تنش خشکی، سطح برگ به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فشار تروژسانس سلول‌های برگ کاهش می‌یابد (Neumann, 2015). فرآیندهای وابسته به حجم سلولی نسبت به سایر فرآیندهای گیاهی به کمبود آب حساس‌تر می‌باشند (Gardner *et al.*, 1995). در شرایط تنش کمبود آب طول دوره رشد، تجمع ماده خشک کل (Total Dry Matter)، سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Saxena, 2012). تنش خشکی فتوسنتز را کاهش داده و به دنبال آن سرعت رشد محصول (CGR) نیز کاهش می‌یابد (Sivakumar and Shaw, 2014). با افزایش شدت تنش خشکی، مراحل نموّی گیاه با سرعت بیشتری طی شده و عملکرد گیاه نقصان می‌یابد (Latiri-Soki *et al.*, 2008). با افزایش میزان آبیاری در طول فصل رشد، دوره‌ی رشد طولانی‌تر شده و روند شاخص‌های رشد نیز بهتر می‌شود (گلدانی و رضوانی مقدم، ۱۳۸۲). اعمال تنش خشکی در کلیه مراحل رشد، شاخص سطح برگ نخود را کاهش داده، ولی تنش اعمال شده قبل از گلدهی شاخص سطح برگ را با شدت بیشتری کاهش می‌دهد (Arif *et al.*, 2021). کمتر شدن شاخص سطح برگ در دوره پر شدن دانه نیز که ناشی از پیری برگهاست در اثر انتقال مواد پرورده به قسمتهای زایشی گیاه می‌باشد. تنش خشکی با تأثیر منفی که روی سطح برگ دارد باعث کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی شده که به دنبال آن تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه دچار نقصان می‌گردد. از این رو در این تحقیق به

بررسی تغییرات شاخص‌های رشدی و عملکرد چهار رقم نخود تحت شرایط تنش خشکی و استفاده از کود نیتروژن پرداخته شده است.

فرآیند پژوهش

این مطالعه در سال زراعی ۱٤۰۰ در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد انجام شد. شرایط آب و هوایی محل آزمایش سرد معتدل با متوسط درجه حرارت ۲۲/٦ و ۵/۹ درجه سانتی‌گراد با متوسط بارندگی ٤۵۰ میلی‌متر می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی بود. بذور در تاریخ ۱۹ فروردین سال ۱٤۰۰ کشت گردید و بلافاصله آبیاری شدند. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. در این آزمایش عامل آبیاری در ۳ سطح تنش شدید (بدون آبیاری)، تنش متوسط (آبیاری در زمان کاشت و اوایل گلدهی) و بدون تنش (آبیاری در زمان کاشت، اوایل گلدهی، شروع غلاف‌دهی و در زمان پر شدن دانه‌ها) به عنوان شاهد در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. همچنین ترکیب چهار رقم نخود (شامل هاشم، آزاد، رقم محلی بیونیج و رقم ILC482) توأم با کاربرد کود نیتروژن (اوره به میزان ۲۵ کیلو گرم در هکتار نیتروژن خالص) و سطح بدون مصرف کود نیتروژن فاکتوریل شد و در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت فرعی دارای ٦ ردیف کشت به طول ۵ متر، با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتیمتر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتیمتر بود. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش کاربوکسین‌تیرام ضدعفونی شد. قبل از شروع غلاف‌دهی مزرعه با سم سوین به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار علیه آفت هلیوتیس *Heliothis armigera* سمپاشی شد از هر واحد آزمایشی دو ردیف کاشت به عنوان حاشیه و ازسایر ردیف‌ها برای بررسی صفات مورفولوژیکی و عملکرد ماده خشک و دانه استفاده گردید. برای ثبت مراحل فنولوژیکی تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و ۵۰ درصد غلاف‌دهی به ترتیب براساس باز شدن حدود ۵۰ درصد گل‌ها و تبدیل ۵۰ درصد گل‌ها به غلاف صورت گرفت و تعداد روز تا رسیدگی نیز بر اساس رسیدگی فیزیولوژیک (حداکثر وزن بذور) تعیین گردید. اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی روی پنج بوته تصادفی از هر کرت انجام شد در زمان رسیدگی کامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته و فاصله اولین غلاف از سطح خاک اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداریها برای محاسبه شاخص‌های رشد از ۲۰ روز پس از کاشت تا برداشت نهایی به طور منظم هر ده روز یکبار انجام گردید. برای محاسبه تمامی شاخص‌های رشدی تعداد ده بوته از هر کرت (معادل ۰/۲۵ متر مربع) انتخاب گردید و به طور کامل برداشت شدند. سپس سطح برگ (Leaf Area) با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (Gatehouse-G.S.L) اندازه‌گیری شد. پس از آن برگ، ساقه‌ها و غلاف‌ها جدا شده و پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت وزن خشک (Dry Matter) این قسمت‌ها اندازه‌گیری شد. سپس شاخص‌های رشد ازقبیل شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، میزان آسیمیلاسیون خالص (NAR) و

نسبت سطح برگ (LAR) با استفاده از معادلات مربوطه تعیین گردید (Causin *et al*., 1993).

$$LAI= (LA2 +LA1)/2 .(1/GA)$$
$$CGR(g.m^{-2}.d^{-1})=1/GA(W2-W1)(T2-T1)$$
$$RGR(g.g^{-1}.d^{-1})= (LnW2 – LnW1)(T2 –T1)$$
$$NAR(g.m^{-2}.d^{-1})=(W2 –W1)/(T2 –T1) (LnLA2 – LnLA1)/(LA2 – LA1)$$
$$LAR(m^2.g^{-1})=(LA2/W2 + LA1/W1)/2$$

که در این معادلات: سطح برگ بر حسب متر مربع = LA مساحت سطح زمین بر حسب متر مربع = GA، وزن خشک اندازه‌گیری شده (گرم) = W، زمان (روز) = T، لگاریتم طبیعی در پایه عدد نپر = Ln می‌باشند.

برای محاسبه عملکرد دانه نیز در پایان فصل رشد دوردیف وسط هر کرت برداشت شده و عملکرد دانه با استفاده از توزین بذرهای برداشت شده تخمین و به مساحت یک هکتار تعمیم داده شدند. برای شاخص های رشد از داده های حاصل در مرحله گلدهی و برای عملکرد دانه از عملکرد نهایی در زمان رسیدگی برای تجزیه واریانس و مقایسات میانگین استفاده گردید. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رسم گراف‌ها با نرم افزار Excel انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI): نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ نشان داد که اثر تنش خشکی، کود نیتروژن، رقم و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه ی آنها بر میزان شاخص سطح برگ در زمان گلدهی نخود معنی دار بود (جدول۱). بیشترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط بدون تنش به میزان ۲/۳۹ حاصل شد (جدول۲) هر چند که در مرحله پس از گلدهی بر این مقدار نیز افزوده شد (شکل۱). کمترین میزان شاخص سطح برگ نیز در شرایط تنش شدید به دست آمد(جدول۲). همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود افزایش در میزان LAI در همه ارقام تا حدود ٤٠ روز پس از کاشت دارای روند مشابه‌ای بود. این روند به صورت سیگموئیدی بوده و پس از آن که تعداد و اندازه برگها افزایش یافت روند افزایش، خطی می‌گردد هر چند که در شرایط تنش شدید این اتفاق زودتر از ٤٠ روز رخ داده است. حداکثر LAI در تیمار تنش شدید کمتر از تنش متوسط و بدون تنش بوده و پس از حدود ٤٠ روز رخ داد. در تیمار تنش متوسط پس از ٥٠ روز و در تیمار بدون تنش نیز پس از حدود ٦٠ روز LAI به حداکثر میزان خود رسید (شکل ۱).

