

اثر اندازه بذر بر کاهش اثر سوء تنش خشکی در مراحل مختلف رشد
ژنوتیپ‌های نخود سفید (*Cicer arietinum* L.)

Effect of Seed Size on Mitigating Adverse Effect of Drought Stress at Different
Growth Stages of Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes

داود صادق‌زاده اهری

استادیار، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۶

چکیده

صادق‌زاده اهری، د. ۱۳۹۵. اثر اندازه بذر بر کاهش اثر سوء تنش خشکی در مراحل مختلف رشد ژنوتیپ‌های نخود سفید (*Cicer arietinum* L.). مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲: ۱۴۰-۱۲۱.

این بررسی در دو آزمایش در شرایط مزرعه (گیاه کامل) و آزمایشگاه (مرحله گیاهچه‌ای) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه انجام شد. در آزمایش مزرعه‌ای که به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به مدت سه سال زراعی (۹۲-۱۳۸۹) انجام شد، سطوح تنش خشکی شامل یک‌بار آبیاری بلافاصله پس از کاشت، دوبار آبیاری (زمان کاشت + مرحله گلدهی) و سه بار آبیاری (زمان کاشت + مرحله گلدهی + مرحله پر شدن غلاف‌ها) در کرت‌های اصلی، ژنوتیپ‌ها (ارقام آرمان، آزاد، ILC 482 و یک توده بومی ترکیه) در کرت‌های فرعی و اندازه بذر (درشت، متوسط و ریز به ترتیب با قطر بیش از ۸، ۸ تا ۶ و کمتر از ۶ میلی‌متر) در کرت‌های فرعی - فرعی قرار گرفتند. آزمایش مرحله گیاهچه‌ای به صورت فاکتوریل با سه عامل و ژنوتیپ، اندازه بذر و سطوح تنش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. دو عامل ژنوتیپ و اندازه بذر مانند آزمایش مزرعه‌ای بودند و عامل تنش خشکی در پنج سطح (صفر به عنوان شاهد، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- بار با استفاده از PEG6000) بود. برای ارزیابی تحمل خشکی از شاخص‌های MP، STI و GMP استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که اندازه بذر بر عملکرد دانه و عملکرد زیست توده آفتاب خشک از نظر آماری اثر معنی‌داری نداشت ولی بیشترین عملکرد دانه متعلق به بذرهایی با اندازه متوسط و درشت (به ترتیب ۹۰۱ و ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج آزمایش مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که بیشترین مقادیر وزن تر و خشک گیاهچه متعلق به بذرهای درشت بود. جمع‌بندی نتایج در هر دو شرایط آزمایشی نشان داد که رقم آزاد و لاین ILC 482 متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی بودند. بین اندازه بذر و عملکرد در شرایط تنش در هر دو مرحله گیاه کامل و گیاهچه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (به ترتیب $r = 0.979$ و $r = 0.998$). با توجه به نتایج این بررسی، انتخاب ژنوتیپ و اندازه بذر مناسب به منظور کاهش اثر سوء تنش خشکی در کشت نخود دیم قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: نخود تیپ کابلی، مرحله گیاهچه‌ای، مرحله گیاه کامل، پلی اتیلن گلایکول، شاخص‌های تحمل به تنش.

مقدمه

مزرعه شود (Perry, 1980). ولی در برخی مطالعات نتایج متفاوتی گزارش شده است. خانقائی و همکاران (Khanghaei et al., 2012) در شرایط بدون تنش در نخود گزارش کردند که تقریباً تمام مولفه‌های جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، بینه بذر، طول گیاهچه) در بذره‌های کوچک نسبت به بذره‌های درشت بیشتر است. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده توسط کایا و همکاران (Kaya et al., 2008) در شرایط تنش شوری، بذره‌های ریزتر نخود در مقایسه با بذره‌های متوسط و درشت از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردارند. نتایج مطالعات انجام شده در نخود توسط طوبا بیچر (Tuba Bicher, 2009) نشان داد که عملکرد گیاهان حاصل از بذره‌های درشت در نخود به ترتیب ۶٪ و ۱۰٪ بیشتر از گیاهان حاصل از بذره‌های با اندازه متوسط و بدون سایز بندی است. در گزارشی دیگر آمده است که از نظر میزان ماده خشک، عملکرد دانه و وزن صد دانه تفاوتی بین اندازه‌های مختلف بذر نخود (ریز، درشت و بدون سایز بندی) وجود ندارد (Saxena et al., 1981). هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر اندازه بذر بر عملکرد دانه، صفات گیاهچه‌ای و تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دیم بود تا بر اساس نتایج آن، با انتخاب ژنوتیپ و اندازه بذر مناسب اثر سوء تنش خشکی در شرایط دیم را تا حدودی کاهش داد.

نخود (*Cicer arietinum* L.) با سطح زیر کشت سالانه بین ۹۰۰ - ۵۵۰ هزار هکتار یکی از مهم‌ترین حبوبات ایران است که بیش از ۵۰٪ از سطح زیر کشت حبوبات را به خود اختصاص داده و بیش از ۹۰٪ آن به صورت دیم کشت و کار می‌شود (Anonymous, 2015)؛ (Anonymous, 2000). برابر آمار موجود، عملکرد دانه نخود دیم در ایران حدود ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار است (Sadeghzadeh-Ahari and Farayed, 2013)؛ (Anonymous, 2012).

کمبود رطوبت خاک از مهم‌ترین عوامل محدودیت تولیدات گیاهی در شرایط دیم محسوب می‌شود. گزارش‌های متعددی در مورد میزان خسارت خشکی به محصولات زراعی موجود است و بر این اساس، معلوم شده است که تنش خشکی سبب ۴۰٪ تا ۵۰٪ کاهش عملکرد می‌شود (Pour Yamchi et al., 2011)؛ (Malhotra and Saxena, 2002).

نتایج مطالعات انجام شده در شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی حاکی از تاثیر اندازه بذر بر برخی خصوصیات گیاهی است (Morrison and Xue, 2007). به دلیل ارتباط زیاد بین اندازه بذر و منابع غذایی موجود در آن، معمولاً انتظار بر این است که افزایش اندازه بذر نقش مثبتی در رشد گیاهچه‌ها داشته و این امر سبب افزایش عملکرد نهایی گیاه در

مواد و روش‌ها

این بررسی در قالب دو آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه اجرا شد. آزمایش اول در شرایط مزرعه‌ای و با استفاده از طرح آماری کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در سه سال زراعی (۱۳۹۲-۱۳۸۹) انجام شد. سطوح تنش شامل یک‌بار آبیاری بلافاصله پس از کاشت، دو بار آبیاری (بلافاصله پس از کاشت + زمان گلدهی) و سه بار آبیاری (بلافاصله پس از کاشت + زمان گلدهی + زمان پرکردن غلاف) در کرت‌های اصلی (Main plots) و ژنوتیپ‌ها (ارقام آرمان، آزاد، ILC 482 و یک توده بومی از ترکیه) در کرت‌های فرعی (Sub plots) و اندازه بذر (سه اندازه درشت با قطر بیش از ۸ میلی‌متر، متوسط با قطر ۶ تا ۸ میلی‌متر و ریز با قطر کمتر از ۶ میلی‌متر) در کرت‌های فرعی-فرعی (Sub-sub plots) قرار داده شدند.

