

اثر تنش خشکی و کود نیتروژن آغازگر بر خصوصیات ریشه و عملکرد چهار ژنوتیپ نخود
(*Cicer arietinum* L.)

Effect of Drought Stress and Starter Nitrogen Fertilizer on Root Characteristics
and Seed Yield of Four Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes

مراد شعبان^۱، سیروس منصوری فر^۲، مختار قبادی^۳ و رضا اشرفی پارچین^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، کرمانشاه

۲ و ۳- استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه و عضو باشگاه پژوهشگران جوان واحد اردبیل، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۱۳

چکیده

شعبان، م.، منصوری فر، س.، قبادی، م. و اشرفی پارچین، ر. ۱۳۹۰ اثر تنش خشکی و کود نیتروژن آغازگر بر خصوصیات ریشه و عملکرد چهار ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.). مجله به‌زراعی نهال و بدر ۲-۲۷ (۴): ۴۷۰-۴۵۱.

تنش خشکی از مهمترین عوامل کاهش دهنده رشد ریشه و اندام‌های هوایی و عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن آغازگر بر روی خصوصیات ریشه و عملکرد دانه چهار ژنوتیپ نخود انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل شاهد (آبیاری کامل)، آبیاری محدود (آبیاری در زمان کاشت و اوایل گلدهی) و تنش خشکی شدید (بدون آبیاری) در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. تیمارهای کود نیتروژن (۲۵ کیلوگرم در هکتار) و رقم شامل (شاهد) همراه با چهار رقم نخود آزاد، هاشم، ILC482 و رقم محلی بیونج بصورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر تنش رطوبتی بر روی تعداد ریشه‌های فرعی، طول کل ریشه‌ها، طول ریشه‌های اصلی، حجم ریشه‌ها، وزن خشک ریشه‌ها، نسبت ریشه به ساقه، تعداد گره، تراکم طول ریشه‌ها و عملکرد دانه معنی‌دار شد. اثر تیمار کود نیتروژن فقط روی وزن خشک ریشه‌ها، نسبت ریشه به ساقه، تعداد گره‌ها و عملکرد دانه معنی‌دار شد. بین ارقام نیز برای کلیه صفات بجز تراکم طول ریشه‌ها در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت. با افزایش شدت تنش خشکی تمامی خصوصیات ریشه به جز نسبت ریشه به ساقه کاهش یافت. افزایش نسبت ریشه به ساقه در شرایط تنش خشکی می‌تواند گیاه را از کم‌آبی حفظ کند. با افزایش تنش خشکی و عدم مصرف کود نیتروژن عملکرد دانه کاهش یافت. رقم بیونج در شرایط تنش شدید و عدم مصرف کود نیتروژن دارای بیشترین عملکرد دانه بود و بیشترین تعداد گره و همچنین بیشترین حجم ریشه و وزن ریشه مربوط به این رقم بود که از این نظر نسبت به سایر ارقام برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ریشه، عملکرد دانه، کود نیتروژن و نخود.

مقدمه

در مورد جنبه‌های مختلف رشد ریشه اطلاعات موجود محدود است، زیرا ریشه اندامی زیرزمینی بوده و مطالعه آن مشکل و پرهزینه می‌باشد (Grossnicle, 2005). با اینکه بررسی صفاتی مانند طول، سطح و حجم ریشه ضروری به نظر می‌رسد (Singh et al., 2005) با این وجود مطالعات محدودی روی ریشه به صورت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای صورت گرفته که نتایج ارزشمندی بدست آمده است. رشد ریشه توسط عوامل محیطی و ژنتیکی کنترل می‌شود (Michele et al., 2009). هنگامی که گیاه با خشکی روبرو می‌شود ریشه نقش مهمی را در بقاء آن بازی می‌کند (Grossnicle, 2005). در طول فصل رشد ممکن است قسمت‌های فوقانی پروفیل خاک که تراکم ریشه در آنها بیشتر است با خشکی مواجه شود، ولی با این وجود گیاه قادر است به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه دهد. بنابراین در این حالت بخش‌های زیرین خاک که تراکم ریشه در آنها کمتر ولی دارای رطوبت مناسبی هستند، رطوبت در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Li et al., 2006)، به عبارت دیگر گیاه هنگام مواجهه با تنش برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد (Mohammadi et al., 2004; Michele et al., 2009). در نتیجه تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیکی ریشه‌ها مانند افزایش

طول ایجاد می‌شود (Aerts et al., 1999). بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند (Michele et al., 2009; Kafi et al., 2000).

گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به ساقه بالاتری دارند در مقابل تنش خشکی تحمل بالاتری نیز دارند (Singh et al., 2005). در علف‌های گرمسیری ریشه‌هایی که در شرایط خشکی رشد می‌کنند قابلیت بیشتری در جذب آب نسبت به ریشه‌هایی که در شرایط رطوبتی رشد می‌کنند دارند (Michele et al., 2009). ارقام گندم متحمل به خشکی ریشه طویل‌تر و حجم ریشه بیشتری نسبت به دیگر ارقام دارند (Tupitsyn et al., 1968).

در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف ماش انجام شد مشخص گردید که اثر تنش خشکی بر حجم ریشه معنی‌دار شد و مشخص شد که حجم بیشتر ریشه دسترسی به آب را افزایش داده و موجب افزایش دوام گیاه در شرایط خشکی می‌شود. همچنین مشخص شد که بیشترین سطح ریشه مربوط به تیمار بدون تنش بود (Asgharipoor et al., 2010). اختلاف طول ریشه و وزن خشک ریشه‌ها و نسبت ریشه به ساقه بین سطوح خشکی معنی‌دار

شدیدتر است. بنابراین بین تنش خشکی و نیتروژن رابطه متقابل وجود دارد و مصرف نیتروژن در شرایط خشک دارای اثر منفی بر عملکرد دانه است (Papastylianon 1995). عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب کاهش معنی داری را نشان می‌دهد (Pezeshkpoor *et al.*, 2006). در این تحقیق تغییرات خصوصیات ریشه و عملکرد دانه چهار رقم نخود زراعی تحت شرایط تنش رطوبتی و شدت آن و تأثیر کاربرد کود نیتروژن آغازگر بر آنها مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه با مختصات عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ و ۲۴ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارندگی محل اجرای آزمایش ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

برای به دست آوردن خصوصیات بافت خاک به صورت تصادفی از ۱۰ الی ۱۵ نقطه از مزرعه با اوگر و در عمق صفر الی ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد و پس از مخلوط کردن نمونه‌ها، آزمایش تجزیه‌ی خاک انجام و درصد اجزای خاک تعیین گردید (جدول ۱).

