

ارزیابی وراثت پذیری صفات مربوط به جوانه زنی بذر برای تحمل به خشکی در ارقام گندم نان Inheritance of seed germination related traits for drought tolerance in bread wheat cultivars

حسین شهبازی^۱، محمد رضا بی همتا^۲، محمد تائب^۳ و فرخ درویش^۴

چکیده

شهبازی، ح.، م. ر. بی همتا، م. تائب و ف. درویش. ۱۳۸۹. ارزیابی وراثت پذیری صفات مربوط به جوانه زنی بذر برای تحمل به خشکی در ارقام گندم نان. .
مجله علوم زراعی ایران: ۱۲ (۱) ۲۱۲-۱۹۹.

به منظور تعیین وراثت پذیری صفات مربوط به جوانه زنی گندم نان، یک تلاقی دی ال ۸×۸ در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل انجام گرفت. بذرها F1 و F2 حاصل درآزمون های جوانه زنی تحت تنش اسمزی و تنش خشکی اتمسفری قرار گرفته و شاخص های سرعت جوانه زنی، صفات گیاهچه ای و جبران جوانه زنی بعد از تنش خشکی اتمسفری مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای بررسی روابط بین این صفات و مقاومت به خشکی، والدین تلاقی بعلاوه ۱۰ رقم دیگر در دو شرایط دیم و آبیاری در مزرعه کشت شده و شاخص های تحمل به خشکی محاسبه شدند. نتایج نشان داد که معیارهای مربوط به سرعت جوانه زنی در مجموع از وراثت پذیری خصوصی خوبی برخوردار بوده و همبستگی معنی داری با تحمل خشکی داشتند. از بین صفات گیاهچه ای طول کولئوپتیل در شرایط بدون تنش وراثت پذیری خصوصی بالا و روابط قوی با تحمل به خشکی نشان داد. تعداد ریشه نیز بعنوان صفتی با وراثت پذیری متوسط رابطه معنی داری با تحمل به خشکی داشت. نسبت طول ریشه چه به ساقه چه در شرایط تنش، علیرغم دارا بودن همبستگی بالا با تحمل به خشکی از وراثت پذیری پائینی برخوردار بود. جبران جوانه زنی با تحمل به خشکی همبستگی منفی داشته و وراثت پذیری خصوصی پائینی داشت. نتایج نشان داد که می توان از صفات مربوط به جوانه زنی برای گزینش تحمل به خشکی در گندم استفاده کرد.

واژه های کلیدی: جوانه زنی، جبران جوانه زنی، خشکی، دی ال، گندم نان و وراثت پذیری.

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۱۵

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: hshahbazy@gmail.com)

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۳ و ۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

در کشت دیم، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، کمبود رطوبت یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان محسوب می شود. تاثیر خشکی بر رشد و نمو گیاه بستگی به شدت و مدت تنش و مرحله ای از رشد گیاه دارد که با تنش مواجه می شود. جوانه زنی یکی از مراحل حساس به تنش خشکی بوده و در مناطقی که استقرار گیاه در اثر خشکی با مشکل مواجه می شود، اصلاح صفات مربوط به جوانه زنی یکی از اهداف مهم بشمار می آید و در گزینش مقاومت به خشکی توصیه شده است (Blum *et al.*, 1980; Rauf *et al.*, 2007; Bayoumi *et al.*, 2008). روش های ارزیابی مقاومت به خشکی در جمعیت های بزرگ اصلاحی باید سریع، آسان، ارزان و وراثت پذیر بوده و همبستگی معنی داری با مقاومت به خشکی داشته باشند (Blum *et al.*, 1980; Rosyara *et al.*, 2008). روابط معنی دار متعددی بین داده های آزمایشگاهی و مقاومت به خشکی مشاهده شده است. به عنوان مثال طول کولتوپتیل، بخصوص در کشت عمیق (Rebetzke *et al.*, 2007)، رشد سریع گیاهیچه ها (Dhanda *et al.*, 2004; Rosyara *et al.*, 2008)، طول ریشه چه و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه (Dhanda *et al.*, 2004)، سرعت جوانه زنی (Mohammadi *et al.*, 2003) و جبران رشد بعد از خشکیدن (Bhutta, 2006)، به عنوان معیارهای غیر مستقیم گزینش مورد توجه قرار گرفته اند. علیرغم مطالعات زیاد در مورد ارتباط صفات جوانه زنی و مقاومت به خشکی، مطالعات اندکی در مورد وراثت پذیری آنها صورت گرفته است. در تجزیه میانگین نسل ها، تعداد و طول ریشه چه، هم در شرایط عادی و هم در شرایط تنش، بیشتر توسط اثرات افزایشی و طول کولتوپتیل در شرایط تنش توسط اثرات فوق غالبیت

کنترل می شود (Najafabadi *et al.*, 2004). در پژوهش های دیگر گزارش شده است که طول کولتوپتیل وراثت پذیری عمومی متوسطی داشته (Hakizimana *et al.*, 2000) و وراثت پذیری عمومی جبران رشد بعد از خشکیدن حدود ۰/۶۸ برآورد شده است (Bhutta, 2006). آزمایش حاضر به منظور تعیین وراثت پذیری صفات مربوط به جوانه زنی و بررسی ارتباط آنها با تحمل به خشکی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

این تحقیق از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ بصورت ۴ آزمایش مجزا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل به شرح زیر به اجرا در آمد:

آزمون جوانه زنی بذرها حاصل از تلاقی دی ال

در این آزمایش یک تلاقی دی ال ۸×۸ یک طرفه (با استفاده از ارقام گندم ۱ تا ۸ جدول یک) در سال ۱۳۸۶ انجام گردید و بذرهاي F₂ حاصل همراه با والدین آنها در سال ۱۳۸۷ در آزمون جوانه زنی در ۳ شرایط (۲ سطح تنش اسمزی و بدون تنش) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۲ تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ برای اعمال پتانسیل اسمزی ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال (به ترتیب بعنوان تنش متوسط و شدید) به روش میشل و کافمن (Michel and Kauffman, 1973) استفاده گردید. بقیه ارقام جدول یک نیز جهت بررسی روابط صفات مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابتدا ۴۰۰ بذر (۵۰ بذر برای هر ظرف) از هر ژنوتیپ ضد عفونی سطحی شده و سپس بذور در داخل ظروف پتری ضد عفونی شده بین دو لایه کاغذ صافی پخش و ۷ میلی لیتر محلول (آب مقطر یا PEG) به هر ظرف اضافه شد. آزمون جوانه زنی در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد. با شمارش بذرهاي جوانه دار شده بطور روزانه و

جدول ۱ - ارقام گندم مورد استفاده در آزمایش‌های دی‌الل و مزرعه‌ای و میزان تحمل به خشکی آنها

Table 1- wheat cultivars used in the diallel and field experiments and their drought tolerance

رقم Cultivar	تحمل خشکی STI	رقم Cultivar	تحمل خشکی STI	رقم Cultivar	تحمل خشکی STI
1- Sabalan	1.20	7- Alvand	0.98	13-Konya2002	0.70
2- Azar2	0.90	8- Siosson	0.93	14- Sultan95	0.67
3- Pishtaz	1.45	9- Alamout	1.44	15- Andalu	0.36
4- MV17	0.48	10- Sardari	0.67	16- Katalan	0.52
5- Gascogne	0.69	11-Bezostaia	0.39	17- Serie82	0.52
6- Gaspard	0.65	12- Garak79	1.02	18- Galibier	0.57