هر کرت فرعی-فرعی شامل شش خط کاشت به طول شش متر و فواصل ردیف ۲۵ سانتی‌متر و تراکم کاشت برابر ۳۰ دانه در مترمربع بود. برای سهولت در آبیاری و عدم تداخل و نفوذ آب در تیمارهای مختلف، ۲ متر فاصله بین کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد. برای هر دور آبیاری ۴۰ میلی‌متر آب در نظر گرفته شد. پس از رسیدن گیاهان و حذف اثر حاشیه‌ای (حذف نیم متر از ابتدا و انتها و همچنین حذف دو خط

کناری در هر کرت)، عملکرد زیست توده آفتاب خشک (Biological yield) و عملکرد دانه (Seed yield) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس سالانه برای صفات مختلف انجام و در پایان سال سوم ضمن انجام تجزیه واریانس مرکب اثر ساده سال، ژنوتیپ، اندازه بذر و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر صفات اندازه‌گیری شد و بر اساس موازین طرح آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

عملیات آماده‌سازی زمین آزمایشی به وسیله شخم با گاو آهن قلمی در پاییز سال قبل انجام و برای تغذیه گیاهان با توجه به نتایج تجزیه خاک مزرعه، از فرمول کودی N20P30 استفاده شد. تمامی کود فسفره (سوپر فسفات تریپل) در پاییز و کود نیتروژن (اوره) در بهار (مرحله دو برگگی) و به عنوان آغازگر مصرف شد (Ghaffari, 2008).

آزمایش دوم با استفاده از تنش القایی توسط پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در شرایط آزمایشگاهی انجام و در آن خصوصیات گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف تنش مورد مطالعه قرار گرفت. این بررسی با استفاده از آزمایش فاکتوریل با سه عامل ژنوتیپ، اندازه بذر و سطوح تنش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه انجام شد. عامل ژنوتیپ در چهار سطح (ارقام آرمان، آزاد، ILC482 و توده بومی ترکیه)، عامل اندازه بذر در سه سطح (درشت، متوسط و ریز

شاخص‌های تحمل به خشکی شامل STI (Stress Tolerance Index)، میانگین حسابی (MP (Mean Productivity Index) و میانگین هندسی به‌روری (GMP (Geometric Mean Productivity Index) بر مبنای Y_p ، Y_s ، \bar{Y}_p و \bar{Y}_s که به ترتیب عبارتند از عملکرد در شرایط تنش و در شرایط بدون تنش، میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش استفاده شد. روش برآورد، شاخص‌های مذکور با استفاده از روابط زیر بود (Fernandez, 1992؛ Rosielle and Hamblin, 1981):

$$MP = \frac{(Y_p + Y_s)}{2}$$

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \right) \left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p^2)}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

با توجه به این اصل که میزان ماده خشک تجمع یافته در گیاهچه‌ها به عنوان مهم‌ترین شاخص در توانایی واقعی رشد و نمو آن‌ها در شرایط تنش تلقی می‌شود (Zareian et al., 2013) بنابراین در برآورد شاخص‌های تحمل به تنش در مرحله گیاهچه‌ای از آن استفاده شد. به منظور بررسی اثر اندازه بذر بر عملکرد، ضرایب همبستگی ساده بین اندازه بذر، عملکرد دانه و وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی محاسبه

مطابق تقسیم‌بندی انجام شده در آزمایش مزرعه‌ای) و عامل تنش خشکی القایی با پلی اتیلن گلايکول در پنج سطح (صفر به عنوان شاهد، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ بار) بود. هر تیمار در دو تشتک پتری هر کدام حاوی ده بذر کشت شد و در پایان روز چهاردهم از صفات مختلف شامل وزن تر و وزن خشک گیاهچه و در صد جوانه‌زنی یادداشت برداری به عمل آمد (Gupta et al., 1993؛ Okcu et al., 2005).

در این آزمایش برای هر تشتک پتری ۴۰ میلی‌لیتر محلول در نظر گرفته شد، به طوری که ۲۰ میلی‌لیتر آن در ابتدای آزمایش، ۱۰ میلی‌لیتر در روز پنجم و ۱۰ میلی‌لیتر دیگر در روز دهم به تشتک‌ها اضافه شد (Sapra et al., 1991). مقادیر لازم برای تعیین پتانسیل محلول پلی اتیلن گلايکول ۶۰۰۰ با استفاده از روش میچل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) محاسبه شد. تشتک‌ها در طول اجرای آزمایش در داخل اتاقک رشد و در دمای ۲۰/۱۵ (شب/روز) درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۵٪ قرار گرفتند.

با توجه به گزارش‌های متعدد در خصوص کارآیی مناسب برخی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در نخود برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم (Seyedi et al., 2013؛ Pour Yamchi et al., 2011؛ Jamshidi Moghadam et al., 2007) به منظور تعیین نقش ژنوتیپ در تحمل یا حساسیت به خشکی از شاخص‌های مذکور شامل

نتایج و بحث

آمار هواشناسی ایستگاه کشاورزی دیم در طول دوره رشد نخود (فروردین تا تیرماه) مراغه در سه سال آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- آمار هواشناسی سه ساله (۹۲-۱۳۸۹) ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه
Table 1. Meteorological information of Maragheh Dryland Agricultural Research Station during three growing seasons (2010-2013)

Month	ماه	Growing seasons فصل زراعی					
		۱۳۸۹-۱۳۹۰		۱۳۹۰-۱۳۹۱		۱۳۹۱-۱۳۹۲	
		2010-2011		2011-2012		2012-2013	
		بارندگی Rainfall (mm)	میانگین دما Mean temperature (°C)	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین دما Mean temperature (°C)	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین دما Mean temperature (°C)
Mar.-Apr.	فروردین	69.5	7	36.2	6	33.2	8
Apr.- May	اردیبهشت	120.6	11	49.7	12	47.7	10
May- Jun.	خرداد	3.0	17	21.0	17	9.0	17
Jun.- Jul.	تیر	0.0	22	8.8	21	0.3	22

