تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰
۲۷۹-۲۹۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2771.1722

مقاله پژوهشی

ایجاد تنوع به‌وسیله موتاسیون و شناسایی ژنوتیپ‌های جدید متحمل به تنش خشکی از طریق آمیزش برنج طارم بومی و موتانت

مهناز کاتوزی[۱،۲]، سعید نواب‌پور[۳*]، حسین صبوری[۴]، علی‌اکبر عبادی[۵]
۱. دانشجوی سابق دکتری، کشاورزی هسته‌ای، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. گروه اپی‌ژنتیک، بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات اگروسکوپ، سوئیس
۳. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس
۵. استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش ۳۵۲ خانواده برنج حاصل از آمیزش طارم بومی و موتانت در شرایط غرقاب و تنش کم‌آبیاری، دو آزمایش جداگانه در قالب طرح لاتیس در شرایط نرمال و کم‌آبیاری در سه تکرار در شهرستان بابل ارزیابی شدند. تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی، بیوماس، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه کل، طول و عرض برگ پرچم، طول خروج از غلاف، قطر ساقه، طول خوشه اصلی، وزن کل خوشه‌ها، وزن خوشه اصلی، وزن کل ساقه، وزن دانه‌های پر، وزن دانه‌های پوک، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، تعداد خوشه‌چه اولیه، تعداد خوشه‌چه ثانویه و میزان لوله شدن و سوختگی برگ‌ها ثبت شدند. کاهش عملکرد در شرایط تنش کم‌آبیاری به کاهش اجزاء عملکرد دانه به‌ویژه باروری مرتبط بود. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که در شرایط غرقاب وزن صد دانه، تعداد پنجه، باروری و ضخامت ساقه و در شرایط خشکی لوله شدن برگ و میزان سوختگی مهم‌ترین صفات تأثیرگذار در عملکرد دانه بودند. تجزیه به عامل‌ها تنوع و تغییرات عملکرد را در شرایط غرقاب و کم‌آبیاری در ۵ عامل خلاصه نمود. در شرایط غرقاب عامل اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب تعداد، عملکرد و میزان باروری، طول، ابعاد دانه و زمان و در شرایط کم‌آبیاری عامل اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب فیزیولوژی، تعداد، طول، ابعاد دانه و زمان نام‌گذاری شدند. تجزیه خوشه‌ای این بررسی خانواده‌هایی را در شرایط کم‌آبیاری شناسایی نمود که با حداقل سوختگی برگ و حداکثر تعداد دانه، وزن دانه و تعداد خوشه تحمل مناسبی را از خود نشان دادند. از این خانواده می‌توان به‌عنوان منبع بسیار مناسبی برای سایر برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. این بررسی نشان داد که می‌توان از موتاسیون به‌عنوان منبعی بسیار مناسب برای ایجاد تنوع و تولید ارقام متحمل به تنش خشکی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: **برنج، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، کم‌آبیاری، موتانت**

مقدمه

برنج غذای بیش از دوسوم مردم جهان را تشکیل می‌دهد و ۷۵ درصد این گیاه زراعی از مناطق غرقاب حاصل می‌شود (Bouman et al., 2001). کم‌آبیاری از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تقریباً در ۵۰ درصد اراضی تولید برنج اتفاق می‌افتد و ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر از مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Sarmadnia, 1993). هرساله اثرات خشک‌سالی در جهان رو به افزایش است. خشکی یک پدیده جهانی بوده و به‌طور محسوسی بر تولید و کیفیت محصولات زراعی اثر می‌گذارد (Hungbo et al., 2006). اثر خشکی و کم‌آبیاری به مدت‌زمان و شدت

* نگارنده پاسخگو: سعید نواب‌پور. پست الکترونیک: s.navabpur@gau.ac.ir

دوره کم‌آبی بستگی دارد و اثر آن از طریق اجزاء عملکرد بر عملکرد نهایی محصول برنج است (Nahvi et al., 2004).

صفایی چایی‌کار و همکاران (Safaei Chaeikar et al., 2008) 49 ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی را در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۸۵ موردمطالعه قرار دادند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های موردمطالعه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، بیشترین عملکرد شلتوک متعلق به رقم نعمت به ترتیب به مقدار ۷/۳۱ و ۷/۰۷ تن در هکتار بود، درحالی‌که کمترین عملکرد شلتوک در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم‌سفید به مقدار ۲/۷۴ تن در هکتار و در محیط تنش خشکی متعلق به رقم Diwani به مقدار ۱/۴۶ تن در هکتار بود. رقم نعمت ازنظر اجزای عملکرد ازجمله شامل تعداد خوشه در بوته، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه در محیط تنش و بدون تنش نیز وضعیت مطلوبی داشت.

گلسرخی و همکاران (Golesorkhy et al., 2016) روابط بین صفات زراعی برنج در شرایط غرقاب و تنش خشکی ژنوتیپ‌های برنج (۶ رقم متحمل به تنش خشکی و ۱ رقم بومی) را ارزیابی قرار دادند. تفاوت عملکرد و اجزای عملکرد هر رقم در دو محیط معنی‌دار بود. در هر یک از شرایط متفاوت رطوبتی همبستگی عملکرد دانه با عملکرد کاه و کلش، شاخص برداشت، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد پنجه بارور مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط غرقاب به ترتیب صفات وزن خشک کاه و کلش و شاخص برداشت و در شرایط خشکی به ترتیب صفاتی نظیر شاخص برداشت و عملکرد کاه و کلش به‌عنوان ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه وارد مدل نهایی رگرسیون چند متغیره شدند. خورشیدی و همکاران (Khorshidi et al., 2008) تأثیر تنش خشکی آخر فصل را با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تنش در نه رقم و لاین امیدبخش برنج بررسی نمودند. بین ارقام ازلحاظ عملکرد تنوع زیادی وجود داشت. ارقام صالح، ۸۳۰، محلی دوم و هیبرید در هر دو شرایط عملکردی بیشتر از عملکرد میانگین گروه خود تولید کردند. هم‌چنین عملکرد حسن سرایی بیشتر از میانگین گروه تحت تنش ولی عملکرد ۸۴۱ کمتر از میانگین گروه تنش بود. ارقام هاشمی و محلی اول و ۸۴۱ در هر دو شرایط کمترین عملکرد را تولید کردند.

