دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره پنجم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۳۹۴ (۳۲۶-۳۱۱)

گروه‌بندی و بررسی تمایز بین برنج‌های هوازی و ایرانی از نظر تحمل به تنش اسمزی در مرحله جوانه‌زنی

طیبه رئیسی[۱]، عاطفه صبوری[۲*] و حسین صبوری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲

چکیده

جوانه‌زنی گیاهان از جمله مراحل مهم در طول دوره رشدی آنهاست که اغلب تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. هدف از پژوهش حاضر شناسایی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بود که بیشترین نقش را در تمایز بین ژنوتیپ‌های برنج‌های هوازی و ایرانی از نظر تحمل به تنش اسمزی داشتند. آزمون استاندارد جوانه‌زنی بذر در سه سطح تنش اسمزی (آب مقطر به عنوان محیط نرمال، ۸- و ۱۶- بار حاصل از مانیتول) و با استفاده از ۵۳ ژنوتیپ برنج (شامل ۳۱ ژنوتیپ از برنج‌های هوازی و خارجی و ۲۲ رقم از برنج‌های ایرانی) انجام شد. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس متغیرهای جوانه‌زنی نشان داد که در شرایط نرمال و تنش ۸- بار ژنوتیپ‌ها به سه گروه و در شرایط ۱۶- بار به دو گروه قابل تفکیک هستند. تعدادی از ژنوتیپ‌ها نیز توانستند در هر سه شرایط در گروه با متوسط ارزش‌های بالاتر از میانگین کل قرار گیرند این ژنوتیپ‌ها شامل AE6، AE8، AE10، AE12، AE13، AE15، AE16، AE18، AE29 و AE30 بودند که همه جزء ژنوتیپ‌های هوازی و خارجی بودند. سپس با در نظر گرفتن دو گروه شامل ژنوتیپ‌های هوازی به همراه ارقام خارجی و ایرانی، تجزیه تابع تشخیص انجام شد. آماره لامبدای ویلک برای شرایط نرمال، ۸- و ۱۶- بار به ترتیب ۰/۲۸۶، ۰/۲۱۳ و ۰/۳۹۷ بود و نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه از لحاظ خصوصیات جوانه‌زنی در هر سه شرایط بود. مطابق نتایج، متغیرهای شاخص بنیه بذر، درصد جوانه‌زنی، حداکثر درصد مقدار جوانه‌زنی، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی و انرژی جوانه‌زنی بیشترین نقش و ضریب آلومتریک کمترین نقش را در تمایز بین دو گروه داشتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تمایز گروه‌ها، ژنوتیپ‌های هوازی، مولفه‌های جوانه‌زنی

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
۳- دانشیار گروه تولیدات گیاهی علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس
* نویسنده مسئول: a.sabouri@guilan.ac.ir

مقدمه

جوانه‌زنی و سبز شدن بذر یکی از مراحل حیاتی و تعیین‌کننده در طول دوره رشد گونه‌های گیاهی است، زیرا تضمین‌کننده استقرار موفق گیاه و عملکرد نهایی آن است (Fowler *et al*., 1979). اولین مشکلی که می‌توان در راستای تولید محصول در زمین‌هایی با حاصل‌خیزی پایین و دارای انواع تنش‌های محیطی متصور بود، مشکلات مربوط به جوانه‌زنی و استقرار مناسب محصول در مزرعه است (Harris *et al*., 2000). با توجه به اینکه قدرت جوانه‌زنی بالای یک ژنوتیپ می‌تواند به طور قابل توجهی 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، به طوری که قدرت جوانه‌زنی بالا یکی از خصوصیاتی است که در ایجاد و توسعه ارقام اصلاح شده برنج مورد توجه محققین قرار می‌گیرد (Peterson *et al*., 1978; Miura *et al*., 2002; Zhang *et al*., 2005). بررسی 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 گونه‌ها است، به طوری که تنش خشکی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Ghoulam and Fares, 2001). از طرفی بلوم و همکاران (Blum *et al*., 1980) نشان دادند که بذر ژنوتیپ‌هایی که در مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای از تحمل به تنش رطوبتی بالاتری برخوردار بودند، در مراحل بعدی نیز این قابلیت را بروز داده‌اند. قدرت بالای جوانه‌زنی بذرها تحت شرایط تنش رطوبتی، استقرار بیشتر گیاه و تراکم بالاتر را در پی دارد که در نتیجه باعث افزایش عملکرد می‌شود (Baalbaki *et al*., 1999).

برنج گیاهی تک‌لپه، یک‌ساله با رشد محدود با نام علمی (*Oryza sativa* L.)، از خانواده Gramineae و از جنس *Oryza* است. در سطح جهانی بخش عمده برنج تولیدی از مزارع غرقاب به دست می‌آید (Emam, 2007). به‌طور کلی آب یکی از منابع مهم محدودکننده در تولید محصول برنج است (Vial, 2007). برای رفع این محدودیت در تولید برنج، یکی از راه‌کارها معرفی بذرهای با قدرت جوانه‌زنی و بنیه بالاتر است. بذرهای با کیفیت و قدرت بالاتر می‌توانند بهتر سبز شوند و در مواجه شدن با تنش‌های محیطی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته باشند و در نهایت گیاهچه‌های قوی‌تری تولید کنند (Salehian, 1994). موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) فناوری برنج‌های هوازی را برای کاهش مشکل بحران آب در تولید برنج معرفی کرد. مطالعاتی که توسط این موسسه صورت گرفته است، حاکی از آن است که کارآیی مصرف آب در برنج‌های هوازی به طور قابل توجهی بیش از برنج‌های غرقاب بوده است (Bouman *et al*., 2002).

تجزیه تابع تشخیص یکی از روش‌های تجزیه آماری چند متغیره و یک تابع خطی از متغیرها است که بهترین تشخیص و تمایز را در بین گروه‌های تفکیک شده ارایه می‌دهد (Mansourfar, 2009). هدف از تجزیه تابع تشخیص، بررسی میزان تمایز دو یا چند گروه از افراد از لحاظ اندازه‌گیری‌های انجام شده روی چند متغیر است. تجزیه تابع تشخیص زمانی استفاده می‌شود که از قبل گروه‌های مشخصی وجود دارند و هدف آزمون اختلاف بین این گروه‌ها است. مدل‌های خطی منتج از تجزیه تابع تشخیص، امکان تعیین مهم‌ترین صفات موثر در تمایز بین گروه‌ها را فراهم می‌آورد (Farshadfar, 1998).

با توجه به بررسی منابع انجام شده به نظر می‌رسد تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی خصوصیات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های هوازی صورت نگرفته است. پژوهش حاضر با هدف گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین ویژگی‌های اصلی متمایز کننده بین ژنوتیپ‌های هوازی و ارقام ایرانی از نظر مؤلفه‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش اسمزی و نرمال با استفاده از تجزیه تابع تشخیص انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تفاوت بین برنج‌های هوازی و ارقام ایرانی از نظر خصوصیات جوانه‌زنی، آزمون استاندارد جوانه‌زنی بذر در سه شرایط (آب مقطر به عنوان محیط نرمال و تنش اسمزی ۸- و ۱۶- بار) در آزمایشگاه اجرا شد. مواد گیاهی، ۵۳ ژنوتیپ برنج شامل ۳۱ رقم از برنج-های هوازی و خارجی و ۲۲ رقم از برنج‌های ایرانی بود (جدول ۱).