به مدت ۱۰ روز، معیارهای ضریب سرعت جوانه‌زنی (Coefficient of Velocity of Germination: CVG)، شاخص میزان جوانه‌زنی (Germination Rate Index: GRI)، درصد جوانه‌زنی نهایی (Final Germination) و (Percent: FGP) به روش المدرس (Almudaris, 1998) و شاخص تنش جوانه‌زنی (Germination Stress Index: GSI) به روش بوسلاما و اسکاپنگ (Bouslama and Schapaugh, 1984) محاسبه شدند:

$$CVG = 100 \times \frac{\sum Ni}{\sum NiTi} \quad (1)$$

Ni و Ti: به ترتیب تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز و تعداد روز از شروع آزمایش

$$GRI = \frac{G_1}{1} + \frac{G_2}{2} + \dots + \frac{G_i}{i} \quad (2)$$

Gi: درصد جوانه زنی در روز iام

$$FGP = \frac{Ng}{Nt} \times 100 \quad (3)$$

Ng و Nt: به ترتیب تعداد کل بذرهای جوانه زده و تعداد کل بذرهای مورد ارزیابی

$$GSI(\%) = \left[\frac{PIs}{PI_n} \right] \times 100 \quad (4)$$

ndi: درصد بذرهای جوانه زده در روز iام و اندیس n و s برای PI به ترتیب نشان دهنده PI در شرایط تنش و بدون تنش

آب، درصد گیاهچه‌های زنده ثبت شد (Blum *et al.*, 1980). آزمایش در ۳ تکرار انجام شد
آزمون جوانه زنی در کاغذ صافی مرطوب
(Germination Towel)

در این آزمایش بذرهای F₁ حاصل از تلاقی دی‌الل همراه با والدین آنها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تکرار و در ۲ شرایط بدون تنش و تنش اسمزی (۰/۸ - مگاپاسکال) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایش که به روش هاکیزیمانا و همکاران (Hakizimana *et al.*, 2000) انجام گردید، از هر ژنوتیپ

برای اندازه‌گیری صفات گیاهچه‌ای از هر ظرف ۱۰ گیاهچه انتخاب و طول کولئوپتیل، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و تعداد ریشه‌چه اندازه‌گیری و میانگین آنها ثبت شد.

آزمون جبران جوانه زنی (Germination Recovery Test)
بعد از جوانه زنی بذرهای F₂ حاصل از تلاقی دی‌الل و رسیدن طول کولئوپتیل به ۳ سانتیمتر، آب اضافی ظروف پتری حذف و سپس ب مدت ۸ روز در دمای ۱۷/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد قرار داده شدند. ۳ روز پس از افزودن مجدد

فرناندز (Fernandez, 1992) و TOL به روش روزیل و هامبلین (Rosiel and Hamblin, 1981) محاسبه شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه دی ال

بعد از تجزیه داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، تجزیه دی ال به روش هیمن (Hayman, 1954) که توسط سینگ و سینگ (Singh and Singh, 1984) برای دی ال یکطرفه ارائه شده، انجام گرفت. از تجزیه واریانس W_r-V_r برای بررسی کفایت مدل افزایشی - غالبیت استفاده شد (Hayman, 1954). وراثت پذیری‌های خصوصی، عمومی و درجه غالبیت متوسط برای نسل F_1 با استفاده از روش مترو و جینگز (Mather and Jinks, 1971) محاسبه شدند:

$$Hn = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{2}H_2 - \frac{1}{2}F}{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F + E} \quad (1)$$

$$Hb = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F}{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F + E} \quad (2)$$

$$\bar{D} = \sqrt{\left(\frac{H_1}{D}\right)} \quad (3)$$

و برای نسل F_2 از روش ورهالن و موری (Verhalen and Murray, 1969) استفاده شد:

$$Hn = \frac{\frac{1}{4}D}{\frac{1}{4}D + \frac{1}{16}H_1 - \frac{1}{8}F + E} \quad (4)$$

$$Hb = \frac{\bar{V}_r - E}{\bar{V}_r} \quad (5)$$

$$\bar{D} = \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{H_1}{D}\right)} \quad (6)$$

تجزیه مرکب داده‌های مزرعه‌ای در دو محیط، شاخص‌های STI و TOL برای عملکرد محاسبه شدند و برای بررسی ارتباط آنها با صفات جوانه‌زنی از ضرایب همبستگی ساده و برای تعیین موثرترین

۵ بذر روی یک خط مستقیم روی کاغذ صافی چیده شده و کاغذ صافی دوم روی آنها گذاشته شد. این مجموعه لوله شده و در محلول‌های مربوطه بشکل عمودی قرار داده شدند. پس از ۱۰ روز علاوه بر صفات مورد اشاره، وزن خشک ریشه چه، ساقه چه و نسبت آنها اندازه‌گیری شدند.

آزمایش مزرعه‌ای

بذرهای ۱۸ رقم گندم نان با درجات مختلف تحمل به خشکی (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شرایط آبیاری کامل وبدون آبیاری کشت شدند. بذرکاری به روش دستی در کرت‌هایی با ابعاد $4 \times 1/4$ متر انجام شد. تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. بعد از رسیدگی و برداشت داده‌ها، شاخص‌های کمی تحمل خشکی (STI) به روش

تجزیه دی ال و محاسبه واریانس و کواریانس ردیف‌ها (V_r و W_r) با استفاده از نرم افزار DIALLEL (Dick, 1988) و پارامترهای ژنتیکی دی ال، با استفاده از نرم افزار Excel محاسبه شدند. بعد از

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده و Wr-Vr برای نسل‌های F₁ و F₂ دی الل ۸×۸ یکطرفه ارقام گندم نان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی

Table 2. Initial and Wr-Vr analysis of variance for F₁ and F₂ generations of 8×8 half diallel based on randomized complete blocks design in bred wheat cultivars