افشاری و همکاران (Afshari et al., 2017) به‌منظور شناسایی نژادگان‌های (ژنوتیپ‌های) برنج متحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل، شمار ۳۱ نژادگان برنج هوازی و ۲۲ رقم برنج غرقابی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با قطع آبیاری سی روز پس از نشاکاری در مرحله بیشینه پنجه‌زنی تا پایان دوره رویش نژادگان‌ها ارزیابی نمودند. گروه‌بندی نژادگان‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای همه نژادگان‌ها را به سه گروه متحمل، نیمه متحمل و حساس تقسیم کرد. شمار هفت نژادگان شامل IR81024-B-254-1-B، IR82590-B-B-32-2، IR82635-B-B-82-2، IR82639-B-B-140-1 و Panda و رقم‌های غرقابی درفک و صدری در گروه متحمل قرار گرفتند، در بین این هفت نژادگان، کمترین افت عملکرد به نژادگان های IR82590-B-B-32-2، Panda و IR81024-B-254-1-B به ترتیب با ۱،۲۸، ۴،۲۸ و ۴،۸۶ درصد کاهش اختصاص یافت. طبخ کار و همکاران (Tabkhkar et al., 2018) ۸۳ ژنوتیپ برنج را تحت شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی و بدون تنش مورد ارزیابی قرار دادند. بیشترین مقدار عملکرد در شرایط بدون تنش خشکی به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های سنگ جو، Zenith، IR70445-146-3-3، Norin 22 و قصرالدشتی بود. در شرایط تنش خشکی ارقام IR83750-131-1، IR74718-24-2-3، سپیدرود، TETEP و IR71739-24-3-5 به ترتیب بیشترین عملکرد را داشتند. ژنوتیپ‌های IR83750-131-1، سنگ جو، سپیدرود، Zenith و IR58 بالاترین رتبه‌ها را کسب کردند و دارای تحمل بیشتری به تنش خشکی بودند. بر مبنای شاخص میانگین رتبه، ژنوتیپ-های IR83750-131-1، IR74718-24-2-3، سپیدرود، TETEPو IR74720-13-1-2 به ترتیب بهترین رتبه را کسب کردند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های با بالاترین تحمل به تنش خشکی را در گروه دوم دسته‌بندی کرد.

دانش و همکاران (Danesh et al., 2017) ۱۵۰ اینبرد لاین برنج را بر اساس صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بررسی نمودند. همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با اکثر صفات وجود دارد. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که چهار عامل اصلی و مستقل ۹۴/۲۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که می‌توان گزینش‌های هم‌زمانی را برای صفاتی نظیر تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، نرخ باروری، محتوای پرولین، کلروفیل a، b و کل کلروفیل و محتوای آب نسبی برگ (RWC) انجام داد. غیاثی و همکاران (Ghiasy et al., 2012) جهت ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و تعدادی از صفات وابسته به آن، ۱۵ ژنوتیپ برنج (شامل ۷ رقم بومی و ۸ رقم خارجی) را

در دو محیط بدون تنش (غرقاب) و تنش خشکی پایان فصل موردمطالعه قرار دادند. در شرایط غرقاب، بیشترین میانگین عملکرد متعلق به ژنوتیپ‌های دم‌سیاه و سرخو بود و در شرایط تنش خشکی، رقم گرده بیشترین عملکرد را داشت. بررسی درصد کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی، به دلیل افزایش تعداد دانه پوک ۴۵/۲۳ درصد بود.

اگرچه مطالعات مختلفی در زمینه تحمل به خشکی در ایران انجام شده است اما نظر به اینکه والدین جمعیت مورد ارزیابی ارقام بومی و موتانت طارم (متحمل به تنش کم‌آبیاری) هستند، این بررسی از سایر کارهای انجام‌شده متمایز می‌گردد. تعداد خانواده‌های زیاد مورد ارزیابی (۳۵۰ خانواده) نیز موجب شده تا بتوانیم تنوع قابل‌ملاحظه‌ای را بررسی نموده و بهترین خانواده را معرفی نماییم.

مواد و روش‌ها

تولید طارم محلی موتانت در سال ۱۳۹۳ در موسسه تحقیقات برنج انجام شد. در این راستا ابتدا جهت تعیین دز بهینه پرتوتابی، بذور را با دزهای مختلف اشعه گاما (۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۳۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ گری) در گاماسل در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج پرتوتابی شد. LD50 زنده‌مانی گیاهچه‌ها در دزهای مختلف محاسبه و بعد از تعیین دز بهینه، بذور طارم محلی را با دز بهینه پرتوتابی شد. سپس جمعیت گیاهی نسل M1 ایجاد شد. از هر گیاه نسل M1 یک خوشه جمع‌آوری شد. در جمعیت گیاهی نسل M2 به بعد تنش آب حدود ۱۰ روز قبل از گلدهی تا ۴ روز بعد از گلدهی به مدت دو هفته در مزرعه اعمال شد. آنالیز فنوتیپی گیاهان برنج تحت تنش خشکی بر اساس سیستم‌های ارزیابی استاندارد IRRI انجام شد. صفاتی نظیر تعداد پنجه، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد کل دانه، تعداد دانه پر، درصد باروری و وزن هزار دانه در جمعیت نسل M2 مطالعه شدند. پس از یک ماه تنش خشکی در مزرعه آزمایشی، ۳۰ لاین متحمل بر اساس مقیاس لوله‌ای شدن برگ و ۵ لاین زودرس بر اساس تاریخ گلدهی از جمعیت نسل M4 انتخاب شدند که از بین آن‌ها، ۱۷ لاین بر اساس مقیاس باروری خوشه‌ها، متحمل شناخته شدند که میزان باروری خوشه بالایی در قیاس با شاهد نرمال داشتند. لاین‌های زودرس انتخابی (بین ۱۰ تا ۱۵ روز زودتر از والد) نیز میزان باروری خوشه بالایی در قیاس با شاهد داشتند.

در فروردین سال ۱۳۹۵ دو رقم برنج طارم محلی بومی و طارم محلی موتانت به‌عنوان والدین تلاقی برای تولید یک جمعیت در حال تفرق F_2 انتخاب و عملیات دورگ گیری در موسسه تحقیقات برنج انجام گرفت. در سال ۱۳۹۶ نسل F_2 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس کشت شدند.

مواد گیاهی این بررسی ۳۵۶ خانواده برنج حاصل از تلاقی ارقام طارم و طارم موتانت بود. لاین‌های مذکور در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح لاتیس در دو شرایط نرمال و کم‌آبیاری در سه تکرار در شهرستان بابل ارزیابی شد. طول جغرافیایی ۵۲ دقیقه ۴۶ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ دقیقه ۲۶ درجه شمالی و ارتفاع از سطح دریای ۱۴/۷ متر و دارای pH خاک ۷/۴، EC خاک ۱/۲ و نیز دارای بافت خاک لومی رسی بود. ابتدا لاین‌های مذکور در گلدان‌هایی کشت شدند و بعد به زمین اصلی منتقل شدند و نشاکاری انجام شد. هرکدام از ۳۵۶ خانواده با فاصله بین و روی ردیف ۲۵ سانتیمتر در دو ردیف ۲ متری کشت شدند. آبیاری در شرایط بدون تنش به‌صورت غرقاب در طول دوره رشد ژنوتیپ‌ها انجام شد، اما در محیط تنش آبیاری مزرعه از ۴۰ روز پس از نشاکاری (مرحله با حداکثر پنجه‌زنی) به‌منظور اعمال تنش آبیاری قطع شد و بعد از ۴۰ روز به فاصله ۱۵ روز آبیاری انجام شد، پس از ۱۵ روز از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و وزن خشک و تر آن گرفته شد و رطوبت وزنی آن اندازه‌گیری شد و با توجه به منحنی رطوبتی خاک مزرعه برحسب بار تخمین زده شد که در مرحله اول پتانسیل آب خاک مزرعه ۱۲/۵ بار و در مرحله دوم پتانسیل آب خاک ۱۹ بار بود.

برای جلوگیری از نفوذ آب از حاشیه مزرعه، فاصله بین آزمایش‌ها دو متر در نظر گرفته شد و پوشش پلاستیکی مانع از نفوذ آب گردید. بعد از رسیدگی کامل ۱۰ بوته از هر خانواده در هر تکرار با رعایت اثر حاشیه برداشت شد و برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل گردید و صفات مورفولوژیک به شرح زیر ثبت شد:

تعداد روز از کشت تا گلدهی و رسیدگی، بیوماس، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه کل، طول و عرض برگ پرچم، طول خروج از غلاف، قطر ساقه، طول خوشه اصلی، وزن کل خوشه‌ها، وزن خوشه اصلی، وزن کل ساقه، وزن دانه‌های پر، وزن دانه‌های پوک، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، تعداد خوشه‌چه اولیه، تعداد خوشه‌چه ثانویه و به‌منظور تعیین کد حساس و متحمل میزان لوله شدن و سوختگی برگ‌ها

(جدول ۱) ثبت شد. داده‌های حاصل از این بررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 تجزیه شد.

جدول ۱. کدهای مربوط به لوله شدن و درجه سوختگی برگ برای تحمل به خشکی در مرحله رویشی

Table 1. Scores and symptoms for leaf rolling and drought resistance at vegetative stage. Modified from Loresto and Chang (1981) and De-Datta et al. (1988)

کد Scores	واکنش Reaction	لوله شدن برگ Leaf rolling	سوختگی برگ Leaf firing
۰ 0	بسیار متحمل Highly resistant	بدون نشانه‌های تنش No symptoms of stress	بدون نشانه No symptoms
۱ 1	متحمل Resistant	بدون لوله شدن برگ No rolling	خشک شدن جزئی نوک برگ‌ها Slight leaf tip drying
۳ 3	نسبتاً متحمل Moderately resistant	به‌طور جزئی لوله شده و عدم لوله شدن در صبح Partially rolled, unrolled in evening	گسترش یافتن خشکی نوک برگ‌ها به‌اندازه یک‌چهارم در سه برگ گیاه Leaf tip drying extended to ¼ in top three leaves
۵ 5	نسبتاً حساس Intermediate	به‌طور جزئی لوله شده و عدم لوله شدن در صبح و عصر Partially; unrolling at late evening and early morning	خشک شدن نصف برگ‌های جوان و نمام برگ‌های پایین Half of yanger leaf blades dried, all lower leaf dried
۷ 7	حساس Susceptible	کاملاً لوله شده و عدم لوله شدن در صبح Complete, unrolling in morning	گسترش خشکی برگ‌ها به‌اندازه سه‌چهارم برگ ¾ of yanger leaf blade dried
۹ 9	بسیار حساس Highly susceptible	مانند لوله و لوله شدن در صبح Like tube; no unrolling in morning	گسترش یافتن خشکی به تمام برگ‌ها All leaves dried

نتایج و بحث

بررسی آماره‌های توصیفی داده‌ها در شرایط نرمال و کم‌آبیاری نشان داد که تنوع لازم برای مطالعات چند متغیره وجود دارد. نتایج نشان داد که کلیه صفات مورد ارزیابی دارای توزیع نرمال بودند. میانگین کلیه صفات به‌جز تعداد دانه پوک، طول دانه و تعداد روز تا رسیدگی در شرایط کم‌آبیاری کاهش نشان داد (جدول ۲).

در شرایط غرقاب همبستگی بین عملکرد با تعداد دانه پر در بوته (۰/۸۸۳)، تعداد دانه پر در بوته (۰/۶۵۵) مثبت و معنی‌دار و قابل‌توجه بود. سایر همبستگی‌ها اگرچه معنی‌دار بود اما کمتر از ۰/۵۰۰ و قابل‌توجه نبود. در شرایط کم‌آبیاری همبستگی بین عملکرد با تعداد دانه پر در بوته (۰/۹۱۸)، تعداد دانه پر در بوته (۰/۶۹۸)، باروری (۰/۵۷۰) مثبت و معنی‌دار و قابل‌توجه بود. همچنین عملکرد با درجه لوله شدن برگ (۰/۸۲۱-) و میزان سوختگی‌برگ (۰/۹۴۱-) منفی و معنی‌دار و بالا بود.

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد پنجه و خوشه در بوته وجود در یافته‌های محققان دیگر دیده شد (Nandan et al., 2010; Bagheri et al., 2011; Fentie et al., 2014; Venkata Lakshmi et al., 2014). با توجه به نتایج همبستگی‌های به‌دست‌آمده می‌توان به این نتیجه رسید که در شرایط غرقاب و کم‌آبیاری، تعداد دانه پر مهم‌ترین عامل در تعیین عملکرد برنج است. همچنین لوله شدن برگ و درجه سوختگی برگ از مهم‌ترین شاخص‌های افت عملکرد در شرایط کم‌آبیاری هستند چون همبستگی بسیار بالایی با عملکرد نشان دادند.

نتایج رگرسیون پیش‌رو در شرایط غرقاب و تنش (جدول ۳) نشان داد که در هر دو شرایط، وزن صد دانه، تعداد پنجه، باروری و ضخامت ساقه مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد برنج بودند. در شرایط غرقاب روز تا رسیدگی و طول دانه نیز علاوه صفات مذکور در مدل رگرسیون نهایی حضور داشتند. نتایج رگرسیون پیش‌رو نیز به‌طور واضحی لوله شدن برگ و میزان سوختگی را به‌عنوان معیارهای بسیار مهم در تخمین میزان افت عملکرد نشان دادند. این دو معیار به‌تنهایی ۸۹/۸ درصد تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. از بین لوله شدن برگ و میزان سوختگی، لوله شدن برگ مهم‌تر نشان داده شد.

جدول ۲. آمار توصیفی صفات موردمطالعه

Table 2. Descriptive statistics of studied traits

صفت Traits	چولگی Skiewness		واریانس Variance		دامنه Range		میانگین ± خطای معیار Mean±SE	
	کم‌آبیاری Low irrigation	غرقاب Flooding	کم‌آبیاری Low irrigation	غرقاب Flooding	کم‌آبیاری Low irrigation	غرقاب Flooding	کم‌آبیاری Low irrigation	غرقاب Flooding
تعداد دانه پر در بوته (Nu) Number of filled grains per plant	0.278	0.360	3544.559	4835.398	362.555	406.444	307.8±3.17	381.7±3.7
تعداد دانه پر در خوشه (Nu) Number of filled grains per panicle	0.510	0.569	19.133	19.948	22.309	25.925	23.94±0.23	26.4±0.24
تعداد دانه پوک در بوته (Nu) Number of unfilled grain per plant	1.448	1.537	716.344	920.800	206.444	210.333	78.35±1.43	56.9±1.62
باروری (%) Fertility	-1.178	-1.451	45.761	44.878	43.315	42.736	79.49±0.36	86.9±0.36
تعداد خوشه‌چه در خوشه (Nu) Number of branches per panicle	0.518	1.027	381.440	429.356	138.000	172.666	107.1±1.04	114.9±1.1
طول خوشه اصلی (cm) Panicle length	0.624	0.747	4.202	4.523	12.833	12.400	0.109±25.8	0.11±28.0
تعداد پنجه در بوته (Nu) Number of tiller per plant	0.089	0.399	2.968	4.544	8.666	10.999	0.09±13.94	0.11±15.6
طول ساقه (cm) Shoot length	0.001	0.058	82.688	91.980	54.666	56.333	0.48±130.6	0.5±137.3
قطر ساقه (cm) Shoot thickness	0.306	0.299	0.109	0.117	2.016	2.033	0.017±3.90	0.018±4.1
طول برگ پرچم (cm) Flag leaf length	0.779	0.756	17.309	18.148	27.633	27.300	0.22±29.11	0.27±31.4
عرض برگ پرچم (cm) Flag leaf width	-0.305	-0.010	0.005	0.008	0.400	0.500	0.003±1.00	0.004±1.1
مساحت برگ پرچم (cm^2) Flaf leaf area	1.098	1.155	13.470	21.061	27.397	31.260	0.19±21.93	0.24±25.6
طول دانه (cm) Grain length	-0.218	-0.020	0.119	0.124	2.373	1.746	0.018±9.65	0.018±9.9
عرض دانه (cm^2) Grain width	-0.180	-0.718	0.009	0.007	0.536	0.943	0.005±1.77	0.004±1.9
شکل دانه Grain shape	0.434	0.508	0.112	0.070	1.963	1.833	0.017±5.47	0.014±5.2
وزن کاه بوته (g) Straw weight	0.663	0.468	12.079	14.508	18.777	20.666	0.18±15.19	0.20±17.8
وزن صد دانه (g) 100 wieght grain	-0.321	3.033	0.044	0.075	1.424	2.898	0.011±2.49	0.014±2.6
طول دوره رسیدگی (day) Days to floweing	0.437	0.438	6.370	6.377	15.000	15.000	0.13±90.88	0.13±96.9
عملکرد بوته Grain yield (g)	0.360	0.718	2.792	4.489	10.050	15.727	0.09±7.679	0.11±10.1

جدول ۳. رگرسیون پیش رو برای عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

Table 3. Forward regression for grain yield as dependent variable and other traits as independent variables

						Flooding غرقاب						
مرحله Stage	صفت واردشده به مدل Trait insetred to model	عرض از مبدأ intercept	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	F معادله نهایی F in final model	ضریب تبیین R^2
1	وزن صد دانه 100 wieght grain	-0.062	2.383								114.0	24.6
2	تعداد پنجه Tiller number	-8.036	4.328	0.428							130.3	42.8
3	باروری Fertility	-17.504	3.900	0.426	0.122						156.4	57.4
4	ضخامت ساقه Shoot thickness	-21.187	3.788	0.398	0.124	1.034					130.7	60.1
5	طول ساقه Shoot length	-24.376	3.800	0.394	0.123	0.911	0.028				111.4	61.7
6	روز تا رسیدگی Days to maturity	-18.469	3.794	0.393	0.126	0.861	0.029	-0.06			94.7	62.6
7	طول خوشه Panicle length	-19.393	3.818	0.408	0.129	0.796	0.024	-0.07	0.089		83.4	62.9
8	طول دانه Grain length	-22.146	3.694	0.413	0.127	0.765	0.024	-0.08	0.089	1.858	74.3	63.4
						Low irrigation condition شرایط کم‌آبیاری						
مرحله Stage	صفت واردشده به مدل Trait insetred to model	عرض از مبدأ intercept	X1	X2	X3	X4	X5	X6	–	–	F معادله نهایی F in final model	ضریب تبیین R2
1	لوله شدن برگ Leaf rolling	13.306	-1.03						-	-	2728.3	86.6
2	سوختگی برگ Leaf firing	13.646	-0.87	-0.27					-	-	1529.2	89.8
3	باروری Fertility	11.692	-0.86	-0.21	0.019				-	-	1060.5	90.1
4	وزن صد دانه 100 wieght grain	10.100	-0.84	-0.19	0.022	0.473			-	-	817.4	90.4
5	تعداد پنجه Tiller number	8.239	-0.81	-0.16	0.025	0.622	0.062		-	-	677.2	90.7
6	ضخامت ساقه Shoot thickness	7.053	-0.79	-0.17	0.026	0.646	0.062	0.259	-	-	579.5	91.0

بیشترین سهم را در واریانس مشترک عامل‌های استخراج‌شده در شرایط غرقاب به باروری، تعداد خوشه‌چه در خوشه، طول خوشه اصلی، تعداد پنجه در بوته، طول دوره رسیدگی و عملکرد بوته و در شرایط کم‌آبیاری به تعداد خوشه‌چه در خوشه، طول خوشه اصلی، تعداد پنجه در بوته، عملکرد بوته، سوختگی و لوله شدن اختصاص داشت. صفات موردبررسی در هر دو شرایط غرقاب و کم‌آبیاری در پنج عامل گروه‌بندی شدند که به ترتیب ۶۵/۲۹۸ و ۶۵/۹۴۹ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. در شرایط غرقاب عامل اول ۲۰/۶۸۸ درصد تغییرات کلی داده‌ها را تبیین کرد. در این عامل صفات تعداد خوشه‌چه در خوشه و تعداد پنجه در بوته همبستگی بالاتری را نسبت به دیگر صفات همبسته با عامل اول به خود اختصاص دادند که عامل تعداد نام‌گذاری شد. ضریب‌های بالای صفات یادشده نشان می‌دهد، این صفات در

این عامل بالاترین میزان تنوع را داشته و دیگر صفات تنوع کمتری دارند (جدول ۴).

بنابراین انتخاب برای بهبود یا افزایش این صفات در این عامل کارایی خواهد داشت. عامل دوم ۱۳/۹۶۵ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد (جدول ۴). بزرگ‌ترین ضریب‌های عاملی مربوط به میزان باروری و عملکرد بود این عامل نیز با عنوان عملکرد و میزان باروری نام‌گذاری شد. در این عامل صفات یادشده دارای بالاترین میزان تنوع بوده و گزینش خانواده‌ها بر پایه آن‌ها می‌تواند مفید واقع شود. عامل سوم ۱۳/۱۴۳ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضریب‌های عاملی معنی‌دار مربوط به صفات طول خوشه اصلی و مساحت برگ پرچم بودند که ضریب عاملی هر دو مثبت بودند. با توجه به اینکه مساحت برگ پرچم از حاصل‌ضرب طول در عرض برگ در ضریب ۰/۷۵ به دست آمده بود، این عامل نیز با عنوان طول نام‌گذاری شد. با توجه به همبستگی معنی‌دار این ویژگی‌ها با عملکرد دانه می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک معیار در مراحل اولیه برای گزینش عملکرد استفاده کرد. عامل چهارم ۹/۱۴۵ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضریب‌های عاملی معنی‌دار مربوط به طول و عرض دانه بود این عامل نیز با عنوان عامل ابعاد دانه نام‌گذاری شد. عامل پنجم ۸/۳۷۷ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضریب‌های عاملی معنی‌دار مربوط به طول دوره رسیدگی بود این عامل نیز با عنوان عامل زمان نام‌گذاری شد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2010) برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل گزارش نمودند که ۵۷/۷۴ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) در برنج نشان دادند که سه عامل اصلی و مستقل، ۷۷/۷۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کند. این سه عامل به ترتیب ریخت‌شناختی، عملکرد و عامل پدیدشناختی نام‌گذاری شدند. در عامل عملکرد صفات عملکرد دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه و وزن هزار دانه قرار گرفتند که همبستگی بین این ویژگی‌ها با عملکرد دانه معنی‌دار بود. چاکراورتی و همکاران (Chakravorty et al., 2013) نشان دادند که از تنوع موجود در ژنوتیپ‌های برنج ۷۵/۹۰ درصد آن توسط شش مؤلفه اول توجیه می‌شود. ورد و همکاران (Worede et al., 2014) نشان دادند که تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۵/۷۳ درصد از تغییرات داده‌های برنج را توسط سه مؤلفه اول توجیه می‌کند.

در شرایط کم‌آبیاری عامل اول ۲۷/۴۱۳ درصد تغییرات کلی داده‌ها را تبیین کرد (جدول ۴). در این عامل باروری، عملکرد بوته، سوختگی برگ و لوله شدن برگ همبستگی بالاتری را نسبت به دیگر صفات همبسته با عامل اول به خود اختصاص دادند که عامل فیزیولوژیک نام‌گذاری شد. ضریب‌های بالای صفات سوختگی برگ و لوله شدن برگ نشان می‌دهد، این صفات در این عامل بالاترین تأثیر را در ایجاد تنوع دارند. بنابراین انتخاب برای ژنوتیپ‌های دارای سوختگی برگ کمتر و لوله شدن برگ بیشتر کارایی خواهد داشت. عامل دوم ۱۱/۷۵۴ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. در این عامل صفات تعداد خوشه‌چه در خوشه و تعداد پنجه در بوته همبستگی بالاتری را نسبت به دیگر صفات همبسته با عامل دوم به خود اختصاص دادند که عامل تعداد نام‌گذاری شد. در این عامل صفات یادشده دارای بالاترین میزان تنوع بوده و گزینش خانواده‌ها بر پایه آن‌ها می‌تواند مفید واقع شود. عامل سوم ۱۱/۷۰۵ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضریب‌های عاملی بالاتر مربوط به صفات طول خوشه اصلی و مساحت برگ پرچم بودند که ضریب عاملی هر دو مثبت بودند. این عامل نیز با عنوان طول نام‌گذاری شد. با توجه به همبستگی معنی‌دار این ویژگی‌ها با عملکرد دانه می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک معیار در مراحل اولیه برای گزینش عملکرد استفاده کرد. عامل چهارم ۷/۹۲۹ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضریب‌های عاملی معنی‌دار مربوط به طول و عرض دانه بود این عامل نیز با عنوان عامل ابعاد دانه نام‌گذاری شد. عامل پنجم ۶/۱۴۰ درصد تغییرات کلی داده‌ها را توجیه کرد. ضریب عاملی معنی‌دار مربوط به طول دوره رسیدگی بود این عامل نیز با عنوان عامل زمان نام‌گذاری شد. مجیدی مهر و همکاران (Majidimehr et al., 2014) در بررسی ژنوتیپ‌های برنج گزارش دادند که تجزیه به عامل‌ها بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس در شرایط تنش خشکی چهار عامل ۶۸/۱۰ درصد تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2014) در بررسی لاین‌های برنج در شوری ۸۸/۵۷ درصد از تغییرات داده‌ها اولیه توسط دو عامل اول توجیه شد. در کلیه مطالعات انجام‌شده تعداد ژنوتیپ‌های موردبررسی از ۱۵۰ نبود. نکته قابل‌توجه در این بررسی تعداد ژنوتیپ‌های زیاد است که نتایج معتبرتری را ارائه کرد.

جدول ۴. ضریب‌های عامل‌های مشترک، واریانس تجمعی و میزان اشتراک عامل‌ها در صفات مختلف در خانواده‌های برنج

Table 4. Coefficients of common factor, cumulative variance and percentage of traits in studied rice lines under drought stress factors

		Factor عامل					
		Flooding غرقاب					واریانس مشترک
Traits	صفت	1	2	3	4	5	Community variance
Fertility	باروری	0.005	0.751	-0.011	-0.165	0.351	0.716
Number of branches per panicle	تعداد خوشه‌چه در خوشه	0.871	0.019	0.104	-0.049	-0.001	0.772
Panicle length	طول خوشه اصلی	0.006	-0.105	0.821	0.184	0.100	0.731
Number of tiller per plant	تعداد پنجه در بوته	0.919	-0.026	-0.142	-0.096	-0.068	0.880
Shoot length	طول ساقه خوشه اصلی	0.131	0.194	0.588	-0.167	-0.019	0.428
Shoot thickness	قطر ساقه خوشه اصلی	0.271	0.112	0.247	0.129	-0.540	0.445
Flaf leaf area	مساحت برگ پرچم	-0.006	-0.062	0.772	-0.009	-0.104	0.611
Grain length	طول دانه	0.020	-0.113	0.031	0.808	0.117	0.681
Grain width	عرض دانه	-0.053	0.317	0.581	0.581	-0.030	0.443
Straw weight	وزن کاه بوته	0.733	0.120	0.061	0.061	0.005	0.577
100 wieght grain	وزن صد دانه	-0.147	0.634	0.388	0.388	-0.227	0.627
Days to maturity	طول دوره رسیدگی	0.109	0.067	0.198	0.198	0.813	0.735
Grain yield	عملکرد بوته	0.404	0.784	0.128	0.128	-0.173	0.833
Cumulative variance (%)		18.701	32.388	45.926	56.064	62.298	0.716
		Low irrigation condition کم‌آبیاری					واریانس مشترک
Traits	صفت	1	2	3	4	5	Community variance
Fertility	باروری	0.733	-0.023	-0.002	-0.149	0.079	0.567
Number of branches per panicle	تعداد خوشه‌چه در خوشه	0.149	0.885	0.091	-0.120	-0.040	0.778
Panicle length	طول خوشه اصلی	-0.081	-0.007	0.789	0.213	0.156	0.715
Number of tiller per plant	تعداد پنجه در بوته	0.124	0.889	-0.148	-0.124	0.008	0.844
Shoot length	طول ساقه خوشه اصلی	0.229	0.048	0.564	-0.259	-0.269	0.513
Shoot thickness	قطر ساقه خوشه اصلی	0.087	0.226	0.177	-0.301	-0.687	0.653
Flaf leaf area	مساحت برگ پرچم	-0.045	0.029	0.764	0.073	0.016	0.592
Grain length	طول دانه	-0.065	0.027	-0.066	0.646	0.033	0.428
Grain width	عرض دانه	0.156	-0.085	0.043	0.647	-0.029	0.452
Straw weight	وزن کاه بوته	0.164	0.705	0.104	0.139	-0.017	0.554
100 wieght grain	وزن صد دانه	0.598	-0.135	-0.094	0.322	0.019	0.489
Days to maturity	طول دوره رسیدگی	0.049	0.132	0.178	0.218	0.772	0.695
Grain yield	عملکرد بوته	0.883	0.336	0.046	0.094	-0.089	0.911
Leaf firing	سوختگی برگ	-0.870	-0.250	-0.007	0.020	0.084	0.827
Leaf rolling	لوله شدن برگ	-0.864	-0.341	-0.064	-0.076	0.046	0.875
Cumulative variance (%)		22.285	38.34	49.455	57.998	65.949	

تنوع بین خانواده‌های برنج در شرایط غرقاب و کم‌آبیاری، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و فاصله اقلیدسی بر اساس صفات اندازه‌گیری شده انجام شد. خانواده‌های F3 در شرایط غرقاب در چهار گروه و در شرایط تنش در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱ و ۲). تجزیه واریانس چند متغیره نامتعادل برای خوشه‌های انتخاب‌شده (جدول ۵) نشان داد که بر پایه آن‌ها بین سه Pillais و Lawley-Hotelling Wilks معیار خوشه تفاوت معنی‌دار وجود دارد و انتخاب چهار و سه خوشه

منطقی است. در شرایط غرقاب گروه اول در کلیه صفات موردبررسی به‌جز طول دانه دارای اختلاف معنی‌دار به گروه-های دیگر بود. به نظر می‌رسد این گروه ازنظر صفات مرتبط به در شرایط غرقاب گروه چهارم در کلیه صفات موردبررسی به‌جز طول، عرض و وزن صد دانه دارای اختلاف معنی‌دار به گروه‌های دیگر بود. به نظر می‌رسد برتری گروه چهارم به تعداد سنبله و تعداد دانه در بوته مرتبط باشد.

جدول ۵. تجزیه واریانس چند متغیره نامتعادل برای گروه‌های ایجادشده در شرایط غرقاب و تنش

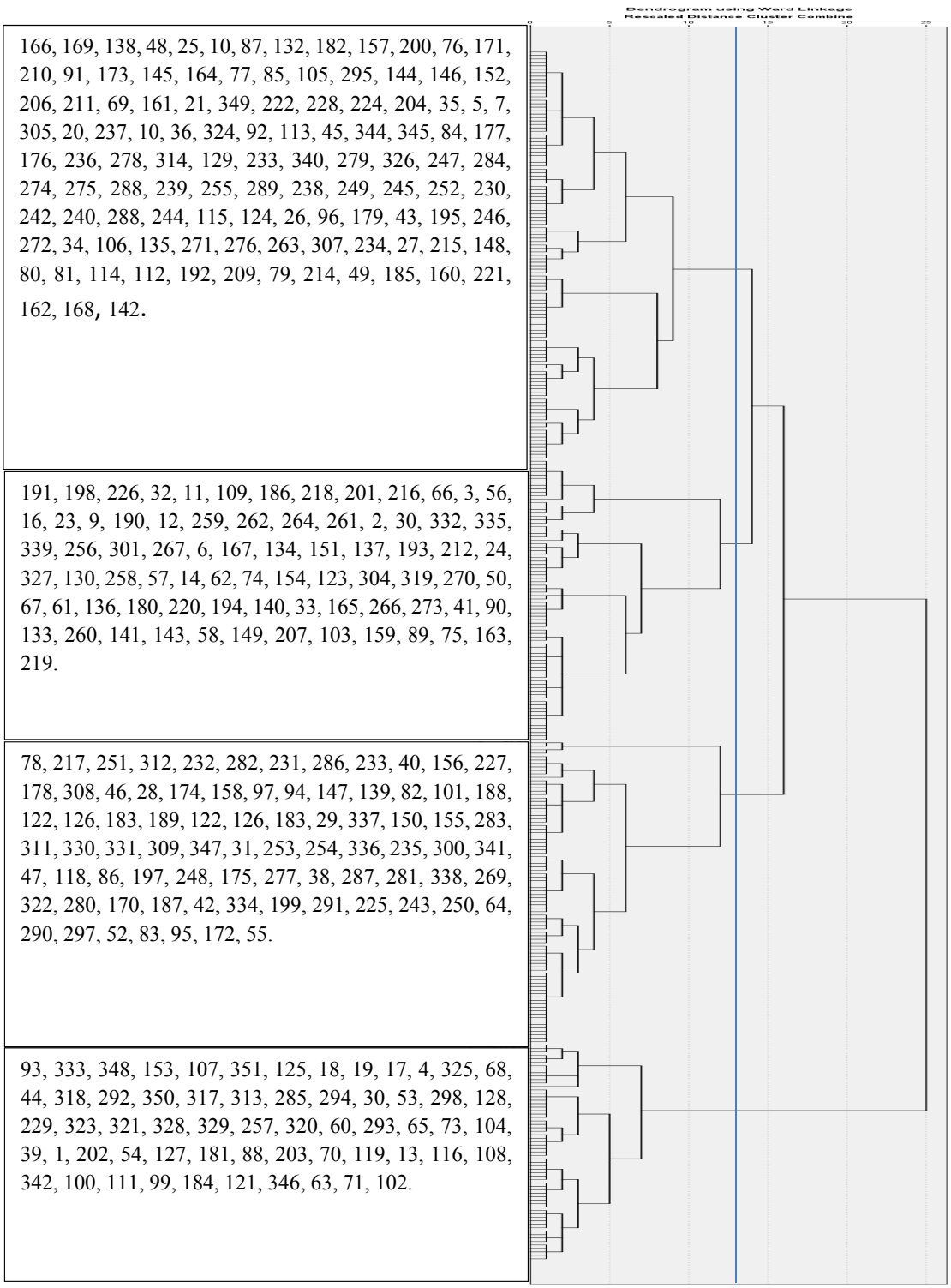
Table 5. Incomplete multivariate variance for assigned to groups in flooding and low irrigation conditions

		Pillai's Trace	Hotelling's Trace	Wilks' Lambda	Roy's Largest Root
Flooding	غرقاب	13.166**	13.596**	13.400**	19.624**
low irrigation	کم‌آبیاری	1.164**	4.300**	0.132**	3.693**

جدول ۶. میانگین تجزیه خوشه‌ای برای صفات مختلف در خانواده‌های برنج موردبررسی

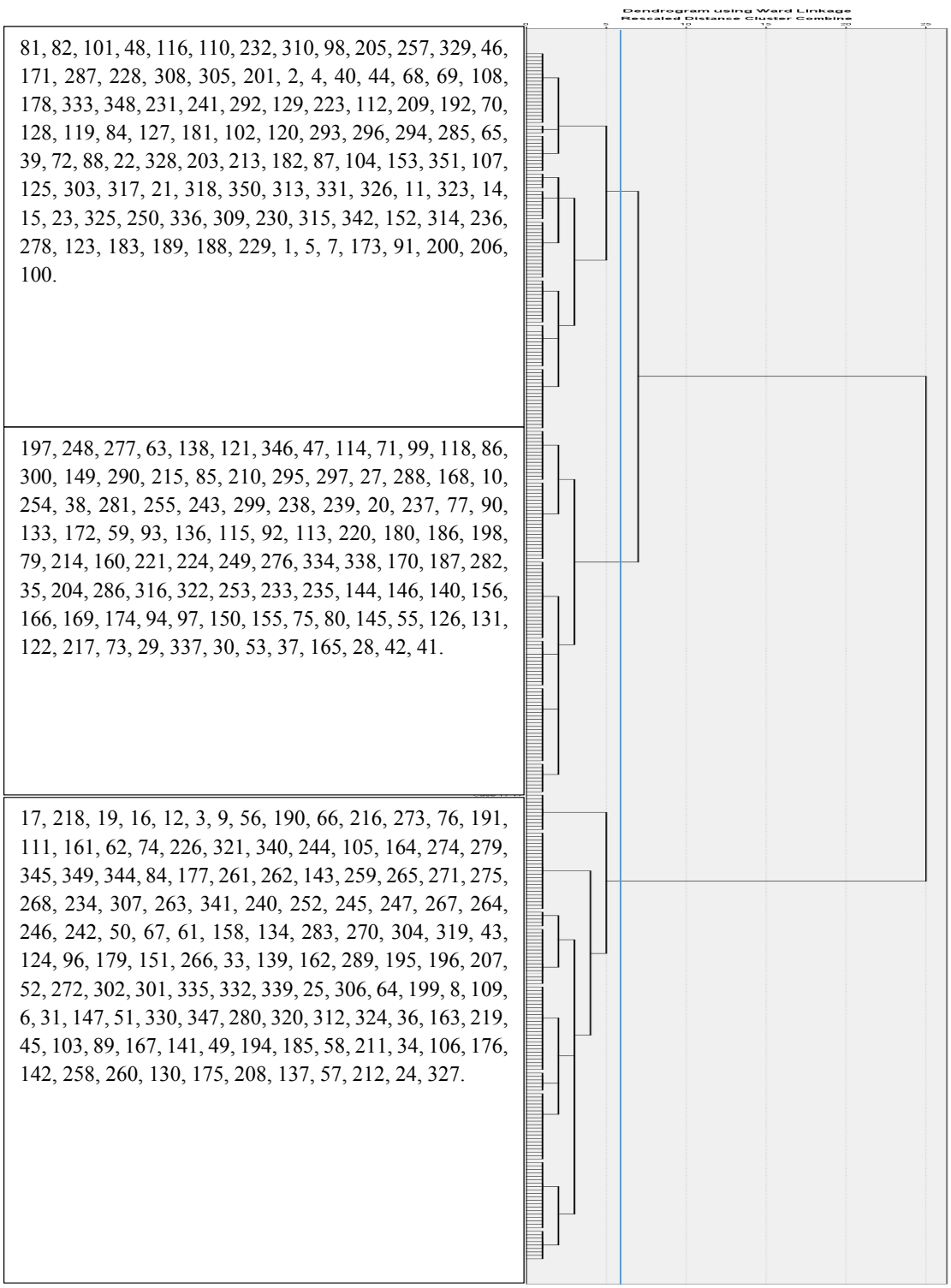
Table 6. The mean of cluster analysis for different traits in studied rice families

		Flooding غرقاب			
Traits	صفت	1	2	3	4
Fertility	باروری	89.703a	89.703a	80.445b	88.276a
Number of branches per panicle	تعداد خوشه‌چه در خوشه	139.706a	109.398b	103.253c	113.036b
Panicle length	طول خوشه اصلی	28.204ab	28.022bc	28.787a	27.407c
Number of tiller per plant	تعداد پنجه در بوته	18.067a	14.898c	14.244d	15.583b
Shoot length	طول ساقه خوشه اصلی	138.099a	139.993a	136.091a	135.887a
Shoot thickness	قطر ساقه خوشه اصلی	4.399a	4.076b	4.162b	3.96c
Flaf leaf area	مساحت برگ پرچم	26.747a	25.121b	27.108a	24.526b
Grain length	طول دانه	9.902b	10.205a	9.909b	9.683c
Grain width	عرض دانه	1.963b	2.011a	1.97b	1.936c
Straw weight	وزن کاه بوته	20.927a	16.825b	16.466b	17.547b
100 wieght grain	وزن صد دانه	2.603b	2.76a	2.585b	2.632b
Days to maturity	طول دوره رسیدگی	97.372a	97.216ab	96.293c	96.509bc
Grain yield	عملکرد بوته	11.371a	10.895a	8.429c	9.879b
		Low irrigation condition کم‌آبیاری			
Traits	صفت	1	2	3	
Fertility	باروری	74.89b	82.162a	82.345a	
Number of branches per panicle	تعداد خوشه‌چه در خوشه	97.352c	101.86b	123.013a	
Panicle length	طول خوشه اصلی	26.098a	25.297b	26.211a	
Number of tiller per plant	تعداد پنجه در بوته	13.159b	13.523b	15.221a	
Shoot length	طول ساقه خوشه اصلی	128.928b	130.765ab	132.572a	
Shoot thickness	قطر ساقه خوشه اصلی	3.824b	3.881b	3.997a	
Flaf leaf area	مساحت برگ پرچم	22.0109ab	21.149b	22.457a	
Grain length	طول دانه	9.644ab	9.72a	9.60b	
Grain width	عرض دانه	1.754b	1.785a	1.761ab	
Straw weight	وزن کاه بوته	14.022b	14.278b	17.574a	
100 wieght grain	وزن صد دانه	2.392b	2.569a	2.541a	
Days to maturity	طول دوره رسیدگی	96.826ab	96.587b	97.385a	
Grain yield	عملکرد بوته	6.033c	8.213b	a 9.079	
Leaf firing	سوختگی برگ	5.038a	3.061b	3b	
Leaf rolling	لوله شدن برگ	6.95a	4.986b	4.1 c	



شکل ۱. تجزیه خوشه‌ی ۳۵۲ خانواده برنج تحت شرایط غرقاب به روش وارد و فاصله اقلیدسی

Fig. 1. Cluster analysis for 352 families of rice based on Euclidian distance and Ward method under flooding condition



شکل ۲. تجزیه خوشه‌ای ۳۵۲ خانواده برنج تحت شرایط کم‌آبیاری به روش وارد و فاصله اقلیدسی

Fig. 2 Cluster analysis for 352 families of rice based on Euclidian distance and Ward method under low irrigation condition

در شرایط کم‌آبیاری گروه اول در کلیه صفات به‌جز طول دانه به گروه‌های دوم و سوم برتری داشت. سوختگی برگ و لوله شدن برگ‌ها نیز در این گروه دارای کد ژنوتیپی پایین‌تری بود که نشان‌دهنده تحمل بیشتر این گروه نسبت به گروه‌های دیگر بود.

نتیجه‌گیری نهایی

این بررسی نشان داد که می‌توان از موتاسیون به‌عنوان منبعی بسیار مناسب برای ایجاد تنوع و تولید ارقام متحمل به تنش خشکی استفاده نمود. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که خانواده‌های برنج ازنظر کلیه صفات تغییرات زیادی در دو محیط داشتند و در شرایط خشکی خانواده‌های برنج موردمطالعه ازلحاظ صفات موردبررسی به‌جز تعداد دانه پوک، طول دانه و تعداد روز تا رسیدگی نسبت به شرایط غرقاب دچار کاهش نسبی شدند. به‌ویژه اینکه در شرایط خشکی خصوصیات مختلف ازجمله عملکرد و اجزای آن نسبت به شرایط غرقاب کاهش نشان داد. همچنین نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که برای دستیابی به رقمی با عملکرد دانه بیشتر باید به تعداد دانه پر متکی بود. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که در شرایط غرقاب وزن صد دانه، تعداد پنجه، باروری و ضخامت ساقه به‌عنوان صفات مهم‌تر و در شرایط خشکی لوله شدن برگ و میزان سوختگی به‌عنوان مهم‌ترین صفت در عملکرد دانه را توجیه کردند.

منابع

Afshari, R., Atefeh Sabouri, A., Esfahani, M., Kafi Ghasemi, A., 2017. Evaluation of tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes using tolerance indices and biplot analysis. Iranian Journal of Field Crop Sciences. 48, 843-854. [In Persian with English Summary].

Bagheri, N., Babaeian-Jelodar, N., Pasha, A., 2011. Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Biharean Biologist. 5, 32-35

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

Chakravorty, A., Ghosh P.D., Sahu, P.K., 2013. Multivariate analysis of phenotypic diversity of landraces of rice of west Bengal. American Journal of Experimental Agriculture. 3, 110-123.

Danesh Gilevaei, M., Samizadeh H., Rabiei B., 2017. Grouping of rice (*Oryza sativa* L.) lines based on multivariate analysis under drought stress condition. Iranian Journal of Field Crop Research. 48, 1027-1039. [In Persian with English Summary].

De Datta, S.K., Malabuyoc, J.A., Aragon, E.L., 1988. A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during vegetative stage. Field Crops Research. 19, 123-124.

Fentie, D., Alemayehu, G., Siddalingaiah, M., Tadesse, M., 2014. Genetic variability, heritability and correlation coefficient analysis for yield and yield component traits in upland rice (*Oryza sativa* L.). East African Journal of Sciences. 8, 147-154.

Ghiasy, M., Farahbakhsh, H., Sabouri, H., Mohammadinejad, Gh., 2012. Effect of drought stress on yield and yield components in rice landraces and improved cultivars under Gonbad Kavous environmental condition. Cereal Research. 2, 165-179. [In Persian with English Summary].

Ghorbani, H., Samizadeh Lahiji, H. A., Rabiei, B., Allahgholipour, M. 2011. Grouping different rice genotypes using factor and cluster analyses. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 21, 89-104. [In Persian with English Summary].

Golesorkhy, M., Abbas Biabani, A., Mohammad Esmaeili, M., 2016. Studying the relationship between agronomy traits of rice under flooding and drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 8, 191-204. [In Persian with English Summary].

Khorshidi, M.B., Abdi, M., Iranipur, Sh., Akbari, R., 2008. Effect of end season water stress on yield of nine rice cultivars and promising lines based on drought evaluation indices. Agroecology Journal. 4, 17-29. [In Persian with English Summary].

Loresto, G.C., Chang, T., 1981. Decimal scoring system for drought reactions and recovery ability in screening murseries of rice.

Intertnational Rice Research Newsletter. 6, 9-10.

Majidimehr, A., Amiri-Fahliani, R., Masoumiasl, A., 2014. Study of biochemical and chemical traits of different rice genotypes under salinity stress. Cereal Research. 4, 45-58. [In Persian with English Summary].

Nahvi, M., Yazdani, M.R., Allah Gholipour, M., Hosseini, M., 2004. The effect of different irrigation intervals on water use efficiency and yield of rice (Khazar variety). Journal of Agriculture. 6, 53-60. [In Persian with English Summary].

Nandan, R., Sweta, D., Singh, S.K., 2010. Character association and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. World Journal of Agricultural Sciences. 6, 201 - 206.

Rahimi, M., Rabiei, B., Ramezani, M., Movafegh, S., 2010. Evaluation of agronomic traits and determine the variables to improve rice yield. Iranian Journal of Field Crops Research. 8, 111- 119. [In Persian with English Summary].

Safaei Chaeikar, S., Rabiei, B., Samizadeh H., Esfahani, M., 2008. Evaluation of tolerance to terminal drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 9, 315-331. [In Persian with English Summary].

Samizadeh, H., Danesh, M., Rabiei, B., 2018. Grouping of rice (*Oryza sativa* L.) lines based on multivariate analysis under drought stress condition. Iranian Journal of Field Crop Sciences. 48, 1027-1039. [In Persian with English Summary].

Sarmadnia, Gh., 1993. The role of environmrnt of stress in Agriculture. p. 152-172. In: E.D. Proceedings of the First Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress. 6-9 September. 1993. University of Tehran.

Tabkhkar, N., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., Hosseini, M., 2018. Assessment of rice genotypes response to drought stress at the early reproductive stage using stress tolerance indices. Journal of Crop Production and Processing. 7, 83-106. [In Persian with English Summary].

Venkata Lakshmi, M., Suneetha, Y., Yugandhar, G., Venkata Lakshmi, N., 2014. Correlation studies in rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 5, 121-126.

Worede, F., Sreewongchai, T., Phumichai, Ch., Sripichitt, P., 2014. Multivariate analysis of genetic diversity among some rice genotypes using morpho-agronomic traits. Journal of Plant Science. 9, 14-24.

Yazdani, M., Kochak, M., Bagheri, H., 2014. Segregating rice genotypes by cluster analysis procedure at different salt stress condition. Advances in Environmental Biology. 8, 383-387.