Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۶
۹۱-۱۰۴
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.534

مقایسه ژنوتیپ‌ها و ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) هوازی و ایرانی ازنظر تحمل به تنش اسمزی در مرحله جوانه‌زنی

طیبه رئیسی[۱]، عاطفه صبوری[۲*]، حسین صبوری[۳]
۱. کارشناسی ارشد اصلاح نباتات گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت. ایران.
۲. استادیار اصلاح نباتات گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت. ایران.
۳. دانشیار اصلاح نباتات گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۲۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در ا ستقرار منا سب گیاهچه برنج در محیط‌های تحت تنش، قدرت جوانه‌زنی بالا و قوی بودن اجزای جوانه می‌باشد. به‌منظور بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های برنج‌های هوازی و ایرانی از نظر تحمل به تنش اسمزی، آزمون استاندارد جوانه‌زنی بذور به صورت ا سپلیت‌پلات با فاکتور ا صلی تنش ا سمزی در سه سطح (آب مقطر به‌عنوان شاهد، ۸- و ۱۶- بار حا صل از مانیتول) و فاکتور فرعی مواد گیاهی با استفاده از ۵۲ ژنوتیپ برنج در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورداستفاده شامل ۳۱ ژنوتیپ از برنج‌های هوازی و خارجی و ۲۱ رقم از برنج-های ایرانی بودند. نتایج حاصل نشان داد اختلاف معنی‌داری بین سطوح ا سمزی، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل بین سطوح ا سمزی و ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه مؤلفه‌های مختلف جوانه‌زنی وجود دارد. مطابق نتایج پژوهش حاضر، ژنوتیپ‌های هوازی برتری نسبی بیشتری را نسبت به ارقام ایرانی از لحاظ خصوصیات و شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی نشان دادند و با افزایش سطح تنش اسمزی ژنوتیپ‌های هوازی تحمل بیشتری را نشان دادند. با در نظر گرفتن کلیه شرایط بالاترین رتبه در مقایِ سه میانگین کلی به روش آروناچالام، به ژنوتیپ‌های هوازی AE8، AE6، AE18، AE16 و AE29 و همچنین کمترین رتبه به ارقام ایرانی قصرالدشتی، رشتی سرد، عنبربو، علی کاظمی، چمپا بودار، هاشمی و دم‌سیاه اختصاص یافت.

***واژه‌های کلیدی*: آروناچالام، آزمون جوانه‌زنی، مانیتول.**

مقدمه

برنج بعد گندم و ذرت یکی از مهم‌ترین غلات تأمین‌کننده غذا در کل جهان می‌باشد به‌طوری‌که غذای بیش از نیمی از مردم جهان را تأمین می‌کند (Babaeian et al., 1999). همچنین برنج ۲۰ درصد انرژی مردم جهان را تأمین می‌کند درحالی‌که گندم و ذرت سهم ۱۹ و ۵ درصدی در تأمین انرژی دارند (FAO, 2010)؛ اما تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰۰ میلیون تن از محصول برنج در اثر تنش‌های محیطی، بیماری و آفات از بین می‌رود و تنش خشکی تقریباً در ۵۰ درصد از اراضی برنج دنیا اتفاق می‌افتد (Bouman, 2001). خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید برنج در ۴۰ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت برنج در آسیا می‌باشد (Goldstein, 2000). برنج بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد، به‌طوری‌که تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها به حدود ۸ تا ۲۰ هزار مترمکعب و برای تولید یک کیلوگرم ماده‌ی خشک به ۷۰۰ لیتر آب نیاز دارد (Karimi, 1991). به‌طورکلی آب یکی از منابع مهم محدودکننده در تولید محصول برنج می‌باشد (Vial, 2007). این در حالی است که در سطح جهانی بخش عمده برنج تولیدی از مزارع غرقاب به دست می‌آید. این مزارع نیاز به آب تازه و کافی دارند و نیاز ماهیانه آن‌ها به آب گاهی تا ۸۵۰ میلی‌متر هم می‌رسد (Emam, 2006).

* نگارنده پاسخگو: عاطفه صبوری. پست الکترونیک: a.sabouri@guilan.ac.ir.

www.SID.ir

Archive of SID

تنش رطوبتی بسیاری از جنبه‌های متابولیسم و رشد را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد (De and Kar, 1995). تحمل به تنش‌های محیطی در مراحل مختلف رشد گیاه برنج از جوانه‌زنی تا رسیدن کامل متفاوت بوده و در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی حساس است (Lutts et al., 1995). با توجه به بحران آب در سال‌های اخیر علاوه بر توجه به روش‌های مختلف آبیاری جهت استفاده بهینه از منابع آبی معرفی ارقامی که ضمن سازگاری با شرایط منطقه نیاز آبی کمی داشته باشند ضروری است (Collard et al., 2005). مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (International Rice Research Institute) باهدف کاهش مشکل بحران آب در تولید برنج، تکنولوژی تولید برنج هوازی را در سال ۲۰۰۲ معرفی کرد. در این سیستم، گیاه به زمین غیر گل‌آلود و غیر غرقاب متحمل است و برنج هوازی همانند رشد یک گیاه در زمین‌های مرتفع رشد می‌کند. بنا بر گزارش‌های موجود، کشور چین مصرف آب برای برنج‌های هوازی را ۵۵ الی ۶۵ درصد کمتر از غرقاب گزارش نمود. مطالعاتی که توسط این مؤسسه صورت گرفته است حاکی از آن است که کارایی مصرف آب در برنج‌های هوازی به‌طور قابل‌توجهی بیش از برنج‌های غرقاب بوده است. البته به دلیل فاصله زیادی که ازنظر عملکرد با برنج‌های غرقاب دارد نقش آن در ذخیره آب کم‌رنگ می‌شود. برای حل این مشکل ژنوتیپ‌هایی از برنج که بتوانند تحت شرایط آبی اما در خاک‌های هوازی رشد نمایند ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا در چین رقم «هان دو» (Han Do) تولیدشده که در ۱۹۰۰۰۰ هکتار از اراضی کم‌آب این کشور کشت می‌شود (Bouman et al., 2002).

زراعت در زمین‌هایی که حاصلخیزی بالایی نداشته و درعین‌حال حائز انواع تنش‌های محیطی مثل کم‌آبی، شوری، دماهای بالا و پایین باشند، با مشکلات و مخاطرات فراوانی روبرو است اولین مشکلی که می‌توان در راستای تولید محصول در چنین زمین‌هایی متصور بود، مشکلات مربوط به جوانه‌زنی و استقرار مناسب محصول در مزرعه است. بدیهی است که جوانه‌زنی مطلوب و در پی آن استقرار مناسب و یکنواخت محصول در مزرعه می‌تواند راه را برای تولید محصولی قابل‌قبول ازنظر کمی و کیفی هموار سازد (Harris et al., 2000).