تنش × ژنوتیپ × اندازه بذر بر زیست توده آفتاب خشک از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد زیست توده (۳/۳۸ تن در هکتار) متعلق به سال اول آزمایش (۹۰-۱۳۸۹) بود (نتایج ارائه نشده است) که در بین سال‌های مورد بررسی بیشترین بارندگی را داشت (جدول ۱) و سال سوم با کمترین مقدار بارندگی دارای کمترین مقدار عملکرد زیست توده بود. براساس نتایج حاصله عملکرد زیست توده آفتاب خشک در نتیجه افزایش تعداد آبیاری افزایش یافت. به طوری که در مقایسات میانگین

آزمایش مزرعه‌ای

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (سه ساله) در شرایط مزرعه‌ای در جدول ۲ ارائه شده است که بر اساس آن اثر عوامل مختلف آزمایشی بر صفات و خصوصیات مورد مطالعه به شرح زیر بود:

عملکرد زیست توده آفتاب خشک

عملکرد زیست توده آفتاب خشک تحت تاثیر اثر ساده سال و سطح تنش قرار گرفت. همچنین اثر متقابل سال × اندازه بذر، ژنوتیپ × اندازه بذر، سال × سطح تنش × اندازه بذر و اثر چهار جانبه سال × سطح

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب (سه ساله) عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود
Table 2. Combined analysis of variance (3 years) for biological yield (BY) and seed yield (SY) of chickpea genotypes

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS	
			عملکرد بیولوژیکی BY	عملکرد دانه SY
Year (Y)	سال	2	164.0**	15.96**
Error 1	خطای یک	6	1.56	0.32
Stress level (SL)	سطح تنش	2	20.50**	4.73**
Y × SL	سال × سطح تنش	4	2.18 ^{ns}	0.39 ^{ns}
Error 2	خطای دو	12	0.77	0.24
Genotype (G)	ژنوتیپ	3	0.72 ^{ns}	0.36*
Y × G	سال × ژنوتیپ	6	0.30 ^{ns}	0.11*
SL × G	سطح تنش × ژنوتیپ	6	0.42 ^{ns}	0.11*
Y × SL × G	سال × سطح تنش × ژنوتیپ	12	0.15 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Error 3	خطای سه	54	0.17	0.04
Seed size (S)	اندازه بذر	2	0.37 ^{ns}	0.12 ^{ns}
Y × S	سال × اندازه بذر	4	0.20**	0.07**
SL × S	سطح تنش × اندازه بذر	4	0.10 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Y × SL × S	سال × سطح تنش × اندازه بذر	8	0.14**	0.04*
G × S	ژنوتیپ × اندازه بذر	6	0.30*	0.07*
Y × G × S	سال × ژنوتیپ × اندازه بذر	12	0.08 ^{ns}	0.03 ^{ns}
SL × G × S	سطح تنش × ژنوتیپ × اندازه بذر	12	0.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Y × SL × G × S	سال × سطح تنش × ژنوتیپ × اندازه بذر	24	0.09*	0.02 ^{ns}
Error 4	خطای چهار	144	0.05	0.02
CV%	درصد ضریب تغییرات	-	11.65	13.70

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪؛ ns : فاقد اختلاف معنی‌دار آماری

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively and ns: not significant

متعلق به رقم آرمان (۲/۰۳ تن در هکتار) و توده بومی ترکیه (۱/۸۲ تن در هکتار) بود (جدول ۴). کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی در این بررسی برابر ۱/۸۹ تن در هکتار و متعلق به بذره‌های با اندازه ریز (قطر کمتر از ۶ میلی‌متر) بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با دو اندازه دیگر (متوسط و درشت) نداشت (جدول ۵).

وجود اثر غیر معنی‌دار بر همکنش سطح تنش (تعداد آبیاری) × ژنوتیپ بر عملکرد

به روش دانکن ($P \leq 0.05$) تفاوت بین سطوح این عامل معنی‌دار و آبیاری در یک نوبت با کمترین میانگین (۱/۵۰ تن در هکتار) و آبیاری در سه نوبت با بیشترین میانگین (۲/۴۰ تن در هکتار) در کلاس‌های آماری متفاوتی گروه‌بندی شدند (جدول ۳). اگرچه تفاوت آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر عملکرد زیست توده آفتاب خشک وجود نداشت (جدول ۲) ولی بیشترین و کمترین عملکرد زیست توده آفتاب خشک به ترتیب

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطح تنش (تعداد آبیاری) بر بیوماس و عملکرد دانه نخود

Table 3. Mean comparison of stress levels effect (irrigation no.) on chickpea biomass and seed yield

Trait	صفت	Irrigation no. تعداد آبیاری		
		یک بار 1	دو بار 2	سه بار 3
Biological yield (tha ⁻¹)	عملکرد زیست توده	1.50c	2.03b	2.40a
Seed yield (tha ⁻¹)	عملکرد دانه	0.65b	0.92a	1.06a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه نخود

Table 4. Mean comparison of genotype effect on chickpea biomass and seed yield

Trait	صفت	Genotype ژنوتیپ			
		آرمان Arman	آزاد Azad	ILC 482	بومی ترکیه Local Turkish
Biological yield (tha ⁻¹)	عملکرد زیست توده	2.03a	1.97a	2.01a	1.82ab
Seed yield (tha ⁻¹)	عملکرد دانه	0.890a	0.910a	0.940a	0.790b

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اندازه بذر بر بیوماس و عملکرد دانه نخود

Table 5. Mean comparison of seed size effect on chickpea biological yield and seed yield

Traits	صفت	Seed size اندازه بذر		
		ریز Small	متوسط Medium	درشت Large
Biological yield (tha ⁻¹)	عملکرد زیست توده	1.89ab	2.00a	1.99a
Seed yield (tha ⁻¹)	عملکرد دانه	0.842ab	0.901a	0.900a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

بررسی یکسان بود. در این راستا بررسی میانگین‌های مربوط به این اثر دو جانبه نشان داد که افزایش تعداد آبیاری سبب افزایش عملکرد

زیست توده (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف تنش بر عملکرد زیست توده تولیدی توسط ژنوتیپ‌های متفاوت در این

زیست توده در کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش شد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل سطح تنش × ژنوتیپ بر عملکرد زیست توده و عملکرد دانه نخود
Table 6. Mean comparison of stress level × genotype interaction effect on chickpea biological yield (BY) and seed yield (SY)