برای هر واحد آزمایشی ۲۵ عدد بذر سالم با محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم برای ۳۰ ثانیه ضد عفونی و سپس سه بار با آب مقطر شستشو شد. در شرایط نرمال،

میزان ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به بذرهای موجود روی کاغذ صافی درون پتری‌دیش‌ها اضافه شد و برای سطوح تنش اسمزی نیز از محلول‌های ۸- بار و ۱۶- بار مانیتول استفاده شد. پتری‌دیش‌ها به داخل انکوباتور با رطوبت نسبی ۴۲ درصد و دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس منتقل شدند. برای انجام آزمون استاندارد جوانه‌زنی، شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده در ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴، ۱۶۸ و ۱۹۲ ساعت پس از آغاز آزمایش تا زمان تثبیت تعداد بذرهای جوانه‌زده انجام شد. معیار بذرهای جوانه‌زده، خروج ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر یا بیشتر بود (Willenborg *et al.*, 2005).

پس از اتمام جوانه‌زنی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کلیه ۲۵ بذر در هر واحد آزمایشی با خط‌کش مدرج میلی‌متری اندازه‌گیری شد و وزن تر مجموع ریشه‌چه‌ها وساقه‌چه‌های موجود در هر پتری دیش و وزن خشک آنها نیز پس از قراردادن در آون با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت با ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس، درصد جوانه‌زنی (Camberato and Mccarty, 1999)، انرژی جوانه‌زنی (Roumani and Ehteshami, 2013)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (Hunter *et al.*, 1984)، شاخص بنیه بذر (Abdul-Baki and Anderson, 1973)، درصد آب بافت گیاهچه (Roumani and Ehteshami, 2013)، ضریب آلومتریک (Khavazeh, 1998) و همچنین حداکثر مقدار جوانه‌زنی (Gmax)، سرعت جوانه‌زنی (R50)، 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)، از طریق برنامه Garmin (Soltani and Maddah, 2010) محاسبه شد.

تجزیه خوشه‌ای با استفاده از داده‌های استاندارد شده و با استفاده از ضریب فاصله توان دوم اقلیدسی و با روش Ward و تجزیه تابع تشخیص در هر یک از سطوح تنش اسمزی، با در نظر گرفتن کلیه ژنوتیپ‌های مورد آزمون در دو گروه شامل ژنوتیپ‌های هوازی به همراه ارقام خارجی و ارقام ایرانی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

$$GP = \frac{N_i}{N} \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، GP درصد جوانه‌زنی، N_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام (آخرین روز شمارش جوانه‌زنی) و N تعداد کل بذر است.

$$GE = \frac{PG_i}{N} \qquad (۲)$$

در این رابطه، GE انرژی جوانه‌زنی و PG_i درصد جوانه‌زنی در یک روز خاص (روز i) است.

$$CVG = \frac{G_1 + ... + G_n}{(1 \times G_1) + ... + (n \times G_n)} \qquad (۳)$$

CVG ضریب سرعت جوانه‌زنی و G_1 تا G_n تعداد بذرهای جوانه‌زده از روز اول تا آخر جوانه‌زنی هستند.

$$SV = \frac{GP \times SL}{100} \qquad (۴)$$

که در آن، SV شاخص بنیه بذر، GP درصد جوانه‌زنی نهایی و SL طول گیاهچه است.

$$PVP = \frac{FW - DW}{FW} \times 100 \qquad (۵)$$

در این رابطه، PVP درصد آب بافت‌گیاهچه، FW وزن تر و DW وزن خشک گیاهچه است.

$$AC = \frac{RDW}{SDW} \qquad (۶)$$

که در آن، AC ضریب‌آلومتریک، RDW میانگین وزن خشک ریشه‌چه و SDW میانگین وزن خشک ساقه‌چه است.

$$R50 = \frac{1}{D50} \qquad (۷)$$

که در آن، R50 سرعت جوانه‌زنی و D50 زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی است.

$$GU = D90 - D10 \qquad (۸)$$

در این رابطه، GU یکنواختی جوانه‌زنی و D90 و D10 به ترتیب زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۰ و ۱۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی هستند.

پس از ثبت داده‌ها و قبل از انجام تجزیه‌های آماری، ابتدا مفروضاتی مثل نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی کوواریانس گروه‌ها مورد آزمون قرار گرفت. کلیه تجزیه‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS Ver.22 انجام شد.

جدول ۱- مشخصات مواد گیاهی مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of plant materials studied

نام Name	گروه Group	علامت اختصاری Abbreviation	نام Name	گروه Group	علامت اختصاری Abbreviation
Palawan	1	AE1	IR83752-B-B-12-3	1	AE28
IR66417–18–1-1–1	1	AE2	Panda	1	AE29
IR71525–19–1-1	1	AE3	Vandana	1	AE30
IR60080-46A	1	AE4	Nonaboka	1	AE31
IR65907–116–1-B	1	AE5	Ghasroldashti	2	L32
IRAT170	1	AE6	Sangetarom	2	L33
Caiapo	1	AE7	Sangejo	2	L34
Pegaso	1	AE8	Rashtisard	2	L35
IRAT216	1	AE9	Shahpasan	2	L36
IR81024-B-254-1-B	1	AE10	Anbarbou	2	L37
IR81422-B-B-200-4	1	AE11	Salari	2	L38
IR82310-B-B-67-2	1	AE12	Neda	2	L39
IR82590-B-B-32-2	1	AE13	Ahlamitarom	2	L40
IR82616-B-B-64-3	1	AE14	Alikazemi	2	L41
IR82635-B-B-82-2	1	AE15	Khazar	2	L42
IR82639-B-B-103-4	1	AE16	Hashemi	2	L43
IR82639-B-B-118-3	1	AE17	Champaboudar	2	L44
IR82639-B-B-140-1	1	AE18	Gharib	2	L45
IR83749-B-B-46-1	1	AE19	Domsiah	2	L46
IR82589-B-B-114-3	1	AE20	Sepidroud	2	L47
IR82589-B-B-84-3	1	AE21	Kadous	2	L48
IR82590-B-B-90-4	1	AE22	Dorfak	2	L49
IR82590-B-B-94-4	1	AE23	Gohar	2	L50
IR82590-B-B-98-2	1	AE24	Hasansaraei	2	L51
IR82635-B-B-143-1	1	AE25	Nemat	2	L52
IR82635-B-B-32-4	1	AE26	Sadri	2	L53
IR83749-B-B-87-3	1	AE27	-	-	-

نتایج و بحث

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر سه شرایط انجام شد. مناسب‌ترین محل برش برای هر دندروگرام با استفاده ازتجزیه تابع تشخیص تعیین شد.برای مشخص نمودن میزان تأثیر هر یک از صفات مورد بررسی در تمایز ژنوتیپ‌ها، میانگین صفت و درصد انحراف میانگین کل برای همان صفت محاسبه شد. نتایج به دست آمده در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارایه شد (دندروگرام‌ها به دلیل محدودیت تعداد صفحه نشان داده نشده است). بدیهی است که اگر میانگین یک صفت در یک گروه، از میانگین کل آن صفت بیشتر باشد، آن گروه از نظر صفت مربوطه ارزش بیشتری از متوسط ژنوتیپ‌ها خواهد داشت (Rashidi *et al*., 2007). قابل توجه است که برای صفاتی که حالت عکس دارند (شامل یکنواختی جوانه‌زنی (GU) و زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی)، این نوع نتیجه‌گیری برعکس خواهد بود.

نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط شاهد

تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد که بیشترین تمایز بین گروه‌ها زمانی حاصل می‌شود که ژنوتیپ‌ها به سه گروه تفکیک شوند (جدول ۲). بر اساس این گروه‌بندی، ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر کلیه صفات مورد مطالعه دارای ارزشی بالاتر از میانگین کل بودند و مطلوب‌ترین حالت را داشتند. اغلب اجزای این گروه را ارقام خارجی، ژنوتیپ‌های هوازی و برخی ارقام ایرانی با خصوصیات جوانه‌زنی بالا تشکیل دادند. این ژنوتیپ‌ها شامل AE2، AE3، AE4، AE5، AE6، AE7، AE8، AE9، AE10، AE12، AE13، AE15، E16، AE17، AE18، AE20، AE27، AE28، AE29، AE30، AE31، L39، ندا، دم‌سیاه، سپیدرود، کادوس و گوهر بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر برخی

صفات مورد مطالعه شامل درصد جوانه‌زنی و حداکثر درصد جوانه‌زنی و درصد آب بافت گیاهچه، نسبت به سایر گروه‌ها ارزش بالاتری را نشان دادند و از نظر سایر صفات ارزشی پایین‌تر از میانگین کل داشتند. ارقام این گروه شامل AE1، AE11، AE14، AE19، AE21، AE22، AE23، AE24، AE25، AE26، سنگ طارم، سنگ جو، اهلمی طارم، علی کاظمی، خزر، هاشمی، چمپا بودار، نعمت و صدری بودند که تعدادیس شامل ژنوتیپ‌های هوازی با ویژگی‌های جوانه‌زنی پایین‌تر از گروه اول و تعدادی نیز از ژنوتیپ‌های ایرانی بودند. ژنوتیپ‌های گروه سوم نیز از نظر کلیه صفات مورد مطالعه ارزشی کمتر از میانگین کل داشتند که همگی جزء ارقام ایرانی و شامل قصرالدشتی، رشتی سرد، شاه‌پسند، عنبربو، سالاری، غریب، دم‌سیاه و حسن‌سرایی بودند.

نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط ۸- بار

تجزیه خوشه‌ای در شرایط اسمزی ۸- بار نشان داد که بیشترین تمایز بین گروه‌ها زمانی حاصل می‌شود که ژنوتیپ‌ها به سه گروه تفکیک شوند (جدول ۳). از ۱۴ صفت مطالعه شده، ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر ۱۳ صفت ارزشی بالاتر از میانگین کل داشتند که شامل AE1، AE2، AE3، AE4، AE5، AE7، AE9، AE11، AE14، AE17، AE19، AE21، AE22، AE23، AE24، AE26، AE27، AE28، AE31، L34، سنگ جو، ندا، سپیدرود، کادوس، درفک، گوهر و نعمت بودند و ترکیبی از ارقام خارجی، هوازی و ایرانی بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم که همگی ژنوتیپ‌های هوازی بودند، از نظر کلیه صفات مورد بررسی ارزشی بالاتر از میانگین کل داشتند و شامل AE6، AE8،AE10، AE12، AE13، AE15، AE16، AE18، AE20، AE29 و AE30 بودند. در مقابل، ژنوتیپ‌های گروه سوم که شامل AE25، سنگ طارم، رشتی سرد، شاه‌پسند، عنبربو، سالاری، اهلمی طارم، علی کاظمی، خزر، هاشمی، چمپا بودار، غریب، دم‌سیاه، حسن‌سرایی و صدری بودند و به جز AE25، سایر ارقام ایرانی بودند، از نظر کلیه صفات ضعیف‌ترین ارزش‌ها را داشتند. به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های هوازی تحمل بیشتری نسبت به ارقام ایرانی در تنش اسمزی ۸- بار داشتند.

جدول ۲- اعضای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای همراه با میانگین (بالا) و انحراف از میانگین کل (پایین) هر گروه در شرایط شاهد

Table 2. The membership of groups derived from cluster analysis together with mean (up) and deviation from total mean (down) for each group under control condition

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	GP	GR	GRI	MGP	5% MG	10% MG	50% MG
1	AE2, AE3, AE4, AE5, AE6, AE7, AE8, AE9, AE10, AE12, AE13, AE15, AE16, AE17, AE18, AE20, AE27, AE28, AE29, AE30, AE31, L39, L47, L48, L49, L50	98.272	0.017	0.306	24.539	41.888	44.787	60.123
		2.221	0.002	0.034	0.532	-6.949	-8.385	-10.681
2	AE1, AE11, AE14, AE19, AE21, AE22, AE23, AE24, AE25, AE26, L33, L34, L40, L41, L42, L43, L44, L52, L53	97.630	0.013	0.249	24.439	51.990	57.802	77.433
		1.579	-0.002	-0.023	0.433	3.153	4.63	6.629
3	L32, L35, L36, L37, L38, L45, L46, L51	85.000	0.011	0.217	21.25	63.931	69.422	89.773
		-11.050	-0.004	-0.055	-2.756	15.094	16.25	18.969
	میانگین کل Total mean	96.050	0.015	0.272	24.006	48.837	53.172	70.804

Table 2. Continued

جدول ۲- ادامه

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	90% MG	95% MG	GE	TWP	UG	SV	AC
1	AE2, AE3, AE4, AE5, AE6, AE7, AE8, AE9, AE10, AE12, AE13, AE15, AE16, AE17, AE18, AE20, AE27, AE28, AE29, AE30, AE31, L39, L47, L48, L49, L50	79.922	87.009	3.928	86.484	35.134	3.690	0.673
		-13.863	-15.269	0.087	-0.655	-5.480	0.226	0.118
2	AE1, AE11, AE14, AE19, AE21, AE22, AE23, AE24, AE25, AE26, L33, L34, L40, L41, L42, L43, L44, L52, L53	100.992	110.106	3.907	87.459	43.189	3.426	0.447
		7.207	7.828	0.066	0.320	2.575	-0.038	-0.108
3	L32, L35, L36, L37, L38, L45, L46, L51	121.727	133.309	3.400	88.629	52.306	2.819	0.429
		27.942	31.031	-0.441	1.490	11.692	-0.645	-0.126
	میانگین کل Total mean	93.785	102.278	3.841	87.139	40.614	3.464	0.555

*: صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (GRI)، حداکثر درصد جوانه‌زنی (MGP)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (5%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (10%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (50%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (90%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (95%MG)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، درصد آب بافت گیاهچه (TWP)، یکنواختی جوانه‌زنی (UG)، شاخص بنیه بذر (SV) و ضریب آلومتریک (AC).