		d.f	Coefficient of Velocity of Germination (CVG)			Germination Rate Index(GRI)			Final Germination Percent(FGP)			Germination Stress Index(GSI)		Germination Recovery
S.O.V			Sever stress	Moderate stress	Non stress	Sever stress	Moderate stress	Non stress	Sever stress	Moderate stress	Non stress	Sever stress	Moderate stress	Sever stress
Simple ANOVA	Rep	1	20.35 ^{ns}	0.226 ^{ns}	32.14 ^{ns}	18 ^{ns}	1.617 ^{ns}	36.297 ^{ns}	0.219 ^{ns}	0.063 ^{ns}	10.87 ^{ns}	0.468 ^{ns}	21.094 ^{ns}	247.78 ^{**}
	Crosses	35	74.9 ^{**}	61.07 ^{**}	59.57 ^{**}	118.21 ^{**}	67.62 ^{**}	108.598 ^{**}	253.76 [*]	48.5 [*]	32.22 [*]	415.98 ^{**}	161.81 ^{**}	401.064 ^{**}
	Error	35	10.9	7.215	8.20	11.713	6.847	11.203	54.39	12.97	15.46	70.22	25.96	36.81
Wr-Vr ANOVA	Rep	1	50.18 ^{ns}	102.73 ^{ns}	22.45 ^{ns}	1447.38 [*]	187.23 ^{ns}	2.99 ^{ns}	10353.07 ^{ns}	453.08 ^{ns}	582.87 ^{ns}	31583 ^{**}	8315.87 ^{**}	5395.16 ^{ns}
	Wr-Vr	7	117.078 ^{ns}	28.91 ^{ns}	136.45 ^{ns}	273.85 ^{ns}	97.83 ^{ns}	400.57 ^{ns}	4185.4 ^{ns}	1384.43 ^{ns}	349.20 ^{ns}	5463.34 ^{ns}	245.14 ^{ns}	3863.41 ^{ns}
	Error	7	46.52	46.56	85.53	221.61	136.68	272.27	5656.61	830.04	410.05	4022.26	455.187	2208.20
(F ₁ generation) F ₁														
		d..f	Root number		Root length		Shoot length		Root length/ Shoot length		Coleoptile length	Shoot weight	Root weight	Root weight/ Shoot weight
S.O.V			Sever stress	Non stress	Sever stress	Non stress	Sever stress	Non stress	Sever stress	Non stress	Non stress	Non stress	Non stress	Non stress
Simple ANOVA	Rep	1	0.0027 ^{ns}	0.399 ^{**}	12.02 ^{ns}	187.49 ^{**}	0.00001 ^{ns}	3.71 ^{ns}	538.3 ^{ns}	0.841 ^{**}	0.76 ^{ns}	0.235 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.001 ^{ns}
	Cross	35	0.614 ^{**}	0.223 ^{ns}	13.97 [*]	15.3 ^{ns}	0.0626 ^{ns}	12.04 ^{**}	797.7 [*]	6.34 ^{ns}	2.11 ^{**}	10.77 ^{**}	5.3 ^{**}	0.052 ^{ns}
	Error	35	0.123	0.218	5.29	7.71	0.032	3.46	322.02	3.59	0.398	3.91	1.63	0.036
Wr-Vr ANOVA	Rep	1	0.0002 ^{ns}	0.063	5.93 ^{ns}	0.636 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	73.05 ^{**}	612.98 ^{ns}	0.0038 ^{ns}	0.657 ^{**}	116.4 [*]	0.055 ^{ns}	0.0054 ^{ns}
	Wr-Vr	7	0.3406 ^{ns}	0.0031 ^{ns}	34.78 [*]	94.25 [*]	0.00065 ^{ns}	18.97 ^{**}	359.46 ^{ns}	0.0164 ^{ns}	0.080 ^{ns}	27.97 ^{ns}	3.53 [*]	0.0065 ^{ns}
	Error	7	0.142	0.0032	20.86	16.48	0.0002	1.97	138.84	0.0242	0.0904	11.87	1.1	0.010

ns: غیر معنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد. ^a: به علت عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها از نظر طول ساقه چه و معنی دار شدن واریانس ردیف برای Wr-Vr در شرایط بدون تنش، در جدول ارائه نشد
ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively. a: Due to lack of differences among crosses for shoot length and significant Wr-Vr in normal

ادامه جدول ۲

Table 2. Continue

(F ₂ generation) F ₂														
			Root number			Root length			a Shoot length		Coleoptil length	/ Root length/ Shoot length		
S.O.V		d.f	Sever stress	Moderate stress	Non stress	Sever stress	Moderate stress	Non stress	Sever stress	Moderate stress	Non stress	Sever stress	Moderate stress	Non stress
Simple ANOVA	Rep	1	0.445 ^{ns}	0.00012 ^{ns}	0.3067 ^{ns}	8.64 [*]	0.0839 ^{ns}	6.17 ^{ns}	1.75 ^{**}	0.546 [*]	0.0919 ^{ns}	57.44 ^{ns}	0.0415 ^{ns}	0.124 ^{ns}
	Cross	35	1.973 [*]	1.396 [*]	0.486 ^{ns}	5.53 [*]	13.47 [*]	3.37 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.365 [*]	0.638 ^{**}	25.97 ^{ns}	1.408 ^{**}	0.323 [*]
	Error	35	0.526	0.384	0.264	1.70	4.73	2.39	0.24	0.100	0.0948	16.3	0.303	0.129
Wr-Vr ANOVA	Wr-Vr	1	0.177 ^{ns}	0.0191 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	10.3 ^{ns}	11.29 ^{ns}	0.396 ^{ns}	0.254 ^{ns}	0.0477 ^{ns}	0.00438 ^{ns}	105.34 ^{ns}	0.0447 ^{ns}	0.0072 ^{ns}
	Wr-Vr	7	0.185 ^{ns}	0.0447 ^{ns}	0.0159 ^{ns}	2.41 ^{ns}	9.67 ^{ns}	6.54 ^{ns}	0.098 ^{ns}	0.0092 ^{ns}	0.00523 ^{ns}	149.06 ^{ns}	0.0373 ^{ns}	0.0175 ^{ns}
	Error	7	0.237	0.175	0.0247	3.08	18.75	4.24	0.077	0.0139	0.00361	97.65	0.0353	0.0087

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively. a: Due to lack of differences among crosses for shoot length and significant Wr-Vr in normal condition is not shown in the table

صفات در تعیین تحمل به خشکی از رگرسیون گام به گام استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده صفات نشان داد که در اکثر صفات، بجز طول و تعداد ریشه چه در شرایط بدون تنش، طول ساقه چه در تنش شدید (نسل F_1 و F_2) و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه در تنش شدید (نسل F_2)، بین نتایج اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۲). میانگین مربعات $Wt-Vt$ برای ردیف ها در اکثر موارد بجز طول ریشه چه در هر دو شرایط، وزن ریشه چه و طول ساقه چه در شرایط بدون تنش (همگی در نسل F_1) غیر معنی دار بود که نشان دهنده کفایت مدل افزایشی غالبیت برای توارث اکثر صفات است. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی (F , h^2 , H_1 , D) در جدول ۳ ارائه شده است. واریانس ژنتیکی افزایشی (D) در تمام موارد بجز درصد جوانه زنی نهایی در شرایط بدون تنش، طول ساقه چه در هر دو شرایط (نسل F_2)، طول ریشه چه در شرایط بدون تنش (نسل F_2) و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه در هر دو شرایط (نسل F_1) معنی دار بود که نشان دهنده نقش سهم اثرات افزایشی در کنترل این صفات است. واریانس ژنتیکی غالبیت تصحیح نشده (H_1) و تصحیح شده (H_2) نیز در اکثر موارد بجز درصد جوانه زنی نهایی در تنش متوسط، تعداد ریشه چه (نسل F_1) و F_2) و طول ساقه چه در شرایط بدون تنش (نسل F_1) معنی دار بودند. برای وزن ریشه چه و ساقه چه و نسبت آنها فقط مقدار H_2 غیر معنی دار بود. در مجموع مقدار H_1 بزرگتر از H_2 بود که نشان دهنده عدم توزیع یکنواخت ژن های افزایشی و کاهنده در بین والدین بوده و حاکی از وفور الل های مثبت در بین والدین است (Hayman, 1954). جمع جبری تمام مکانهای ژنی هتروزیگوت در تمامی تلاقی ها (h^2) در نسل F_2 در موارد نادر و در نسل F_1 در اکثر موارد معنی دار بود که