سطح تنش (تعداد آبیاری) Stress level (Irrigation no.)	ژنوتیپ Genotype	صفت Trait	
		عملکرد بیولوژیکی BY (tha ⁻¹)	عملکرد دانه SY (tha ⁻¹)
1	Arman	1.55e	0.650g
1	Azad	1.44e	0.650g
1	ILC 482	1.53e	0.690fg
1	Local Turkish	1.47e	0.620g
2	Arman	2.03cd	0.900de
2	Azad	2.23bc	1.04bc
2	ILC 482	2.01cd	0.960cd
2	Local Turkish	1.84d	0.800ef
3	Arman	2.51a	1.12ab
3	Azad	2.26b	1.03bc
3	ILC 482	2.50a	1.17ab
3	Local Turkish	2.16bc	0.940cd

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

عملکرد دانه متعلق به سال اول (۹۰-۱۳۸۹) و برابر ۱/۳۱ تن در هکتار بود. کمترین مقادیر عملکرد دانه نیز متعلق به سال سوم بود که در بین سال‌های آزمایشی، دارای کمترین مقدار بارندگی در طی دوره رشد و نمو گیاهان بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها حاکی از افزایش عملکرد دانه در نتیجه افزایش تعداد آبیاری بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آبیاری در یک نوبت دارای کمترین عملکرد دانه و آبیاری در سه نوبت دارای بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۳).

لاین ILC 482 با میانگین ۹۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد که با ارقام آزاد و آرمان به ترتیب با ۹۱۰ و ۸۹۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری

مقایسه میانگین‌های اثر دو جانبه ژنوتیپ × اندازه بذر نشان داد که بیشترین عملکرد زیست توده آفتاب خشک متعلق به بذره‌های درشت رقم آرمان و برابر ۲/۱۴۰ تن در هکتار و کمترین مقدار این صفت نیز متعلق به اندازه بذر درشت در توده بومی ترکیه و برابر ۱/۷۶ تن در هکتار بود (جدول ۷).

عملکرد دانه

اثر ساده سال، سطح تنش و ژنوتیپ و نیز اثر متقابل سال × ژنوتیپ، سطح تنش × ژنوتیپ، سال × اندازه بذر، سال × سطح تنش × اندازه بذر، ژنوتیپ × اندازه بذر بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).
بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بذر × ژنوتیپ بر بیوماس و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود
Table 7. Mean comparison of seed size × genotype interaction effect on biological yield (BY) and seed yield (SY) of chickpea genotypes

		Trait صفت		
Seed Size	اندازه بذر	ژنوتیپ Genotype	عملکرد بیولوژیکی BY (tha ⁻¹)	عملکرد دانه SY (tha ⁻¹)
Small	ریز	Arman	1.85de	0.800ef
Medium	متوسط	Arman	2.10a	0.920bcd
Large	درشت	Arman	2.14a	0.950abc
Small	ریز	Azad	1.95bc	0.890cd
Medium	متوسط	Azad	2.05ab	0.940abc
Large	درشت	Azad	1.92cd	0.890cd
Small	ریز	ILC 482	1.89d	0.870de
Medium	متوسط	ILC 482	2.03ab	0.960ab
Large	درشت	ILC 482	2.12a	0.990a
Small	ریز	Turkish Local	1.88d	0.820ef
Medium	متوسط	Turkish Local	1.83de	0.780f
Large	درشت	Turkish Local	1.76e	0.760f

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

(سطح تنش × ژنوتیپ) نشان داد که، لاین ILC 482 در شرایط تنش شدید رطوبتی (یک بار آبیاری در زمان کشت) و شرایط بدون تنش رطوبتی (سه بار آبیاری) بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد. رقم آزاد در شرایط تنش رطوبتی ملایم (دو بار آبیاری) دارای بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۵).

هرچند بر اساس عملکرد تولیدی از بذره‌های با اندازه‌های مختلف در این بررسی معلوم شد که بذره‌های با اندازه ریز (قطر کمتر از ۶ میلی‌متر) از کمترین مقادیر عملکرد دانه برخوردارند (جدول ۶) ولی نتایج تجزیه

نداشت. کمترین عملکرد دانه متعلق به توده بومی ترکیه بود (جدول ۴). مقایسه میانگین عملکرد دانه اثر متقابل سال × ژنوتیپ نشان داد که در سال‌های اول و دوم لاین ILC 482 و در سال سوم، رقم آرمان از نظر عملکرد دانه نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها برتری داشت (نتایج ارائه نشده است).

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سطح تنش (تعداد آبیاری) × ژنوتیپ بر عملکرد دانه در این بررسی، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های متفاوت یکسان نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر این اثر متقابل

این بررسی به‌ترتیب برابر ۹۰۰، ۹۰۱ و ۸۴۲ کیلوگرم در هکتار بود و تفاوت چندانی بین آن‌ها وجود نداشت (عدم وجود اختلاف از نظر آماری در مقایسه‌ها به روش دانکن). با توجه به این یافته به نظر می‌رسد در مواقعی که مقادیر بذر کمی در اختیار تولید کنندگان قرار دارد و یا ارزش اقتصادی بذور درشت یک ژنوتیپ از بذره‌ای با اندازه متوسط و ریز آن بیشتر است، می‌توان با انتخاب و کشت بذره‌ای با اندازه متوسط و یا ریز در هزینه‌های تولید تا حدودی صرفه‌جویی کرد. تاثیر انتخاب اندازه بذر مناسب در کاهش هزینه‌های تولید نخود توسط برخی پژوهشگران نیز تایید شده است (Tuba Bicher, 2009)؛ (Upadhyaya et al., 2006) که تا حدودی با نتایج این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

اثر متقابل ژنوتیپ × اندازه بذر بر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۹۹۰ کیلوگرم در هکتار) متعلق به بذره‌ای درشت لاین ILC 482 و کمترین مقدار آن نیز متعلق به اندازه بذره‌ای درشت در توده بومی ترکیه و برابر ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۷).

آزمایش گیاه کامل (آزمایشگاه)

تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد مطالعه در مرحله گیاهچه‌ای (شرایط آزمایشگاه) در جدول ۸ ارائه شده است و بر اساس آن اثر

واریانس نشان داد که اندازه بذر بر عملکرد دانه از نظر آماری تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). همچنین نتایج برخی مطالعات در نخود حاکی از برتری عملکرد حاصل از کشت بذره‌ای درشت‌تر نخود نسبت به بذره‌ای با اندازه متوسط و ریز بود (Tuba Bicher, 2009) که تا حدودی با نتایج این بررسی مطابقت دارد. عدم تاثیر اندازه بذر نخود بر عملکرد دانه توسط برخی محققان نیز گزارش شده است (Saxena et al., 1981) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

تاثیر اندازه بذر بر عملکرد و برخی صفات از قبیل ارتفاع گیاه، میزان استقرار در مزرعه، وزن صد دانه و ... در سایر گیاهان گزارش شده است (Royo et al., 2006)؛ (Stougaard and Xue, 2004) که با نتایج این بررسی مغایرت دارد. معلوم شده است که ژنوتیپ‌های دارای بذره‌ای درشت‌تر در گل‌رنگ از نظر برخی خصوصیات زراعی نظیر درصد و سرعت جوانه‌زنی، قدرت رشد (ویگور) و عملکرد دانه نسبت به ژنوتیپ‌های بذر ریز برتری دارند (Mirshekarnezhad et al., 2013). نتایج مشابهی در نخود فرنگی (Singh et al., 2009) و سویا (Singh et al., 1972) نیز گزارش شده است.