جدول۱- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد و عملکرد ارقام نخود تحت شرایط تنش خشکی و کود نیتروژن

Table 1- Analysis of variance for growth indeces and yield of chickpea cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	LAI	CGR	RGR	NAR	LAR	ماده خشک	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۵	۲۸/۳	۰/۰۰۰۶	۱۰/۳۹	۰/۰۰۰۳	٦۷۰/٦	۹۳۸۵۱۹
تنش خشکی	۲	۲۹/۱**	٦۷/۲	۰/۰۰۹۲**	۱۲۱*	۰/۰۰۰٦	۲٤۸۱**	۲۵۷۱۳٤۰۲**
aخطای	٤	۰/۰۰۲	۲/۲	۰/۰۰۰٤	۷/۳۵	۰/۰۰۰۲	۲۲۵	۹۷۰۲٦/۹
کود نیتروژنه	۱	۱/۲۱**	۲٤٦**	۰/۰۱٦**	٦۸*	۰/۰۰۰۸*	۱۵۵	۸۱٦۰۱۱
رقم	۳	۵/۵**	۱۰۷**	۰/۰۰۳**	۲۵	۰/۰۰۰۱	۱۵۸۰**	٤۱۵۵٦٦۲**
تنش×کود	۲	۰/۲۳**	۷۵*	۰/۰۰٦**	۲۱	۰/۰۰۰۹**	۲۳۱	۲۷۹۷۵۲
تنش×رقم	٦	۱۲٤**	۱۰۲**	۰/۰۱**	۳۱*	۰/۰۰۱۱**	۱۳۲۵**	۲۰۰۰۱۸
رقم×کود	۳	۰/۹٤**	۱٦۰**	۰/۰۰۳**	٤٦**	۰/۰۰۱٤**	٤٦۵	۹۳٦٤۹٤
تنش×کود×رقم	٦	۰/٤۵**	۱۹٦	۰/۰۰۸۲	٤۵**	۰/۰۰۰۷*	٤٤۵	۲۸۲٦۷٦۱**
bخطای	٤۲	۰/۰۰٦	۲۱/۵	۰/۰۰۳	۱۰/٦٦	۰/۰۰۱۲	۲۲٦/٦۳	۱۸۱۱۲۲
ضریب تغییرات		۷/٤۲	۱۲	۵/۱	۸/۱۸	۱۹	۲۲	۲۵/۸

*: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

*: Significant at 1%, **: Significant at 5%

در شرایط بدون تنش شاخص سطح برگ حتی به ۲/۵ نیز رسیده است. پس از گذشت این مراحل LA روندی نزولی پیدا می‌کند. در انتهای رشد گیاه، با خشک شدن و ریزش برگها میزان LAI شروع به کاهش می‌نماید. شاخص سطح برگ از شاخص‌های تعیین کننده رشد می‌باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده افشانی با عملکرد بیولوژیک و دانه در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Salam *et al.*, 2018). نتایج مطالعات Neumann (۲۰۱۵) نیز نشان داد که در شرایط تنش خشکی، سطح برگ به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فشار تروژسانس سلول‌های برگ کاهش می‌یابد.

جدول۲- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و عملکرد در ارقام نخود تحت شرایط تنش خشکی و کود نیتروژن

Table 2- Mean comparison for growth indeces and yield of chickpea cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer

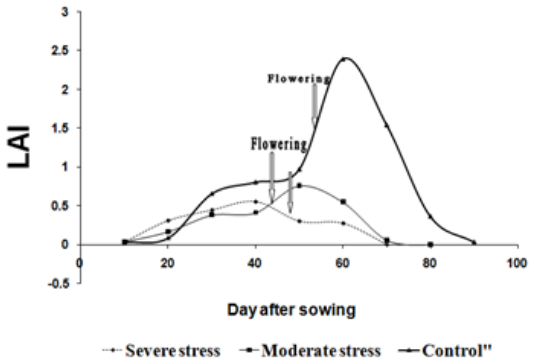
تیمارها	LAI	CGR ($g.m^{-2}.d^{-1}$)	RGR ($g.g^{-1}.d^{-1}$)	NAR ($g.m^{-2}.d^{-1}$)	LAR ($m^2.g^{-1}$)	ماده خشک ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه ($kg.h^{-1}$)
تنش خشکی							
بدون تنش	۲/۳۹^{a}	۵/۹۵^{a}	−۰/۰۱۱^{a}	۱/۹^{a}	۰/۰۰٤^{a}	٦۳۱/٤^{a}	۲۲۲۹/٦^{a}
تنش متوسط	۰/۹٦^{b}	۳/۱۵^{b}	−۰/۰۳۸^{b}	−۲/۵^{b}	۰/۰۰۳٤^{a}	٤۱۵/۵^{b}	۱۱۹٦/۳^{b}
تنش شدید	۰/٤۱^{c}	۳/٤۱^{b}	−۰/۰٤۲^{b}	−۰/۵^{b}	۰/۰۰۳۳^{a}	٤۱۲/۵^{b}	۸۱۵^{b}
LSD	۰/۰٤	۳/۷٦	۰/۰۱٦	۲/۱۷	۰/۰۰۱٤	۳/۷	۵۵۸/۲
کودنیتروژن							
بدون مصرف	۰/۹۹^{b}	۳/٦^{b}	−۰/۰٤^{b}	−۱/۳۷^{b}	۰/۰۰۳^{b}	۳۱۹/۳^{a}	۱۳۸۸^{b}
با مصرف	۱/۲٦^{a}	۵/۹^{a}	−۰/۰۱^{a}	۰/۵۷^{a}	۰/۰۰٤^{a}	٤۲۰/۳^{a}	۱٤۳۸^{a}
LSD	۰/۰۳	۲/۲	۰/۰۰۸	۱/۵۵	۰/۰۰۰۵	۲/۱٦	۱۲۰/٦
ارقام							
آزاد	۰/۵۳^{c}	۱/٤^{c}	−۰/۰٤^{c}	۰/٦۲^{a}	۰/۰۰۳٤^{a}	۳۱٦/۲۲^{c}	۱۵۱۸^{a}
بیونیج	۱/٦۸^{b}	٤/۲^{a}	−۰/۰٤۱^{bc}	۰/۷۲^{a}	۰/۰۰۳۵^{a}	٦٦۱/٤٦^{a}	۱٦۷۵^{a}
هاشم	۱/۹۱^{a}	۲/۸^{bc}	−۰/۰۳^{b}	−۱/٤۸^{c}	۰/۰۰۳۹^{a}	٤۱۸/۷۷^{b}	۹۱٤^{b}
ILC482	۱/٤۹^{b}	۳/۷^{a}	−/۰۱٦^{a}	−۰/۱۱^{b}	۰/۰۰۳۰^{a}	٤۲۲/۸٦^{b}	۱۵٤٦^{a}
LSD	۰/۰۵	۳/۱۲	۰/۰۱۱	۲/۱۹	۰/۰۰۰۸	۳/۰۵۵	۱۷۰/۵

در هر ستون، مقادیر فاقد یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

In each column means with at least one same letters had no significant difference based on LSD test.