*: The studied trait abbreviations are: Germination percentage (GP), germination rate (GR), germination rate index (GRI), maximum germination percentage (MGP), time (h) to reach the 5% maximum germination (5%MG), time (h) to reach the 10% maximum germination (10%MG), time (h) to reach the 50% maximum germination (50%MG), time (h) to reach the 90% maximum germination (90%MG), time (h) to reach the 95% maximum germination (95%MG), germination energy (GE), tissue water percentage (TWP), uniformity of germination (UG), seed vigor (SV) and allometric coefficient (AC).

نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط ۱۶- بار

تجزیه خوشه‌ای در شرایط اسمزی ۱۶- بار براساس کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد که بیشترین تمایز بین گروه‌ها زمانی حاصل می‌شود که ژنوتیپ‌ها به دو گروه تفکیک گردند. نتایج حاصل از جدول ۴ نشان داد که ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر هیچ یک از صفات مورد مطالعه به جزء زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی دارای ارزش بالاتر از میانگین کل نبودند اما گروه دوم از لحاظ تمامی صفات به جزء زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی ارزش بالاتری را از خود نشان دادند. بنابراین، با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش ۱۶- بار، ژنوتیپ‌های گروه دوم از لحاظ هشت صفت از ۱۴ صفت مورد مطالعه دارای ارزش بالاتر از میانگین کل بودند و به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در شرایط تنش ۱۶- عمل کردند. این گروه شامل ژنوتیپ‌های AE1، AE2، AE3، AE4، AE5، AE6، AE7، AE8، AE9، AE10، AE11، AE12، AE13، AE14، AE15، AE16،AE17، AE18، AE20، AE22، AE24، AE26، AE28، AE29، AE30، AE31، L48، L49 و L50 و غالباً ارقام خارجی و ژنوتیپ‌های هوازی بودند که توانایی جوانه‌زنی بالایی در این سطح از تنش را داشتند.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی از تجزیه خوشه‌ای در شرایط اسمزی مختلف، ژنوتیپ‌های گروه برتر، از نظر

صفت شاخص بنیه بذر نیز برتری بیشتری را در مقابل ژنوتیپ‌های سایر گروه‌ها از خود نشان دادند و همان طور که بیان شد بیشتر ژنوتیپ‌های این گروه‌ها را ارقام هوازی تشکیل دادند. تعدادی از ژنوتیپ‌ها توانستند در هر سه شرایط شاهد، تنش اسمزی ۸- بار و ۱۶- بار در گروه با متوسط ارزش‌های بالاتر از میانگین کل قرار گیرند. این ژنوتیپ‌ها شامل AE6، AE8، AE10، AE12، AE13، AE15، AE16، AE18، AE29 و AE30 و همه جزء ژنوتیپ‌های هوازی بودند. صبوری و همکاران (Sabouri *et al.*, 2009) به منظور بررسی واکنش خصوصیات جوانه‌زنی و تعیین توابع تشخیص، ۲۷ رقم از ارقام ایرانی برنج را تحت شرایط تنش اسمزی حاصل از سوربیتول با پنج سطح هدایت الکتریکی (صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ دسی‌زیمنس بر متر) مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای براساس صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های مرتبط با جوانه زنی، ارقام فوق را در چهار گروه مجزا (متحمل، نیمه متحمل، حساس و نیمه حساس) قرار دادند. که از این ارقام، طارم محلی، صدری، درفک و سنگ‌جو جز ارقام متحمل شناسایی شدند.

بنابراین با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش، می‌توان در بین این ارقام، ارقام متحمل و حساس را شناسایی کرد و از آنجا که نخستین قدم برای اجرای برنامه‌های اصلاحی مختلف، تشخیص ارقام متحمل و حساس در مراحل مختلف رشد گیاه، تلاقی آنها و ایجاد جمعیت‌های مناسب یا استفاده از ژنوتیپ‌های مقاوم در شرایط تنش محیطی می‌باشد، می‌توان از این ارقام در برنامه‌های اصلاحی متعدد استفاده نمود.

جدول ۳- گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای همراه با میانگین (بالا) و انحراف از میانگین کل (پایین) هر گروه در شرایط ۸- بار

Table 3. Groups membership derived from cluster analysis together with mean (up) and deviation from total mean (down) for each group under -8 bar condition

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	GP	GR	GRI	MGP	5% MG	10% MG	50% MG
1	AE1, AE2, AE3, AE4, AE5, AE7, AE9, AE11, AE14, AE17, AE19, AE21, AE22, AE23, AE24, AE26, AE27, AE28, AE31, L34, L39, L47, L48, L49, L50, L52	94.267	0.009	0.188	23.846	77.799	83.784	106.276
		5.386	0.000	0.002	1.626	-3.059	-3.000	-6.257
2	AE6, AE8, AE10, AE12, AE13, AE15, AE16, AE18, AE20, AE29, AE30	97.725	0.012	0.235	24.242	60.482	65.451	84.315
		8.845	0.003	0.049	2.204	-20.379	-21.297	-28.218
3	AE25, L32, L33, L35, L36, L37, L38, L40, L41, L42, L43, L44, L45, L46, L51, L53	72.750	0.007	0.1502	18.188	99.835	106.205	142.100
		-16.131	-0.002	-0.0358	-4.032	18.977	19.457	29.567
	میانگین کل Total mean	88.881	0.009	0.186	22.220	80.858	86.748	112.533

Table 3. Continued

جدول ۳- ادامه

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	90% MG	95% MG	GE	TWP	UG	SV	AC
1	AE1, AE2, AE3, AE4, AE5, AE7, AE9, AE11, AE14, AE17, AE19, AE21, AE22, AE23, AE24, AE26, AE27, AE28, AE31, L34, L39, L47, L48, L49, L50, L52	142.532	156.784	3.815	61.231	58.748	0.644	0.726
		-5.514	-2.709	0.260	-2.160	-2.550	0.043	0.081
2	AE6, AE8, AE10, AE12, AE13, AE15, AE16, AE18, AE20, AE29, AE30	107.330	115.886	3.879	68.235	41.879	0.663	0.662
		-40.716	-43.633	0.324	4.844	-19.419	0.062	0.017
3	AE25, L32, L33, L35, L36, L37, L38, L40, L41, L42, L43, L44, L45, L46, L51, L53	184.999	193.873	2.910	60.945	78.793	0.490	0.502
		36.953	34.380	-0.645	-2.446	17.495	-0.111	-0.143
	میانگین کل Total mean	148.046	159.493	3.555	63.391	61.298	0.601	0.645

*: صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (GRI)، حداکثر درصد جوانه‌زنی (MGP)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (5%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (10%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (50%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (90%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (95%MG)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، درصد آب بافت گیاهچه (TWP)، یکنواختی جوانه‌زنی (UG)، شاخص بنیه بذر (SV) و ضریب آلومتریک (AC).