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل

بود و با افزایش تنش خشکی طول ریشه‌ها نیز کاهش یافت. وزن خشک ریشه در تیمار بدون تنش بیشترین و در تیمار تنش شدید کمترین بود و با افزایش تنش خشکی نسبت وزن ریشه به اندام هوایی افزایش یافت. ارقام متحمل‌تر به تنش خشکی طول و وزن خشک ریشه بیشتری داشتند (Ganjeali and Bagheri, 2011). مطالعات روی نخود نشان داد که با افزایش تنش خشکی رشد ریشه و ساقه کاهش می‌یابد (Jamshidi *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2002). در شرایط تنش خشکی تعداد گرهک‌های تثبیت کننده نیتروژن نیز کاهش می‌یابد (Zablotowicz *et al.*, 1981). در گیاهچه‌های سه هفته‌ای یونجه که در شرایط رطوبت کم رشد کرده بودند تعداد گرهک‌ها نسبت به گیاهان شاهد ۵۰ تا ۷۵ درصد کمتر بود (Heichel *et al.*, 1977).

تنش خشکی قادر است میزان تثبیت نیتروژن، تنفس گره‌ها، وزن خشک ساقه و ریشه گیاه و بازده گیاه را کاهش دهد (Keck *et al.*, 1984). تنش کمبود آب باعث کاهش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود می‌شود (Jalilian *et al.*, 2008; Ghasemi-e-Golozani *et al.*, 2006) و یکی دیگر از دلایل کاهش عملکرد در شرایط خشکی بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای گیاه در این شرایط می‌باشد (Lewis *et al.*, 1986). در شرایط تنش شدید اغلب پیری تسریع می‌شود و این به خصوص در مقادیر بالاتر نیتروژن

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی
Table 1. Physico- chemical soil properties of experimental field

عمق خاک (سانتیمتر) Soil depth (cm)	اسیدیته pH	فسفر قابل دسترس P _{ava.} ppm	پتاسیم قابل دسترس K _{ava.} ppm	کربن آلی (%) Organic carbon	شن (%) Sand (%)	سیلت (%) Silt (%)	رس (%) Clay (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	7.36	9.54	329	1.48	22	35.5	43.4	Clay

ریشه‌ها، سطح کل ریشه‌ها، تعداد گرهک‌ها، وزن خشک ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها، تراکم طول ریشه‌ها و نسبت ریشه به ساقه) در هر بوته از یک پروفایل مکعبی شکل به ابعاد ۵۰ سانتی متر که به صورت دستی و با بیل ایجاد شده بود، استفاده گردید و سپس با استفاده از پنج بوته از هر کرت صفات اندازه‌گیری شده به صورت زیر تعیین گردیدند.

طول ریشه اصلی: طول ریشه اصلی با استفاده از متر دقیق اندازه‌گیری شد.

تعداد ریشه‌های فرعی: شمارش دقیق تعداد ریشه‌های فرعی در آزمایشگاه انجام گردید.

طول کل ریشه‌ها: جهت اندازه‌گیری طول کل ریشه‌ها از رابطه‌ی زیر استفاده شد (Alizadeh, 2006):

$$0.189 \times \text{وزن ریشه (گرم)} = \text{طول کل ریشه (cm)}$$

سطح کل ریشه‌ها: اندازه‌گیری سطح کل ریشه‌ها با استفاده از رابطه‌ی زیر تعیین شد (Alizadeh, 2006):

$$0.05 \times (\text{طول کل ریشه (cm)}) \times \pi \times (\text{حجم ریشه (cm}^3\text{)}) \times 2 = \text{سطح کل ریشه (cm}^2\text{)}$$

کرت انتخاب و با استفاده از بیل از عمق و قطر مناسب نمونه برداری‌ها انجام شد و پس از شستن ریشه‌ها تعداد گره‌ها شمارش شدند.

در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش تیمارهای آبیاری شامل شاهد (آبیاری کامل)، آبیاری محدود (آبیاری در زمان کاشت و اوایل گلدهی) و تنش خشکی شدید (بدون آبیاری) در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. تیمارهای کود نیتروژن (۲۵ کیلوگرم در هکتار و شاهد) همراه با چهار ژنوتیپ آزاد، هاشم، ILC482 و توده محلی بیونیج فاکتوریل شد و در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر واحد آزمایشی شامل ۶ ردیف کشت به طول ۵ متر و فاصله‌ی بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر با فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بود.

در این آزمایش در طول مرحله‌ی داشت، سه بار به صورت وجین دستی با علف‌های هرز مزرعه مبارزه شد. پس از اینکه تیمارهای تنشی اعمال گردیدند نمونه برداری‌ها برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه (شامل طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های فرعی، طول کل

تعداد گره‌های ریشه: چون حداکثر تعداد گره در نیام‌داران در اوایل گلدهی شکل می‌گیرد، در این زمان تعداد پنج بوته از هر

وزن خشک ریشه‌ها: از نمونه‌های ریشه که

برای اندازه‌گیری سایر خصوصیات استفاده شد برای این صفت نیز استفاده گردید. نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از خشک شدن، نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دقیق توزین و وزن خشک نمونه‌ها تعیین شد.

حجم ریشه‌ها: پس از تعیین وزن خشک

نمونه‌ها، آنها را در استوانه مدرجی که مقدار مشخصی آب در آنها قرار داشت فرو برده و از روی تغییر حجم آب درون لوله حجم ریشه‌ها نیز تعیین گردید.

تراکم طول ریشه‌ها: تراکم طول ریشه‌ها نیز

از نسبت طول کل ریشه‌ها به حجم خاکی که به صورت یک مکعب و با ابعاد ۵۰ سانتی‌متر حفر شده بود اندازه‌گیری شد.