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که عملکرد استحصالی از بذره‌ای درشت، متوسط و ریز در

عوامل مختلف آزمایشی بر روی صفات و خصوصیات مورد مطالعه به شرح زیر بود:

جدول ۸- تجزیه واریانس صفات گیاهچه‌ای نخود در شرایط آزمایشگاهی
Table 8. Analysis of variance for chickpea seedling traits in laboratory

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS		
			درصد جوانه‌زنی GER%	وزن تر گیاهچه SFW	وزن خشک گیاهچه SDW
Genotype (G)	ژنوتیپ	3	851.4 ^{**}	0.04 ^{ns}	0.011 ^{ns}
Seed Size (S)	اندازه بذر	2	3570.1 ^{**}	0.46 ^{**}	0.110 ^{**}
G × S	ژنوتیپ × اندازه بذر	6	344.1 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.003 ^{ns}
Stress level (SL)	سطح تنش	4	13530.8 ^{**}	2.20 ^{**}	0.080 ^{**}
G × SL	ژنوتیپ × سطح تنش	12	341.2 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.010 ^{ns}
SL × S	سطح تنش × اندازه بذر	8	390.5 ^{ns}	0.15 [*]	0.020 ^{**}
G × SL × S	ژنوتیپ × سطح تنش × اندازه بذر	24	256.0 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.004 ^{ns}
Error	خطای آزمایشی	120	323.5	0.06	0.007
CV %	درصد ضریب تغییرات	-	23.30	19.90	33.000

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار آماری.

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively, ns: Not significant.
GER%: Germination percentage; SFW: Seedling fresh weight; SDW: Seedling dry weight.

درصد جوانه‌زنی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌های نخود از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف‌های معنی‌دار (سطح احتمال ۵٪) وجود داشت (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان جوانه‌زنی متعلق به ژنوتیپ ILC 482 و توده بومی ترکیه و به ترتیب معادل ۸۲/۷ و ۷۳/۶ درصد بود که در مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ در کلاس‌های جداگانه‌ای جای داشتند (جدول ۹).

اثر اندازه بذر بر درصد جوانه‌زنی از نظر آماری معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۸). بر مبنای میانگین درصد جوانه‌زنی در اندازه‌های مختلف بذر، نتایج نشان داد که اختلافی حدود

۲۰٪ بین بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی وجود داشت، به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی (۸۳/۴۵٪) متعلق به بذره‌ای با اندازه ریز و کمترین میزان جوانه‌زنی (۶۸/۵۰٪) در بذره‌ای درشت مشاهده شد (جدول ۱۰). اثر اندازه بذر بر کمیت و کیفیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه توسط محققان متعددی در گیاهان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است ولی نتایج به دست آمده بر حسب گونه‌های مختلف گیاهان، متفاوت بوده است. به عقیده پری (Perry, 1980) با وجود ارتباط مستقیم بین اندازه بذر و مقدار منابع غذایی موجود در آن، و از سوی دیگر نقش مثبت اندازه درشت بذر در رشد گیاهچه‌های حاصل ولی گزارش‌های متناقضی در گیاهان مختلف وجود دارد. سایر

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر صفات و خصوصیات گیاهچه‌ای
Table 9. Mean comparison of genotype effect on seedling characteristics

Trait	صفت	ژنوتیپ Genotype			
		آرمان Arman	آزاد Azad	ILC 482	بومی ترکیه Local Turkish
Germination (%)	درصد جوانه‌زنی	78.5ab	73.7b	82.7a	73.6b
Seedling fresh weight (g)	وزن تر گیاهچه	0.70a	0.72a	0.67a	0.65a
Seedling dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه	0.25a	0.27a	0.25a	0.23a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر اندازه بذر بر صفات و خصوصیات گیاهچه‌ای نخود
Table 10. Mean comparison of seed size effect on chickpea seedling traits

Trait	صفت	اندازه بذر Seed Size		
		ریز Small	متوسط Medium	درشت Large
Germination (%)	درصد جوانه‌زنی	83.45a	79.40a	68.50b
Seedling fresh weight (g)	وزن تر گیاهچه	0.582b	0.732a	0.735a
Seedling dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه	0.201b	0.270a	0.280a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

می‌یابد (Khanghaei *et al.*, 2012)؛
که با نتایج حاصل از (Pekoen *et al.*, 2004)
این پژوهش مطابقت دارد. در گیاهانی مثل
سویا و لوبیا معلوم شده است که در شرایط
وجود تنش‌هایی در محیط کشت از قبیل دمای
پایین هوا، خاک‌هایی با رطوبت بالا و یا سله
بسته، بذره‌ای ریزتر قابلیت جوانه‌زنی بهتری
نسبت به بذره‌ای درشت‌تر دارند. بذره‌ای
درشت‌تر در گندم‌های زمستانه و ماش تحت
همان شرایط از قابلیت جوانه‌زنی بیشتری نسبت
به بذره‌ای ریزتر برخوردارند
(Mirshekarneshad *et al.*, 2013). اگرچه از

محققان نیز بر این مسئله تاکید کرده‌اند
(Rezapour *et al.*, 2013). نتایج تحقیقات
انجام شده در شرایط تنش خشکی القایی با پلی
اتیلن گلایکول در یولاف نشان داد که با
افزایش شدت تنش و کاهش اندازه بذر، طول
دوره جوانه‌زنی افزایش ولی طول گیاهچه (طول
ریشه‌چه و ساقه‌چه) کاهش می‌یابد
(Mut and Akay, 2010).
برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که در
شرایط تنش با افزایش اندازه بذر
در نخود (معمولی و فرنگی) درصد
جوانه‌زنی و سبز کردن بذرها کاهش

(Al-Karaki, 1988).