*: The studied trait abbreviations are: Germination percentage (GP), germination rate (GR), germination rate index (GRI), maximum germination percentage (MGP), time (h) to reach the 5% maximum germination (5%MG), time (h) to reach the 10% maximum germination (10%MG), time (h) to reach the 50% maximum germination (50%MG), time (h) to reach the 90% maximum germination (90%MG), time (h) to reach the 95% maximum germination (95%MG), germination energy (GE), tissue water percentage (TWP), uniformity of germination (UG), seed vigor (SV) and allometric coefficient (AC).

نتایج تجزیه تابع تشخیص در شرایط شاهد

پس از انجام تجزیه تابع تشخیص در شرایط نرمال، به منظور ارزیابی کارآیی معادله تابع تشخیص از آزمون لاندای ویلک استفاده شد که توزیع آن به طور تقریبی با توزیع کای اسکوئر یکسان می‌باشد. نتایج این آزمون معنی‌دار بودن تابع تشخیص را در سطح بالا، در شرایط نرمال نشان داد. همواره مقدار لاندای ویلک بین صفر و یک نوسان می‌کند. با توجه به نتایج و میزان لاندای ویلک برابر با ۰/۲۸۶ (جدول ۵) می‌توان گفت که گروه‌های مورد نظر از لحاظ ویژگی‌های جوانه‌زنی تفاوت قابل توجه و معنی‌داری با یکدیگر دارند و مدل برآورد شده می‌تواند به عنوان معیار تشخیص دو گروه باشد. در نهایت معادله تابع تشخیص در شرایط شاهد بر اساس ضرایب همبستگی ساختاری به صورت زیر برآورد شد:

$$Z = -0.508x_1 - 0.435x_2 - 0.444x_3 + 0.440x_4 + 0.448x_5 + 0.446x_6 + 0.468x_7 + 0.553x_8 + 0.563x_9 - 0.435x_{10} - 0.458x_{11} - 0.577x_{12} + 0.167X_{13} - 0.107X_{14}$$

که در آن، X_1 درصد جوانه‌زنی، X_2 حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_3 سرعت جوانه‌زنی، X_4 یکنواختی جوانه‌زنی، X_5، X_6، X_7، X_8 و X_9 زمان لازم از کاشت بذر تا رسیدن به ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر جوانه‌زنی، X_{10} انرژی جوانه‌زنی، X_{11} ضریب سرعت جوانه‌زنی، X_{12} شاخص بنیه بذر، X_{13} درصد آب بافت گیاهچه و X_{14} ضریب آلومتریک است. با استفاده از ضریب همبستگی

کانونی، میزان همبستگی بین متغیر گروه‌بندی و تابع تشخیص ۰/۸۴۵ برآورد شد (جدول ۹)، به این معنی که تقریباً ۸۴/۵ درصد از تغییرات متغیر گروه‌بندی توسط مدل ارایه شده در تجزیه تابع تشخیص در شرایط نرمال قابل توجیه است.

طبق نتایج به دست آمده از لحاظ میزان همبستگی ساختاری بین صفات و تابع تشخیص، به ترتیب متغیر شاخص بنیه بذر (X_{12})، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (X_9)، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (X_8) و درصد جوانه‌زنی (X_1) بالاترین همبستگی را با تابع تشخیص نشان دادند. در حقیقت این متغیرها به ترتیب بیشترین نقش را در تمایز بین دو گروه داشتند. از سوی دیگر متغیرهای ضریب آلومتریک (X_{14}) و درصد آب بافت گیاهچه (X_{13}) کمترین تأثیر را در تمایز بین دو گروه داشتند.

یکی دیگر از روش‌های ارزیابی کارآیی تابع تشخیص برآورد درصد جایگزینی صحیح است. بدین معنی که چه تعداد از ژنوتیپ‌ها با استفاده از تابع تشخیص برآورد شده درست گروه‌بندی می‌شوند. در اینجا میزان این آماره، ۹۲/۵ درصد برآورد شد. به عبارت دیگر میزان عدم صحت درگروه‌بندی و پیش‌بینی گروه‌ها تنها ۷/۵ درصد بود. رجوع به نتایج تجزیه و بررسی میزان مطابقت گروه‌بندی اولیه و گروه‌بندی حاصل از تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تنها پیش‌بینی گروه گروه‌بندی اولیه برای چهار ژنوتیپ با شماره‌های ۲۷،۲۵، ۳۴ و۵۲ با گروه‌بندی اولیه مطابقت نداشته است (جدول ۶) و این امر توان‌مندی بالای تابع تشخیص برآورد شده در شرایط نرمال را نشان می‌دهد. لذا از متغیرهای وارد شده در مدل، می‌توان برای شناسایی ژنوتیپ‌های برنج با خصوصیات جوانه‌زنی برتر استفاده کرد.

نتایج تجزیه تابع تشخیص در شرایط ۸- بار

پس از انجام تجزیه تابع تشخیص در شرایط اسمزی ۸- بار، با توجه به نتایج و میزان لاندای ویلک حاصل ۰/۲۱۳ (جدول ۵) می‌توان استنباط نمود که گروه‌های مورد نظر از لحاظ خصوصیات جوانه‌زنی در شرایط اسمزی ۸- بار تفاوت قابل توجهی با یکدیگر دارند و مدل برآورد شده می‌تواند به طور معنی‌داری به عنوان معیار تشخیص دو گروه در این شرایط باشد. در نهایت معادله تابع تشخیص در شرایط اسمزی ۸- بار بر اساس ضرایب همبستگی ساختاری به صورت زیر برآورد شد:

$$Z = 0.582X_1 + 0.497X_2 + 0.434X_3 - 0.393X_4 - 0.411X_5 - 0.427X_6 - 0.484X_7 - 0.486X_8 - 0.456X_9 + 0.497X_{10} + 0.443X_{11} + 0.319X_{12} + 0.350X_{13} + 0.232X_{14}$$

میزان ضریب همبستگی کانونی بین متغیر گروه‌بندی و تابع تشخیص ۰/۸۸۷ برآورد شد (جدول ۹). طبق نتایج بدست آمده از لحاظ میزان همبستگی ساختاری بین صفات و تابع تشخیص، به ترتیب صفات درصد جوانه‌زنی (X_1)، حداکثر درصد جوانه‌زنی (X_2)، انرژی جوانه‌زنی (X_{10}) زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (X_8) و زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (X_7) بالاترین همبستگی را با تابع تشخیص نشان دادند. در حقیقت این متغیرها به ترتیب بیشترین نقش را در تمایز بین دو گروه داشتند. از سوی دیگر متغیرهای ضریب آلومتریک (X_{14})، شاخص بنیه بذر (X_{12}) و درصد آب بافت گیاهچه (X_{13}) کمترین تأثیر را در تمایز بین دو گروه داشتند. در اینجا میزان درصد جایگزینی صحیح، ۹۴/۳ درصد برآورد شد. مطابقت گروه‌بندی اولیه و گروه‌بندی حاصل از تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تنها پیش‌بینی گروه برای سه ژنوتیپ ۳۴، ۳۹ و ۵۰ با گروه‌بندی اولیه مطابقت نداشته است (جدول ۷) و این امر توان‌مندی بالای تابع تشخیص برآورد شده را در شرایط اسمزی ۸- بار نشان می‌دهد. در این شرایط مشاهده می‌شود که کارآیی تابع تشخیص نسبت به شرایط نرمال بیشتر بوده زیرا با اعمال تنش اسمزی در سطح متوسط (۸- بار) تابع تشخیص توانایی بیشتری در تمایز بین دو گروه دارد و ژنوتیپ‌های هوازی مورد مطالعه کاملاً درست گروه‌بندی شده‌اند و توانایی بیشتری در تحمل به تنش از خود نشان می‌دهند.

نتایج تجزیه تابع تشخیص در شرایط ۱۶- بار

پس از انجام تجزیه تابع تشخیص میزان لاندای ویلک حاصل ۰/۳۹۷ (جدول ۵) به دست آمد که می‌توان استنباط کرد که گروه‌های مورد نظر از لحاظ متغیرهای مورد آزمون تفاوت قابل توجهی با یکدیگر دارند و مدل برآورد شده در تمایز دو گروه در شرایط اسمزی ۱۶- بار توانمند است. اما از دو مدل قبلی قدرت پایین‌تری دارد. دلیل این مطلب به این موضوع بر می‌گردد که درصد قابل

توجهی از ارقام مورد مطالعه به‌ویژه ارقام ایرانی توان جوانه‌زنی در شرایط ۱۶- بار را نداشتند. چون شرایط ایده‌آل برای جوانه‌زنی برنج در دامنه ۰/۰۱- تا ۳- بار است و پتانسیل اسمزی بالاتر از ۵- بار باعث کاهش و مانع جوانه‌زنی این گیاه می‌شود (Lal, 1984).

معادله تابع تشخیص در شرایط اسمزی ۱۶- بار بر اساس ضرایب همبستگی ساختاری به صورت زیر برآورد شد:

$$Z = 0.849X_1 + 0.793X_2 + 0.694X_3 + 0.807X_4 + 0.541X_5 + 0.550X_6 + 0.619X_7 + 0.722X_8 + 0.744X_9 + 0.792X_{10} + 0.587X_{11} + 0.682X_{12} + 0.606X_{13} + 0.151X_{14}$$

میزان همبستگی کانونی بین متغیر گروه‌بندی و تابع تشخیص ۰/۷۷۷ برآورد شد (جدول ۹). طبق نتایج به ترتیب صفات درصد جوانه‌زنی (X_1)، یکنواختی جوانه‌زنی (X_4)، حداکثر درصد جوانه‌زنی (X_2)، انرژی جوانه‌زنی (X_{10}) و زمان لازم از کاشت بذر تا رسیدن به ۹۵٪ (X_9) و ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (X_8) بالاترین همبستگی را با تابع تشخیص داشتند و در حقیقت این صفات به ترتیب بیشترین نقش را در تفکیک بین دو گروه داشتند. از سوی دیگر، صفات ضریب آلومتریک (X_{14})، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۵٪ (X_5) و ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (X_6) کمترین تأثیر را در تمایز بین دو گروه داشتند. درصد جایگزینی صحیح نیز در این شرایط اسمزی ۹۰/۶ درصد برآورد شد. مطابقت گروه‌بندی اولیه و گروه‌بندی حاصل از تابع تشخیص نشان داد که پیش‌بینی گروه برای شش ژنوتیپ ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۴۸، ۴۹ و ۵۲ با گروه‌بندی اولیه مطابقت ندارد (جدول ۸) و این امر توان‌مندی مناسب تابع تشخیص برآورد شده را در شرایط اسمزی ۱۶- بار نشان می‌دهد. لذا از متغیرهای وارد شده در این مدل، می‌توان برای شناسایی ژنوتیپ‌های هوازی با خصوصیات جوانه‌زنی برتر استفاده کرد.

جدول ۴- گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای همراه با میانگین (بالا) و انحراف از میانگین کل (پایین) هر گروه در شرایط ۱۶- بار

Table 4. Groups membership derived from cluster analysis together with mean (up) and deviation from total mean (down) for each group under -16 bar condition

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	GP	GR	GRI	MGP	5% MG	10% MG	50% MG
1	AE19, AE21, AE23, AE25, AE27, L32, L33, L34, L35, L36, L37, L38, L39, L40, L41, L42, L43, L44, L45, L46, L47, L51, L52, L53	3.667	0.002	0.035	0.917	54.541	55.249	62.496
		-29.623	-0.003	-0.047	-7.410	-56.000	-59.167	-75.215
2	AE1, AE2, AE3, AE4, AE5, AE6, AE7, AE8, AE9, AE10, AE11, AE12, AE13, AE14, AE15, AE16, AE17, AE18, AE20, AE22, AE24, AE26, AE28, AE29, AE30, AE31, L48, L49, L50	57.805	0.005	0.121	14.459	156.886	163.382	199.958
		24.515	0.002	0.039	6.132	46.345	48.966	62.247
	میانگین کل Total mean	33.289	0.003	0.082	8.327	110.541	114.416	137.711

جدول ۴- ادامه Table 4. Continued

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	90% MG	95% MG	GE	TWP	UG	SV	AC
1	AE19, AE21, AE23, AE25, AE27, L32, L33, L34, L35, L36, L37, L38, L39, L40, L41, L42, L43, L44, L45, L46, L47, L51, L52, L53	67.550	68.358	0.147	10.345	12.301	0.005	0.185
		-98.117	-102.684	-1.185	-22.759	-38.950	-0.057	-0.284
2	AE1, AE2, AE3, AE4, AE5, AE6, AE7, AE8, AE9, AE10, AE11, AE12, AE13, AE14, AE15, AE16, AE17, AE18, AE20, AE22, AE24, AE26, AE28, AE29, AE30, AE31, L48, L49, L50	246.867	256.022	2.312	51.939	83.486	0.109	0.704
		81.200	84.980	0.980	18.835	32.235	0.047	0.235
	میانگین کل Total mean	165.667	171.042	1.332	33.104	51.251	0.062	0.469

*: صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (GRI)، حداکثر درصد جوانه‌زنی (MGP)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (5%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (10%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (50%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (90%MG)، زمان (ساعت) لازم برای رسیدن به ۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی (95%MG)، انرژی جوانه‌زنی (GE)، درصد آب بافت گیاهچه (TWP)، یکنواختی جوانه‌زنی (UG)، شاخص بنیه بذر (SV) و ضریب آلومتریک (AC).

*: The studied trait abbreviations are: Germination percentage (GP), germination rate (GR), germination rate index (GRI), maximum germination percentage (MGP), time (h) to reach the 5% maximum germination (5%MG), time (h) to reach the 10% maximum germination (10%MG), time (h) to reach the 50% maximum germination (50%MG), time (h) to reach the 90% maximum germination (90%MG), time (h) to reach the 95% maximum germination (95%MG), germination energy (GE), tissue water percentage (TWP), uniformity of germination (UG), seed vigor (SV) and allometric coefficient (AC).

جدول ۵- آزمون تابع تشخیص با استفاده از لاندای ویلک در شرایط نرمال، تنش ۸- بار و ۱۶- بار

Table 5. Discrimination function analysis using Wilk's lambda under control, -8 bar and -16 bar conditions

Stress condition	شرایط تنش	آزمون تابع Test of function	لاندای ویلک Wilks' lambda	آماره کای اسکور Chi-square	درجه آزادی df	سطح معنی‌دار Significant level
Normal	نرمال	1	0.286	55.697	13	0.000
-8 bar	۸- بار	1	0.213	69.521	12	0.000
-16 bar	۱۶- بار	1	0.397	42.971	9	0.000

جدول ۶ – نتایج گروه‌بندی حاصل از تابع تشخیص در شرایط نرمال

Table 6. Grouping of the discrimination function analysis under control condition

تعداد و درصد گروه‌ها Number and percentage	گروه Group	تعداد اعضای پیش‌بینی شده گروه Predicted group membership		کل Total
		1	2	
تعداد Number	1	29	2	31
	2	2	20	22
درصد Percentage	1	93.5	6.5	100
	2	9.1	90.9	100

جدول ۷– نتایج گروه‌بندی حاصل از تابع تشخیص در شرایط تنش اسمزی ۸- بار

Table 7. Grouping of the discrimination function analysis under -8 bar osmotic stress

تعداد و درصد گروه‌ها Number and percentage	گروه Group	تعداد اعضای پیش‌بینی شده گروه Predicted group membership		کل Total
		1	2	
تعداد Number	1	31	0	31
	2	3	19	22
درصد Percentage	1	100	0	100
	2	13.6	86.4	100

جدول ۸– نتایج گروه‌بندی حاصل از تابع تشخیص در شرایط تنش اسمزی ۱۶- بار

Table 8. Grouping of the discrimination function analysis under -16 bar osmotic stress

تعداد و درصد گروه‌ها Number and percentage	گروه Group	تعداد اعضای پیش‌بینی شده گروه Predicted group membership		کل Total
		1	2	
تعداد Number	1	28	3	31
	2	2	20	22
درصد Percentage	1	90.3	9.7	100
	2	9.1	90.9	100

جدول ۹- نتایج حاصل از همبستگی کانونی در شرایط نرمال، تنش ۸- بار و ۱۶- بار

Table 9. Results of the canonical correlation under normal, -8 bar and -16 bar conditions

Stress condition	شرایط تنش	تابع Function	مقادیر ویژه Eigen value	درصد واریانس Variance (%)	درصد تجمعی Cumulative %	همبستگی کانونی Canonical Correlation
Normal	نرمال	1	2.496[a]	100.0	100.0	0.845
-8 bar	۸- بار	1	3.688[a]	100.0	100.0	0.887
-16 bar	۱۶- بار	1	1.520[a]	100.0	100.0	0.777

نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص در کلیه سطوح تنش اسمزی نشان داد که صفات درصد جوانه‌زنی، حداکثر درصد جوانه‌زنی، زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۰٪ و ۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر بیشترین تمایز را بین دو گروه ایجاد می‌کنند. از آنجا که عوامل مؤثر در مطلوب بودن قدرت رویش بذر، درصد جوانه‌زنی نهایی، شاخص بنیه بذر، شاخص جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی است (Souhani, 2003)، می‌توان ژنوتیپ‌های هوازی را به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر مولفه‌های جوانه‌زنی معرفی کرد. نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص در شرایط نرمال بیانگر این حقیقت بود که شاخص بنیه بذر بیشترین تمایز را بین سه گروه ایجاد می‌کند. بنیه بذر به توان تولید گیاهچه قوی در کمترین زمان ممکن گفته می‌شود. این صفت مهم‌ترین عامل در استقرار و رشد گیاه می‌باشد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Hampton and TeKrony, 1995). از طرفی شاخص بنیه بذر معرف درصد و پتانسیل جوانه‌زنی است و از این‌رو هرچه کیفیت بذر بالاتر باشد، انتظار می‌رود درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته باشد (Azad and Tobeh, 1993). مطابق نتایج می‌توان ژنوتیپ‌های هوازی را به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر قدرت رویش با شاخص بنیه بالاتر معرفی کرد.

یکی دیگر از شاخص‌های تمایز بین دو گروه در هر دو سطح تنش اسمزی درصد جوانه‌زنی و حداکثر درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها بود. درصد جوانه‌زنی بالای بذر سبب خروج سریع‌تر گیاهچه از خاک و استقرار و رشد سریع آنها می‌شود که این امر ناشی از بیشتر بودن ذخیره غذایی و خصوصیت فیزیولوزیک برتر بذرها است (Elias *et al.*, 2006). از طرفی تعیین درصد جوانه‌زنی، روشی برای

ارزیابی کیفیت بذر تحت شرایط آزمایشگاهی می‌باشد. بذرهایی که دارای قوه نامیه مطلوب هستند، بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد در آزمایشگاه جوانه می‌زنند و درصد ظهور گیاهچه آنها در مزرعه حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد است (Copeland, 1995). در این تحقیق، ژنوتیپ‌های هوازی درصد جوانه‌زنی بالاتری را نسبت به ارقام ایرانی در کلیه شرایط نشان دادند. زمان لازم از کاشت تا رسیدن به ۹۰٪ و ۹۵٪ حداکثر جوانه‌زنی نیز از شاخص‌های متمایزکننده دو گروه در کلیه شرایط بود. اشرف (Ashraf, 1990) گزارش کرد که متوسط زمان جوانه‌زنی با افزایش سطوح تنش خشکی افزایش می‌یابد و ارقامی با میانگین زمان جوانه‌زنی کمتر دارای سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بیشتری هستند. این امر به ویژه در شرایط کم رطوبت در استقرار سریع‌تر گیاه تأثیر دارد.

از جمله شاخص‌های دیگر متمایزکننده بین دو گروه، انرژی جوانه‌زنی است که رابطه مستقیمی با درصد بذر جوانه‌زده دارد. از طرفی ارقامی که درصد جوانه‌زنی بیشتری دارند، دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری هستند و مقاومت بیشتری را در برابر تنش‌های محیطی از خود نشان می‌دهند. این امر نیز در شرایط تنش خشکی در سرعت سبز شدن گیاه تأثیر دارد (Irannezhad and Shahbazian, 1996). صفری و همکاران (Safari *et al.*, 2007) پس از گروه‌بندی ۳۹ رقم بادام زمینی به سه گروه و انجام تجزیه تابع تشخیص روی این گروه‌ها، نشان دادند که صفاتی مانند وزن هزار دانه، عملکرد روغن و تعداد غلاف در بوته بیشترین نقش را در تفکیک گروه‌های مورد مطالعه داشتند. اتیشا و همکاران (Eticha *et al.*, 2006) نیز پس از گروه‌بندی ۲۵۵۹ ژنوتیپ گندم، صفات رنگ دانه، رنگ ریشک، رنگ لگوم و تراکم سنبلچه را در تمایز گروه‌های تفکیک شده موثر دانستند. راسکیو و همکاران (Rascio *et al.*, 2012) با بررسی ارقام برنج در شرایط تنش خشکی، پس از تعیین ژنوتیپ‌های حساس، نیمه متحمل و متحمل، تجزیه تابع تشخیص را برای تفکیک این گروه‌ها و با هدف شناسایی خصوصیات فیزیولوژیک متمایز کننده گروه حساس و متحمل انجام دادند. آنها با بررسی ۱۵ صفت نشان دادند که صفات فیزیولوژیک قدرت جذب آب، پتانسیل آب، میزان پرولین و قدرت کششی برگ بیشترین تأثیر را در تمایز گروه‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل دارند.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارقام خارجی و هوازی در هر سه شرایط از لحاظ خصوصیات جوانه‌زنی متفاوت از ارقام ایرانی بودند و در گروه‌های جداگانه قرار گرفتند. مدل‌های خطی تجزیه تابع تشخیص نیز ضمن متمایز کردن معنی‌دار این گروه‌ها، صفات مهم‌تر و تعیین کننده در ایجاد تفاوت بین این گروه‌ها را مشخص کردند. به طور کلی، با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های هوازی در مرحله جوانه‌زنی نسبت به ارقام ایرانی برتری داشتند، به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های هوازی بتوانند با توجه به ماهیت‌شان تحمل بیشتری به تنش‌های محیطی نشان دهند. از این‌رو، شایسته است تحقیقات بیشتری در این راستا صورت گیرد و علاوه بر مولفه‌های جوانه‌زنی، پیشنهاد می‌شود توان رقابتی این ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات فیزیکی و شیمیایی مرتبط با کیفیت دانه نیز مورد ارزیابی قرار گیرند.

References

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

Ashraf, C. M. and Waheed, A. 1990. Screening of local exotic of lentil for salt tolerance at two growth stage. **Plant and Soil** 128: 167-176.

Azad, F. and Tobeh, A. 1993. 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. (In Persian).

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

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

Bouman, B. A. M., Xiaoguang, Y., Huaqi, W., Zhiming, W., Junfang, Z., Changgui, W. and 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.

Camberato, J. and McCarty, B. 1999. Irrigation water quality. Part I: Salinity. **South Carolina Turfgrass Foundation News** 6 (2): 6-8.

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

Elias, S. G., Garary, A., Schweitzer, L. and Hanning, S. 2006. Seed quality testing of native species. **Native Plant Journal** 7 (1): 15-19.

Emam, E. 2007. Cereal Production. Shiraz University Press, Iran. (In Persian).

Eticha, F., Belay, G. and Bekele, E. 2006. Species diversity in wheat landrace populations from two regions of Ethiopia. **Genetic Resources and Crop Evolution** 53: 387-393.

Farshadfar, E. 1998. Application of Quantitative Genetics in Plant Breeding (Vol. I). Razi University Press. (In Persian).

Fowler, D. B and Gusta, L. V. 1979. Selection for winter hardiness in wheat. I: Identification of genotypic variability. **Crop Science** 19: 769-772.

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

Hampton, J. G. and TeKrony, D. M. 1995. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Switzerland.

Harris, D., Tripathi R. S. and Joshi, A. 2000. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in direct-seeded rice in IRRI. International Workshop on Dry-seeded Rice Technology. Held in Bangkok. January 25-28, International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

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

Khavazeh, M. 1998. Effect of salinity on germination, growth, and Cl, Na content of four arid and desert species. M. Sc. Dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian).

Lal R. 1984. Management of soil physical properties for soil and water conservation and seeded preparation in West Africa. An overview of upland rice research. Proceeding of Bouaké, Ivory Coast, Upland Rice Workshop. October 4-8, International Rice Research Institute Manila, Philippines.

Mansourfar, K. 2001. Advanced statistical methods using applied software. Tehran University Press. (In Persian).

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

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

Rascio, A., Carlino, E., De Santis, G. and Di Fonzo, N. 2012. A discriminant analysis to categorize durum wheat varieties in drought-tolerance classes on the basis of morphological and physiological traits. **Cereal Research Communications** 41: 88-96.

Rashidi, V., Majidi, I., Mohamadi, S. A. and Moghadam Vahed, M. 2007. Determine of genetic relationship in durum wheat lines by cluster analysis and identity of morphological main characters in each gropes. **Journal of Agricultural Science** 13 (2): 441- 450. (In Persian with English Abstract).

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

Sabouri, H., Nahvi, M., Biabani, A., Torabi, A., Dadras, A. R. and Sabouri, A. 2009. Classification of Iranian rice genotypes based on Fischer linear discrimination functions under different levels of osmotic potential caused by Sorbitol. **Electronic Journal of Agriculture and Natural Resources of Golestan** 2 (2): 49-65. (In Persian with English Abstract).

Safari, P. Honarnezhad, R. and Esfahani, M. 2007. Evaluation of genetic diversity in groundnut cultivars using canonical discriminant analysis. **Iran Agricultural Research** 6: 327-334. (In Persian with English Abstract).

Salehian, Kh. 1994. The effects of seed vigor on the emergence, development and grain yield of wheat. M. Sc. Dissertation. University of Tabriz, Iran. (In Persian).

Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Simple, applied programs for education and research in agronomy. Niak Press, Iran. (In Persian).

Souhani, M. M. 2012. Seed Technology (5th ed). University of Guilan Press, Iran. (In Persian).

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. and Shirtliffe, S. J. 2005. Oat germination characteristics differ among genotypes, seed size and osmotic potentials. **Crop Science** 45: 2023-2029.

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

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 5, No. 4, Winter 2016 (311-326)

Investigation of discriminant between aerobic and Iranian rice based on tolerance to drought stress at germination stage using discrimination function analysis

Tayebeh Raiesi[1], Atefeh Sabouri[2*] and Hossein Sabouri[3]

Received: November 19, 2014 Accepted: August 24, 2015

Abstract

Seed germination is an important step in the growth period that often is influenced by environmental stresses. The objective of this study was to identify the germination components with greatest role in discriminant between Iranian and aerobic rice genotypes based on tolerance to drought stress. The standard test for seed germination was conducted in three levels of osmotic stress (distilled water, -8 and -16 bar using manitol) for 53 rice genotypes (including 31 foreign and aerobic genotypes and 22 Iranian varieties). The various germination characteristics were measured. The grouping of genotypes based on germination components, the genotypes were assigned in the three groups at normal and stress conditions -8 bar and two groups at -16 bar respectively. The results showed that some of genotypes were in the group with average values higher than the general average under all the three conditions. These genotypes includes AE6, AE8, AE10, AE12, AE13, AE15, AE15, AE16, AE18, AE29 and AE30, that all were aerobic and foreign genotypes. Then, genotypes were classified as 'Aerobic and foreign' and 'Iranian' rice and discriminant function analysis was performed. Wilk's Lambda statistic was estimated 0.286, 0.213 and 0.397 at normal condition, -8 and -16 bar, respectively. Showing the significant difference between the two groups based on germination characteristics. According to the results, the variables of seed vigor, germination percentage, the maximum percentage of germination, planting time required to reaching 90% and 95% of maximum germination and germination energy with greatest role and Allometric coefficient with lowest role were effective to distinguish between the two groups.

Keywords: Aerobic genotypes, Cluster analysis, Germination components, distinguishing groups

1. Former M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
3. Assoc. Prof., Dept of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran
*Corresponding author: a.sabouri@guilan.ac.ir