فرآیندهایی مانند رشد برگ و سرعت تبادل دی اکسید کربن که وابسته به حجم سلول‌های محافظ و آماس سلولی هستند، نسبت به سایر فرآیندهای گیاهی به کمبود آب حساس‌تر می‌باشند (Arif *et al.*,

(2021. بنابراین تنش خشکی منجر به کاهش شاخص سطح برگ و به دنبال آن تولید آسیمیلات در گیاه می‌گردد.

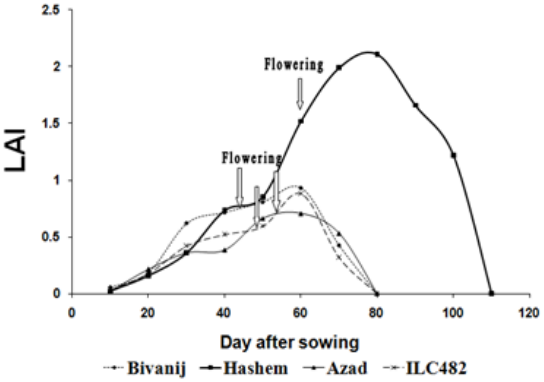


شکل۱- اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ در ارقام نخود (معادله مربوطه $y = -0.000x^2 + 0.100x - 1.300$)

Fig 1- Effect of drought stress on leaf area index of chickpea cultivars

اعمال تنش خشکی در کلیه مراحل رشد، شاخص سطح برگ نخود را کاهش می‌دهد، ولی تنش اعمال شده قبل از گلدهی شاخص سطح برگ را به شدت کاهش می‌دهد و کمتر شدن شاخص سطح برگ در دوره پر شدن دانه که آن هم ناشی از پیری برگهاست در اثر انتقال مواد پرورده به قسمتهای زایشی گیاه می‌باشد (Arif *et al.*, 2021). افزایش تعداد دفعات آبیاری باعث می‌شود که گیاه دیررس‌تر شده و با افزایش میزان شاخص سطح برگ فرصت بیشتری برای تجمع ماده خشک داشته و در نتیجه عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد. در شرایط تنش آبی شدید پس از اینکه آب قابل جذب در خاک کاهش یافت توسعه برگها نیز کاهش می‌یابد و این روند تا مدتی ادامه دارد، هنگامی که سرعت پیری برگها بیشتر از سرعت توسعه آنها باشد میزان ذخیره مواد فتوسنتزی در واحد سطح برگ کاهش می‌یابد. Srivalli و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که تنش خشکی از طریق تسریع پیری و ریزش برگ‌ها باعث کاهش سطح برگ می‌گردد. همچنین گزارش شده که تنش خشکی تأثیر منفی روی شاخص سطح برگ دارد (شبیری و همکاران، ۱۳۸٦). همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش شاخص سطح برگ در زمان گلدهی به میزان ۱/۲٦ شده است که این مقدار با شرایط بدون مصرف کود دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. بیشترین میزان شاخص سطح برگ برای همه ارقام به جز رقم هاشم در حدود ٦۰ روز پس از کاشت حادث شد که چند روز پس از گلدهی می‌باشد ولی چون رقم هاشم یک رقم دیر رس است بیشترین شاخص سطح برگ برای آن حدود ۷۵ روز پس از کاشت به وقوع پیوست.

همچنین در بین ارقام بیشترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ۱/۹۱ مربوط به رقم هاشم بود و پس از آن برای ارقام بیونیج،ILC482 و رقم آزاد به ترتیب برابر با ۱/٦۸، ۱/٤۸ و ۰/۵۳ بود (شکل ۲ و جدول۲) که افزایش در میزان شاخص سطح برگ در رقم هاشم به دلیل رشد زیاد، پا بلندی و افزایش حجم اندام‌های هوایی می‌باشد. مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نیز نشان داد بیشترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار بدون تنش به همراه مصرف کود نیتروژن و در رقم هاشم به دست آمد و کمترین میزان آن نیز در تیمار تنش شدید و عدم مصرف کود نیتروژن و در رقم آزاد به دست آمد. در این رقم و با مصرف کود نیتروژن و بدون مصرف آن میزان شاخص سطح برگ با افزایش شدت تنش کاهش یافت.

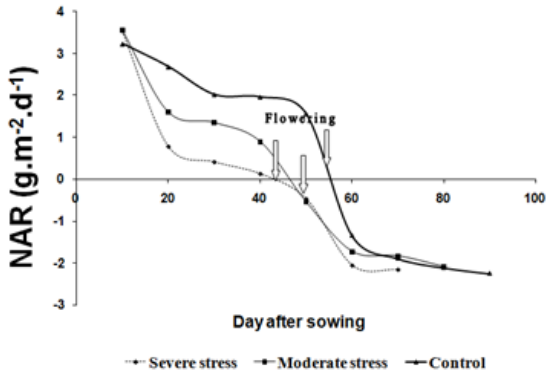


شکل۲- اثر رقم بر شاخص سطح برگ نخود (معادله مربوطه $y = -0.000x^2 + 0.082x - 1.238$)

Fig 2- Effect of cultivar on leaf area index of chickpea

میزان آسیمیلاسیون خالص (NAR): اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و اثرات متقابل دوگانه تنش در رقم و کود در رقم و اثر سه گانه‌ی آنها بر میزان اسیمیلاسیون خالص معنی‌دار بود ولی اثر سایر تیمارها روی آن معنی‌دار نشد (جدول۱). در زمان گلدهی بالاترین میزان آسیمیلاسیون خالص در شرایط بدون تنش به دست آمد و میزان آن در شرایط تنش متوسط در کمترین میزان خود بود که حتی مقدار آن از تنش شدید نیز کمتر بود(جدول۲). میزان آسیمیلاسیون خالص بیانگر کارایی فتوسنتزی سطوح فتوسنتز کننده گیاه می‌باشد و نشان دهنده مقدار فتوآسیمیلات سنتز شده در واحد زمان و در واحد سطح برگ می‌باشد. در ابتدای فصل رشد همه برگ‌ها کوچک بوده و هیچ گونه سایه اندازی بر روی یکدیگر ندارند در نتیجه NAR در بالاترین مقدار خود قراردارد. گنجعلی و همکاران (۱۳۹۸) نیز بیان نمود که در تیمارهای تنش خشکی و شاهد روند کاهش NAR در نخود در طول فصل رشد کاهشی می‌باشد. در سطوح تنشی در ادامه رشد و پس از گذشت ٤۰ الی ۵۰ روز پس از کاشت میزان فتوسنتز خالص در تیمار تنش شدید از تیمارهای تنش متوسط و بدون تنش کاهش بیشتری را نشان می‌دهد و میزان آن در تیمار بدون تنش در بالاترین میزان خود قراردارد و این مسئله نشان می‌دهد که