می تواند به دلیل وقوع هموزیگوتی در نسل F_2 باشد. مقادیر کوواریانس متوسط بین اثرات افزایشی و غالبیت (F) در شاخص های سرعت جوانه زنی (GRI ، CVG و GSI) اکثرا مثبت بود که این اثرات مثبت معنی دار و مقادیر منفی غیر معنی دار نشان دهنده فراوانی الل های غالب در والدین است. این شاخص در صفات گیاهچه ای در نسل F_1 در ۴۲ درصد و در نسل F_2 در ۱۶ درصد موارد مثبت و معنی دار بود. وراثت پذیری خصوصی (Hn) شاخص های سرعت جوانه زنی از ۰/۲۶ تا ۰/۷۸ متفاوت بود. در حالت کلی GRI و CVG وراثت پذیری بالا و GSI وراثت پذیری ضعیف تا بالایی داشتند. FGP در شرایط بدون تنش وراثت پذیری بسیار پایین و در شرایط واجد تنش وراثت پذیری خصوصی ضعیف تا متوسطی داشت که با افزایش شدت تنش افزایش یافت. وراثت پذیری خصوصی جبران جوانه زنی نیز پایین بود. از بین صفات گیاهچه ای تعداد ریشه چه وراثت پذیری خصوصی ۰/۱۲ تا ۰/۵۹۷ را نشان داد که مقدار آن در نسل F_2 بیشتر از نسل F_1 بود. طول ریشه چه وراثت پذیری خصوصی ۰/۱ تا ۰/۵۵ داشت و وراثت پذیری با افزایش شدت تنش افزایش یافت. به علاوه، مقدار آن در نسل F_2 به مقدار جزئی بیشتر از نسل F_1 بود. طول ساقه چه نیز از وراثت پذیری ۰/۸۲ تا ۰/۴۲ برخوردار بود. نسبت طول ریشه چه به ساقه چه وراثت پذیری ۰/۱۷۷ تا ۰/۳۹ داشت که وراثت پذیری پائینی محسوب می شود. وراثت پذیری خصوصی طول کولتوپتیل در شرایط بدون تنش از ۰/۶۵ تا ۰/۶۷ متفاوت بود که در بین صفات گیاهچه ای بالاترین مقدار بود (در شرایط واجد تنش، ساقه چه از غلاف کولتوپتیل خارج نشد و طول هردو با هم برابر بود). مقدار وراثت پذیری عمومی (Hb) از ۰/۳۲ در تعداد ریشه چه تا ۰/۹۷۸ در نسبت طول ریشه چه به ساقه چه متفاوت بود. درجه غالبیت متوسط برای شاخص های سرعت جوانه زنی از ۰/۷۷ تا ۱/۳۷ متفاوت بود و با افزایش شدت تنش کاهش یافت. درصد جوانه زنی

نهایی در شرایط تنش درجه غالبیت متوسط حدود یک ولی در شرایط بدون تنش درجه غالبیت بسیار بالایی داشت. در صفت جبران جوانه زنی درجه متوسط غالبیت بالاتر از یک بود که نشان دهنده کنترل این صفات توسط اثرات فوق غالبیت است. درجه غالبیت در میانگین دو شرایط برای تعداد ریشه چه در هر دو نسل حدود یک بود که برعکس شاخص های سرعت جوانه زنی، با افزایش شدت تنش بر میزان آن افزوده شد. درجه غالبیت طول ریشه چه در هر دو نسل و در تمام شرایط بالاتر از یک بود که نشان دهنده کنترل طول ریشه چه توسط فوق غالبیت است. درجه غالبیت برای طول ساقه چه در نسل F_1 کمتر از یک و در نسل F_2 بیشتر از یک بود. نتایج این آزمایش برای نسل F_2 با نتایج نجف آبادی و همکاران (Najafabadi et al., 2004) مطابقت داشت. واکنش متفاوت دو نسل احتمالاً بدلیل تفاوت در روش ارزیابی صفات است، زیرا در روش کاغذ صافی مرطوب (نسل F_1) رشد ساقه چه بیشتر تحریک می شود. درجه غالبیت متوسط نسبت ریشه چه به ساقه چه در هر دو نسل و در تمام شرایط بیشتر از یک بود.

شدت تنش که به روش فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) محاسبه گردید برای شاخص های سرعت جوانه زنی از ۰/۲۲ تا ۰/۵۱ متفاوت بود. درصد جوانه زنی نهایی و جبران جوانه زنی حساسیت کمتری به تنش داشتند. از بین صفات گیاهیچه ای تعداد ریشه چه حساسیت کمتری به تنش داشت. طول ریشه چه حساسیت نسبتاً زیاد، طول ساقه چه و نسبت طول ریشه چه به طول ساقه چه حساسیت بسیار زیادی به تنش اسمزی نشان دادند که با نتایج زارعی و همکاران (Zarei et al., 2007) مطابقت داشت.

همبستگی بین صفات جوانه زنی و تحمل به خشکی در جدول ۴ ارائه شده است. طول کولتوپتیل (در شرایط بدون تنش) با هر سه شاخص عملکرد در شرایط تنش (Ys)، STI و TOL همبستگی معنی داری نشان داد.

طول ساقه چه در شرایط بدون تنش با هیچ یک از شاخص های تحمل همبستگی معنی داری نداشت و در تنش متوسط و شدید با Ys و TOL همبستگی معنی داری نشان داد. رابطه طول ریشه چه در هیچ یک از شرایط با شاخص های تحمل معنی دار نبود ولی در شرایط تنش با شاخص های سرعت جوانه زنی و تعداد ریشه چه همبستگی مثبت و معنی داری داشت. روابط معنی دار بین شاخص های سرعت جوانه زنی و صفات گیاهیچه ای با نتایج رئوف و همکاران (Rauf et al., 2007) مطابقت دارد. نسبت طول ریشه چه به ساقه چه در تنش متوسط با Ys و TOL و در تنش شدید با Ys و STI همبستگی معنی داری داشت. همبستگی منفی این شاخص با STI و Ys نشان دهنده رابطه عکس آن با تحمل به خشکی است. سایر محققین نیز چنین نتیجه ای را گزارش کرده اند (Khan et al., 2003; Rauf et al., 2007). همبستگی این نسبت با طول ساقه چه بیشتر از همبستگی آن با طول ریشه چه بود. بنابراین افزایش آن در شرایط تنش، بیشتر بعثت کاهش طول ساقه چه بوده تا افزایش طول ریشه چه. تعداد ریشه چه در شرایط بدون تنش و تنش شدید با شاخص های تحمل همبستگی معنی داری نداشت ولی در تنش متوسط با هر سه شاخص Ys، STI و TOL همبستگی معنی داری داشت. همبستگی تعداد ریشه چه در شرایط تنش با شاخص های سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول ساقه و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه نیز معنی دار بود. ضریب سرعت جوانه زنی (CVG) در شرایط بدون تنش با شاخص TOL، در تنش متوسط با Ys و TOL و در تنش شدید با هر سه شاخص Ys، STI و TOL همبستگی معنی داری نشان داد. نتایج مشابهی در باره شاخص سرعت جوانه زنی (GRI) بدست آمد.