از طرفی با توجه به این‌که قدرت جوانه‌زنی بالای یک ژنوتیپ می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی در جلوگیری از رشد علف‌های هرز کمک کند، استفاده از ارقام دارای قدرت جوانه‌زنی بالا در نواحی که با تنش خشکی مواجه هستند، ضروری به نظر می‌رسد، به‌طوری‌که امروزه قدرت جوانه‌زنی بالا یکی از خصوصیاتی است که در ایجاد و توسعه ارقام اصلاح‌شده‌ی برنج موردتوجه قرار می‌گیرد (Miura et al., 2002; Peterson et al., 1978; Zhang et al., 2005). قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک کاهش‌یافته و باعث اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود (Gill et al., 2002; Willenborg et al., 2005). بررسی تأثیر تنش خشکی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بسیاری از گیاهان نشان داده است که تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی آزمونی در جهت ارزیابی تحمل به تنش در بسیاری از گونه‌هاست، به‌طوری‌که تنش خشکی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Ghoulam and Fares, 2001). از طرفی بلوم و همکاران (Blum et al., 1980) نشان دادند بذور ژنوتیپ‌هایی که در مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای از تحمل به تنش رطوبتی بالاتری برخوردار بودند، در مراحل بعدی نیز این قابلیت را بروز داده‌اند. عوامل مؤثر در مطلوب بودن قدرت رویش بذر شامل درصد جوانه‌زنی نهایی، طول گیاهچه، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر، شاخص جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و مدت‌زمان لازم برای جوانه‌زنی می‌باشند (Ahmdi, 2003).

با توجه به بررسی منابع انجام‌شده به نظر می‌رسد تاکنون مطالعه‌ای درزمینه بررسی خصوصیات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های هوازی تحت محیط تنش صورت نگرفته است. لذا این مطالعه باهدف بررسی تنوع، مقایسه ژنوتیپ‌های هوازی و ارقام ایرانی و به‌علاوه شناسایی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ازلحاظ تحمل به تنش اسمزی در مرحله جوانه‌زنی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تنوع در جوانه‌زنی بین ژنوتیپ‌های برنج‌های هوازی و ارقام ایرانی ازنظر تحمل به تنش اسمزی آزمایشی به‌صورت طرح اسپلیت‌پلات ، به دلیل تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها، با فاکتور اصلی تنش اسمزی در سه سطح (آب مقطر به‌عنوان شاهد، ۸- و ۱۶- بار حاصل از مانیتول) و فاکتور فرعی مواد گیاهی با استفاده از ۵۲ ژنوتیپ برنج در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی اجرا گردید. مشخصات ژنوتیپ‌های و ارقام برنج موردمطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

برای هر واحد آزمایشی ۲۵ عدد بذر سالم با محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم برای ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس سه بار با آب مقطر شستشو داده شد. در شرایط نرمال (شاهد) میزان ۵ میلی‌لیتر از آب مقطر به بذور موجود روی کاغذ صافی درون پتری اضافه شد. برای سطوح تنش اسمزی نیز از محلول‌های ۸- بار و ۱۶- بار حاصل از مانیتول استفاده شد. پتری داخل انکوباتور با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۴۲ درصد منتقل شدند. برای انجام آزمون استاندارد جوانه‌زنی شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده در ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت و هرروز پس از آغاز آزمایش تا زمان تثبیت تعداد بذور جوانه‌زده، انجام شد. معیار بذرهای جوانه‌زده خروج ریشه‌چه حداقل به طول دو میلی‌متر بود (Willenborg et al, 2005). پس از اتمام جوانه‌زنی در هر مرحله طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر واحد آزمایشی با خط‌کش برحسب میلی‌متری اندازه‌گیری شد و وزن تر مجموع ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌های موجود در هر پتری و وزن خشک آن‌ها نیز پس از قرار دادن در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت با ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد، سپس با استفاده از روابط معین، درصد جوانه‌زنی (Camberato and Mccarty, 1999) (رابطه ۱)، انرژی جوانه‌زنی (Roumani and Ehteshami, 2013) (رابطه ۲)، ضریب سرعت جوانه‌زنی[1] (Hunter et al., 1984) (رابطه ۳)، شاخص بنیه بذر (Abdul-Baki and Anderson, 1973) (رابطه ۴)، درصد آب بافت گیاهچه (Roumani and Ehteshami, 2013) (رابطه ۵)، ضریب آلومتریک (Khavazeh, 1998) (رابطه ۶) و همچنین حداکثر درصد مقدار جوانه‌زنی (Gmax)، سرعت جوانه‌زنی (R50) (رابطه ۷)، یکنواختی جوانه‌زنی (GU) (رابطه ۸)، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D05، D10، D50، D90 و D95)، از طریق برنامه Garmin (Soltani and Maddah, 2010) محاسبه شد.

$$PG = Ni / N \times 100 \qquad [۱]$$

که در آن PG= درصد جوانه‌زنی؛ N_i= تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام (آخرین روز شمارش جوانه‌زنی)؛ N= تعداد کل بذر

$$\text{انرژی جوانه‌زنی} = \frac{\text{درصد بذرهای جوانه‌زده در یک روز خاص}}{\text{تعداد کل بذرهای آزمون شده}} \qquad [۲]$$

$$CVG = G_1+\ldots\ldots+G_n/(1\times G_1)+\ldots\ldots+(n\times G_n) \qquad [۳]$$

که G_1 تا G_n تعداد بذور جوانه‌زده از روز اول تا آخر جوانه‌زنی می‌باشد.

$$\text{شاخص بنیه بذر} = \frac{(\text{درصدجوانه‌زنی‌نهایی} \times \text{طول گیاهچه})}{۱۰۰} \qquad [۴]$$

$$\text{درصد آب بافت گیاهچه} = \frac{(\text{وزن‌خشک‌گیاهچه}-\text{وزن‌تر‌گیاهچه})}{\text{وزن‌تر گیاهچه}} \times ۱۰۰ \qquad [۵]$$

$$\text{ضریب آلومتریک} = \frac{\text{میانگین وزن خشک ریشه‌چه}}{\text{میانگین وزن خشک ساقه‌چه}} \qquad [۶]$$

$$\text{سرعت جوانه‌زنی (R50)} = 1/D50 \qquad [۷]$$

$$GU=D90-D10 \qquad [۸]$$

برای برقراری فرض نرمال بودن توزیع اشتباهات آزمایشی درصد جوانه‌زنی و درصد آب بافت گیاهچه از تبدیل زاویه‌ای Arc Sin$\sqrt{x}$ استفاده شد (Scott et al, 1984). تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین داده‌ها برای هر کدام از صفات با روش توکی در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل بین ژنوتیپ و سطوح تنش اسمزی، برش‌دهی به‌صورت بررسی تغییرات بین ژنوتیپ‌ها در هر سطح تنش اسمزی به‌صورت جداگانه با استفاده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین کلی از روش آرونـاچـالام و بـاندیوپادیای (Arunachalam and

[1]. Coefficient of velocity of germination (CVG)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات ژنوتیپ‌های برنج موردمطالعه.

Table1. Infomation of evaluated gnotypes.