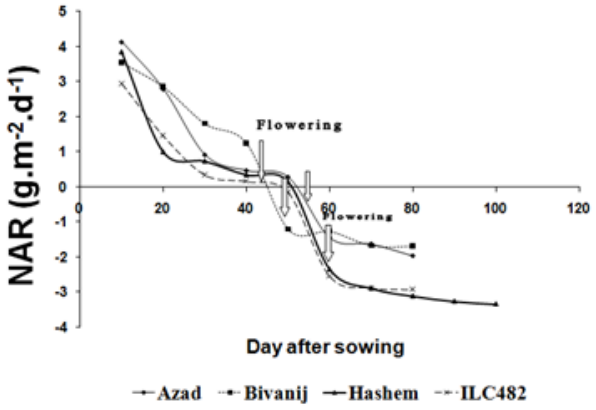
ادامه آبیاری تأثیر مثبتی در حفظ کارائی فتوسنتزی برگ‌ها دارد (شکل ۳).



شکل۳- اثر تنش خشکی بر میزان فتوسنتز خالص در ارقام نخود (معادله مربوطه y = -0.271x + 7.613)

Fig 3- Effect of drought stress on NAR of chickpea cultivars

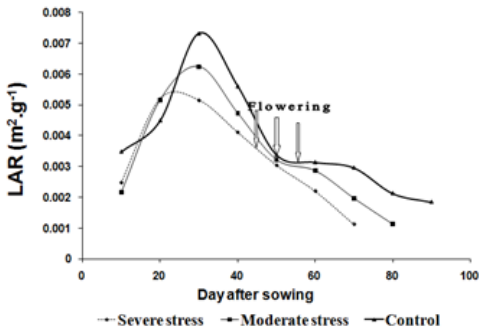
هرچند که در تیمار بدون تنش در مرحله پرشدن دانه‌ها نیز آبیاری صورت گرفته است ولی ملاحظه می‌شود که همچنان در این مرحله میزان NAR روندی نزولی داشته و هیچ گونه افزایشی در آن مشاهده نمی‌شود و دلیل آن نیز می‌تواند به اثر کمتر آبیاری در این مرحله بر تشکیل و حفظ برگ‌ها باشد (Plancqaert *et al.*, 2019). در شرایطی که کود نیتروژن مصرف شد میزان آسیمیلاسیون خالص بیشتر از زمانی بود که کود به مصرف گیاه نرسید (جدول۲). در بین ارقام رقم آزاد دارای بیشترین میزان NAR بوده و کمترین میزان آن نیز مربوط به رقم ILC٤٨٢ می‌باشد (جدول۲ و شکل٤). کاهش میزان NAR در ارقام مختلف نخود همراه با ادامه رشد آنها به دلیل کامل‌تر شدن پوشش گیاهی آنها و سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر می‌باشد. مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نیز در مورد میزان جذب و تحلیل خالص نشان داد بیشترین میزان آن در تیمار بدون تنش به همراه مصرف کود نیتروژن و در رقم بیونیج به دست آمد و کمترین میزان آن نیز در تیمار تنش شدید و عدم مصرف کود نیتروژن و در رقم ILC٤٨٢ بدست آمد.



شکل ٤- اثر رقم بر میزان فتوسنتز خالص در نخود (معادله مربوطه $y = -0.434x + 12.43$)

Fig 4- Effect of cultivar on NAR of chickpea

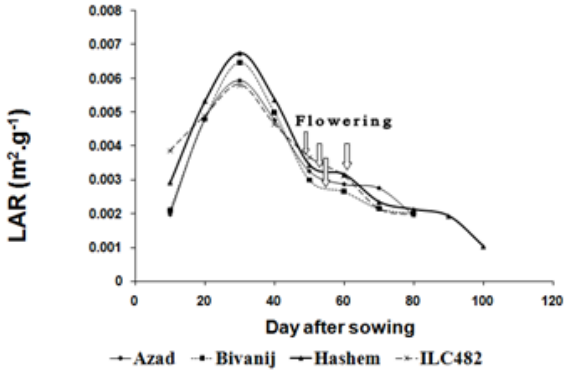
نسبت سطح برگ (LAR): نتایج تجزیه واریانس نسبت سطح برگ نشان داد که اثر کود نیتروژن و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه‌ی آنها روی این صفت معنی‌دار بود و اثر تنش خشکی و رقم روی آن معنی‌دار نبوده است (جدول۱). LAR یک شاخص فیزیولوژیک از میزان برگ در گیاه می‌باشد. این شاخص بیان کننده‌ی نسبت سطح برگ یا بافت‌های فتوسنتز کننده به کل بافت‌های تنفس کننده یا وزن کل گیاه می‌باشد و معمولاً بر حسب متر مربع در گرم بیان می‌شود. همچنین LAR نشان دهنده‌ی پر برگی یک گیاه می‌باشد. LAR پس از یک دوره‌ی کوتاه افزایش در اوایل فصل، به تدریج کاهش می‌یابد. بدین معنی که در ابتدای رشد مواد فتوسنتزی ساخته شده بیشتر صرف رشد و توسعه‌ی سطوح فتوسنتز کننده (برگ‌ها) شده وسپس با آغاز رشد سریع ساقه، توزیع آسیمیلات‌ها به نفع ساقه و به ضرر برگ‌ها تغییر خواهد کرد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۸). در بین سطوح تنشی مشاهده می‌شود که در ابتدا مقدار LAR اندکی افزایش می‌یابد و این به دلیل گسترش سطح برگ‌ها در ابتدای رشد می‌باشد و در ادامه نیز مشاهده می‌شود که در همه سطوح تنشی میزان آن کاهش می‌یابد (شکل ۵).



شکل۵- اثر تنش خشکی بر نسبت سطح برگ در ارقام نخود (معادله مربوطه $y = -0.00002x^2 + 0.0001x + 0.002$)

Fig 5- Effect of drought stress on LAR of chickpea cultivars

کاهش LAR در تیمار تنش شدید زودتر از سایر تیمارها شروع شده و در حدود ۲۰ روز پس از کاشت شروع به کاهش می‌نماید ولی در تیمارهای تنش متوسط و بدون تنش شروع افت LAR ، ۳۰ روز پس از کاشت می‌باشد. دلیل آن نیز این است که در تیمار بدون تنش آبیاری سبب می‌شود که گیاه همچنان در حال افزایش سطوح فتوسنتزی خود بوده و نسبت سطح فتوسنتز کننده خود را به سطح تنفس کننده افزایش می‌دهد. نسبت سطح برگ در تیمار مصرف کود بیشتر از تیمار عدم مصرف کود بود (جدول۲). در بین ارقام نیز بالاترین میزان LAR مربوط به رقم هاشم بوده و رقم بیونیج از این لحاظ در رتبه دوم قرار داشته و کمترین میزان آن نیز مربوط به رقم ILC482 می‌باشد (جدول۲ و شکل ٦).