درصد جوانه زنی نهایی (FGP) با هیچ یک از شاخص های تحمل رابطه معنی داری نداشت ولی در تنش متوسط و شدید با شاخص GSI همبستگی معنی داری مشاهده شد. شاخص تنش جوانه زنی

جدول ۳- پارامترهای ژنتیکی و شدت تنش خشکی برای شاخص‌های سرعت جوانه زنی (نسل F₂) و صفات گیاهیچه ای (نسل F₁ و F₂) در تلاقی دی ال ۸×۸ یکطرفه ارقام گندم نان

Table3- Genetic parameters and drought stress intensity for germination rate indices (F₂ generation) and seedling characters (F₁ and F₂ generations) in a 8×8 half diallel in bred wheat cultivars

پارامترهای ژنتیکی Genetic Parameters	Coefficient of Velocity of Germination(CVG)			Germination Rate Index(GRI)			Final Germination Percent (FGP)			Germination Stress Index(GSI)		Germ. Recovery
	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	تنش شدید Sever stress
D	69.7 ^{ns} ±6.1	47.4 [*] ±2.87	72.9 [*] ±6.19	138.5 ^{**} ±7.44	53.07 ^{**} ±6.72	120.8 ^{**} ±7.51	253.8 ^{**} ±34.3	99.5 ^{**} ±19.73	2.8 ^{ns} ±8.30	462.9 ^{**} ±39.2	78.31 ^{**} ±13.25	67.6 [*] ±26.91
H1	220.9 ^{**} ±56	114.4 ^{**} ±26.42	356.7 ^{**} ±56.96	488.1 ^{**} ±68.43	229.4 ^{**} ±61.84	636.9 ^{**} ±69.06	1413.5 ^{**} ±315	216.2 ^{ns} ±181	290.8 ^{**} ±76.33	1770.6 ^{**} ±360	584.9 ^{**} ±121.9	1048.5 ^{**} ±247
H2	180.9 ^{**} ±48.7	117.3 ^{**} ±22.99	235.1 ^{**} ±49.55	319.3 ^{**} ±59.54	218.5 ^{**} ±53.79	407.7 ^{**} ±60.08	1053.0 ^{**} ±274	234.4 ^{ns} ±158	241.3 [*] ±66.40	1236.8 ^{**} ±313	534.9 ^{**} ±106.1	897.5 ^{**} ±215.3
F	54.7 ^{ns} ±28.7	-4.4 ^{ns} ±13.58	156.8 [*] ±29.27	216.0 [*] ±35.17	24.9 ^{ns} ±31.78	256.4 [*] ±35.49	447.1 [*] ±162.1	85.1 ^{ns} ±93.24	15.7 ^{ns} ±39.22	703.5 [*] ±185.2	-45.7 ^{ns} ±62.6	-223.4 ^{ns} ±127
h ²	64.6 ^{ns} ±32.6	50.8 [*] ±15.41	108.3 [*] ±33.23	23.4 ^{ns} ±39.93	31.8 ^{ns} ±36.08	283.4 ^{**} ±40.29	56.2 ^{ns} ±184.1	-7.5 ^{ns} ±105.86	121.3 [*] ±44.53	255.3 ^{ns} ±210	112.3 ^{ns} ±71.1	839.1 ^{**} ±144.4
E	5.45 [*] ±2.03	3.61 ^{**} ±0.957	4.1 ^{ns} ±2.06	5.85 ^{ns} ±2.48	3.42 ^{ns} ±2.24	5.60 ^{ns} ±2.50	27.2 [*] ±11.4	45.61 ^{**} ±6.57	7.7 [*] ±2.77	35.1 [*] ±13.1	12.98 [*] ±4.42	12.3 ^{ns} ±8.97
Hn	0.584	0.512	0.728	0.787	0.475	0.693	0.515	0.339	0.028	0.667	0.261	0.137
Hb	0.817	0.844	0.836	0.866	0.877	0.871	0.779	0.378	0.686	0.797	0.826	0.89
$\bar{D}$	0.889	0.776	1.107	0.938	1.039	1.147	1.18	0.737	5.12	0.977	1.366	1.96
SI	0.43	0.38	0	0.51	0.39	0	0.20	0.04	0	0.34	0.22	0.37

(F₁ generation) F₁ نسل

پارامترهای ژنتیکی Genetic Parameters	تعداد ریشه چه Root number		طول ریشه چه Root length		طول ساقه چه Shoot length		طول ساقه چه / طول ریشه چه Root length/ Shoot length		طول کولوتیل Coleoptile	وزن ساقه چه Shoot weight	وزن ریشه چه Root weight	وزن ساقه چه / وزن ریشه چه Shoot/Root
	تنش شدید Sever stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	بدون تنش Non stress	بدون تنش Non stress	بدون تنش Non stress	بدون تنش Non stress	بدون تنش Non stress
D	0.586 [*] ±0.102	0.377 [*] ±0.110	8.77 [*] ±1.85	10.92 [*] ±3.60	0.015 [*] ±0.002	9.89 [*] ±1.55	165.5 ^{ns} ±214	0.034 ^{ns} ±0.02	1.27 [*] ±0.22	7.32 [*] ±1.71	4.25 [*] ±1.02	0.093 ^{**} ±0.011
H1	0.959 ^{**} ±0.226	0.23 ^{ns} ±0.243	17.64 ^{**} ±4.09	36.72 ^{**} ±7.95	0.012 [*] ±0.005	2.92 ^{ns} ±3.43	1409.8 [*] ±472	0.18 ^{**} ±0.041	1.18 [*] ±0.48	10.93 [*] ±3.78	6.59 ^{**} ±2.25	0.108 ^{**} ±0.025
H2	0.684 [*] ±0.194	0.13 ^{ns} ±0.21	12.58 [*] ±3.52	23.64 [*] ±6.83	0.004 ^{ns} ±0.004	1.30 ^{ns} ±2.95	1127 [*] ±405.8	0.138 [*] ±0.035	1.07 [*] ±0.415	7.22 ^{ns} ±3.25	3.85 ^{ns} ±1.93	0.047 ^{ns} ±0.02
F	0.693 [*] ±0.239	0.438 ^{ns} ±0.26	5.845 ^{ns} ±4.33	21.81 [*] ±8.40	0.022 [*] ±0.005	5.98 ^{ns} ±3.62	80 ^{ns} ±498.96	-0.02 ^{ns} ±0.04	-0.41 ^{ns} ±0.51	8.72 ^{ns} ±3.99	6.88 [*] ±2.38	0.143 ^{**} ±0.026
h ²	1.919 ^{**} ±0.130	1.465 ^{**} ±0.140	13.96 ^{**} ±2.36	38.51 ^{**} ±4.57	0.013 ^{**} ±0.003	5.75 [*] ±1.97	37.9 ^{ns} ±271.8	0.067 [*] ±0.024	-0.02 ^{ns} ±0.28	13.28 ^{**} ±2.17	26.3 ^{**} ±1.29	0.144 ^{**} ±0.014
E	0.062 ^{ns} ±0.03	0.11 [*] ±0.0348	2.64 ^{**} ±0.587	3.85 [*] ±1.14	0.002 [±] 0.0008	3.46 [*] ±0.49	161 ^{ns} ±67.6	0.041 [*] ±0.006	0.199 [*] ±0.07	3.91 [*] ±0.54	1.63 [*] ±0.32	0.018 ^{**} ±0.003
Hn	0.27	0.12	0.41	0.1	0.19	0.42	0.29	0.388	0.65	0.17	0.019	0.147
Hb	0.80	0.32	0.73	0.64	0.52	0.47	0.74	0.667	0.85	0.43	0.38	0.482
$\bar{D}$	1.28	0.78	1.42	1.83	0.88	0.54	2.91	2.3	0.96	1.22	1.24	1.07
SI	0.263	0	0.64	0	0.82	0	0.95	0	0	0	0	0