شماره ژنوتیپ‌ها	علائم اختصاری نام ژنوتیپ‌ها	نام
No.genotypes	**Abbreviations of genotypes names**	**Designation**
1	AE1	Palawan
2	AE2	IR66417–18–1-1–1
3	AE3	IR71525–19–1-1
4	AE4	IR60080-46A
5	AE5	IR65907–116–1-B
6	AE6	IRAT170
7	AE7	Caiapo
8	AE8	Pegaso
9	AE9	IRAT216
10	AE10	IR 81024-B-254-1-B
11	AE11	IR 81422-B-B-200-4
12	AE12	IR 82310-B-B-67-2
13	AE13	IR 82590-B-B-32-2
14	AE14	IR 82616-B-B-64-3
15	AE15	IR 82635-B-B-82-2
16	AE16	IR 82639-B-B-103-4
17	AE17	IR 82639-B-B-118-3
18	AE18	IR 82639-B-B-140-1
19	AE19	IR 83749-B-B-46-1
20	AE20	IR 82589-B-B-114-3
21	AE21	IR 82589-B-B-84-3
22	AE22	IR 82590-B-B-90-4
23	AE23	IR 82590-B-B-94-4
24	AE24	IR 82590-B-B-98-2
25	AE25	IR 82635-B-B-143-1
26	AE26	IR 82635-B-B-32-4
27	AE27	IR 83749-B-B-87-3
28	AE28	IR 83752-B-B-12-3
29	AE29	Panda
30	AE30	Vandana
31	AE31	Nona Bokra
32	-	Ghasroldashti
33	-	SangTarom
34	-	SangJo
35	-	RashtiSard
36	-	Anbarbou
37	-	Salari
38	-	Neda
39	-	AhlamiTarom
40	-	AliKazemi
41	-	Khazar
42	-	Hashemi
43	-	Champabodar
44	-	Gharib
45	-	DomSiah
46	-	Sepidroud
47	-	Kadous
48	-	Dorfak
49	-	Gohar
50	-	Hasansaraei
51	-	Nemat
52	-	Sadri

ژنوتیپ‌های ۱ تا ۳۱ خارجی و هوازی، ۳۲ تا ۵۲ ارقام ایرانی هستند.

Genotypes 1 to 31 and 32 to 52 are foreign; aerobic, and Iranian varieties respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

Bandyopadhyay, 1984) استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا براساس نتایج مقایسه میانگین‌های هرصفت رتبه هر ژنوتیپ درآن صفت تعیین شد. رتبه‌بندی در هر صفت نیز بر اساس تعداد حروف در مقایسه میانگین مربوط به آن صفت انجام شد. پس از تعیین رتبه ژنوتیپ‌ها در هر صفت، رتبه نهایی هر تیمار مجموع رتبه آن در صفات مختلف خواهد بود. البته برای صفاتی چون یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D05، D10، D50، D90 و D95) رتبه‌دهی حالت عکس داشت. بر این اساس ژنوتیپ‌هایی که بالاترین رتبه آروناچالام را به خود اختصاص دادند به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند.

نتایج و بحث

جدول ۲، نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف اندازه‌گیری شده بر روی بذور برنج در سه سطح پتانسیل اسمزی متفاوت را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج در این جدول مشاهده می شود که بین تکرارها ازنظر کلیه صفات موردمطالعه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در بین سطوح مختلف شرایط اسمزی برای تمامی صفات به‌جز ضریب آلومتریک در سطح احتمال خطای یک درصد، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین این نتایج نشان دادند بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی-داری در سطح احتمال خطای یک درصد وجود دارد که بیانگر تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از صفات اندازه‌گیری شده می-باشد. با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر متقابل بین ژنوتیپ و شرایط اسمزی مختلف نیز برای کلیه صفات موردراندازه‌گیری به‌جز ضریب‌آلومتریک معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات و شاخص‌های جوانه.زنی بذر در برنج‌های هوازی و ارقام ایرانی

Table 2. Analysis of variance of germination characteristics and indicators of aerobic rice varieties in Iran.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination	حداکثر درصد جوانه‌زنی Maximum percentage germination rates	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination	انرژی جوانه‌زنی Germination energy	ضریب سرعت جوانه‌زنی Germination rate coefficient	شاخص بنیه بذر Seed index vigor
بلوک Block	2	$39.77^{n.s}$	$2.70^{n.s}$	$47\times10^{-8n.s}$	$221.21^{n.s}$	$0.066^{n.s}$	$1.7\times10^{-3\ n.s}$	$0.0081^{n.s}$
تنش اسمزی Osmotic stress	2	184298.18^{**}	11505.44^{**}	$7.95\times10^{-3\ **}$	16981.95^{**}	294.73^{**}	1.42^{**}	526.46^{**}
خطای اصلی Main error	4	29.30	1.88	21.8×10^{-7}	185.67	0.047	9.90×10^{-4}	0.033
ژنوتیپ Genotype	51	2013.14^{**}	125.88^{**}	$9.49\times10^{-5\ **}$	879.63^{**}	3.22^{**}	0.019^{**}	1.165^{**}
ژنوتیپ× تنش اسمزی Genotype × Osmotic stress	102	959.68^{**}	59.92^{**}	$25.3\times10^{-6**}$	2690.37^{**}	1.53^{*}	$2.73\times10^{-3*}$	0.747^{**}
خطای فرعی Sub error	306	61.41	3.83	64.2×10^{-7}	271.601	0.098	0.628	0.247
CV (%)	…	10.67	10.67	30.86	32.17	10.67	24.94	35.92

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد آب بافت گیاهچه Percent of the water plant tissue	ضریب آلومتریک Allometric coefficient	زمان لازم از تا رسیدن به time to reach to				
				۵٪ حداکثر جوانه‌زنی 5% maximum germination	۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی 10% maximum germination	۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی 50% maximum germination	۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی 90% maximum germination	۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی 95% maximum germination
بلوک Block	2	$51.49^{n.s}$	$0.11^{n.s}$	$162.01^{n.s}$	$457.23^{n.s}$	$1274^{n.s}$	$1031^{n.s}$	$1019.34^{n.s}$
تنش اسمزی Osmotic stress	2	111411.09^{**}	$0.11^{n.s}$	151417.25^{**}	59250.73^{**}	86775.03^{**}	132835.09^{**}	137905.79^{**}
خطای اصلی Main error	4	15.70	0.45	414.12	871.85	1196.65	1282.74	941.94
ژنوتیپ Genotype	51	961.70^{**}	0.85^{**}	3376.74^{**}	8958.56^{**}	10693.06^{**}	12364.49^{**}	12890.51^{**}
ژنوتیپ× تنش اسمزی Genotype × Osmotic stress	102	650.60^{**}	$0.59^{n.s}$	6134.85^{**}	13679.58^{**}	18290.94^{**}	25739.57^{**}	27268.63^{**}
خطای فرعی Sub error	306	247.18	0.51	1015.02	2243.46	2584.94	2957.90	3099.67
CV (%)	…	25.62	27.48	9.79	37.76	32.93	28.71	41.32

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns. * and ** showing non-significant. difference at 5% and 1% respectively.