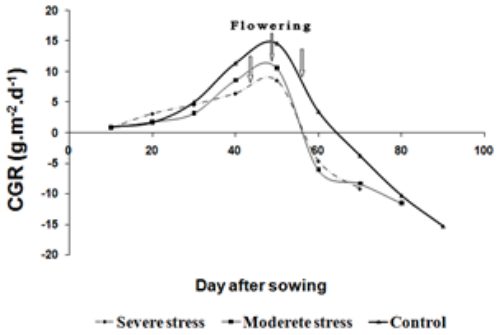


شکل ٦-اثر رقم بر نسبت سطح برگ در نخود (معادله مربوطه $y = -0.000018x^2 + 0.00013x + 0.0021$)

Fig 6- Effect of cultivar on LAR of chickpea

سرعت رشد محصول (CGR): نتایج تجزیه واریانس سرعت رشد محصول نشان داد که به جز تنش خشکی سایر تیمارها و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه‌ی آنها بر میزان سرعت رشد محصول در زمان گلدهی نخود اثر معنی‌دار داشتند (جدول۱). بامعناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی، سرعت رشد محصول می‌باشد که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح خاک در یک واحد زمانی مشخص است (جوادی و همکاران، ۱۳۹٤). CGR در ابتدای رشد گیاه در کمترین میزان خود قرار داشته و تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) بر مبنای روزهای پس ازکاشت نشان می‌دهد که CGR در کلیه تیمارها در طول فصل رشد افزایش یافته و در حدود ٤٨ روز پس از کاشت به حداکثر رسیده است (شکل ۷). یکنواختی سرعت رشد محصول در روزهای اولیه پس از کاشت می‌تواند به رشد هتروتروفی گیاهچه‌ها و نیاز آبی پایین آنها در مراحل اولیه رشد گیاهچه‌ای مربوط شود (ثمین و همکاران، ١٣٨٦). لذا تغییرات مورفوفیزیولوژیک ناشی از تنش خشکی در ابتدای رشد سریع گیاه قابل مشاهده می‌باشد. از آنجاکه CGR تابع مستقیم LAI و NAR است بنابراین افزایش LAI موجب افزایش

CGR در ابتدای رشد شده، چنین روندی به دلیل افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع خورشیدی همزمان با افزایش سطح برگ در اوایل فصل رشد و در نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاهان می‌باشد(گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۸)، به طوری که با گذشت زمان سرعت تجمع ماده خشک پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگها کاهش یافته و CGR رو به کاهش می‌گذارد. در اواخر فصل رشد ریزش برگها سبب کاهش ماده خشک شده و در نتیجه CGR منفی می‌گردد. همانند میزان جذب و تحلیل خالص مقایسه میانگین اثرات متقابل در مورد نسبت سطح برگ نیز نشان داد بیشترین میزان آن در تیمار بدون تنش همراه با مصرف کود نیتروژن و در رقم بیونیج بدست آمده است که از این نظر نسبت به سایر ارقام برتری داشته است.

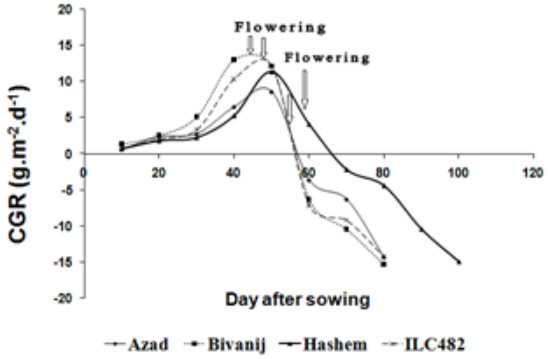


شکل ۷- اثر تنش خشکی بر سرعت رشد محصول در ارقام نخود (معادله مربوطه $y = -0.01x^2 + 0.7x - 6.4$)

Fig 7- Effect of drought stress on CGR of chickpea cultivars

با شرایط شدت تنش کمبود آب طول دوره رشد، سرعت رشد محصول(CGR) به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و با افزایش شدت تنش خشکی مشاهده می‌شود که روند سرعت رشد محصول کاهش نشان می‌دهد. گنجعلی و همکاران (۱۳۹۸) نیز بیان نمودند که میزان CGR در تیمار تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد در طول فصل رشد کمتر بود که می‌تواند به دلیل افزایش نیاز آبی گیاه در این مرحله از رشد باشد (ثمین و همکاران، ۱۳۸٦). به طوری که بیشترین و کمترین سرعت رشد محصول به ترتیب در تیمار بدون تنش و تیمار تنش شدید به دست آمد. در شرایط بدون تنش، سطح برگ گیاه گسترش بیشتری داشته و نور بیشتری توسط گیاه دریافت شده و باعث فتوسنتز بیشتر شده و در نتیجه سرعت رشد محصول نیز افزایش یافته است. در شرایط تنش به علت کاهش سطح برگ، کاهش فتوسنتز و پیری زودرس، سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد که این روند با افزایش شدت تنش تشدید می‌گردد (رضوانی مقدم و صادقی ثمرجان، ۱۳۸۷، Lecoeur and Sinclair, 2016). همچنین گزارش شده است که در اثر تنش خشکی CGR کاهش یافته است (گلدانی و رضوانی مقدم، ۱۳۸۲). تیمار مصرف کود نیتروژن نیز دارای میزان CGR بالاتری (به میزان ۵/۹ گرم در متر مربع در روز) نسبت به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول۲).

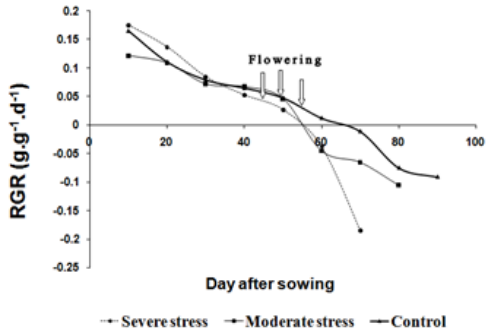
در بین ارقام نیز رقم بیونیج دارای بیشترین میزان سرعت رشد بوده و در نتیجه دارای بیشترین میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح نیز بود و رقم آزاد نیز دارای کمترین میزان CGR بود (جدول۲). در اینجا نتیجه گرفته می‌شود که سرعت رشد محصول ارتباط نزدیکی با شاخص سطح برگ دارد به طوری که با افزایش شاخص سطح برگ میزان سرعت رشد محصول نیز افزایش می‌یابد و حالت عکس این موضوع نیز برقرار است (جدول۲ و شکل ۸).



شکل ۸-اثر رقم بر سرعت رشد محصول در نخود (معادله مربوطه $y = -0.006x^2 + 0.539x - 5.285$)

Fig 8- Effect of cultivar on CGR of chickpea

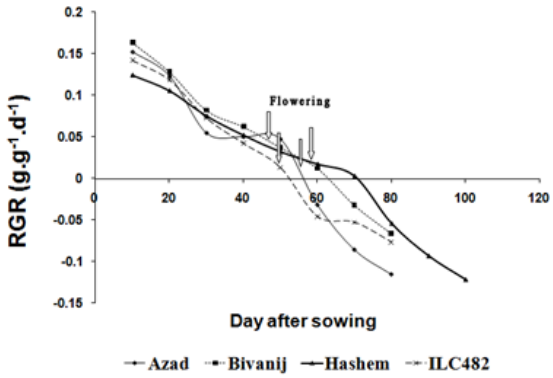
سرعت رشد نسبی (RGR): تنش خشکی، کود نیتروژن، رقم و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه‌ی آنها بر میزان سرعت رشد نسبی معنی‌دار بود (جدول۱). در زمان گلدهی نخود تیمار بدون تنش دارای بالاترین میزان سرعت رشد نسبی بوده و با افزایش شدت تنش خشکی از میزان آن کاسته شده است به طوری که کمترین میزان سرعت رشد نسبی مربوط به تیمار تنش شدید بود (جدول۲). مشاهده می‌شود که در کلیه تیمارها سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد حداکثر بوده و با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. علت کاهش RGR در طول فصل رشد به افزایش سن برگ‌های پائین تر، در سایه قرار گرفتن آنها و همچنین افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند نسبت داده می‌شود (لطیفی و نواب پور، ۱۳۹۷). در شرایط تنش کمبود آب طول دوره رشد، سرعت رشد نسبی (RGR) به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (گلدانی و رضوانی مقدم، ۱۳۸۲). تیمار بدون تنش در ابتدا افزایش بیشتری را در میزان سرعت رشد نسبی نشان می‌دهد و این میزان با افزایش شدت تنش خشکی کاهش می‌یابد و پس از عبور از مرحله بیشینه میزان خود روبه کاهش می‌رود (شکل ۹). با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد در ابتدای فصل تابستان دمای هوا نیز افزایش یافته و به نظر می‌رسد چون شرایط تنش رطوبتی همراه با افزایش درجه حرارت محیط می‌باشد تنفس گیاه افزایش یافته و در نتیجه انرژی از مسیرهای رشد در گیاه منحرف شده و بنابراین سرعت نسبی رشد کاهش بیشتری را نشان می‌دهد (Parwada *et al*, 2022).



شکل ۹- اثر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی محصول در ارقام نخود (معادله مربوطه $y = -0.001x + 0.103$)

Fig 9- Effect of drought stress on RGR of chickpea cultivars

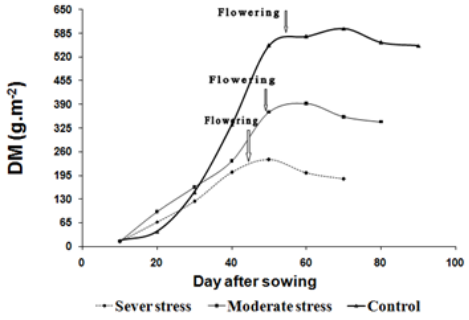
مصرف کود نیتروژن نیز سبب افزایش معنی‌دار سرعت رشد نسبی نسبت به عدم مصرف آن شد (جدول۲). در ابتدای رشد میزان سرعت رشد نسبی ارقام در حداکثر خود بوده که با افزایش رشد بوته از میزان آن کاسته شده است (شکل۱۰). در بین ارقام نیز بیشترین و کمترین افزایش در میزان RGR در زمان گلدهی به ترتیب در ارقام بیونیج و هاشم مشاهده شد (جدول۲). افزایش در میزان سرعت رشد نسبی در رقم بیونیج به زودرسی و بزرگی اندازه بذر آن و بیشتر بودن اندوخته غذایی آن برای رشد بیشتر در اول فصل رشد نسبت داده می‌شود و در رقم هاشم نیز که دیر رس بوده و دارای بذر کوچکتری نسبت به سایر ارقام می‌باشد در اوا فصل رشد سرعت رشد نسبی کمتری دارد. در کل منفی شدن RGR در ارقام مختلف در اواخر رشد به دلیل رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، افزایش تنفس آنها و همچنین کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی می‌باشد. کاهش RGR به صورت خطی علاوه بر بالا رفتن نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های فعال مریستمی و افزایش سن برگ‌ها، می‌تواند به دلیل کاهش نسبت سطح برگ (LAR) و کاهش میزان جذب خالص (NAR) نیز باشد. مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه تنش و کود نشان داد در همه ارقام یاد شده بیشترین میزان سرعت رشد نسبی در تیمار بدون تنش به همراه مصرف کود نیتروژن به دست آمد و کمترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کود و تنش شدید حاصل شد.



شکل۱۰- اثر رقم بر سرعت رشد نسبی محصول در نخود (معادله مربوطه $y = -0.002x + 0.104$)

Fig 10- Effect of cultivar on RGR of chickpea

تجمع ماده خشک کل (TDM): نتایج تجزیه واریانس برای تجمع ماده خشک کل نشان داد که فقط اثر تنش خشکی ، رقم و اثرات متقابل دوگانه ی آنها بر تجمع ماده خشک کل در زمان گلدهی نخود معنی دار بوده و اثر سایر تیمارها روی آن معنی دار نبود (جدول۱). بیشترین میزان تجمع ماده خشک در شرایط بدون تنش حاصل شد که این مقدار حدوداً دو برابر شرایط تنش متوسط و تنش شدید بود (جدول۲). ماده خشک تولیدی گیاه را می‌توان به وسیله شاخص‌هایی از قبیل سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) که هر دو از مهمترین شاخص‌های رشد می‌باشند مورد تجزیه قرار داد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۸). کمبود آب میزان تجمع ماده خشک در نخود را کاهش داده که به دنبال آن عملکرد نیز کاهش می‌یابد (شبیری و همکاران، ۱۳۸٦). روند افزایش ماده خشک در تیمارهای مختلف از روند سیگموئیدی تبعیت می‌کند. تنش خشکی تجمع ماده خشک در گیاه را کاهش داد. به طوری که بیشترین تجمع ماده خشک در تیمار بدون تنش به میزان ۵۵۱ گرم در متر مربع بدست آمد و این میزان در نهایت تا حصول میزان ۵۸۹گرم در متر مربع ادامه یافت. کمترین میزان تجمع ماده خشک در اوایل گلدهی مربوط به تیمار تنش شدید به میزان ۲۲۸ گرم در متر مربع بود که نسبت به تیمار بدون تنش حدود ۵۰ درصد کاهش تجمع ماده خشک را از خود نشان داد (شکل ۱۱).

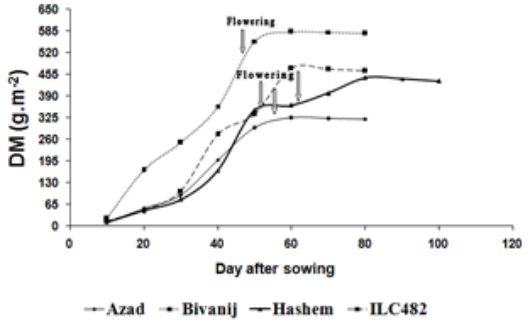


شکل ۱۱- اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک در ارقام نخود (معادله مربوطه y = 8.064x - 27.76)

Fig 11- Effect of drought stress on dry matter of chickpea cultivars

تنش خشکی سبب کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه شده و در نتیجه تجمع ماده خشک کل را کاهش می‌دهد (Saxena, 2012) به طور کلی گیاهانی که در تیمارهای مختلف رطوبتی رشد کرده‌اند دارای اختلافات زیادی از نظر تجمع ماده خشک در واحد سطح می‌باشد به طوری که با پیشروی روزهای رشد این اختلافات بیشتر می‌شود. تنش خشکی باعث کاهش وزن برگ‌ها در نخود می‌شود (لطیفی و نواب پور، ۱۳۹۷). نخستین پاسخ گیاه به تنش خشکی متعاقب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سطح برگ‌ها و در نتیجه کاهش تولید اسیمیلات خواهد بود که در نهایت باعث کاهش وزن شک کل گیاه می‌گردد (Panwar *et al.*, 2022). تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که وزن شاخ و برگ (ساقه) به شکل معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار می‌گیرد، به طوری که با افزایش شیب کاهش آبیاری وزن خشک شاخ و برگ به طور معنی‌داری کاهش یافته است (Arif *et al.*, 2021). همچنین مشخص شده

است که در گیاه نخود وزن هزار دانه، وزن خشک و در نهایت میزان ماده تجمع یافته در گیاه به شکل معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ، رژیم‌های مختلف آبیاری و اثرات متقابل آنها قرار گرفته است و مشاهده شده است که این صفات در لاین‌های مختلف نخود با افزایش میزان آبیاری از یک روند نسبتاً متعادل خطی پیروی می‌کنند (چایی چی و همکاران، ۱۳۸۲). مصرف کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار ماده خشک نسبت به عدم مصرف آن شده است (جدول ۲). بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ارقام مختلف در اوایل گلدهی به وقوع پیوست به طوری که پس از این مرحله به دلیل ریزش برگ‌ها و افزایش درجه حرارت میزان آن اندکی کاهش یافت. در بین ارقام بیشترین تجمع ماده خشک در رقم بیونیج حاصل شد که این تجمع نیز در مدت زمان کمتری نسبت به سایر ارقام به دست آمد (شکل ۱۲ و جدول۲) که این موضوع به دلیل سرعت رشد بیشتر این رقم نسبت به سایر ارقام می‌باشد. کمترین میزان وزن خشک نیز در همه ارقام در رقم آزاد به دست آمد. به طور کلی وزن خشک گیاه زراعی در هر مرحله از رشد به وزن خشک اولیه، دوام رشد و سرعت رشد محصول بستگی دارد (Sivakumar *et al.*, 2014). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که رقم بیونیج در تیمار عدم وجود تنش دارای بالاترین میزان تجمع ماده خشک بود و کمترین میزان آن نیز در تیمار تنش شدید و در رقم آزاد حاصل شد و از این نظر رقم بیونیج در همه شرایط تنش و بدون تنش دارای برتری بوده است.



شکل ۱۲-اثر رقم بر تجمع ماده خشک در نخود (معادله مربوطه y = 6.691x - 55.27)

Fig 12- Effect of cultivar on dry matter of chickpea

عملکرد دانه: تأثیر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی در رقم در کود نیتروژن روی عملکرد دانه، معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان عملکرد دانه (۲۲۲٦ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون تنش حاصل شد و کمترین میزان آن (۸۱۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تنش شدید به‌دست آمد (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش، عملکرد دانه ٦٤ درصد بیشتر از شرایط تنش شدید بود. در شرایط تنش خشکی به‌دلیل کاهش دورهٔ پُرشدن دانه، عملکرد دانه تا حدود ۵۰درصد کاهش می‌یابد (Singh *et al.*, 2017). در تیمار تنش متوسط نیز در بین همه ارقام، بیشترین عملکرد را رقم بیونیج به‌خود اختصاص داد و کمترین میزان عملکرد هم مربوط به رقم هاشم بود. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط

تنش شدید در رقم بیونیج به‌دست آمد و این میزان حدود شِش‌برابر عملکرد رقم هاشم در این شرایط بود (جدول۳). این نتایج با نتایج حاصل از آزمایشات محققان دیگر مطابقت داشت (Parveen *et al.*, 2019). مصرف کود نیتروژنه در شرایط بدون تنش، عملکرد سه رقم بیونیج، هاشم و ILC482 را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار عدم مصرف کود نیتروژنه افزایش داد؛ به‌طوری‌که در هر کدام از سه رقم یاد شده، مصرف کود نیتروژن، عملکرد دانه را حدود۶۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد ولی رقم آزاد به مصرف کود نیتروژن، واکنش منفی نشان داد؛ به‌طوری‌که مصرف کود نیتروژنه باعث کاهش عملکرد این رقم به‌میزان حدود۶۰۰ کیلوگرم در هکتار شد. رقم بیونیج با میزان ۲۷۳۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد دانه در هکتار در شرایط مصرف کود نیتروژن بود. در تیمار تنش متوسط در همه ارقام، بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط مصرف کود نیتروژن حاصل شد. در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن، رقم آزاد با ۲۵۸۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد در تیمار بدون تنش بود. افزایش عملکرد همراه با مصرف کود نیتروژن، به افزایش رشد گیاه و افزایش تولید مادهٔ خشک در شرایط عدم وجود تنش نسبت داده می‌شود (Ortega *et al.*, 1996). در شرایط عدم وجود تنش خشکی، کود نیتروژن باعث افزایش رشد سبزینه‌ای سه رقم بیونیج، هاشم و ILC482 شد و با توجه به پتانسیل بیشتر این ارقام برای افزایش تولید مادهٔخشک، دیده می‌شود که عملکرد دانهٔ آنها در این شرایط افزایش یافته است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش×کود×رقم برای عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ارقام نخود

Table 3- Mean comparison for interaction effect of drought stress*fertilizer*cultivar on grain yield (kg.ha^{-1}) in chickpea cultivars

	تنش شدید		تنش متوسط		بدون تنش	
ارقام	مصرف کود	عدم مصرف کود	مصرف کود	عدم مصرف کود	مصرف کود	عدم مصرف کود
آزاد	۱۱۱۶^{def}	۹۲۳^{efg}	۱۳۵۶^{bcdef}	۱۱۳۰^{def}	۲۰۰۰^{abcd}	۲۵۸۳^{a}
بیونیج	۱۰۳۳^{ef}	۱۱۴۳^{def}	۱۶۹۶^{bcde}	۱۳۴۳^{bcdef}	۲۷۳۰^{a}	۲۱۰۶^{abc}
هاشم	۱۵۰ ^{g}	۱۵۶^{g}	۷۳۳^{fg}	۶۷۰^{fg}	۲۱۹۶^{ab}	۱۵۸۰^{bcdef}
ILC482	۹۳۰^{efg}	۱۰۶۶^{ef}	۱۳۶۰^{bcdef}	۱۲۸۰^{cdef}	۲۵۶۳^{a}	۲۰۷۶^{abc}

در هر ستون، مقادیر فاقد یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند

In each column means with at least one same letters had no significant difference based on LSD test.

نتیجه‌گیری کلی

کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش خشکی سبب می‌شود آسیمیلات کمتری در گیاه سنتز شود که در نهایت منجر به کاهش میزان CGR و NAR در گیاه شده و بدین نحو باعث کاهش ماده سازی و عملکرد ماده خشک و در نهایت عملکرد دانه شده است. در صورت فراهمی آب در گیاه نخود شرایط برای رشد و افزایش تولید آسیمیلات فراهم شده و در نتیجه با بهتر شدن روند رشد در این گیاه سطح برگ افزایش یافته و تجمع ماده خشک نیز در آن افزایش می یابد. در این آزمایش نیز مشخص شد که رود تولید ماده خشک و همچنین عملکرد دانه به فراهمی آب برای بهبود شاخص‌های رشد بستگی داشته و در شرایط فراهمی آب میزان سطح برگ در نخود بیشتر شده و به دنبال آن میزان آسیمیلاسیون خالص، تجمع ماده خشک و در نهایت عملکرد دانه افزایش داشته است. همچنین کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش سطح برگ، بیشتر شدن تجمع ماده خشک، افزایش آسیمیلاسیون خالص و در نهایت افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شده است. رقم بیونیج نیز که دارای بیشترین میزان CGR، LAR وآسیمیلاسیون خالص بوده است بالاترین میزان عملکرد در بین ارقام را داشته است.

منابع

۱) ثمین، م.، سپهری، ع.، احمدوند، گ، و. س.ح، صباغ پور. ۱۳۸٦. تأثیر آبیاری در مراحل تشکیل غلاف و پر شدن دانه بر رشد وعملکرد پنج رقم نخود. مجله پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۷(۱):۵۵-۷۲.

۲) جوادی، ح.، راشد محصل، م.ح.، زمانی، ق.ر.، آذری نصرآباد، ا، و. ق.ر، موسوی. ۱۳۹٤. اثر تراکم کاشت بر شاخص های رشدی چهار رقم سورگوم دانه ای. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱:٤-۱٦.

۳) چائی چی، م.، رستم زا، م، و. ک، اسمعیلان. ۱۳۸۲. بررسی مقاومت لاین های نخود سیاه به تنش خشکی تحت شرایط رژیم های مختلف آبیاری. مجله ی علوم کشاورزی ومنابع طبیعی،۱۰(٤): ۵۵-٦۰.

٤) رضوانی مقدم، پ، و. ر، صادقی ثمرجان. ۱۳۸۷. ررسی اثر تاریخ های مختلف کاشت و رژیمهای مختلف آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم ILC ۳۲۷۹ در شرایط آب و هوایی نیشابور، ۳۱٤:٦-۳۲۵.

۵) شبیری، س.، قاسمی گلعذانی، ک، گلچین، ا، و. ج، صبا. ۱۳۸٦. تاثیر محدودیت آب بر رشد و عملکرد دانه سه رقم نخود در زنجان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱٤(۲): ٦۱-۷۳.

٦) گلدانی، م، و. پ، رضوانی مقدم. ۱۳۸۲. اثر رژیم های مختلف رطوبتی و تاریخ کاشت بر خصوصیات فنولوژیکی و شاخص های رشد سه رقم نخود دیم و آبی در مشهد. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱٤(۱): ٦۳-۷٤.

۷) گنجعلی، ع.، کافی، م، و. م ثابت تیموری. ۱۳۹۸. تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک ریشه اندام هوایی نخود در واکنش به تنش خشکی. نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۳(۱): ۳۵-٤۵.

۸) لطیفی، ن، و. س، نواب پور. ۱۳۹۷. واکنش شاخص های رشد و عملکرد دانه دو رقم لوبیا چیتی به فاصله ردیف و تراکم بوته. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۱(۲): ۳۵۳-۳٦۲.

9) Arif, A., Parveen, N., Waheed, M.Q., Atif, R.M., Waqar, I. and T.M, Shah. 2021. A Comparative Study for Assessing the Drought-Tolerance of

Chickpea Under Varying Natural Growth Environments. *Front. Plant Science*, 11: 607869.
10) Causin, T. H., Burghoffer, A. Marget, P. Vingere, A. and G, Eteve. 1993. Morphological, physiological and genetic bases of resistance in pea to cold and drought. *Breeding for Stress Tolerance in Cool Food Legumes*, 27: 311-320.
11) Clarke, J. M. and G. M, Simpson. 2008. Growth analysis of *Brassica napus* L. *Journal of Plant Science*, 58: 587-595.
12) Gardner, F., Pearce, R. and R. L, Mitchell. 1995. Physiology of crop plants. Iowa state university press, Ames, USA.
13) Gupta, A. K., Singh, J. Kaur, N. and R, Singh. 1993. Effect of polyethylene glycol-induced water stress on uptake interconversion and transport of sugars in chickpea seedlings. *Plant Physiology and Biotechnology*, 31:743-747.
14) Latiri-Soki, K., Noitclitt, S. and D. W, Lawlor. 2008. Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiency for durum wheat under semi-arid conditions. *European Journal of Agronomy*, 9: 21-34.
15) Lecoeur, J. and T. R, Sinclair. 2016. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. *Crop Science*, 36: 331-335.
16) Neumann, P. M. 2015. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. *Crop Science*, 35: 1258-1266.
17) Ortega, P., Jose, F. Grageda, G. and G, Morales. 1996. Effect of sowing dates, irrigation, plant densities, and genotypes on chickpea in Sonora, Mexico. Inter. *Chickpea and Pigeon pea Newsletter*, 3: 24-26.
18) Parveen, R., Sadia, M. and M, Saleem. 2019. Role of rhizobium inoculation in chickpea under water stress conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2:452-454.
19) Plancqaert, P., Braun, P. and J, Werry. 2019. Agronomic studies on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Options Mediterraneans-Sevie Seminaries*, 9: 87-92.
20) Salam, M. A., Ahmed, S. Shahjahan, M. Islam, M.S. and M.F, Hossain. 2018. Response of chickpea varieties to different levels of irrigation in High Barind Tract. *International Journal of Sustainable Agriculture and Technology*, 2: 32-39.
21) Saxena, M. C. 2012. In Aschochyta Blight and winter sowing of chickpeas. *Agronomic studies on winter chickpeas*, 123-139.
22) Singh, K. B. and M. C, Saxena. 2017. Chickpeas (The Tropical Agriculturalist). Macmillan Education LTD, London and Bisingtone. 74pp.
23) Singh, K. B., Malhotra, R.S. Saxena, M. C. and G, Bejiga. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Meditrranean region. *Agronomy Journal*, 89: 112-118.
24) Sivakumar, M. V. K. and R.H, Shaw. 2014. Methods of growth analysis in field grown soybean (*Glycine max* L.). *Annual Botany*, 32: 213-222.
25) Srivalli, B., Renu, K. C. and Khanna, C. R. 2008. Drought induced enhancement of protease activity using monocarpic senescence in wheat. *Current Science*, 75: 1174 - 1176.
26) Parwada, C., Parwada, T. F., Chipomho, J., Mapope, N., Chikwari, E. and C, Mvumi. 2022. Evaluation of Cicer arietinum (chickpea) growth performance and yield in different soil types and moisture in Zimbabwe. *Journal of Current Opinion in Crop Science*, 3(1): 16-27.