(F₂ generation) F₂ نسل

پارامترهای ژنتیکی Genetic Parameters	تعداد ریشه چه Root number		طول ریشه چه Root length		طول ساقه چه Shoot length		طول ساقه چه / طول ریشه چه Root length/ Shoot length		طول کولوتیل Coleoptile length	طول ساقه چه / طول ریشه چه Root length/ Shoot length	طول ساقه چه / طول ریشه چه Root length/ Shoot length	طول کولوتیل Coleoptile length
	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	بدون تنش Non stress	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	تنش شدید Sever stress	تنش متوسط Moderate stress	بدون تنش Non stress	بدون تنش Non stress
D	1.58 [*] ±0.23	1.65 ^{**} ±0.243	0.516 ^{**} ±0.09	6.49 ^{**} ±0.82	1.31 [*] ±0.52	1.26 ^{ns} ±1.35	0.36 ^{ns} ±0.166	0.068 ^{ns} ±0.05	14.76 ^{**} ±4.75	0.504 ^{**} ±0.08	0.215 [*] ±0.06	0.63 [*] ±0.038
H1	9.39 ^{**} ±2.09	7.88 [*] ±2.24	2.04 ^{ns} ±0.87	31.66 ^{**} ±7.55	25.64 ^{**} ±4.82	30.61 [*] ±12.45	2.35 ^{ns} ±1.53	1.78 ^{**} ±0.467	185.42 ^{**} ±43.7	8.06 [*] ±0.75	1.57 [*] ±0.55	0.98 [*] ±0.35
H2	7.47 ^{**} ±1.82	5.68 [*] ±1.94	1.37 ^{ns} ±0.76	26.19 ^{**} ±6.57	24.67 ^{**} ±4.19	26.95 [*] ±10.83	1.74 ^{ns} ±1.33	1.65 ^{**} ±0.407	118.26 ^{**} ±38.0	6.85 [*] ±0.65	1.39 [*] ±0.48	0.98 [*] ±0.306
F	1.94 ^{ns} ±1.08	3.25 [*] ±1.15	0.75 ^{ns} ±0.448	12.01 [*] ±3.88	-0.227 ^{ns} ±2.5	3.55 ^{ns} ±6.39	0.667 ^{ns} ±0.78	-0.22 ^{ns} ±0.24	36.3 ^{ns} ±22.45	-0.54 ^{ns} ±0.38	0.20 ^{ns} ±0.28	0.24 ^{ns} ±0.18
h ²	2.37 ^{ns} ±1.22	2.11 ^{ns} ±1.3	-0.207 ^{ns} ±0.5	9.18 ^{ns} ±4.41	27.36 ^{**} ±2.81	6.24 ^{ns} ±7.26	-0.15 ^{ns} ±0.89	1.37 ^{**} ±0.273	22.87 ^{ns} ±25.5	2.41 ^{**} ±0.44	0.94 [*] ±0.32	0.126 ^{ns} ±0.20
E	0.26 ^{**} ±0.07	0.192 ^{ns} ±0.08	0.132 ^{**} ±0.03	0.85 [*] ±0.27	0.83 [*] ±0.174	1.19 [*] ±0.45	0.12 ^{ns} ±0.055	0.05 [*] ±0.017	8.15 ^{**} ±1.58	0.015 ^{ns} ±0.03	0.064 [±] 0.02	0.047 ^{**} ±0.012
Hn	0.394	0.597	0.438	0.550	0.117	0.106	0.331	0.082	0.195	0.177	0.280	0.670
Hb	0.737	0.722	0.552	0.712	0.702	0.599	0.564	0.757	0.568	0.978	0.662	0.800
$\bar{D}$	1.218	1.092	0.995	1.104	2.214	2.46	1.277	2.56	1.77	1.999	1.35	0.620
SI	0.49	0.25	0	0.686	0.257	0	0.90	0.82	0.76	0.68	0	0

ns: غیر معنی دار. * و **: بر ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد. D: واریانس ژنتیکی افزایشی. H1: واریانس غالبیت تصحیح نشده. H2: واریانس غالبیت تصحیح شده. F: کوواریانس متوسط بین اثرات افزایشی و غالبیت. h²: اثرات غالبیت (جمع جبری تمام مکانهای ژنی هتروزیگوت در تمامی تلاقی ها). E: واریانس محیطی که از تقسیم میانگین مربعات اشتباه در جدول تجزیه واریانس ساده بر تعداد تکرار بدست می آید. Hn: وراثت پذیری خصوصی. Hb: وراثت پذیری عمومی. D: درجه غالبیت متوسط. SI: شدت تنش.

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels. D= Additive genetic variance, H1=Uncorrected dominance genetic variance, H2=Corrected dominance variance, F= Average covariation of additive and dominance effects, h² = Dominance effects (as algebraic sum over all loci in heterozygous phase in all crosses), $\bar{D}$ = Average degree of dominance, Hn= Narrow sense heritability, Hb= Broad sense heritability, E2= Environmental variance (mean square of the error of F2 populations divided by number of replications),

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات جوانه زنی در شرایط بدون تنش، تنش اسمزی متوسط و شدید و شاخص‌های کمی تحمل خشکی در ۱۸ رقم گندم نان

Table 4- Correlation coefficients among germination traits in nonstress, moderate and sever osmotic stress conditions and drought tolerance in 18 bread wheat cultivars