درصد و حداکثر درصد مقدار جوانه‌زنی

بر اساس جدول ۲، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه، شرایط اسمزی و اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و شرایط اسمزی ازنظر صفت درصد جوانه‌زنی وجود داشت. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بهترین ژنوتیپ‌ها ازنظر درصد جوانه‌زنی به ترتیب در شرایط نرمال، ژنوتیپ‌های AE1، AE2، AE3، AE8، AE10، AE12، AE13، AE16، AE19 و سنگ جو، در شرایط اسمزی ۸- بار ژنوتیپ‌های AE3، AE6، AE8، AE9، AE16، AE19، AE21، AE24، AE26 و AE29 و در شرایط اسمزی ۱۶- بار، ژنوتیپ‌های AE6، AE7، AE18 و AE29 می‌باشد.

بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد (آب مقطر) بود به‌طوری‌که تقریباً کلیه ژنوتیپ‌ها در این شرایط جوانه‌زنی بالایی داشتند. با توجه به این‌که ارقام متحمل به تنش خشکی ارقامی هستند که باوجود داشتن میانگین های بالا برای درصد جوانه‌زنی، با افزایش سطح تنش خشکی، کاهش معنی‌داری نیز برای این صفات نداشته باشند؛ زیرا یکی از عوامل محدودکننده استقرار گیاهان کمبود رطوبت در زمان جوانه‌زنی بذر می‌باشد (Khan, 1980). از طرفی با مقایسه جداول مقایسه میانگین در هر سه سطح می‌توان دریافت که با اعمال شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های هوازی مقاومت بیشتری را برای کاهش درصد جوانه‌زنی نهایی نشان دادند و ژنوتیپ‌های هوازی AE6، AE7، AE8، AE18 و AE29 ازنظر این صفت در هر سه شرایط برتری بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های هوازی داشتند (جدول ۳، ۴ و ۵). صالحی‌فر (Salehi far, 2009) و سادات اسیلان و همکاران (Sadat Asilan et al, 2009) گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی در گیاهان موردبررسی کاهش یافت.

همچنین در مطالعه‌ای که کاران و همکاران (Karan et al.,1985) روی نخود و سویا انجام دادند بیان داشتند با افزایش سطوح تنش خشکی درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش می‌یابد. درحالی‌که در ژنوتیپ‌های هوازی

www.SID.ir

Archive of SID

نام‌برده شده با کاهش پتانسیل اسمزی تا ۸- بار تفاوت چندانی در صفت درصد جوانه‌زنی دیده نشد که این امر حاکی از تحمل نسبی این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی می‌باشد. در پتانسیل اسمزی ۱۶- بار که برای برنج یک سطح تنش اسمزی بالا محسوب می‌شود و بسیاری از ارقام ایرانی توانایی جوانه‌زنی نداشتند، تعدادی از این ژنوتیپ‌ها حتی در این سطح تنش نیز جوانه زدند. از طرفی گیل و همکاران (Gil et al., 2002) دریافتند هنگامی‌که بذر ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم تحت تنش خشکی با مانیتول و شرایط نرمال رطوبتی قرار می‌گیرند، درصد قندهای محلول به‌ویژه فروکتوز در جنین و آندوسپرم افزایش می‌یابد و این افزایش به‌ویژه در شرایط تنش خشکی، بسیار بیشتر است که در پژوهش آن‌ها نهایتاً منجر به افزایش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام متحمل‌تر به میزان چهار برابر ارقام حساس شد. علاوه بر آن درصد جوانه‌زنی ارقام متحمل به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام حساس بود. آن‌ها گزارش کردند پتانسیل اسمزی با تعداد مولکول‌های حل‌شده درون سلول ارتباط مستقیمی دارد.

سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در تعیین کیفیت بذر می‌باشد. هر چه ارقام بتوانند در مدت‌زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار هستند. سرعت جوانه‌زنی در بذرهای با قدرت بالاتر بیشتر از بذرهایی با قدرت پایین‌تر است (Hoseni, 2008). از طرفی یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی تحمل به تنش در ارقام گیاهی بررسی سرعت جوانه‌زنی آن‌ها در شرایط تنش می‌باشد، زیرا ارقام گیاهی با سرعت جوانه‌زنی بالا در تنش خشکی امکان سبز شدن سریع‌تری نسبت به سایر ارقام دارند (Kafi et al., 2005). با توجه به جدول تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها، شرایط اسمزی و اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و شرایط اسمزی ازنظر صفت سرعت جوانه‌زنی وجود دارد (جدول ۲).

با مشاهده‌ی نتایج حاصل از سه جدول مقایسه میانگین بیشترین سرعت جوانه‌زنی در هر سه شرایط اسمزی، مربوط به ژنوتیپ AE8 بود. عبدالباکی و آندرسون (Abdul Baki and Anderson, 1973) با مطالعه جوانه‌زنی در سویا اظهار داشتند سرعت جوانه‌زنی بیشتر از درصد جوانه‌زنی به تنش آب حساسیت نشان داده و همانند اکثر صفات جوانه‌زنی از همان سطح اولیه تنش رطوبتی کاهش می‌یابد، نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نظر این محققان مطابقت داشت.

به نظر می‌رسد ارقامی که دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتر باشند، دارای درصد جوانه‌زنی بیشتر خواهند بود به‌گونه‌ایی که از بین ژنوتیپ‌هایی با بالاترین درصد جوانه‌زنی، ژنوتیپ AE8 واجد بیشترین سرعت جوانه‌زنی نیز بود و در برابر سایر ژنوتیپ‌های هوازی با درصد جوانه‌زنی بالا به کاهش سرعت جوانه‌زنی مقاوم‌تر بوده است. از طرفی می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های هوازی از سرعت جوانه‌زنی نسبی بالاتری در هر سه سطح اسمزی برخوردار بودند و در مقابل اغلب ارقام ایرانی به تنش اسمزی در مرحله جوانه‌زنی تحمل کمتری نشان داده‌اند.

یکنواختی جوانه‌زنی و زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی

یکنواختی جوانه‌زنی در حقیقت طول فاز خطی در منحنی درصد تجمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان را نشان می‌دهد. هرقدر طول این مرحله کوتاه‌تر باشد، حاکی از جوانه‌زنی هم‌زمان بذور است. برعکس، طولانی بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذور به‌طور هم‌زمان جوانه نزده‌اند، بلکه جوانه‌زنی آن‌ها در دوره زمانی بیشتری صورت گرفته است (Latifi et al., 2004). بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی در شرایط نرمال مربوط به ژنوتیپ قصرالدشتی با کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بود. همچنین بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی در شرایط ۸- مربوط به ژنوتیپ‌های سنگ جو، اهلمی طارم، چمپا بودار و دم‌سیاه و در شرایط ۱۶- مربوط به AE12، AE22 و AE28 بود. نتیجه جالب‌توجه در بررسی این صفت، بیشتر بودن یکنواختی جوانه‌زنی در تنش‌های رطوبتی بالاتر بود به نظر می‌رسد چون تعداد کمتری از بذرها در تنش‌های شدیدتر رطوبتی جوانه زده‌اند و این بذرها احتمالاً از بنیه بالاتری در بین بذرهای مورد آزمایش برخوردار بودند، لذا جوانه‌زنی آن‌ها در یک محدوده زمانی کوتاه‌تری رخداده است. به‌عبارت‌دیگر هر چه درصد جوانه‌زنی پایین‌تر باشد یکنواختی جوانه‌زنی یا غیر هم‌زمانی جوانه‌زنی بذور بیشتر است.

مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی از ۱۰ درصد به ۹۰ درصد خود برسد نیز به‌گونه‌ای معرف یکنواختی

www.SID.ir

Archive of SID

جوانه‌زنی است و هر چه مقدار این مدت‌زمان کمتر باشد بیانگر جوانه‌زنی یکنواخت‌تر (هم‌زمان) بذور می‌باشد (Soltani and Maddah, 2010)؛ به‌عبارت‌دیگر هرچقدر این متغیرها از ارزش کمتری برخوردار باشند نشان‌دهنده یکنواختی بیشتر و سرعت جوانه‌زنی بالاتر در بذور می‌باشد. ازنظر این خصوصیت، اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش اسمزی وجود داشت. به‌طوری‌که با افزایش سطح تنش اسمزی، زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش یافت.

در شرایط نرمال ژنوتیپ‌های AE8، AE10، AE16، AE17 و AE18 کمترین زمان را برای رسیدن به ۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی و ژنوتیپ AE8 کمترین زمان را برای رسیدن به ۱۰، ۵۰،۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی نیاز دارد. در شرایط ۸- بار نیز، کمترین زمان برای رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰،۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی مربوط به ژنوتیپ‌های AE8 و *AE29* بود. در شرایط اسمزی ۱۶- ژنوتیپ‌های AE23، قصرالدشتی، سنگ طارم، سنگ جو، رشتی سرد، عنبر بو، علی‌کاظمی، خزر، هاشمی، چمپا بودار و صدری کمترین زمان را برای رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نیاز داشتند. زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی، با افزایش سطوح تنش خشکی افزایش یافت. می‌توان اشاره کرد که ارقامی با میانگین زمان جوانه‌زنی کمتر دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری هستند، این امر خصوصاً در شرایط کم رطوبت در استقرار سریع‌تر گیاه تأثیر دارد (Irannezhad and Shahbazian, 1996).

انرژی جوانه‌زنی

برای این صفت نیز بین ژنوتیپ‌ها، سطوح مختلف تنش و اثر متقابل سطوح اسمزی با ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین مربوط به صفت انرژی جوانه‌زنی نشان داد در شرایط نرمال بیشترین انرژی جوانه‌زنی به ژنوتیپ‌های AE1، AE2، AE7، AE8،AE10، AE12، AE13، AE16، AE19 و سنگ جو، در شرایط ۸- بار ژنوتیپ‌های AE1، AE2، AE3، AE4، AE6، AE8، AE9، AE16، AE18، AE19، AE21، AE24، AE26، AE29 و گوهر و در شرایط ۱۶- بار ژنوتیپ AE7 اختصاص داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان دریافت که ژنوتیپ‌های هوازی ازنظر انرژی جوانه‌زنی نیز نسبت به ژنوتیپ‌های ایرانی برتری داشتند.

ضریب سرعت جوانه‌زنی

این صفت شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی روزانه می‌باشد. بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی به سطح شاهد و کمترین آن به تیمار ۱۶- بار اختصاص داشت. با توجه به جداول مقایسه میانگین برای صفت ضریب سرعت جوانه‌زنی مشاهده می‌شود بیشترین ضریب در شرایط نرمال و ۸- بار مربوط به ژنوتیپ AE8 و در ۱۶- بار مربوط به درفک بود.

شاخص بنیه بذر

یکی دیگر از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت بذر، شاخص بنیه بذر می‌باشد که از طریق درصد جوانه‌زنی نهایی و طول گیاهچه روی کیفیت بذر مؤثر است. بذرهایی که دارای بنیه قوی‌تر باشند، توانایی بالایی در تحمل تنش‌های محیطی دارند و ضمن داشتن درصد بالایی از جوانه‌زنی، قادرند گیاهچه‌های قوی‌تری تولید کنند (Balochi et al., 2005). مقایسه میانگین شاخص بنیه بذر نشان داد بهترین شاخص بنیه بذر در شرایط نرمال و ۱۶- بار برای ژنوتیپ AE29 و در شرایط ۸- بار به ژنوتیپ AE26 تعلق داشت. ازآنجایی‌که بنیه بذر شاخصی از طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی نهایی بذور می‌باشد با کاهش طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی نهایی بذور تحت تأثیر تنش، بنیه بذر نیز کاهش می‌یابد. پژوهش‌های انجام‌شده نیز مؤید این مطلب است که با افزایش تنش خشکی طول گیاهچه کاهش می‌یابد، زیرا با افزایش غلظت املاح فشار اسمزی زیاد می‌شود و درنتیجه مقدار انرژی که گیاه برای جذب آب صرف می‌کند افزایش‌یافته و طول گیاهچه نیز کاهش می‌یابد (Kim et al., 1994). گواهی و همکاران (Govahi et al., 2006) بیان کردند، تنش خشکی باعث کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود. از طرفی شاخص بنیه بذر معرف درصد و پتانسیل جوانه‌زنی می‌باشد، هر چه کیفیت بذر پایین‌تر باشد درصد جوانه‌زنی نیز پایین‌تر و شاخص بنیه بذر کاهش می‌یابد (Azad and Tobeh, 1994). بنابراین هرچند توانایی جوانه‌زنی به خصوصیات ژنتیکی ژنوتیپ‌ها بستگی دارد، ولی این توانایی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد اگر شرایط رطوبتی مزرعه در زمان کشت نامناسب باشد، ژنوتیپ‌های حساس که با تنش رطوبتی

www.SID.ir

Archive of SID

مواجه شده‌اند از بنیه پایین‌تری برخوردار می‌باشند و ژنوتیپ‌هایی مقاوم‌تر از بنیه بالاتری برخوردارند (Copland and Mc Donald, 1995). نتایج این پژوهش نشان داد ارقام هوازی ازلحاظ این مؤلفه جوانه‌زنی برتری نسبی بالاتری دارند.

درصد آب بافت گیاهچه

برای صفت درصد آب بافت گیاهچه نیز در شرایط نرمال ژنوتیپ‌های AE10، AE22، رشتی سرد، قصرالدشتی و چمپا بودار و در شرایط ۸- بار AE9 و AE26 بیشترین درصد آب بافت گیاهچه را داشتند البته در شرایط ۱۶- بار ژنوتیپ‌ها ازلحاظ درصد آب بافت گیاهچه تفاوت معنی‌داری نداشتند که می‌تواند ناشی از این باشد که با افزایش تنش اسمزی، آب بافت کلیه ژنوتیپ‌ها کاهش می‌یابد.

ضریب آلومتریک

برای ضریب آلومتریک نیز مشاهده شد که در شرایط نرمال و ۸- بار بیشترین ضریب آلومتریک مربوط به ژنوتیپ‌های AE5 و AE6 بود و در شرایط تنش ۱۶- بار تمام ژنوتیپ‌ها از ضریب آلومتریک قابل‌محاسبه نبود.

مقایسه میانگین کلی به روش آروناچالام

انجام روش آروناچالام این امکان را به محقق می‌دهد تا بتواند با در نظر گرفتن نتایج مربوط به کلیه متغیرهای موردمطالعه برترین ژنوتیپ را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها شناسایی نماید. همان‌گونه که از نتایج مقایسه میانگین تک‌تک صفات مشخص گردید ژنوتیپ‌های برتر برای صفات مختلف یکسان نبودند که تعیین مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها از روش آروناچالام میسر خواهد بود. جدول ۳ نتایج حاصل از انجام مقایسه میانگین کلیه صفات با استفاده از روش آروناچالام، برای هر یک از سطوح تنش نشان داده شده است.

نتایج حاصل از رتبه‌بندی در شرایط نرمال، نشان داد که به ترتیب ژنوتیپ‌های AE8، AE13، AE6، AE16، AE10 و *AE18* درمجموع کلیه صفات موردبررسی بالاترین رتبه‌ها و ژنوتیپ‌های قصرالدشتی، رشتی سرد، حسن سرایی، دم‌سیاه و هاشمی کمترین رتبه‌ها را داشتند. نتایج حاصل از این تجزیه در شرایط نرمال برتری ژنوتیپ‌های هوازی را به ژنوتیپ‌های ایرانی نشان می‌دهد.

همچنین نتایج حاصل از رتبه‌بندی در شرایط اسمزی ۸- بار نشان داد به ترتیب ژنوتیپ‌های AE8، AE29، AE6، AE18، AE30 و AE16 دارای بالاترین رتبه ازنظر کلیه صفات موردبررسی و به ترتیب ژنوتیپ‌های رشتی سرد، علی کاظمی، دم‌سیاه و چمپا بودار کمترین رتبه‌ها را داشتند.

نتایج حاصل از رتبه‌بندی در شرایط اسمزی ۱۶- بار نیز نشان داد به ترتیب ژنوتیپ‌های AE29، AE7، AE18، AE8، AE3 و AE6 بالاترین رتبه را در کلیه صفات موردبررسی داشتند و به ترتیب ژنوتیپ‌های AE14، AE23، قصرالدشتی، سنگ طارم، سنگ جو، رشتی سرد، عنبربو، سالاری، ندا، علی کاظمی، خزر، هاشمی، چمپا بودار، غریب، درفک، نعمت و صدری کمترین رتبه را در بین ژنوتیپ‌ها دارا می‌باشد.

درمجموع نتایج حاصل نشان داد که تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی با استفاده از مانیتول همه صفات مرتبط با جوانه‌زنی کاهش یافتند اما درصد کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود، به‌گونه‌ای که این کاهش در بذور ژنوتیپ‌های هوازی کمتر از بذور ارقام ایرانی بود. کاهش پارامترهای جوانه‌زنی در گیاهان، تحت تنش خشکی توسط سایر محققین نیز تائید گردید. دشتی و همکاران (Dashti et al., 2007) با مطالعه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذور به کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی اشاره کردند. آخوندی و همکاران نیز (Akhondi et al., 2006) کاهش معنی‌دار پارامترهای جوانه‌زنی را تحت تنش خشکی برای گیاهان مرتعی بیان کردند. همچنین نتایج مشابهی در کلزا (Andalibi et al., 2005) و گندم (Majnon Hoseini et al., 2002) گزارش شده است. گزارش‌های متعدد حاکی از آن است که بذوری که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه قوی‌تری تولید می‌کنند (Ashraf and Shakara, 1978; Kakhaki and Kafi, 1995).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مجموع رتبه‌های حاصل از مقایسه میانگین صفات در سطوح مختلف تنش (روش مقایسه میانگین کلی آروناچالام).

Table 3. The total of ranks derived from mean comparison of traits in different osmotic stress (General mean comparison Arunachalam method).

شرایط	نرمال	۸- بار	۱۶- بار
Condition	Normal	-8 Bar	-16 Bar
ژنوتیپ	مجموع رتبه‌ها	مجموع رتبه‌ها	مجموع رتبه‌ها
Genotype	Total ranks	Total ranks	Total ranks
AE1	64	104.5	36
AE2	90	112	38.5
AE3	94	108.5	60
AE4	88	111	55
AE5	84	93	25.5
AE6	113.5	142.5	60
AE7	91.5	119	64
AE8	118.5	150.5	60.5
AE9	99	127.5	48.5
AE10	112	123	50.5
AE11	63.5	84	24
AE12	100	117.5	53.5
AE13	115	118.5	47
AE14	78	92.5	21
AE15	106	121.5	54.5
AE16	112	137.5	42
AE17	100.5	101	56.5
AE18	111.5	138.5	62.5
AE19	72	107	26
AE20	103.5	122.5	36.5
AE21	70	91	25
AE22	70.5	100.5	27.5
AE23	48.5	81.5	23
AE24	64	87.5	26.5
AE25	57.5	68.5	23.5
AE26	57	98	44
AE27	71	73.5	24
AE28	89	96.5	45
AE29	108	146.5	65
AE30	106.5	138.5	57
AE31	95.5	111.5	33.5
Ghasroldashti	25.5	43	23
SangTarom	67	75.5	23
SangJo	66	68.5	23
RashtiSard	44.5	33.5	23
Anbarbou	29.5	54	23
Salari	41.5	46	23
Neda	87	83.5	23
AhlamiTarom	58.5	68.5	24
AliKazemi	41.5	34	23
Khazar	54	43.5	23
Hashemi	38.5	56.5	23
Champabo	41.5	38.5	23
Gharib	40.5	56	23
DomSiah	37	35.5	23.5
Sepidroud	99.5	91.5	23.5
Kadous	92	104.5	26.5
Dorfak	78.5	95	23
Gohar	74	105	31
Hasansaraei	33.5	44.5	23.5
Nemat	63.5	86.5	23
Sadri	48.5	70.5	23

www.SID.ir

Archive of SID

بالباکی (Baalbaki 1999) بیان داشت که جوانه‌زنی ارقام مختلف گندم در پاسخ به تنش رطوبتی کاملاً متفاوت است، اما مقدار این تفاوت بستگی به نوع رقم و شدت تنش دارد. یکی از دلایل پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف به تنش خشکی می‌تواند، جذب کمتر آب در ارقام حساس باشد (Burris et al., 1971). کاهش ورود آب به بذر در اثر افزایش تنش خشکی فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر را تحت تأثیر قرار داده و میزان و سرعت انجام جوانه‌زنی و خروج ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Kiyani et al., 1990). از طرفی تنش خشکی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر حرکت مواد و ذخایر بذر و یا تأثیر مستقیم بر ساختمان آلی و سنتز پروتئین جنین جوانه‌زنی بذر را کاهش می‌دهد (Dodd and Donovan, 1999). در مطالعات کرامر و همکاران (Keramer et al., 1991) کاهش جوانه‌زنی تحت تنش خشکی به کاهش رطوبت سلول و تأثیر آن بر ساخت پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و ترشح هورمون‌ها نسبت داده است. مطالعه مکانیسم بیوشیمیایی جوانه‌زنی نشان می‌دهد که جیبرلین‌ها با القاء تغییرات کمی و کیفی در سنتز برخی پروتئین‌ها، در نهایت سنتز آنزیم‌های هیدرولیز کننده مولکول‌های ذخیره‌ای بذر، نظیر α- آمیلاز را تحریک می‌نماید. این آنزیم‌ها واکنش‌های ضروری جهت تجزیه مواد ذخیره‌ای بذر و تولید انرژی و ترکیبات ساختمانی جهت رشد و ظهور جنین را کاتالیز نموده و بدین ترتیب جوانه‌زنی را به بذر القاء می‌کنند (Bradford and Nonogaki, 2007). کاهش رشد گیاهچه تحت شرایط تنش، به دلیل کاهش تحرک نشاسته که به دلیل کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز و محتوای بالای نشاسته در لپه‌ها و آندوسپرم گیاهان تحت تنش است (Stavir et al., 1998). کاهش رشد تحت شرایط تنش، درنتیجه جلوگیری از تقسیم سلولی و رشد سلول می‌تواند در اثر تغییر در توازن تنظیم‌کننده‌های رشد (هورمون‌ها) در شرایط تنش باشد (Morgan, 1990). هورمون‌های گیاهی دسته‌ایی از مواد آلی هستند که در غلظت کم، فرآیندهای فیزیولوژی بذر ازجمله رشد و نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Davies, 1995) که این ترکیبات در ایجاد و کنترل جوانه‌زنی نقش بسزایی دارند ازجمله مهم ترین این هورمون‌ها اسید جیبرلیک است (Xiong, 2002; Hare, 1997). افزایش ترشح کینتین در شرایط تنش می‌تواند موجب تقویت جوانه‌زنی شود که مربوط به افزایش جذب آب به دلیل افزایش نفوذپذیری غشا یا غلظت داخلی املاح باشد (Bucaud and Unger, 1976; Ranjan, 2003). ازجمله آنزیم‌های مؤثر در فرآیند جوانه‌زنی و القاء تحمل به تنش در گیاهان نیز می‌توان به α- آمیلاز و آنزیم‌های فسفاتاز اشاره کرد. آنزیم‌های فسفاتاز نقش فیزیولوژیک مهمی را در سازگاری بذرهای در حال جوانه‌زنی در شرایط متغیر محیطی دارند (Lee, 2000). این آنزیم‌ها معمولاً تحت تنش افزایش می‌یابند. همچنین کینتین و اسید جیبرلیک فعالیت آنزیم آمیلاز را در بذور تحت تنش افزایش می‌دهد (Stavir et al., 1998). با توجه به برتری بیشتر برنج‌های هوازی به تنش اسمزی، ازنظر صفات مربوط به جوانه‌زنی و مقاومت به خشکی آن‌ها علاوه بر بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی بررسی آنزیم‌ها و هورمون‌های مرتبط با جوانه‌زنی نیز در تحقیقات بعدی ضروری به نظر می‌رسد تا علل بیوشیمیایی برتری ژنوتیپ‌های هوازی نسبت به ارقام ایرانی نیز شناخته شود.

قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از خانم مهندس فاطمه دائمی که در اجرای عملیات آزمایشگاهی این پژوهش، زحمات زیادی را متقبل شدند تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1973. Vigour deterioration in soybean seeds by multiple criteria. Crop Science. 13, 630-633.

Ahmadi, M.R., 1995. When and how to harvest canola (*Brassica napus* L.). Promotions Media Planning Bureau of the Ministry of Agriculture. [In Persian]

Akhondi, M.A., Safarnejad A., Lahouti, M., 2004. Investigation of morphological indexes and genotypes selection of resistance alfalfa (*Medicago sativa* L.) in osmosic stress (PEG).

www.SID.ir

Archive of SID

Pajouhesh and Sazandegi. 62, 50-57. [In Persian with English Summary].

Ashraf, C.M., Shakara, S.A., 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal. 65, 135-139.

Arunachalam, V., Bandyopadhyay, A., 1984. A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. Indian Journal of Genetic. 44, 419-424.

Azad, F., Tobeh, A., 1986. Efficiency associated with the emergence of wheat dry matter production and some other characteristics, laboratory and greenhouse cultivation. Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, September 3-6. Babolsar, University of Mazandaran. Iran. Page 233. [In Persian].

Baalbaki, R.Z., Zurayk, R.A., Blelk, M.M., Tahouk, S.N., 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. Seed Science and Technology. 27, 291-302.

Blum, A., Sinmena, B., Ziv, O., 1980. An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. Euphytica. 29, 727-736.

Bouman, B.M.A., Toung, T. P., 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. Agriculture Water Management. 49, 11-30.

Bouman, B.A.M., Xiaoguang, Y., Huaqi, W., Zhiming, W., Junfang, Z., Changgui, W., Bin, C., 2002. Aerobic Rice (Han Dao): A new way of growing rice in water short areas. Proceedings of the 12th ISCO Conference, May 26-31, Beijing, China.

Bradford, K.J., Nonogaki, H., 2007. Seed Development, Dormancy and Germination. Oxford, Blackwell.

Burris, J.S., Wahab A.H., Edje, O.T., 1971. Effect of seed size on seedling performance in soybean. I: Seedling growth and respiration in the dark. Crop Science. 11, 492-496.

Bucaud, J., Unger, I.A., 1976. Hormonal control of germination under saline conditions of three halophyte taxa in genus Suaeda. Physiologia Plantarum. 36, 197-200.

Camberato, J., Mccarty, B., 1999. Irrigation water quality: part I. Salinity. South Carolina Turfgrass Foundation New. 6(2), 6-8.

Collard, B.C.Y., Jahufer, M.Z.Z., Brouwer, J.B., Pang, E.C.K., 2005. An introduction to marker, Quantitative Trait Loci (QTL) mapping and marker –assisted selected selection for crop improvement, the basic concepts. Euphytica. 142, 169-196.

Copland, L.D., Mc Donald, M.B., 1995. Seed Science and Technology. Chapman and Hall, New York.

Dashti, M., Shirdel, M., ZarifKetabi, H., 2007. Effects of water stress and salinity on germination and seedling growth characteristics of Althaea officinalis. Abstracts of third Conference of Medicinal Plants. Shahed university. Iran, pp 387. [In Persian].

Davies, P.J., 1995. Plant Hormones. Kluwer Academic Pub. The Netherlands: 230p.

De, R., Kar, R.K., 1995. Seed germination and seeding growth of mungbean (*vigna radiate*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Science and Technology. 21, 301-308.

Dodd, G.L., Donovan, L.A., 1999. Water potential and ionic effects on germination and seeding growth of two cold desert shrubs. American Journal of Botany. 86, 1146- 1153.

Emam, E., 1999. Careal Production. Shiraz University Press. 190p.

Ghoulam, C., Fares, K., 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris*). Seed Science and Technology. 29, 357-364.

Gill, P.K., Shama, A.D., Singh, P., Singh Bhullar, S., 2002. Osmotic stress-induced changes in germination, growth and soluble sugar content of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) seeds. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 28, 12-25.

Goldsteion, D.B., 2000. Schlotterer, Micrsatellites, Evolution and Application, Oxford University Press.

Govahi, M., Safari, M., Safari, Gh., Shajy, A., 2005. Evolution of drought and salinity on seed germination of Cuminum cyminum, Abstracts of the Ninth Congress of Agronomy and Plant Breeding. Iran. pp 597.

Hare, P.D., Cress W.A., VanStaden, J., 1997. The involvement of cytokinins in plant responses to environmental stress. Plant Growth Regulation. 23, 79-103.

Harris, D., Tripathi, R.S., Joshi, A., 2000. On-farm seed priming to improve crop

www.SID.ir

Archive of SID

establishment and yield in direct-seeded rice, in IRRI: International Workshop on Dry-seeded rice technology, held in Bangkok. 25-28 January 2000. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.164p.

Hoseni, F., Gharineh, M.H., Bakhshandeh, E.A., Fathy, GH. A., Shirin, M., 2000. Effects on seed germination and seedling growth parameters (*Brassica napus* L.) in vitro on five varieties of rapeseed. Proceedings of the First National Conference of Seed Technology. Gorgan University. [In Persian].

Hunter, E.A., Glasbey, C.A., Naylor, R.E.L., 1984. The analyses of data from germination test. Journal of Agricultural Science Cambridge. 102, 207-213.

Irannezhad, K.H. and Shahbazian, N. 1996. Resistance of plants to environmental stresses. Carno Press. [In Persian].

Kafi, M., Nezami, A., Hosaini, H., Masomi, A., 2005. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crop Research. 3(1): 69-80. [In Persian with English Summary].

Kakhaki, A., Kafi, M., 1995. Effect of moisture regeim in early season on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L. Varamin cultivar). Iranian Journal of Field Crops Research. 1: 31-40. [In Persian with English Summary].

Karan, S., Afria B., Singh, K., 1985. Seed germination and seedling growth of chick pea (*Cicer arietium*) under water stress. Seed Research. 13, 1-9.

Karimi, H., 1983. Crops. Tehran University. Third Edition.

Kermode, R., 1990. Regulatory mechanism involved in the transition from seed development to germination. Critical Reviews in Plant Sciences. 9, 155-188.

Khan, A.A., 1980. The Physiology and Biochemistry of Dormancy and Germination. North Holland. Publishing Company, Oxford.

Khavazeh, M., 1998. Effect of salinity on germination, growth, and Cl, Na content of four arid and desertspecies. Msc Thesis, Isfahan University of Technology. [In Persian].

Kim, K.S., Yoo, Y.K., Lee, G.Y., 1994. Comparative salt tolerance study in Korean lawngrasses. Comparsion with western turfgrasses via in vitro salt tolerance test. Journal of the Korean Society for Horticaltvral Science. 32: 1, 117-133.

Kiani, M.R., Bagheri, A., Nezami, A., 1990. The reaction of lentil (*Lens culinaris* L.) genotypes to water stress at the germination stage of PEG 6000. Journal of Agricultural Science. (1), 45-55.

Latifi, N., Soltani, A., Aspaner, D., 1996. The effect of temperature on germination Canola genotypes. Iranian Journal of Agriculture Science. 35, 313-321. [In Persian with English Summary].

Lee, T.M., 2000. Phosphate starvation induction of acid Phosphatase in *Ulva lactuca* L. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 39, 29-32.

Lutts, S., Kinetand, J.M., Buoharmont, J., 1995. Changes in plant respons to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Exprimental Botany. 46, 1843-1852.

Miura, K., Lin, S.Y., Yano, M., Negamine, T., 2002. Mapping quantitative trait loci controlling seed longeviety in rice (*Oryza sativa* L.). Thearetical and Applied in Genetic. 104, 981-986.

Morgan, P.W., 1990. Effects of abiotic stresses on plant hormone systems. In: Alscher, R.G and Cumming, J.R. (eds.). Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms. New York: Wiely-Liss.

Peterson, M.L., Jones, D. B., Rutger, J.N., 1978. Cool temperature screening of rice lines for seedling vigor. Riso. 27, 269-274.

Ranjan, R., Purohit S.S., Prasad, V., 2003. Plant Hormones: Action and Application. Agrobios (India). 243p.

Roumani, A., Ehteshami, S.M.R., 2013. Effect of different levels of salinity stress on germination Indices and seedling growth of fenugreek (*Trigonella Foenum* L.).2nd National Congress on Medicinal Plants. May 15-16, 2013, Tehran, Iran. [In Persian].

Sadat Asilan, K., Modares Sanavi, S.A.M., AghaAlikhani M., Heydari Sharifabad, H., Mirhossein Dehabadi, S.R.2001. The Effect of water deficit stress on germination traits of ten perennial alfalfa (*Medicago sativa* L.) Ecotypes. Iranian Journal of Field Crops Science. 40 (30), 95-102.

www.SID.ir

Archive of SID

Salehifar, M., 2002. Comparison of the effects of drought stress on germination seedling growth of 8 bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. Eleventh Congress of Crop Sciences. Shahid Beheshti University. [In Persian].

Soltani, A., Maddah, V., 2010. Simple, Applied Programs for Education and Research in Agronomy. Niak Press. 80p.

Stavir, K., Gupta, A.K., Kaure, N., 1998. Gibbrellic Acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chick pea. Plant Growth Regulation. 25, 29-33.

Vial, L.K., 2007. Aerobic and Alternate-wet-and-dry (AWD) Rice Systems. Nuffield Australia publishing. Griffith NSW 2680. Australia.

Willenborg, C.J., Wildeman, J.C., Miller, A.K., Rossnagel, B.G., Shirtliffe, S.J., 2005. Oat germination characteristics differ among genotypes, seed size and osmotic potentials. Crop Science. 45, 2023-2029.

Xiong, L., Schumaker, K.S., Zhu, J.K., 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. The Plant Cell. 14, 165–183.

Zhang, Z.H., Yu, S.B., Yu, T., Huang, Z., Zhu, Y.G., 2005. Mapping quantitative trait loci (QTL) for seedling vigor in rice using recombinant inbrad lines of rice (*Oryza sativa* L.). Field Crops Research. 91, 161-170.

www.SID.ir