اثر متقابل ژنوتیپ × اندازه بذر بر درصد جوانه‌زنی بذر در این مطالعه معنی‌دار نبود (جدول ۸). این امر نشان می‌دهد که واکنش اندازه‌های مختلف بذر ژنوتیپ‌های تحت بررسی در این مطالعه در برابر تنش خشکی تقریباً یکسان بود. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، درصد جوانه‌زنی بذرهای تحت تاثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ قرار گرفت (جدول ۸). با افزایش شدت تنش خشکی القایی با پلی اتیلن گلایکول در محیط رشد گیاهچه‌های آزمایشی از پتانسیل صفر بار (شاهد) به سوی پتانسیل ۰/۸- بار از میزان جوانه‌زنی بذرهای کاسته شد به طوری که در محیط تنش شدید خشکی (۰/۸- بار) میزان جوانه‌زنی بذرها ۵۸٪ بود که نسبت به محیط بدون تنش خشکی حدود ۴۲٪ کاهش داشت (جدول ۱۱).

نظر نوع تنش اعمالی بر بذرهای نخود با اندازه‌های مختلف (تنش خشکی) در این پژوهش با مطالعات مذکور اختلاف وجود دارد، ولی نتایج نشان داد که همانند بذر سویا و لوبیا، در شرایط تنش بذرهای ریز در نخود از درصد جوانه‌زنی بهتری نسبت به بذرهای با اندازه متوسط و درشت برخوردارند که بر خلاف واکنش گیاهانی مانند گندم و ماش است. روی و همکاران (Royo *et al.*, 2006) گزارش کردند که با افزایش اندازه بذر در گندم دوروم، میزان جوانه‌زنی افزایش می‌یابد که با نتایج این مطالعه مغایرت دارد. رضاپور و همکاران (Rezapour *et al.*, 2013) در سویا نشان دادند که قابلیت جوانه‌زنی بذرهای با اندازه متوسط، بهتر از بذرهای با اندازه‌های ریز و درشت است که با نتایج این پژوهش مغایرت دارد. از سوی دیگر، اثر معنی‌دار اندازه بذر بر صفات و خصوصیات گیاهچه‌ای در این پژوهش با نتایج تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Morrison and Xue, 2007)؛

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر سطوح تنش خشکی بر صفات گیاهچه‌ای نخود

Table 11. Mean comparisons of drought stress levels effects on chickpea seedling traits

Trait	صفت	سطح تنش				
		شاهد	Stress level (bar)			
		Check(0)	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8
Germination %	درصد جوانه‌زنی	99.8a	93.3a	76.3b	58.2c	58.0c
Seedling fresh weight(g)	وزن تر گیاهچه (گرم)	1.02a	0.82b	0.67c	0.51d	0.40d
Seedling dry weight(g)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	0.26bc	0.30a	0.28ab	0.22cd	0.19d

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ردیف، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each row are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

بذر در شرایط تنش خشکی شدید مشابهت داشته و آن را

این یافته با گزارش‌های پژوهشگران در گیاهان مختلف مبنی بر کاهش درصد جوانه‌زنی

مقایسه میانگین‌های اثر ساده سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن تر گیاهچه‌ها نشان داد که وجود تنش خشکی در محیط رشد گیاه سبب کاهش معنی‌دار در وزن تر گیاهچه‌های حاصل می‌شود، به طوری که وزن تر گیاهچه‌ها با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت. بیشترین و کمترین وزن تر گیاهچه‌ها به ترتیب در محیط بدون تنش خشکی (پتانسیل صفر) و تنش شدید خشکی (پتانسیل $-0/8$ بار) مشاهده شد (جدول ۱۱).

در مورد اثر متقابل عوامل آزمایشی بر وزن تر گیاهچه نیز فقط اثر متقابل اندازه بذر \times سطح تنش بر آن معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود (جدول ۸). با توجه به این که اثر ژنوتیپ \times سطح تنش بر وزن تر گیاهچه در این آزمایش معنی‌دار نبود (جدول ۸) می‌توان نتیجه گرفت که واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در سطوح متفاوت تنش خشکی تقریباً یکسان بود.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل اندازه بذر \times سطح تنش نشان داد که بیشترین وزن تر گیاهچه ($1/2$ گرم) متعلق به بذور با اندازه درشت در شرایط بدون تنش خشکی بود (نتایج ارائه نشده است). کمترین وزن تر گیاهچه‌ها ($0/37$ گرم) متعلق به بذورهای با اندازه ریز و در شرایط تنش خشکی با پتانسیل $-0/8$ بار بود (نتایج ارائه نشده است).

وزن خشک گیاهچه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن

تایید می‌کند (Farzaneh *et al.*, 2008)؛ Shirin and Heydari, 2007؛ Sadeghian and Yavari, 2004؛ Choi *et al.*, 2005). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین درصد جوانه‌زنی بذرها از پتانسیل $-0/4$ بار به بعد آغاز می‌شود به طوری که میزان جوانه‌زنی در این پتانسیل $76/3$ درصد بود که در مقایسه میانگین‌ها در رتبه پایین‌تری نسبت به پتانسیل صفر (شاهد) و $-0/2$ بار قرار داشت.

وزن تر گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اندازه بذر و سطح تنش خشکی بر وزن تر گیاهچه‌های نخود از نظر آماری اثر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) داشتند ولی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش، تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت (جدول ۸). در جدول‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نتایج مقایسه میانگین‌های این آثار ساده ارائه شده است. بر اساس نتایج مذکور، بیشترین وزن تر گیاهچه‌ها متعلق به اندازه بذر درشت ($0/735$ گرم) بود که ضمن عدم تفاوت معنی‌دار با میانگین وزن تر گیاهچه‌های حاصل از بذورهای با اندازه متوسط ($0/732$ گرم)، وزن تر گیاهچه‌های حاصل از بذورهای ریز ($0/582$ گرم) تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱۰). این نتایج با گزارش‌های برخی پژوهشگران (Singh *et al.*, 2009) مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

نشان داد که بر اساس سه شاخص میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش خشکی (STI)، لاین ILC 482 به دلیل دارا بودن مقادیر بیشتر شاخص‌های مذکور متحمل‌ترین و ژنوتیپ بومی ترکیه به علت داشتن مقادیر پایین شاخص‌ها حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی بودند (جدول ۱۲). چون شاخص STI توانایی گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی (با و بدون تنش) دارد (Moaveni and Changizi, 2007) بنابراین بر اساس آن، لاین ILC 482 را می‌توان برترین ژنوتیپ در شرایط مزرعه‌ای محسوب کرد. نتایج بررسی در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که، ژنوتیپ بومی ترکیه بر اساس کلیه شاخص‌های به کار رفته در این مطالعه حساس‌ترین ژنوتیپ بوده (به علت دارا بودن مقادیر کم MP، STI و GMP) و رقم آزاد از مقاومت به خشکی بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های آزمایشی برخوردار است (جدول ۱۲).

بررسی نتایج حاصل از محاسبه ضرایب همبستگی بین اندازه بذر و عملکرد (در شرایط بدون تنش و با تنش خشکی) در مرحله گیاه کامل (آزمایش مزرعه‌ای) و گیاهچه‌ای نشان داد که بین اندازه بذر و عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (به ترتیب $r = 0.979$ و $r = 0.998$) یعنی در هر دو مرحله از رشد و نمو گیاه (گیاهچه و گیاه کامل) افزایش اندازه بذر سبب افزایش عملکرد

خشک گیاهچه‌های نخود در این بررسی تحت تاثیر معنی‌دار عوامل اندازه بذر، سطح تنش خشکی و اثر متقابل اندازه بذر \times سطح تنش قرار گرفت (جدول ۸). بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهچه‌ها متعلق به بذره‌ای درشت و در محیط بدون تنش خشکی بود (جدول‌های ۱۰ و ۱۱). محققان معتقدند که افزایش وزن خشک گیاهچه‌ها به علت اندوخته مواد غذایی بیشتر در بذره‌ای درشت است که نتیجه آن تولید گیاهچه‌های قوی‌تر در بذره‌ای درشت‌تر است (Zareian et al., 2013).

همچنین اثر متقابل اندازه بذر \times سطح تنش خشکی نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهچه‌ها (۰/۳۷ گرم) متعلق به بذره‌ای با اندازه درشت در شرایط بدون تنش خشکی و کمترین وزن خشک گیاهچه‌ها نیز برابر ۰/۱۷ گرم و متعلق به بذره‌ای با اندازه ریز و در شرایط تنش خشکی شدید (۰/۸- بار) بود (نتایج ارائه نشده است).

کاهش معنی‌دار در وزن خشک گیاهچه در اثر تنش خشکی القایی با پلی‌اتیلن گلیکول توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Choi et al., 2005؛ Burnett et al., 2005)؛ (Sadeghian and Yavari, 2004).

برآورد شاخص‌های تحمل به تنش

نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای

در شرایط تنش شد (جدول ۱۳).
ریز در شرایط تنش خشکی بالاست (به دلیل
سطح کم بذرها ریز و نیاز به جذب آب کمتر
از محیط برای جوانه‌زنی در مقایسه با
هر چند میزان (درصد) جوانه‌زنی در بذرها

جدول ۱۲- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی
Table 12. Estimation of drought stress indices for chickpea genotypes under field and laboratory conditions

ژنوتیپ Genotype	عملکرد پتانسیل*		عملکرد در شرایط تنش		شاخص‌های تحمل به تنش خشکی						
	YP ₁ [†] (tha ⁻¹)	YP ₂ (g)	YS ₁ (tha ⁻¹)	YS ₂ (g)	MP ₁	MP ₂	STI ₁	STI ₂	GMP ₁	GMP ₂	
Arman	آرمان	1.120	0.263	0.650	0.225	885	0.24	642	0.85	853	0.24
Azad	آزاد	1.030	0.302	0.650	0.243	840	0.27	590	1.05	818	0.27
ILC 482		1.170	0.239	0.690	0.209	930	0.22	712	0.71	899	0.22
Loc.Turkish	بومی ترکیه	0.940	0.253	0.620	0.163	780	0.21	514	0.59	763	0.20

YP*: عملکرد پتانسیل (سه بار آبیاری در شرایط مزرعه‌ای و صفر بار در شرایط آزمایشگاهی)؛ YS: عملکرد در شرایط تنش خشکی (یک بار آبیاری در شرایط مزرعه‌ای و ۰/۸- بار در شرایط آزمایشگاهی).

- اعداد ۱ و ۲ به ترتیب نشانگر داده‌های مزرعه‌ای و داده‌های آزمایشگاهی است.

†YP: Potential yield (three times irrigation under field condition and zero bar under laboratory condition); YS: Yield under stress condition (one times irrigation under field condition and -0.8 bar under laboratory condition); MP: Mean productivity index; STI: Stress tolerance index; GMP: Geometric mean productivity index. Number 1 and 2 are indicating the field and laboratory condition, respectively.

جدول ۱۳- ضرایب همبستگی بین اندازه بذر نخود، عملکرد دانه و وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش و بدون تنش
Table 13. Correlation coefficients between chickpea seed size, seed yield and seedling dry weight under stress and non stress conditions

Trait	صفات	Seed Size	YP ₁	YP ₂	YS ₁
YP ₁ [†]	عملکرد پتانسیل در مزرعه	0.543 ^{ns}			
YP ₂	عملکرد پتانسیل در آزمایشگاه	0.998 ^{**}	0.485 ^{ns}		
YS ₁	عملکرد تحت شرایط تنش در مزرعه	0.979 [*]	0.705 ^{ns}	0.962 ^{ns}	
YS ₂	عملکرد تحت شرایط تنش در آزمایشگاه	0.998 ^{**}	0.596 ^{ns}	0.991 [*]	0.990 [*]

YS*: عملکرد پتانسیل (سه بار آبیاری در شرایط مزرعه‌ای و صفر بار در شرایط آزمایشگاهی).

YS: عملکرد تحت شرایط تنش خشکی (یک بار آبیاری در شرایط مزرعه‌ای و ۰/۸- بار در شرایط آزمایشگاهی).

- اعداد ۱ و ۲ به ترتیب نشانگر داده‌های مزرعه‌ای و داده‌های آزمایشگاهی است.

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار آماری.

†YP: Potential yield (three times irrigation under field condition and zero bar under laboratory condition); YS: Yield under stress condition (one times irrigation under field condition and -0.8 bar under laboratory condition).

Number 1 and 2 are indicating the field and laboratory condition, respectively.

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively, ns: Not significant.

بذرها درشت‌تر) ولی به دلیل تراکم اندک
مواد حاصل از فتوسنتز و مواد ذخیره‌ای بذر در
گیاهچه‌های حاصل از آنها (مقدار کم ماده
خشک در گیاهچه‌های حاصل از بذرها ریز

در مقایسه با گیاهچه‌های حاصل از بذرهای درشت)، گیاهان حاصل از بذرهای ریز نخود از تحمل و مقاومت کمتری نسبت به تنش خشکی در مراحل اولیه رشد برخوردارند.

References

- Al-Karaki, G. N. 1998.** Seed size and water potential effects on water uptake, germination and growth of lentil. *Journal of Agronomy and Crop Science* 181: 237-242.
- Anonymous 2000.** Statistical Information of Agricultural Crops Production in Iran. Department of Statistics, Ministry of Jihad-e-Keshavarzi, Tehran, Iran. Vol. 1, pp. 1-75 (in Persian).
- Anonymous 2012.** Statistical Information of Agricultural Crops Production in Iran. Department of Statistics, Ministry of Jihad-e-Keshavarzi, Tehran, Iran. Vol. 1, pp. 1-50 (in Persian).
- Anonymous 2015.** Statistical Information of Agricultural Crops Production in Iran. Department of Statistics. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi, Tehran, Iran. Vol. 1, pp. 1-44 (in Persian).
- Burnett, S., Van-Iersel, M., and Thomas, P. 2005.** PEG8000 alters morphology and nutrient concentration of hydroponic impatiens. *HortScience* 40 (6): 1768-1772.
- Choi, W., Kang, S., Park, H., Kim, S., Lee, K., Shin, H., and Choi, S. 2000.** Effect of water stress by PEG on growth and physiological traits in rice seedlings. *Korean Journal of Crop Science* 45: 112-117.
- Farzaneh, S., Sharifi, R. S., and Akram Ghaderi, F. 2008.** Study on effect of drought stress on germination and growth of sugar beet seedlings under laboratory condition. *Journal of Agricultural Science* 18 (2): 81-93 (in Persian).
- Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetable and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. AVRDC publications, Tainan, Taiwan.
- Gaffari, A. A. 2008.** *Methods for Increasing Crops Production under Rainfed Condition in Country*. Agricultural Education Press, Karaj, Iran. 90 pp. (in Persian).
- Gupta, A. K., Singh, J., Kaur, N., and Singh, R. 1993.** Effect of polyethylene glycol induced water stress on uptake inter conversion and transport of sugars in chickpea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 31: 743-747.

- Jamshidi Moghadam, M., Pakniat, H., and Farshadfar, E. 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).
- Kaya, M., Kaya, G., Kaya, M. D., Atak, M., Saglam, S., Khawar, K. M., and Ciftci, C. Y. 2008.** Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Zhejiang University Science 9: 371-377.
- Khanghaei, L., Nabavi Kalat, M., and Raeisi, A. 2012.** Study of seed size effect on chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination parameters. Journal of Seed Science Technology 2 (2): 45-51 (in Persian).
- Malhotra, R. S., and Saxena, M. C. 2002.** Strategies for Overcoming Drought Stress in Chickpea. ICARDA. Publications, Aleppo, Syria.
- Michel, B. E., and Kaufman, M. R. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
- Mirshekarnezhad, B., Abbas Akbari, G., Ali Akbari, G., and Sadeghi, H. 2013.** Affiliation of seed size with germination aspects and morphological traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Cereals and Oilseeds 4 (5): 58-64.
- Moaveni, P., and Changizi, M. 2007.** Principles of crop physiology under saline and dry condition. Islamic Azad University of Arak Press, Arak, Iran (in Persian).
- Morrison, M. J., and Xue, A. G. 2007.** The influence of seed size on soybean yield in short-season region. Canadian Journal of Plant Sciences 87: 89-91.
- Mut, Z., and Akay, H. 2010.** Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science 16: 459-467.
- Okcu, G., Kaya, M. D., and Atak, M. 2005.** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum arietinum* L.). Turkian Journal of Agriculture and Forestry 29: 237-242.
- Pekoen, E., Pekoen, A., Bozolu, H., and Gulumser, A. 2004.** Some seed traits and their relationships to seed germination and field emergence in *Pisum sativum* L. Journal of Agriculture 3: 243-246.
- Perry, D. A. 1980.** Seed vigor and seedling establishment. Advances in Research and Technology of Seeds 5: 25-40.

- Pour Yamchi, H. M. A., Bihamta, M. R., Peighambari, S. A., and Naghvi, M. R. 2011.** Evaluation of drought tolerance in Kabuli type chickpea genotypes. Seed and Plant Improvement Journal 27-1 (3): 393-409 (in Persian).
- Rezapour, R., Kazemi-arbat, H., Yarnia, M., and Zafarani-Moattar, P. 2013.** Effect of seed size on germination and seed vigor of two soybean (*Glycin max* L.) cultivars. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 4(11): 3396-3401.
- Rosielle, A. A, and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-946.
- Royo, C., Ramdani, A., Moragues, M., and Villegas, D. 2006.** Durum wheat under Mediterranean conditions as affected by seed size. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 257-266.
- Sadeghian, S. Y., and Yavari, N. 2004.** Effect of water deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. Journal of Agronomy and Crop Science 190 (2): 138-144.
- Sadeghzadeh-Ahari, D., and Farayedi, Y. 2013.** Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) advanced lines to no snow cover cold in fall planting. Seed and Plant Improvement Journal 29-1 (4): 711-727 (in Persian).
- Sapra, V. T., Sarage, E., Anaele, A. O., and Beyl, C. A .1991.** Varieties differences of wheat and triticale to water stress. Journal of Agronomy and Crop Science 167: 23-28.
- Saxena, N. P., Narayanan, A., and Sheldrake, A. R. 1981.** Effect of seed grading on the yields of chickpea and pigeon pea. Indian Journal of Agricultural Science 51 (10): 99-102.
- Seyedi, S. J., Nabipour, A. R., and Vazan, S. 2013.** Defining selection indices for drought tolerance in chickpea under terminal drought stresses. Journal of Crop Breeding 5(11): 98-114 (in Persian).
- Shirin, M., and Heydari, M. 2007.** Seed size and salt interactions on mung bean germination. page 69. In: Proceedings of the Second Iranian National Pulse Congress, Islamic Azad University Press, Tehran, Iran (in Persian).
- Singh, J. N., Tripathi, S. K., and Negi, P. S. 1972.** Note on the effect of seed size on germination, growth and yield of soybean (*Glycine max* L.). Indian Journal of Agricultural Science 42(1): 83-86.

- Singh, N. I., Ali, S., and Chauhan, J. S. 2009.** Effect of seed size on quality within seed lot of pea and correlation of standard germination, vigour with field emergence test. *Nature and Science* 7 (4): 72-78.
- Stougaard, R. N., and Xue, Q. 2004.** Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua*) interference. *Weed Science* 52: 133-141.
- Tuba Bicher, B. 2009.** The effect of seed size on yield and yield components of chickpea and lentil. *African Journal of Biotechnology* 8 (8): 1482-1487.
- Upadhyaya, H., Kumar, S., Gowda, C., and Singh, S. 2006.** Two major genes for seed size in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica* 147 (3): 311-315.
- Zareian, A., Heidari Sharifabad, H., Yari, L., and Oskooei, B. 2013.** Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in laboratory and field. *Middle-East Journal of Scientific Research* 13 (8): 1126-1131.