شرایط آزمایش Experiment Condition			شاخص تحمل تنش STI	شاخص تحمل TOL	عملکرد در شرایط تنش Ys	طول ساقه چه Shoot length	طول ریشه چه Root length	طول ساقه طول ریشه Root/shoot	تعداد ریشه چه Root number	ضریب سرعت جوانه زنی CVG	شاخص سرعت جوانه زنی GRI	درصد جوانه زنی نهایی FGP	شاخص تنش جوانه زنی GSI	جبران جوانه زنی Recovery
Shoot length	Non stress	بدون تنش	-0.124	-0.085	-0.045	1								
	Moderate stress	تنش متوسط	0.367	-0.518*	0.483*	1								
	Sever stress	تنش شدید	0.356	-0.490*	0.466*	1								
Root length	Non stress	بدون تنش	-0.087	0.218	-0.168	-0.149	1							
	Moderate stress	نش متوسط	0.257	-0.291	0.305	0.827**	1							
	Sever stress	تنش شدید	0.041	-0.392	0.180	0.702**	1							
Root/shoot	Non stress	بدون تنش	-0.184	0.049	-0.186	-0.852**	0.147	1						
	Moderate stress	نش متوسط	-0.398	0.609**	-0.531*	-0.843**	-0.601**	1						
	Sever stress	تنش شدید	-0.604**	0.352	-0.611**	-0.589*	0.051	1						
Root number	Non stress	بدون تنش	0.187	-0.207	0.211	-0.310	-0.151	-0.050	1					
	Moderate stress	نش متوسط	0.505*	-0.532*	0.590**	0.624**	0.47*	-0.702**	1					
	Sever stress	تنش شدید	0.108	-0.389	0.223	0.633**	0.741**	-0.230	1					
CVG	Non stress	بدون تنش	0.235	-0.508*	0.346	-0.044	-0.191	-0.293	0.006	1				
	Moderate stress	نش متوسط	0.485*	-0.451	0.530*	0.550*	0.659**	-0.498*	0.672**	1				
	Sever stress	تنش شدید	0.560*	-0.539*	0.615**	0.566*	0.630**	-0.244	0.669**	1				
GRI	Non stress	بدون تنش	0.188	-0.504*	0.314	-0.136	-0.187	-0.222	0.063	0.948**	1			
	Moderate stress	نش متوسط	0.484*	-0.457	0.539*	0.561*	0.622**	-0.536*	0.698**	0.939**	1			
	Sever stress	تنش شدید	0.471*	-0.398	0.498*	0.407	0.522*	-0.217	0.626**	0.915**	1			
FGP	Non stress	بدون تنش	0.103	-0.224	0.173	-0.042	-0.477*	-0.222	-0.012	0.351	0.510*	1		
	Moderate stress	نش متوسط	0.418	-0.232	0.423	0.295	0.198	-0.240	0.370	0.403	0.611**	1		
	Sever stress	تنش شدید	0.275	-0.079	0.239	0.108	0.167	-0.205	0.366	0.575*	0.833**	1		
GSI	Moderate stress	نش متوسط	0.461*	-0.409	0.497*	0.491*	0.573*	-0.448	0.667**	0.921**	0.979**	0.638**	1	
	Sever stress	تنش شدید	0.356	-0.274	0.364	0.447	0.530*	-0.237	0.667**	0.824**	0.919**	0.754**	1	
Recovery	Sever stress	تنش شدید	-0.524*	0.379	-0.550*	0.058	-0.002	0.055	0.085	-0.217	-0.200	-0.070	-0.099	1
C.L.	Non stress	بدون تنش	0.458*	-0.489*	0.539*	0.548*	-0.140	-0.629**	-0.102	0.236	0.130	-0.065	0.023	-0.778**

* and **: significant at 5% and 1% probability levels respectively.

* و **: بترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

CVG: Coefficient of Velocity of Germination, GRI: Germination Rate Index, FGP: Final Germination Percent, GSI: Germination Stress Index, C.L.: Coleoptile Length.

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام مربوط به جوانه زنی بذر در شرایط بدون تنش و تنش در جدول ۵ ارائه شده است. در شرایط بدون تنش فقط طول کولئوپتیل در مدل باقی مانده و فقط ۲۱ درصد تغییرات در STI را توجیه کرد. در شرایط تنش متوسط تعداد ریشه چه و جبران جوانه زنی در مدل باقی ماندند که مجموعاً ۶۰ درصد تغییرات و در تنش شدید نیز نسبت طول ریشه چه به ساقه چه و ضریب سرعت جوانه زنی در مجموع ۶۳ درصد تغییرات را توجیه نمودند.

در مجموع بر اساس نتایج بدست آمده می توان گفت نقش اثرات افزایشی در شاخص های سرعت

(GSI) در تنش متوسط با Y_s و TOL همبستگی معنی داری داشت. جبران جوانه زنی با STI و عملکرد در شرایط واجد تنش همبستگی منفی و معنی داری را نشان داد، ولی هیچ رابطه ای بین جبران جوانه زنی و شاخص های سرعت جوانه زنی مشاهده نشد. بلام و همکاران (Blum *et al.*, 1980) نیز چنین نتیجه ای را گزارش کردند. وجود همبستگی منفی بین جبران جوانه زنی و طول کولئوپتیل نشان دهنده این است که ژنوتیپ های پاکوتاه با کولئوپتیل کوتاه، خشکیدگی را بهتر تحمل کرده و جبران جوانه زنی خوبی دارند (Blum *et al.*, 1980; Khan *et al.*, 2003; Bhutta 2006).

جدول ۵- ضرایب رگرسیون ناقص استاندارد شده شاخص های جوانه زنی روی STI

Table 5- Standardized partial regression coefficients of germination indices on STI

شرایط آزمایش EXP. Condition	صفت Character	ضریب رگرسیون ناقص استاندارد Standardized partial regression coefficient	R^2 مدل رگرسیون R^2 of regression model
بدون تنش Non stress	طول کولئوپتیل Coleoptile length	0.458	0.21
تنش متوسط Moderate stress	جبران جوانه زنی Germination recovery	-0.500	0.60
	تعداد ریشه چه Root number	0.575	
تنش شدید Sever stress	طول ساقه چه / طول ریشه چه Root / Shoot	-0.588	0.63
	ضریب سرعت جوانه زنی Coefficient of velocity of germination	0.455	

بودن وراثت پذیری خصوصی بالا و روابط معنی دار با تحمل به خشکی، بعنوان معیارهای مناسب گزینش در مرحله جوانه زنی قابل پیشنهاد هستند. تعداد ریشه چه در شرایط تنش نیز با وراثت پذیری متوسط و روابط معنی دار با تحمل به خشکی در مرحله دوم اهمیت قرار می گیرد. طول ساقه چه فقط در شرایط تنش روابط معنی داری با شاخص های تحمل به خشکی داشت، ولی حساسیت شدید آن به تنش باعث می شود که در تنش های بالا، اندازه گیری آن مشکل شود. با وجود روابط معنی دار بین نسبت طول ریشه چه به ساقه چه با شاخص های تحمل و تاکید زیاد بر اهمیت

جوانه زنی، طول کولئوپتیل و تعداد ریشه چه بیشتر از صفاتی مانند جبران جوانه زنی، طول ریشه چه و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه می باشد که این موضوع در وراثت پذیری خصوصی و درجه غالبیت متوسط این شاخص ها منعکس است. با توجه به وجود غالبیت در کنترل بیشتر صفات مورد مطالعه و درجه غالبیت متوسط بالا، می توان توصیه کرد که ارزیابی این صفات در نسل های پیشرفته و بعد از رسیدن نتاج به خلوص انجام گیرد. از بین شاخص های سرعت جوانه زنی بترتیب CVG و GRI و در مرحله بعد GSI و از بین صفات گیاهچه ای، طول کولئوپتیل در شرایط بدون تنش با دارا

از مرحله ۳ برگی ارزیابی شود (Bhutta 2006). بنابراین برآورد وراثت پذیری و رابطه این صفت با تحمل به خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه مفید بنظر می‌رسد. در مجموع می‌توان گفت برخی از شاخص‌های جوانه زنی می‌توانند به عنوان روش‌های قابل اعتماد و وراثت پذیر در گزینش مقاومت به خشکی گندم بکار روند.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مقاله وظیفه خود می‌دانند که از دانشگاه آزاد اسلامی بخاطر تامین امکانات و بودجه تحقیق، از کارکنان ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل بخاطر تهیه ارقام مورد آزمایش و از آقایان دکتر بهمن اهدایی و دکتر محمد مقدم بخاطر راهنمایی هایشان در تجزیه آماری طرح سپاسگزاری نمایند.