عملکرد دانه: در زمان رسیدگی دو ردیف

وسط از هر کرت برداشت و پس از خشک کردن و توزین عملکرد دانه محاسبه گردید.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel، SAS و SPSS انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم، اثر متقابل رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی وزن ریشه‌ها معنی‌دار شد ($P \leq 0.01$) (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن ریشه‌ها با افزایش شدت تنش و عدم مصرف کود نیتروژن به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود انجام شد تنش خشکی سبب کاهش میزان وزن خشک ریشه‌ها در نخود گردید (Masoumi *et al.*, 2005). وزن خشک ریشه گندم نیز در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت (Khazaei and Kafi, 2003). وزن خشک ریشه در تیمار بدون تنش بیشترین و در تیمار تنش شدید کمترین بود و با افزایش تنش خشکی نسبت وزن ریشه به اندام هوایی افزایش یافت. سایر محققان نیز اظهار داشته‌اند که کاهش حجم و وزن خشک ریشه‌ها در هنگام تنش در نخود به این دلیل است که تنش خشکی سبب کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی به دنبال کاهش رطوبت در منطقه ریشه و به طور کلی به کارگیری سازوکارهای تحمل می‌باشد (Ganjeali *et al.*, 2010; Asgharipoor *et al.*, 2010). اثر متقابل تنش × رقم نشان داد که بیشترین وزن ریشه در تیمار بدون تنش مربوط به رقم هاشم و کمترین آن در تیمار تنش شدید مربوط به لاین ILC482 بود به طوری که دامنه تغییر آنها حدود ۴ گرم بود (شکل ۱).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم، اثر متقابل تنش × نیتروژن، رقم ×

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس برای عملکرد دانه و خصوصیات ریشه ارقام نخود تحت تاثیر تیمارهای تنش خشکی و کود نیتروژن آغازگر در سال زراعی ۱۳۸۹-

۱۳۸۸

Table 2. Summary of analysis of variance for seed yield and root characteristics in chickpea cultivars as affected by drought stress and starter nitrogen fertilizer levels in 2009-2010 growing season

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات MS									
			عملکرد دانه	تعداد گره	نسبت ریشه به ساقه	طول ریشه اصلی	طول کل ریشه‌ها	تعداد ریشه‌های فرعی	سطح کل ریشه‌ها	حجم ریشه‌ها	وزن ریشه‌ها	تراکم طول ریشه‌ها
		df.	Seed yield	Number of nodule	Root: Shoot ratio	Primary root length	Total roots length	Number of secondary roots	Surface of total roots	Volume of roots	Weight of roots	Root length density
Replication (R)	تکرار	2	938519	2.51	20.11	0.35	0.21	28.2	43338	4.46	2.47	0.000002
Drought stress(S)	تنش آبی	2	25713402.7**	8462**	20.61**	32.07**	48.25**	4766.4**	22134978**	7.01*	49.77**	0.00141**
Error a	خطای الف	4	970269	0.88	2.71	0.13	0.49	17.37	96374	2.05	2.21	0.000006
Nitrogen fertilizer (N)	کود نیتروژن	1	816011	120.1**	16.21*	0.96*	1.05 ^{ns}	8.91 ^{ns}	157267 ^{ns}	1.89 ^{ns}	6.5	0.000002 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	3	4155662.9**	1587**	88**	2.15**	3.95**	600.69**	1534783**	22**	118.6**	0.000019 ^{ns}
S × N	تنش × نیتروژن	2	279753	535**	16.6**	0.25 ^{ns}	2.36**	207.7**	551498.8**	17.15**	4.58	0.000016 ^{ns}
V × N	رقم × نیتروژن	3	200019	41.4*	18.3**	0.1 ^{ns}	0.25 ^{ns}	106.3*	308300.1*	5.26*	47.1**	0.000013 ^{ns}
S × V	تنش × رقم	6	936594	569**	21.8**	0.96**	1.35**	358.6**	669661**	17.8**	19.9**	0.000016 ^{ns}
S × V × N	تنش × نیتروژن × رقم	6	2826761.1**	255.1**	8.65*	0.96**	2.78**	262.5**	1243601**	13.5**	51.33**	0.00001 ^{ns}
Error b	خطای ب	42	181122	13.6	2.67	0.16	0.4	25.34	78789	1.48	2.04	0.000025
CV. (%)	ضریب تغییرات (%)		25.8	13.7	14.92	18.12	20.2	26.78	15.02	8.18	8.29	23

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: Not significant

ns: غیر معنی‌دار

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه و خصوصیات ریشه ارقام نخود در شرایط تنش خشکی و کود نیتروژن آغازگر

Table 3. Mean of seed yield and root characteristics in chickpea cultivars as affected by drought stress and starter nitrogen fertilizer

		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد گره	نسبت ریشه به ساقه	طول ریشه اصلی (سانتیمتر)	طول کل ریشه‌ها (سانتیمتر)	تعداد ریشه‌های فرعی	سطح کل ریشه‌ها (سانتیمتر مربع)	حجم ریشه‌ها (سانتیمتر مکعب)	وزن ریشه‌ها (گرم)	تراکم طول ریشه‌ها (سانتیمتر بر سانتیمتر مکعب)
		Seed yield (kg/ha)	Number of node	Root: Shoot ratio	Primary root length (cm)	Total roots length (cm)	Number of secondary roots	Surface of total root (cm ²)	Volume of roots (cm ³)	Weight of roots (g)	Root length Density (cm/cm ³)
Drought stress تنش خشکی											
No stress	بدون تنش	2229.6a	15.9a	9.99b	3.53a	4.71a	10.7a	698.8a	15.2	19.08a	0.023a
Moderate stress	تنش متوسط	1196.3b	12.2b	11.84a	1.9b	2.72b	3.59b	562.2b	15.8	19.37a	0.012b
Severe stress	تنش شدید	815b	4.3c	10.99ab	1.3c	1.96c	1.65c	364.0c	14.8	16.75b	0.008c
Nitrogen fertilizer کود نیتروژن											
No nitrogen fertilizer	بدون مصرف کود	1488.8a	11.13a	10.47b	2.15b	3.25	5.33	607.9	15.13	17.83	0.014
With nitrogen fertilizer	با مصرف کود	1338.3b	9.5b	11.41a	2.34a	3.01	4.03	642.4	15.11	17.63	0.015
Cultivar رقم											
Azad	آزاد	1518.3a	7.9c	13.83a	2.44a	3.11b	4.82b	642b	15.27a	14.55d	0.014
Bivanih	بیونج	1675.5a	14.8a	11.24b	2.3a	2.96bc	3.46bc	623.8b	16.27a	21.33a	0.016
Hashem	هاشم	914.4b	8.6b	8.6d	2.5a	3.78a	7.07a	726.6a	13.77b	16c	0.014
ILC482		1546.1a	7.9bc	10.09c	1.74b	2.67c	2.37c	511.2c	14.16b	18.05b	0.014

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability Level-using Least significant Difference Test.

نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی حجم ریشه‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش شدت تنش حجم ریشه‌ها کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین حجم ریشه‌ها در تیمار بدون تنش مربوط به رقم بیونج بود و کمترین آن نیز در تیمار تنش شدید مشاهده شد به طوری که یک اختلاف دو برابری از این نظر بین سطوح تنش در ارقام مختلف مشاهده شد. در شرایط تنش شدید بین ارقام از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی در شرایط بدون تنش اختلاف بین ارقام معنی‌دار بود (شکل ۲). نتایج اصغری‌پور و همکاران (Asgharipour *et al.*, 2010) روی ژنوتیپ‌های ماش معصومی و همکاران (Masoumi *et al.*, 2005) بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند.

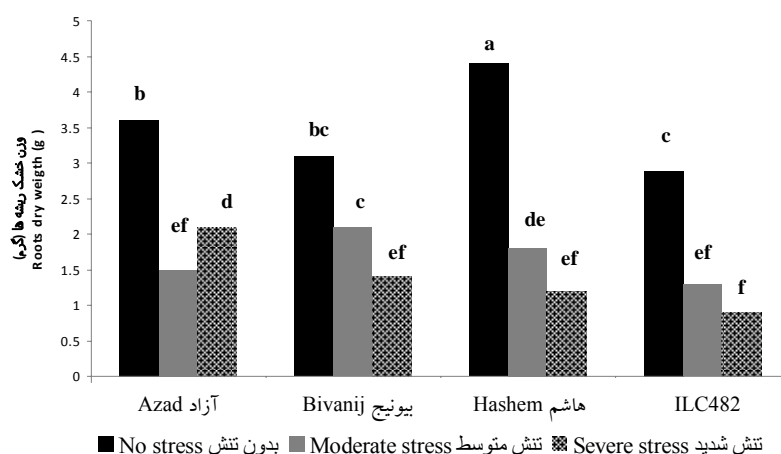
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم، اثر متقابل تنش × نیتروژن، رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی سطح کل ریشه‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش سطح کل ریشه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که سطح کل ریشه‌ها در تیمار بدون تنش حدود دو برابر تیمار تنش شدید بود (جدول ۳). بیشترین سطح ریشه‌ها در شرایط بدون تنش مربوط به رقم هاشم بود و کمترین میزان سطح ریشه‌ها نیز در شرایط تنش شدید در لاین ILC482 مشاهده شد، به طوری

که بین سطوح تنش و عدم تنش در بین ارقام مختلف یک اختلاف ۱۶ برابری مشاهده گردید (شکل ۳). نتایج گزارش شده برای ژنوتیپ‌های ماش نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند (Asgharipour *et al.*, 2010). ارقام گندم متحمل به خشکی نیز حجم ریشه بیشتری نسبت به دیگر ارقام داشتند (Tupitsyn *et al.*, 1968) تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم، اثر متقابل تنش × نیتروژن، رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی تعداد ریشه‌های فرعی معنی‌دار بود (جدول ۲).

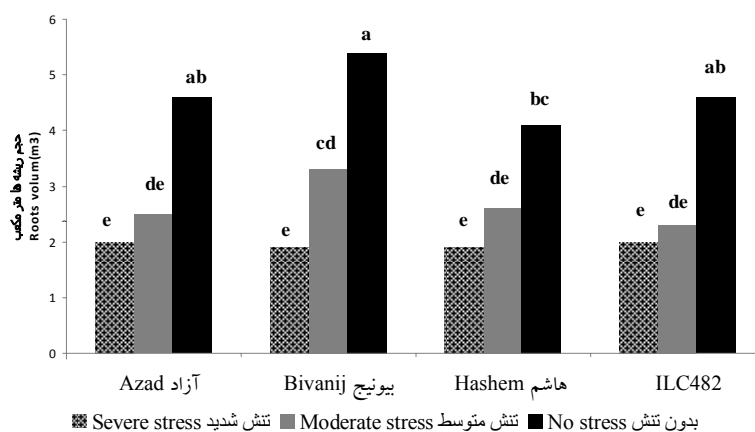
با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد ریشه‌های فرعی کاسته شد ولی کود نیتروژن اثر معنی‌داری روی آن نداشت (جدول ۳). بیشترین تعداد ریشه فرعی در شرایط بدون تنش در رقم بیونج و کمترین تعداد آن در رقم هاشم و در شرایط تنش شدید حاصل شد (شکل ۴). نتایج سایر محققین نیز تأیید کننده این یافته‌هاست (Ganjeali and Bagheri, 2011).

اثر تنش خشکی، رقم، اثر متقابل رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی طول کل ریشه‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲). اختلافات چهار برابری بین سطوح تنش و عدم تنش در ارقام مختلف از نظر طول کل ریشه‌ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بود به طوری که با افزایش شدت تنش این صفت بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. بیشترین طول کل ریشه‌ها در شرایط بدون تنش در



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر وزن خشک ریشه نخود

Fig. 1. Drought stress × cultivar interaction effect on root dry weight in chickpea.



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر حجم ریشه نخود

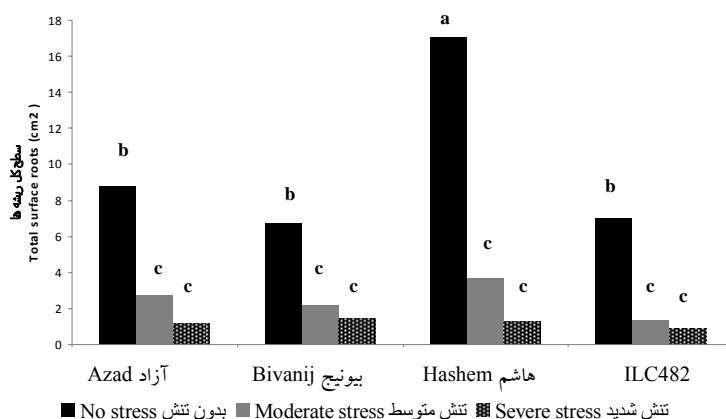
Fig. 2. Drought stress × cultivar interaction effect on root volume in chickpea

رشد و نمو ریشه نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش می‌یابد (Michele *et al.*, 2009).

اثر تنش خشکی، رقم، نیتروژن، اثر متقابل تنش × نیتروژن، رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی طول ریشه اصلی معنی‌دار شد (جدول ۲).

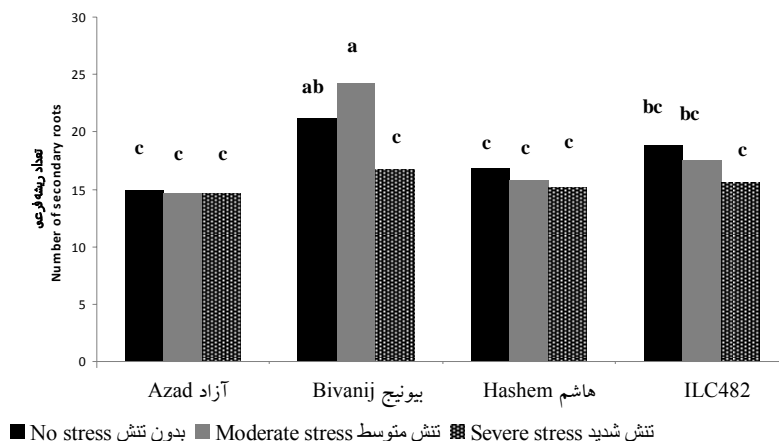
شدت تنش خشکی روی طول ریشه

ژنوتیپ ILC482 و کمترین آن در شرایط تنش شدید در همین ژنوتیپ مشاهده شد (شکل ۵). با افزایش شدت تنش فتوستتزر برگ کاهش یافته و احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی سلول افزایش می‌یابد در نتیجه دسترسی به مواد فتوستتزی کاهش یافته و رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری متوقف می‌شود. بنابراین در شرایطی که تنش خشکی بر گیاه غلبه می‌کند



شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر سطح کل ریشه‌ها در نخود

Fig. 3. Drought stress × cultivar interaction effect on total roots surface in chickpea



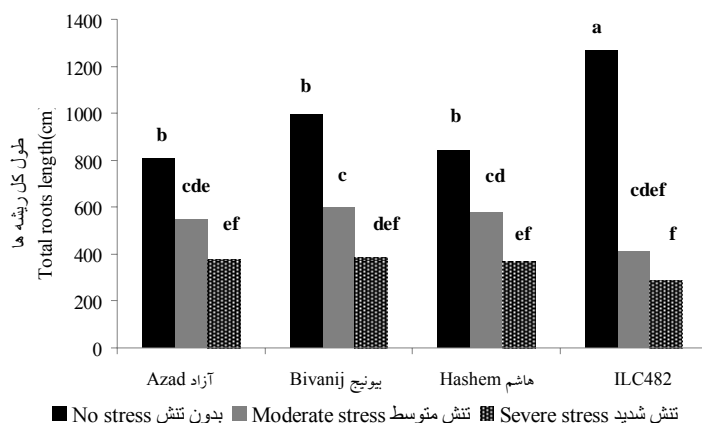
شکل ۴- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر تعداد ریشه‌های فرعی در نخود

Fig. 4. Drought stress × cultivar interaction effect on the number of secondary roots in chickpea

ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد، در نتیجه تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیکی ریشه‌ها مانند افزایش طول ریشه‌ها در واحد وزن ایجاد می‌شود (Aerts *et al.*, 1999).

اثر متقابل تنش × رقم نشان داد که بیشترین طول ریشه اصلی در شرایط تنش متوسط در

اصلی اثر کاهنده داشت و بیشترین طول ریشه اصلی در شرایط بدون تنش حاصل شد. مصرف کود نیتروژن طول ریشه اصلی را افزایش داد (جدول ۳). نتایج توپیتسین (Tupitsyn, *et al.*, 1968) نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند. گیاه هنگام مواجهه با تنش خشکی برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد



شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر طول کل ریشه‌ها در نخود

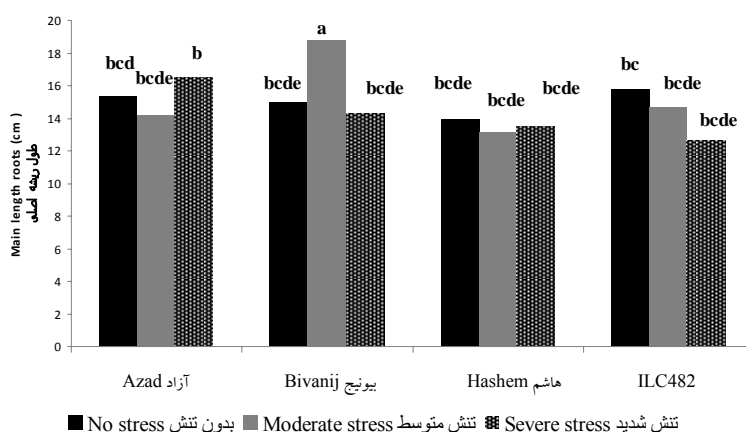
Fig. 5. Drought stress × cultivar interaction effect on total roots length in chickpea

نیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند (Kafi *et al.*, 2000; Ganjeali *et al.*, 2010). جلوگیری از توسعه برگ میزان مصرف کربن و انرژی را در اندامهای هوایی کاهش می‌دهد و سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی گیاه در ریشه توزیع می‌گردد، بنابراین ریشه توانایی جذب آب و مواد معدنی بیشتری داشته و در نتیجه نسبت وزن ریشه به اندام هوایی افزایش می‌یابد (Michele *et al.*, 2009). معادلات (Maadelat, 1981) نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی سبب افزایش نسبت ریشه به ساقه در ژنوتیپ‌های گندم شد. با مصرف کود نیتروژن آغازگر نسبت ریشه به ساقه به طور معنی‌داری افزایش یافت. چون با مصرف کود نیتروژن تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در گیاه کمتر شد و همین امر سبب شد که در ادامه نیتروژن کافی برای رشد گیاه در اختیار نبود و اندام هوایی گیاه از رشد محدودتری برخوردار

رقم بیونج و کمترین آن در شرایط تنش شدید و در لاین ILC482 حاصل شد (شکل ۶).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، نیتروژن، رقم، اثر متقابل تنش × نیتروژن، رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی نسبت ریشه به ساقه معنی‌دار شد (جدول ۲).

نسبت ریشه به ساقه در تیمار تنش شدید به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای تنش متوسط و بدون تنش بود و دلیل این موضوع این است که با افزایش تنش خشکی از رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی کاسته می‌شود ولی رشد اندام‌های زیرزمینی کمتر از رشد اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. گیاه در شرایط تنش سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و این ویژگی باعث می‌شود که گیاه بتواند در شرایط خشکی آب مورد



شکل ۶- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر طول ریشه اصلی نخود

Fig. 6. Drought stress × cultivar interaction effect on length of main root in chickpea

کود نیتروژن در گیاه سبب شد که تعداد گره‌ها به طور معنی‌داری کاهش پیدا کنند (جدول ۳). این امر به دلیل اختلالی است که کود نیتروژن در آغاز رشد گیاه بین ریشه گیاه و باکتری‌های همزیست به وجود می‌آورد (Asseng *et al.*, 2000; Ceotto *et al.*, 1995). بیشترین تعداد گره در شرایط بدون تنش و در رقم بیونج بدست آمد در حالی که کمترین آن در شرایط تنش خشکی در رقم آزاد بدست آمد به طوری که تعداد گره‌ها در رقم بیونج در این شرایط دو برابر رقم آزاد بود (شکل ۸).

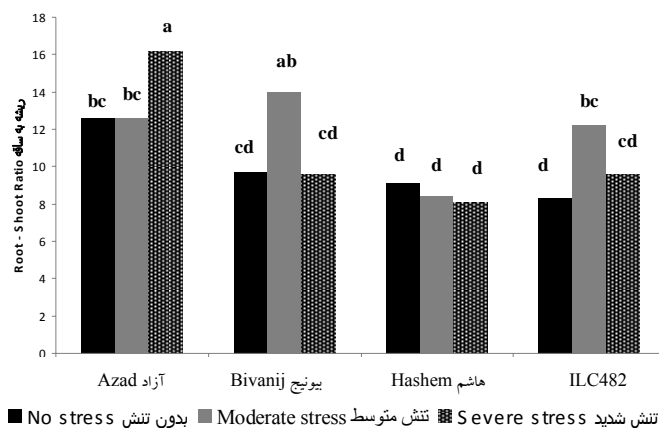
تفاوت بین سطوح مختلف تنش خشکی از لحاظ تراکم طول ریشه‌ها معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) و اثر سایر تیمارها روی این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تراکم طول ریشه‌ها در تیمار بدون تنش مشاهده شد و با افزایش شدت تنش خشکی میزان تراکم طول ریشه‌ها کاهش یافت

بود و نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت. بیشترین میزان نسبت ریشه به ساقه در شرایط تنش شدید در رقم آزاد بدست آمد و کمترین میزان آن نیز مربوط به لاین ILC482 و در شرایط بدون تنش بدست آمد (شکل ۷). بالا بودن نسبت ریشه به ساقه در رقم آزاد هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش به دست آمد (شکل ۶).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، نیتروژن، رقم، اثر متقابل تنش × نیتروژن، رقم × نیتروژن، تنش × رقم و تنش × رقم × نیتروژن بر روی تعداد گره در ریشه معنی‌دار شد (جدول ۲).

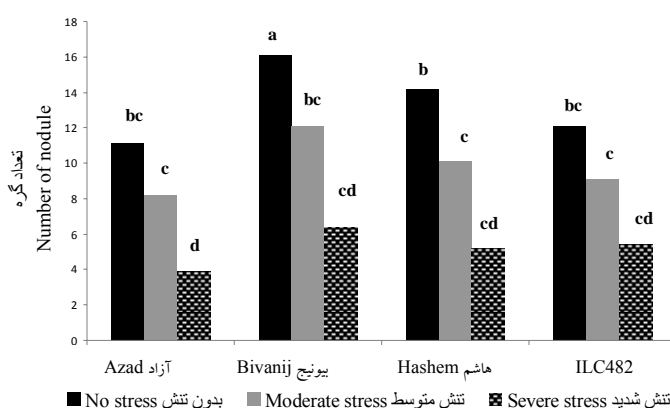
با افزایش شدت تنش از میزان گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه گیاه کاسته شد به طوری که تعداد گره در تیمار بدون تنش حدود چهار برابر تیمار تنش شدید و بیشتر از شرایط تنش متوسط بود (جدول ۳). مصرف

اثر تنش خشکی و کود نیتروژنه...



شکل ۷- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر نسبت ریشه به ساقه در نخود

Fig. 7. Drought stress × cultivar interaction effect on root:shoot ratio in chickpea



شکل ۸- اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر تعداد گره ریشه در نخود

Fig. 7. Drought stress × cultivar interaction effect on number of root nodules in chickpea

دانه معنی دار شد ($P \leq 0.01$) و اثر سایر تیمارها روی آن معنی دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که بالاترین میانگین عملکرد دانه به میزان ۲۲۲۹/۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار بدون تنش بود که نسبت به تیمار تنش متوسط و تنش شدید دارای اختلاف معنی داری بود و با افزایش تنش کاهش یافت (جدول ۳). نتایج حاصل از بررسی‌های سایر محققان نیز این

و در شرایط عدم تنش میزان آن سه برابر شرایط تنش شدید و حدود دو برابر شرایط تنش متوسط بود (جدول ۳). از این لحاظ بین مصرف و عدم مصرف کود نیتروژن و همچنین بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی، رقم و اثر متقابل سه گانه تنش خشکی × رقم × نیتروژن بر روی عملکرد

عملکرد دانه مثبت بود (جدول ۵). یعنی با افزایش هر کدام از صفات ریشه عملکرد دانه نیز افزایش پیدا کرد. و کانسونال و همکاران (Vocansonal *et al.*, 2006) نشان دادند که بین عمق ریشه و عملکرد دانه نخودفرنگی در شرایط تنش خشکی همبستگی مثبتی وجود دارد و با افزایش میزان عمق ریشه عملکرد دانه نیز افزایش یافت.

همبستگی بین تعداد گره در ریشه با تعداد ریشه‌های فرعی، طول کل ریشه‌ها و وزن ریشه‌ها مثبت و در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و همبستگی آن با طول ریشه اصلی و تراکم طول ریشه‌ها مثبت و در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). یعنی با افزایش هر یک از این صفات تعداد گره‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. با افزایش تعداد ریشه‌ها و حجم ریشه‌ها، طول کل ریشه‌ها نیز به دنبال آن افزایش یافت. بدیهی است که سطح تماس ریشه گیاه با خاک نیز افزایش یافته و به دنبال آن تماس باکتری‌های ریزوبیومی موجود در خاک نیز با ریشه گیاه بیشتر شده و گره‌های بیشتری در ریشه آنها تشکیل می‌شود.

همبستگی بین طول کل ریشه‌ها با سطح کل ریشه‌ها و حجم ریشه‌ها و وزن ریشه‌ها مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). گنجعلی و همکاران نیز در تحقیقی بر روی نخود نتایج مشابهی را گزارش کردند (Ganjeali *et al.*, 2010).

همبستگی بین سطح کل ریشه‌ها با حجم

یافته‌ها را تأیید می‌کند (Jalilian *et al.*, 2008; Ghasemi-e-Golozani *et al.*, 2006). بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط بدون تنش مربوط به رقم بیونج به همراه مصرف کود نیتروژن آغازگر بود و کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به رقم هاشم بود (جدول ۴). در ارقام مختلف گندم نیز با افزایش شدت تنش خشکی از میزان عملکرد دانه کاسته شد و وقوع تنش در مرحله زایشی بیش از سایر مراحل باعث کاهش عملکرد دانه شده است (Dastfal *et al.*, 2009).

تفاوت در واکنش ارقام نسبت به تنش آبی را می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی آنها نسبت داد. کاهش میزان آب قابل دسترس به خصوص در ابتدای دوران گلدهی ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه نمودن دوران رشد زایشی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Farbodnia, 1997). در شرایط تنش خشکی، بسته شدن جزئی روزنه‌ها تعرق را بیشتر از فتوسنتز کاهش داده و در نتیجه کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. اما تنش شدید باعث بسته شدن کامل روزنه‌ها شده و کارایی مصرف آب به دلیل پائین آمدن فتوسنتز پایین آمده و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد. میزان و نحوه تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه نخود از یک طرف تابع زمان و شدت تنش و از طرف دیگر تابع میزان تحمل این رقم به این تنش می‌باشد (Saxena, 1990).

همبستگی بین صفات مختلف ریشه با

جدول ۴- اثر متقابل تنش × کود نیتروژن × رقم بر روی عملکرد دانه در ارقام نخود
 Table4. Drought stress × nitrogen fertilizer × cultivar interaction effect on grain yield in chickpea

Cultivar	بدون تنش No stress		تنش متوسط Medium stress		تنش شدید Severe stress	
	بدون کود No fertilizer	مصرف کود With fertilizer	بدون کود No fertilizer	مصرف کود With fertilizer	بدون کود No fertilizer	مصرف کود With fertilizer
	Azad	2583a	2000abcd	1130cde	1356abcde	923bcd
Bivanij	2106abc	2730a	1343abcde	1696abcd	1143abc	1033bc
Hashem	1580bcdef	2196ab	670f	733f	156e	150d
ILC482	2076abc	2563a	1280bcde	1360abcde	1066bc	930bc

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Least Significant Difference Test.

جدول ۵- همبستگی بین خصوصیات ریشه و عملکرد دانه ارقام نخود تحت تاثیر تنش خشکی و کود نیتروژن آغازگر

Table 5. Correlation between root characteristics and seed yield in chickpea cultivars as affected by drought stress and starter nitrogen fertilizer

Characteristics	خصوصیات	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Seed yield (1)	عملکرد	1									
Number of nodule (2)	تعداد گره	0.9 ^{ns}	1								
Root: Shoot ratio (3)	نسبت ریشه به ساقه	0.1 ^{ns}	1.23 ^{ns}	1							
Main root length (4)	طول ریشه اصلی	0.6 ^{ns}	2.33 ^{**}	0.669 ^{ns}	1						
Total roots length (5)	طول کل ریشه ها	0.7 ^{ns}	1.63 [*]	-0.271 ^{ns}	0.1 ^{ns}	1					
Number of secondary roots (6)	تعداد ریشه های فرعی	0.5 ^{ns}	2.34 [*]	-0.138 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.166 ^{ns}	1				
Surface of total roots (7)	سطح کل ریشه ها	0.6 ^{ns}	2.31 ^{ns}	-0.441 ^{ns}	-0.1 ^{ns}	0.970 ^{**}	0.1	1			
Volume of roots (8)	حجم ریشه ها	0.6 ^{ns}	2.65 ^{ns}	-0.338 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.987 ^{**}	0.1 ^{ns}	0.981 ^{**}	1		
Weight of roots (9)	وزن ریشه ها	0.7 ^{ns}	1.22 [*]	-0.175 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.982 ^{**}	0.2 ^{ns}	0.930 ^{**}	0.971 ^{**}	1	
Root length density (10)	تراکم طول ریشه ها	0.88 ^{**}	0.91 ^{**}	-0.2 ^{ns}	0.91 ^{**}	0.31 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.84 ^{**}	0.89 ^{**}	0.93 ^{**}	1

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: Not significant

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی دار

موجب پایداری عملکرد نخود شود. در این بررسی با افزایش شدت تنش آبی کل صفات مربوط به ریشه به جز نسبت ریشه به ساقه کاهش یافت و نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت که به احتمال زیاد در نتیجه به کاهش رشد اندام‌های هوایی نسبت به ریشه‌ها می‌باشد. از آنجا که با افزایش تنش خشکی رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی کاهش می‌یابد ولی کاهش رشد اندام‌های زیرزمینی کمتر است و این ویژگی باعث می‌شود که گیاه بتواند در شرایط خشکی آب مورد نیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند. عملکرد نیز با افزایش شدت تنش کاهش یافت و کود نیتروژن آغازگر نیز باعث افزایش عملکرد دانه شد. افزایش عملکرد دانه در شرایط فراهمی رطوبت مربوط به افزایش تولید و توزیع آسیمیلاتا می‌باشد. ارقام مختلف نخود نیز از نظر عملکرد و ویژگی‌های ریشه واکنش‌های متفاوتی نشان دادند.

ریشه‌ها، وزن کل ریشه‌ها و تراکم طول ریشه‌ها نیز مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در گندم نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفاتی مانند حجم و وزن ریشه گزارش شد (Guohua, 2009). همبستگی معنی‌دار بین خصوصیات مختلف نشان‌دهنده ارتباط نزدیک بین آنها می‌باشد (جدول ۵). وزن ریشه‌ها و حجم ریشه‌ها نیز با تراکم طول ریشه‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. با افزایش این صفات تراکم طول ریشه‌ها نیز افزایش یافت. همبستگی بین طول ریشه اصلی با حجم ریشه‌ها منفی بود و این نتیجه را می‌رساند که افزایش وزن خشک ریشه‌ها بیشتر در نتیجه گسترش جانبی و تولید ریشه‌های ثانویه است تا افزایش قطر ریشه‌ها که با نتایج خزاعی و کافی (Khazaei and Kafi, 2003) برای گندم مطابقت دارد.

سیستم ریشه مناسب در مناطقی که با محدودیت رطوبت مواجه هستند می‌تواند

References

- Aerts, R., and Chapin, F. S. 1999. The mineral nutrition of wild plants revisited: re evaluation of processes and patterns. *Advences in Ecological Research* 62:26-34.
- Alizadeh, A. 2005. *Water, Soil and Plant Associated*. Emam Reza Publications. Mashhad, Iran. 470 pp. (In Persian).
- Asseng, S., and Hsiao, T. C. 2000. Canopy CO_2 assimilation , energy balance, and water use efficiency of an alfalfa crop before and after cutting. *Field Crops Research* 67: 191-206.
- Assgharipoor, M. R., and Rafiei, M. 2010. Effect of drought stress on different morphological characteristics of root and root: shoot ratio on mungbean genotypes. Pp.

2814. In: Proceedings of the 11th Iranian Crop Sciences Congress. Shahid Beheshti University. Tehran, Iran. (In Persian).
- Ceotto, E., and Spallacci, P. 1995.** Effects of pig manure application on the efficiency of radiation utilization in pure alfalfa stand. *Agronomy Science, Sezione Modena, Italy* 134: 163-167.
- Dastfal, M., Barati, V., Navabi, F., and Haghghatnia, H. 2009.** Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of fars province. *Seed and Plant* 2 (25). 331-346. (In Persian).
- Farbodnia, T. 1997.** Effect of drought stress on germination, growth, biochemical changes under drought in tow chickpea lines. M. Sc. Thesis, University of Tarbiat Moalem. Tehran, Iran. 125 pp. (In Persian).
- Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2011.** Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research* 1(2): 101-110. (In Persian).
- Ganjeali, A., Kaffi, M., and Sabet Teimouri, M. 2010.** Evaluation of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 3(1): 35-45.
- Ghasemi-e-Golozani, K., Fathollahzadeh, M., and Dalil, B. 2004.** Effect of water deficit on yield and HI in chickpea grain at Tabriz. Pp. 447. In: Proceedings of the 10th Iranian Crop Sciences Congress. Karaj, Iran. (In Persian).
- Grossnicle, S. C. 2005.** Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forestes* 30:273-294.
- Guohua, L., Kang, Y., Li, L., and Wan, S. 2009.** Effects of irrigation methods on root development and profile soil water uptake in winter wheat. *Irrigation Science* 10: 1017-1029.
- Heichel, G. H. 1977.** Response of nodulation and growth of *Medicago sativa* to nitrogen and water regimes. *Plant physiology* 59: 128-136.
- Jalilian, J., Modaresanavi, S., and Sabaghpour, S. H. 2002.** Effect of plant density and complete irrigation on yield, yield component and protein content in 4 cultivars of chickpea in the dryland condition. *Journal of Agricultural and Natural Resource* 7(6):1-6. (In Persian).

- Jamsidi Moghadam, M., Pakniat, H., and Farshadfar, E. 2007.** Evaluation of drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines using agro-physiologic characteristics. Seed and Plant 23 (3): 325-342. (In Persian).
- Kafi, M., and Mahdavi-e-Damghani, A. 2000.** Mechanisms of plants to environmental Stresses. Ferdowsi University Publication. Mashhad, Iran. 449 pp. (In Persian).
- Keck, T. J., Wagent, P., Campbell, W. F., and Knighton, R. E. 1984.** Effect of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. Soil Science 48:1310-1315.
- Khazaei, H., and Kafi, M. 2003.** Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 1(1): 33-41. (In Persian).
- Lewis, D. C., and Mcfarlane, J. D. 1986.** Effect of foliar applied manganese on the growth on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. Australian Journal of Agricultural Research 37:567-572.
- Li, K. Y., Jong, R. D., Coe, M. T., and Ramankutty, N. 2006.** Root-water-uptake based upon a new water stress reduction and an symptotic root distribution function. Journal of Hydrology 252:189–204.
- Maadelat, P. 1981.** Studing tolerance to drought stress in wheat cultivars. M. Sc. Thesis, University of Tehran. Tehran, Iran. 109 pp. (In Persian).
- Masommi, A., Zamyad, H, and Sarvari, M. 2005.** Study on the root parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in the water stress conditions. Pp. 579. In: Proceedings of the 1th Iranian Pulse Crops Symposiom. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Mckee, G. W. 1960.** Some effects of liming fertilization and soil moisture on seedling growth and nodulation in birds foot trifoli. Agronomy Journal 52: 237-240.
- Michele, A., Douglas, T., and Frank, A. 2009.** The effects of clipping and soil moisture on leaf and root morphology and root respiration in two temperate and two tropical grasses. Plant Ecology 200: 205-215.
- Mohammadi, G., Javanshir, A., Rahimzadekhoei, F., Mohammadi, A., and Zehtabesalmasi, S. 2004.** The effect of weeds interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. Journal of Agricultural Sciences 6(3): 1-9. (In Persian).
- Nelson, C. 2001.** Untapped potential; Irrigated chickpea production. Pp. 1. In: Proceedings of Dryland and Irrigated Reduced Tillage Conference. Lethbridge, Canada.

- Papastylianon, I. 1995.** Yield components in relation to grain yield losses of barley fertilized with nitrogen. *European Journal of Agronomy*. 4:55-63.
- Pezeshkpoor, P., and Mousavi, S. K. 2005.** Correlation between drought indices and grain yield in chickpea in optimum condition (summer sowing) and stress condition (spring sowing). Pp. 318. In: *Proceedings of the 1th Iranian Pulse Crops Symposium*. Mashhad, Iran. (In Persian)
- Saito, S. M. T., Nazareth, M., Montanherio, S., Victoria, R. L., and Reichardt, K. 1984.** The effects of N fertilizer and soil moisture on the nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Agriculture Science* 103:87-93.
- Saxena, M. C. 1990.** Problems and potential of chickpea production in the nineties. In “Chickpea in the nineties”. Pp. 13-26. In: *Chickpea in the nineties: Proceedings of the Second International Workshop on Chickpea Improvement*. ICRISAT, Patancheru, India.
- Singh, G., Sekhon, H. S., and Kolar, J. S., 2005.** *Pulses*. Agrotech Publishing Academy. Udaipur, India. 329 pp.
- Tupitsyn, N. V., Waines, J. G., and Lyashok, A. K. 1968.** Water uptake by the root system of the spring wheats *Botanicheskaya 3* and *Orenburgskaya7* in relation to their drought resistance. *Plant Breeding* 57 (9): 809-815.
- Vocansonal, A., Roger-Esteradel, J., Boizard, H., and Marie-He, L. J. 2006.** Effects of soil structure on pea (*Pisum sativum* L.) root development according to sowing date and cultivar. *Plant and Soil*. 28:121-135.
- Zablotowicz, R. M., Focht, D. D., and Cannell, G. H. 1981.** Nodulation and N fixation of field grown California cowpea as influenced by well-Irrigated and drought conditions. *Agronomy Journal* 75:9-12.