این صفت در سایر منابع (Dhanda *et al.*, 2004)، این شاخص بخصوص در تنش‌های نسبتاً شدید، وراثت پذیری خصوصی پائینی داشت که دلیل آن احتمالاً ناشی از حساسیت بالای طول ساقه چه به تنش می‌باشد. همبستگی شدید منفی این شاخص با طول ساقه چه نیز تأیید کننده این مطلب است. با توجه به اینکه طول شدن کولئوپتیل ممکن است توسط تعداد زیادی مکان ژنی کمی کنترل شود (Bai *et al.*, 2004)، بنابراین هر گونه بهبود در توانایی رشد کولئوپتیل در پتانسیل‌های منفی احتمالاً توان استقرار گیاه را در خاک‌های خشک بهبود خواهد بخشید. جبران جوانه زنی بعد از خشکیدگی علاوه بر وراثت پذیری پایین، وابسته به طول کولئوپتیل بوده و در ارقام پا کوتاه و حساس به خشکی مقدار آن زیاد تر بود. برای گریز از این محدودیت می‌توان پیشنهاد کرد که این صفت بعد

References

- Almudaris, M. A. 1998.** Notes on various parameters recording the speed of seed germination. *Der Tropenlandwirt* 99: 147-154.
- Bai, G., M. K. Das, B. F. Carver, X. Xu and E. G. Krenzer. 2004.** Covariation for microsatellite marker alleles associated with Rht8 and coleoptile length in winter wheat. *Crop Sci.* 44: 1187-1194.
- Bayoumi, T. Y., M. H. Eid and E. M. Metwali. 2008.** Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *Afric. J. Biotech.* 7: 2341-2352.
- Blum, A., B. Sinmena and O. Ziv. 1980.** An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. *Euphytica* 29: 727-736.
- Bhutta, W. M. 2006.** Role of some agronomic traits for grain yield production in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought conditions. *Revista UDO Agricola* 6: 11-19.
- Bousslama, M., and W. T. Schapaugh. 1984.** Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci.* 24: 933-937.
- Dhanda, S. S., G. S. Sethi and R. K. Behl. 2004.** Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agron. Crop Sci.* 190: 6 – 12.
- Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Crop Sci.* 28: 13-16.
- Dick, J. A. 1988.** DIALLEL. Ontario Agricultural College, Guelph, Canada.
- Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses.

منابع مورد استفاده

- Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
- Hakizimana, F., S. D. Haley and E. B. Turnipseed. 2000.** Repeatability and genotype $\times$ environment interaction of coleoptile length measurements in winter wheat. *Crop Sci.* 40: 1233–1237.
- Hayman, B. I. 1954.** The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics.* 39: 789-809.
- Khan, A., M. S. Qureshi, M. Y. Ashraf and M. Hussain. 2003.** Assesment of genetic variability for drought tolerance in wheat. *Pakistan J. of Agric. Sci.* 40: 33-36.
- Mather, K. and J. L. Jinks. 1971.** Biometrical Genetics. Chapman & Hall, London.
- Michel, B. E. and M. R. Kaufman. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914-916.
- Mohammadi, R., E. Farshadfar, M. Aghaee-Sarbarzeh, and J. Shutka. 2003.** Locating QTLs controlling drought tolerance criteria in rye using disomic addition lines. *Cereal Res. Commun.* 31: 257-264.
- Najafabadi, M. F., M. R. Ghanadha, A. A. Zali and B. Yazdi Samadi. 2004.** Genetic analysis of seedling characters in bread wheat. *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress.* 26 Sept.–1 Oct. 2004, Brisbane, Qld, Australia.
- Rauf, M., M. Munir, M. Ul-Hassan, M. Ahmed and M. Afzai. 2007.** Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *Afric. J. Biotech.* 8: 971-975.
- Rebetzke, G. J., R. A. Richards, N. A. Fettell, M. Long, A. G. Condon, R. I. Forrester and T. L. Botwright. 2007.** Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Res.* 100: 10 – 23.
- Rosiel, A. A. and J. Hamblin. 1981.** Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21: 943- 946.
- Rosyara, U. R., A. A. Ghimire and R. C. Sharma. 2008.** Variation in south Asian wheat germplasm for seedling drought tolerance traits. *Plant Genet. Resour. Character. and Utiliz.* 1: 1 – 6.
- Singh, M. and R. K. Singh. 1984.** Some theoretical aspects of analysis in half diallel. *Biometric. J.* 26: 63-68.
- Verhalen, L. M. and J. C. Murray. 1969.** A diallel analysis of several fiber property traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Crop Sci.* 9: 311-315.
- Zarei, L., E. Farshadfar, Z.R. Haghparast, Z. R. Rajabi and M. Mohammadi Sarab Badieh. 2007.** Evaluation of some indirect traits and indices to identify drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.), *Asian J. of Plant Sci.* 6: 1204-1210.

Inheritance of seed germination related traits for drought tolerance in bread wheat cultivars

Shahbazi, H.¹, M. R. Bihamta², M. Taeb³ and F. Darvish⁴

ABSTRACT

Shahbazi, H., M. R. Bihamta., M. Taeb and F. Darvish. Inheritance of seed germination related traits for drought tolerance in bread wheat cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (2): 199-212 (in Persian)

To determine the inheritance of germination related traits in bread wheat, a 8×8 diallel cross design was carried out in 2007 at the Ardebil Branch, Islamic Azad University, Iran. The F₁ and F₂ seeds were germinated under osmotic stress and also subjected to atmospheric drought stress. Different germination rate indices, seedling characteristics and germination recovery after desiccation were measured and recorded. For evaluating the relationship between germination characteristics and drought tolerance, 18 wheat varieties including the parents of diallel cross were grown under irrigated and rainfed conditions in the field. Results of these experiments indicated that germination rate indices had high narrow sense heritability and close relationship with drought tolerance. Among seedling characteristics, coleoptile length under normal condition showed high narrow sense heritability and a close relationship with drought tolerance. Root number under stress conditions was considered as a moderately heritable character with significant relationship with drought tolerance indices. Despite of the close relationship of root : shoot length ratio with drought tolerance, it had low narrow sense heritability. Germination recovery showed negative relationship with drought tolerance and had low narrow sense heritability.

Key words: Bread wheat, Diallel cross, Drought, Germination and Heritability.

Received: February, 2009 Accepted: October, 2009

1- Ph.D Student, Sciences & Research Unit of Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding author) (Email: hshahbazy@gmail.com)

2- Professor, Faculty of Agriculture, The University of Tehran, Karaj, Iran

3 & 4- Professor, Sciences & Research Unit of Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran