نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ۶۰، زمستان ۱۳۹۹ / صفحات: ۱۵-۱

ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa* L.) بر اساس برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی

نسیم رنج‌کش[۱]، مرتضی سام‌دلیری[۱*]، پوریا مظلوم[۱]، امیرعباس موسوی[۱]، ولی‌اله رامئه[۲]

[۱]گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

[۲]گروه تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۱۲/۱۱

چکیده

برنج یکی از مهمترین محصولات غذایی است که غذای ثابت بیش از نیمی از جمعیت جهان را شامل می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی صفاتی نظیر ارتفاع گیاه، طول خوشه، تعداد پنجه مؤثر، تعداد کل دانه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، دوره رشد، فنول کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)، با ۳۰ ژنوتیپ برنج در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه برنج آمل بود. نتایج نشان داد که ارقام آمل ۱ و بیجار از ایران به‌ترتیب دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنول کل بالاتری نسبت سایر نمونه‌های مرور شده در این تحقیق بودند. بالاترین تعداد دانه کل، پر و وزن هزار دانه در ژنوتیپ IR56 مشاهده شد. ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی و با روش UPGMA به پنج خوشه تقسیم شدند. بیشترین میانگین عملکرد مربوط به خوشه چهارم و کمترین آن مربوط به خوشه پنجم بود. تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی، ۷۹/۰۱ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد که صفات عملکرد اقتصادی، تعداد دانه کل و تعداد دانه پر بیشترین نقش را ایفا نمودند. دو جزء اصلی، ۴۳ درصد اطلاعات مربوط به داده‌های خام از صفات مرتبط با عملکرد را ارائه دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از صفاتی مانند عملکرد اقتصادی، تعداد دانه کل و تعداد دانه پر می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی اصلاحی جهت نیل به ارقام برنج با عملکرد بالا به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، فنول کل، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، بای پلات

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) از خانواده *Poaceae*، از مهمترین محصولات غذایی در جهان به شمار می‌آید و تقریباً سه میلیارد نفر در سراسر جهان برنج را به عنوان غذای اصلی مصرف می‌کنند که حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد کالری روزانه آنها را تأمین می‌نماید (Aljumaili and et al., 2018). دانه‌های برنج دارای پوسته سختی به نام هاسک[۲] می‌باشند که از هسته محافظت می‌نمایند. پس از حذف سبوس و جنین، آندوسپرم باقی‌مانده به عنوان برنج جلا داده شناخته می‌شود که از این برنج برای مصرف خوراکی استفاده می‌شود. این در حالی است که بخش سبوس برنج که حذف می‌گردد، حاوی مقادیر فراوان فیبر، فیتوکمیکال‌های زیستی از جمله ویتامین‌ها، ترکیبات فنولی، توکوفرول‌ها، توکوترینول‌ها و ارزیانول‌ها

*نویسنده مسئول: m.sam@iauc.ac.ir

1. husk

می‌باشند که برای سلامتی انسان‌ها سودمندند (Karbalaei-Aghameleki and et al., 2019). پلی‌فنول‌ها مانند اسیدهای فنولیک، آنتوسیانین‌ها و پروانتوسیانیدین‌ها به عنوان مهمترین آنتی‌اکسیدان موجود در برنج گزارش شده‌اند (Min et al., 2011). بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف بر اساس صفات زراعی اهمیت ویژه‌ای دارد. در بررسی تنوع عموماً از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره به منظور توصیف و ارزیابی مواد ژنتیکی جهت بهره‌گیری بهینه و همچنین مطالعه روابط داخلی بین صفات استفاده می‌شود (Johnson, 1998). برای بالابردن راندمان برنامه‌های اصلاحی و افزایش تولید، نیاز به تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های گیاهی می‌باشد (Nili et al., 2017). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، به عملکرد نسبی ارقام در میان محیط‌های مختلف اشاره دارد، که نشان‌دهنده تفاوت در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و یا به عبارتی دیگر تفاوت در سطح بیان تفاوت‌های ژنتیکی در میان محیط‌ها می‌باشد (Li et al., 2017).

در مطالعه‌ای ۲۹ ژنوتیپ از نظر صفات عملکرد، اجزای آن و همچنین صفات موفولوژیکی در مزرعه تحقیقاتی موسسه برنج کشور در رشت مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات بررسی شده دارای اختلاف معنی‌داری بودند. تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در نُه گروه قرار داد، همچنین نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها نشان داد که ۳ عامل اصلی و مستقل، ۷۷/۷۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌نمایند. این سه عامل تحت عنوان عوامل مربوط به خصوصیات مورفولوژیک، عامل عملکرد و اجزای آن و عامل فنولوژیک نامگذاری شدند. در عامل عملکرد و اجزای آن صفات مهمی مثل عملکرد دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه و وزن هزار دانه قرار گرفتند (Ghorbani et al., 2012). در این تحقیق با هدف بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی ژنوتیپ‌های اصلاح شده برنج در هشت منطقه جاوای مرکزی (اندونزی) در یک سال با استفاده از روش بای پلات انجام شد. نتایج نشان داد که محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در روی عملکرد دانه برنج تأثیر معنی‌داری داشتند. محیط ٤٢/٨٦ درصد از کل تغییرات، در حالی که ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به ترتیب ۱۸/٦۳ درصد و ۳۸/۵۱ درصد از کل تغییرات را به خود اختصاص داده است (Tariku et al., 2017). Maji و همکاران (۲۰۱۵) جهت ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ – محیط، ۳۰ ژنوتیپ برنج را در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در چهار منطقه نیجریه در سال ۲۰۰۳ مورد تحقیق قرار دادند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب آنها نشان داد که در میان ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد، اما تفاوت معنی‌دار بین محیط‌ها و اثر متقابل وجود داشت. آنها علت تفاوت معنی‌دار اثر متقابل را، پاسخ‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بیان کردند. آنها اظهار داشتند که تقسیم‌بندی ژنوتیپ به‌علاوه اثر متقابل ژنوتیپ – محیط از طریق تجزیه GGE-biplot نشان داد که مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب ٤٤/٦۳ درصد و ٤٢/۳۲ درصد از مجموع مربعات ژنوتیپ به علاوه اثر متقابل ژنوتیپ– محیط را تشکیل و مشخص ساخت که ۸٦/۹۵ درصد از تغییرات ژنوتیپ به علاوه اثر متقابل ژنوتیپ– محیط توسط این دو مؤلفه اصلی توضیح داده شد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به همراه رسم پلات دو بعدی برای مؤلفه‌ها روش چند متغیره‌ای است که برای مطالعه فاصله بین متغیرها مناسب می‌باشد. چنین روش‌های آماری اساس مطالعه بسیاری از محققین برای بررسی تنوع ژنتیکی ذخایر توارثی گیاهان قرار

گرفته است (Manly, 1986). با توجه به پراکنش ژنوتیپ‌ها در پلات دو بعدی بر مبنای ترکیب هر کدام از مؤلفه‌ها که محور افقی آن متعلق به یک مؤلفه و محور عمودی آن متعلق به مؤلفه دیگر است، می‌توان ژنوتیپ‌های برتر بر مبنای ترکیب دو مؤلفه را انتخاب نمود. در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌های مختلف بر اساس دو مؤلفه مورد نظر تفکیک می‌شوند. با توجه به این که در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه‌ها مستقل و غیر همبسته هستند، بنابراین نقش مهمی در شناسایی جنبه‌های مختلف صفات و گزینش ارقام در برنامه‌های اصلاح نباتات ایفا می‌کند (Jahani and et al., 2017).

هدف از این پژوهش بررسی روابط ژنتیکی، شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج با صفات زراعی براساس تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه اصلی و بای‌پلات جهت دست‌یابی به والدین مناسب و همچنین بررسی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در ۳۰ ژنوتیپ برنج مورد مطالعه طرح‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) با مختصات جغرافیایی به طول ۵۲/۳ درجه شمالی، عرض۲۶/۲۸ درجه شرقی و ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا در شرایط مزرعه‌ای در سال ۹۶-۱۳۹۵ با ۳۰ ژنوتیپ برنج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. بر اساس تقسیمات هواشناسی، این منطقه دارای تابستان معتدل مرطوب و زمستان نسبتاً سرد و خشک است. در جدول یک اسامی ژنوتیپ‌ها گردآوری شده است. قبل از کاشت، از خاک کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری و جهت اندازه‌گیری تعدادی از پارامترهای خاک به آزمایشگاه آب و خاک انتقال داده شد و تجزیه خاک در آزمایشگاه انجام شد (جدول ۲). به منظور آماده‌سازی زمین در بهمن ماه سال قبل شخم اول و شخم دوم یک ماه قبل از نشاکاری و تسطیح کرت‌ها و مرزبندی سه روز قبل از نشاکاری انجام شد. مقدار کود مورد نیاز هر کرت برابر توصیه کودی آزمایشگاه خاکشناسی مورد استفاده قرار گرفت، به طوری که کود نیتروژن از منبع اوره، کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و کود پتاس از منبع سولفات پتاس استفاده شد. ۵۰ درصد اوره، تمامی کود فسفات و پتاسیم به عنوان کود پایه پس از آماده نمودن زمین و قبل از نشاکاری به زمین داده شده، ۲۵ درصد اوره مانده را همراه وجین اول و مابقی آن در زمان تشکیل اولین جوانه خوشه در غلاف به خاک اضافه شد. مساحت هر کرت ۱۸ متر مربع و فاصله نشاها ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۲۵ سانتی‌متر بین ردیف و تعداد گیاهچه‌ها در هر کپه ۳ تا ٤ عدد بود. زمانی که نشاها در مرحلهٔ ٤-۳ برگی قرار داشتند، نشاکاری انجام شد. بعد از نشاکاری آبیاری به‌صورت منظم انجام گرفت. سموم مورد نظر برای آفات مانند کرم ساقه‌خوار نیز طبق پیش آگاهی قبلی در تمام سنین نشاء و مراحل رشدی مختلف به طور یکسان مورد استفاده قرار گرفت. تیمارهای مختلف با درج روی اتیکت‌های چوبی با برنامه‌ریزی قبلی به زمین اصلی طبق نقشه و طرح آزمایش مورد نظر انتقال یافت. ویژگی‌های مورد ارزیابی شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌های بارور، طول خوشه، تعداد کل دانه، تعداد دانه‌های پر و پوک در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، کلروفیل و طول دوره رویش بودند. اندازه‌گیری صفات، نمونه‌برداری و نحوه محاسبهٔ صفات براساس روش استاندارد ارزیابی در مسسه تحقیقات بین‌المللی برنج فیلیپین انجام شد.

جدول ۱: منشأ ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه در این پژوهش

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشأ	شجره	شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشأ	شجره
G1	آمل یک	مؤسسه برنج آمل	طارم فیروزکنده/ رقم تایوانی	G16	Doiar	هند	وارداتی
G2	سپید رود	گیلان، ایران	صدری/IR8/ دمسیاه	G17	IR42	ایری، فیلیپین	وارداتی
G3	خزر	گیلان، ایران	TNAV74516-1355	G18	فوجی مینوری	ژاپن	وارداتی
G4	pnd160-2-1	ایری، فیلیپین	iryn83	G19	اوندا	ایتالیا	وارداتی
G5	آمل دو	مؤسسه برنج آمل	حاصل لاین IR28	G20	۱-۲-۲۹۹-۱۳٤۲۹	ایری، فیلیپین	iryn83
G6	آمل سه	هند (سونا)	وارداتی	G21	IR36	ایری، فیلیپین	وارادتی
G7	فجر	ایری، فیلیپین	حاصل لاین IR62781-175	G22	تابش	مازندران، ایران	موتاسیون
G8	usen	چین	وارداتی	G23	IR24	ایری، فیلیپین	وارداتی
G9	لاین۱۰۱	مؤسسه برنج آمل	انتخابی از نسل‌های در حال تفکیک	G24	پویا	مازندران، ایران	موتاسیون
G10	نعمت	مازندران، ایران	آمل۳/سنگ طارم	G25	کشوری	ایری، فیلیپین	حاصل باسماتی
G11	رقم ۳٤٦	ایتالیا	وارداتی	G26	رقم تایچونگ ٦٥	تایوان	وارداتی
G12	دشت	مازندران، ایران	آمل یک/ IR24	G27	senyu-285	ایری، فیلیپین	وارداتی
G13	بجار	گیلان، ایران	دمسیاه /IR8/IR28	G28	ندا	مازندران، ایران	دمسیاه/سنگ طارم
G14	BA370	پاکستان-باسماتی	وارداتی	G29	چمپا	مؤسسه برنج آمل	انتخابی از لاین‌های ایرانی
G15	Tetep	ویتنام	وارداتی	G30	IR56	ایری، فیلیپین	وارداتی

جدول ۲: تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

هدایت‌الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	ماده آلی	بافت‌خاک
		(٪)	(میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg.kg-1)					(٪)	
۱/۸٤	۷/۲۲	۰/۰۲	۸/۷	۲۰۹/۷	٤/۲	۳/۷	۳/۲	۲/۰۱	رسی_سیلتی

تعیین محتوای فنول کل: محتوای ترکیبات فنولی از طریق روش فولین سیوکالتیو[1] انجام شد. غلظت ۰/۵ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر از هر عصاره تهیه گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر واکنش‌گر ۰/۲ نرمال فولین سیوکالتیو مخلوط گردید. آنگاه دو میلی‌لیتر محلول کربنات کلسیم (۷/۵ درصد) اضافه شد. مقدار جذب مخلوط واکنش، پس از ۱۲۰ دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور در طول موج ۷٦۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید. مقدار فنول کل از روی منحنی استاندارد گالیک اسید بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در گرم بافت تازه بیان شد (Pal et al., 2018).

روش اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه، از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH با استفاده از روش اسپکتروفتومتری تعیین شد. برای این منظور به ۱۰۰ لیتر عصاره استخراج شده نمونه‌ها، ۳/۹ میلی‌لیتر از محلول DPPH اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در مکان تاریک قرار داده شد. سپس جذب مخلوط توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در ۵۱۷ نانومتر با بلانک متانول قرائت شد (Pal et al., 2018).

1. Folin–Ciocalteu (FC)

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

(رابطه ۱)

$$\text{ظرفیت آنتی اکسیدانی} = [1-(\text{جذب نمونه}/\text{جذب کنترل})] * 100$$

تجزیه و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و با روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) صورت پذیرفت.

جهت انجام تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس ماتریس تشابه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ۱۲ صفات مورد بررسی و با استفاده از روش UPGMA در گروه‌های مختلفی جای گرفتند. رسم دندروگرام بر اساس معیار فاصله اقلیدسی و پلات دو بعدی بر پایه مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار XLSTAT صورت گرفت. در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای نامگذاری هر یک از عامل‌ها ابتدا با توجه به ضرایب صفت در هر عامل، صفات مختلف انتخاب و در نهایت با توجه به ماهیت صفات موجود، نام یا خصوصیت مناسبی برای آن عامل انتخاب گردید. انتخاب ارقام و گروه‌بندی آنها با استفاده از امتیاز عاملی دو عامل اصلی که بیشترین درصد از تغییرات را توجیه می‌کردند صورت گرفت. به‌منظور ترسیم و توضیح نمودار بای‌پلات، امتیاز عامل اصلی اول به عنوان محور Xها و از داده‌های امتیاز عامل مستقل دوم به عنوان محورYها استفاده شد و با توجه به مکان قرارگیری ارقام در هر قسمت از نمودار حاصل از تقاطع این دو عامل، وضعیت کلی ارقام با توجه به استقرار آنها توجیه گردید.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در تمامی صفات ارزیابی شده (به جز شاخص برداشت)، در سطح احتمال یک درصد و صفات وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و طول دوره رویش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ۳۰ ژنوتیپ برنج مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	تعداد کل دانه	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک
تکرار	۳	۲۲۹۹/۳۸**	۱۱٤/۹۵**	۱/۷۷^{ns}	۱۷۵/۷٦*	۷۸/۹۵^{ns}	۲۰/۵۰^{ns}
تیمار	۲۹	۱۱۲۳/۸۲**	٤۵/٦۸**	٤۲۷/۹۵**	٤۱۳٤/٦۵**	۳۸٤٦/۸٦**	۱۵۳/۲٤**
خطای آزمایشی	۸۷	۱۰٤/٤٦	۷/۲۷	۱/٦۵	٦۱/۹۷	۵٦/٤۵	۱۱/۵۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۹/۸۷	۱۳/۲٤	٤/۹۰	۵/۳۲	٦/۰٦	۱٤/۲۹
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد اقتصادی	شاخص برداشت	شاخص کلروفیل	طول دوره رویش
تکرار	۳	۱/۷۲^{ns}	۱۳/۸٦^{ns}	۵/۰۳**	۱۲۸/۳۰**	۲۰/۲۸*	۷۸۸/۸۷**
تیمار	۲۹	۷/۱۹*	۳٤/٦۳**	۳/۸۱**	۱٦/۹۵^{ns}	۱۰/٦۵*	۲۹۵/۵۲*
خطای آزمایشی	۸۷	۳/۸٤	۱۰/۲۰	۰/٦٤	۲٦/۸۵	٦/۱۳	۱۵۸/٤٤
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/۰۲	۱۸/۰۸	۱۲/۸۸	۱٤/۵۰	۵/۸۵	۹/٦۲

ns، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها براساس صفات مورد بررسی

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های مختلف نشان داد که ژنوتیپ ۳٤٦ (G11) و با میانگین ۱۳۷/۵۰ سانتی‌متر بلندترین بوته را دارا بود، اگرچه با ژنوتیپ‌های نعمت (G10) و دشت (G12) به‌ترتیب با میزان ۱۳۳/۵۰ و ۱۲۸/۷۵ تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کمترین ارتفاع بوته نیز به ژنوتیپ پویا (G24) و با میانگین ٦۲ سانتی‌متر اختصاص یافت که با ژنوتیپ تایچونگ ٦۵ (G26) به میزان ٦۵/۷۵ در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ٤).

طول خوشه: نتایج مقایسه میانگین مربوط به طول خوشه نشان داد که حداکثر آن در ژنوتیپ کشوری (G25) و با مقدار ۲۷/۲۵ سانتی‌متر و کمترین طول خوشه نیز در ژنوتیپ اوندا (G19) و به مقدار ۱۵/۷۵ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ٤).

تعداد پنجه بارور: با توجه به نتایج مقایسه میانگین مربوط به صفت تعداد پنجه مشخص گردید که بیشترین آن در ژنوتیپ فجر (G7) با ۷۹/۵۰ و از طرفی حداقل تعداد پنجه در ژنوتیپ senyu-285(G27) و به میزان ۱۹ مشاهده شد که با تایچونگ ٦۵ (G26) به میزان ۲۰/۲۵ اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

تعداد دانه کل: بر پایه نتایج حاصل از مقایسه میانگین، بالاترین مقدار دانه کل در ژنوتیپ IR56 (G30) و به ۲۱۳/۷۵ عدد مشاهده شد که با ژنوتیپ تابش (G22) و با تعداد ۲۱۰/۲۵ در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ٤). در صورتی که کمترین تعداد دانه کل مربوط به ژنوتیپ نعمت (G10) و با مقدار ۱۰۰/۲۵ عدد مشاهده شد که با ژنوتیپ فجر(G7) و به میزان ۱۰٤/۵۰ عدد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

تعداد دانه پر: حداکثر تعداد دانه پر در ژنوتیپ IR56 (G30) و به ۱۷٤/۷۵ عدد مشاهده شد که با ژنوتیپ‌های چمپا (G29)، تابش(G22)، خزر (G3)، آمل یک (G1) به‌ترتیب با تعداد ۱۷۲/۷۵، ۱۷۷/۲۵، ۱٦۹ و ۱۷٤/۲۵ در یک گروه آماری قرار گرفت. در حالی‌که کمترین مقدار در ژنوتیپ ژنوتیپ فجر (G7) و با ۷۹/۵۰ عدد تعیین گردید که با ژنوتیپ usen (G8) با میزان ۸۸ اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

تعداد دانه پوک: بیشترین میزان تعداد دانه پوک مربوط به ژنوتیپ IR56 (G30) و به میزان ۳۹ ملاحظه شد در مقابل کمترین میزان تعداد دانه پوک مربوط به ژنوتیپ آمل یک (G1) و به میزان ۱۱/۷۵ بود (جدول ٤).

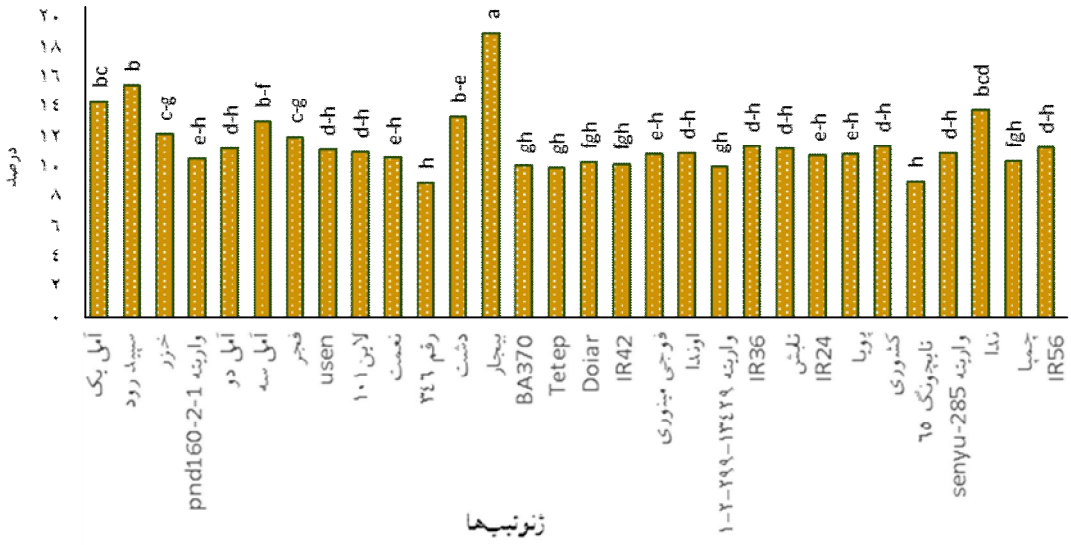
وزن هزار دانه: بر پایه نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان وزن هزار دانه در ژنوتیپ IR56 (G30) و به میزان ۲۷/۱۵ گرم مشاهده شد. همچنین کمترین میزان در ژنوتیپ Doiar (G16) و به میزان ۲۱/۷۵ گرم مشاهده شد (جدول ٤).

عملکرد: بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ ندا (G28) و به میزان ۲٤/۹۲ تن در هکتار مشاهده شد که با ژنوتیپ کشوری (G25) به میزان ۲٤/۱۹ تن در هکتار در یک سطح آماری قرار گرفت. در مقابل کمترین میزان با مقدار ۱۲/۸۸ در ژنوتیپ چمپا (G29) مشاهده شد (جدول ۳). همچنین بیشترین میزان عملکرد اقتصادی در ژنوتیپ کشوری (G25) به میزان۷/٦٤ تن در هکتار مشاهده شد. در مقابل کمترین میزان عملکرد اقتصادی در ژنوتیپ (G29) و به میزان ٤/۷۳ تن در هکتار مشاهده شد (جدول ٤).

شاخص کلروفیل: بر پایه نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان صفت شاخص کلروفیل در ژنوتیپ ۱۰۱ (G9) با میزان ٤۵/۷۵ مشاهده شد و همچنین کمترین مقدار شاخص کلروفیل نیز در ژنوتیپ Doiar (G16) با میزان ۳۹/۲۱ مشاهده شد (جدول٤).

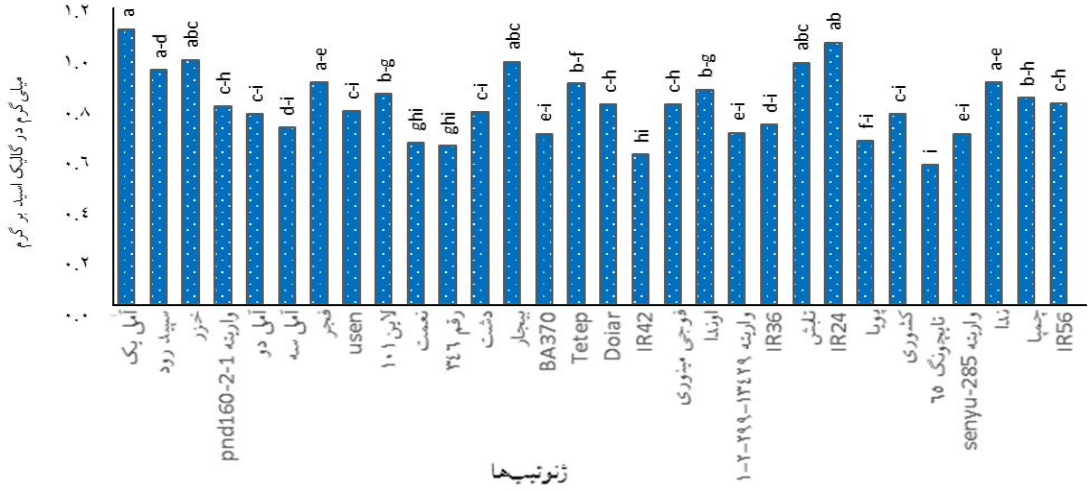
طول دوره رویش: نتایج مقایسه میانگین صفت طول دوره رویش نشان داد که بیشترین آن مربوط به ژنوتیپ senyu-285 (G27) و با ۱٤۹/۲۵ روز و در مقابل کمترین روز مربوط به ژنوتیپ Doiar (G16) با ۱۲۲/۵۰ مشاهده شد (جدول ٤).

بررسی خاصیت آنتی‌رادیکالی با آزمون ۲ و ۲ دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازین DPPH: نتایج نشان داد که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدان در روش DPPH در ژنوتیپ G13 (بیجار) با مقدار (۱۹/۶۷درصد) و کمترین آن در ژنوتیپ G11 (346) با مقدار ۹/۰۳ درصد مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱: ظرفیت آنتی‌اکسیدان بر اساس روش DPPH

تعین محتوای کل فنولی: نتایج نشان داد که بالاترین مقدار کل فنول ۱/۱۳ میلی‌گرم در گالیک اسید بر گرم بود و در ژنوتیپ (آمل ۱) و همچنین کمترین مقدار ۰/۵۹ میلی‌گرم در گالیک اسید بر گرم که در ژنوتیپ ۲۶ (IR24) یافت شد (شکل ۲).

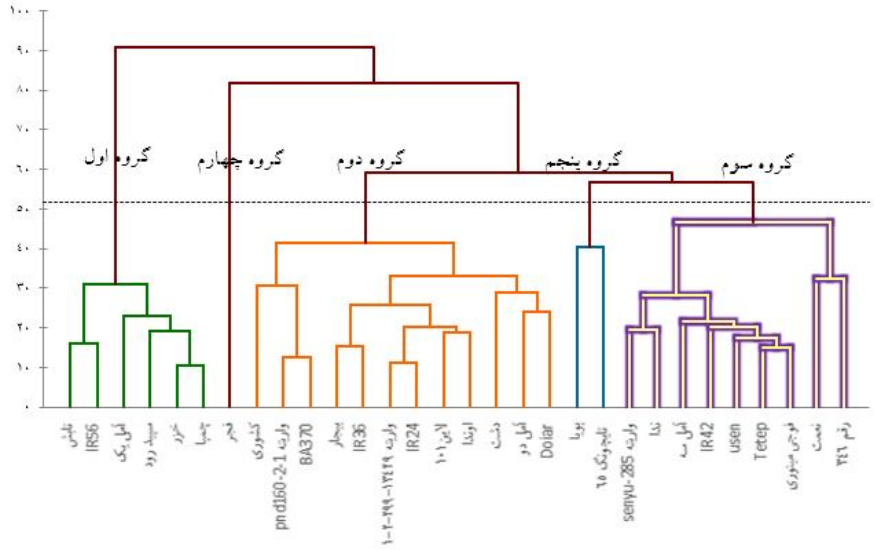


شکل ۲: محتوای فنل کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس صفات مورد بررسی: تفکیک ژنوتیپ‌های مختلف حاصل از تجزیه خوشه‌ای مبتنی بر روش UPGMA بر اساس صفات مختلف مورد مطالعه در منطقه مورد نظر در شکل ۳

نشان داده شد. برش دندروگرام‌های حاصل بر اساس استراتژی قطع دندروگرام در سطحی که اختلاف بین سطوح گروه‌بندی زیاد باشد، بر اساس روش جفت گروه بدون وزن با میانگین حسابی، صورت گرفت. نتایج حاصل از گروه‌بندی نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس ۱۲ صفت اندازه‌گیری شده به پنج گروه مجزا تفکیک شدند. براساس دندروگرام حاصله، خوشه اول با تعداد ٦ ژنوتیپ معادل ۲۰ درصد کل (ژنوتیپ‌ها) را در بر گرفت (شکل ۳). خوشه اول از لحاظ میانگین صفات تعداد کل دانه و تعداد دانه پر بیشترین مقادیر را نسبت به سایر خوشه ها دارا بود (جدول ۵). تعداد ۱۲ ژنوتیپ به‌طور مجزا در خوشه دوم تفکیک شدند که در مجموع ٤۰ درصد ژنوتیپ را در خود جای داد (شکل ۳). این گروه از نظر تعداد ژنوتیپ‌ها، دارای بیشترین جامعه آماری بود. ژنوتیپ‌هایی که در یک گروه قرار می‌گیرند از نظر صفات اندازه‌گیری شده دارای تشابه ژنتیکی بیشتری نسبت به دیگر گروه‌ها می‌باشند. به‌طورکلی بیشترین تجمع ژنوتیپ‌های با منشأ فیلیپین به این گروه کلاستر تعلق یافت. تعداد ۹ ژنوتیپ در خوشه سوم قرار گرفتند که در مجموع ۳۰ درصد ژنوتیپ‌ها را به خود اختصاص داد (شکل ۳). همانگونه که در جدول ۵ مشهود است و با توجه به نتایج مربوط به کلاستر سوم مؤید این مطلب است که مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌ها با منشأ مختلف در این گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های با منشأ فیلیپین در کلیه گروه‌ها (به جز گروه اول) شرکت داشتند و در واقع بیشترین پراکندگی را از خود نشان دادند. خوشه چهارم تنها یک ژنوتیپ، فجر (G7) را در خود جای داد (شکل ۳). خوشه چهارم از لحاظ میانگین ارتفاع، تعداد پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی دارای بیشترین میزان و از لحاظ میانگین صفات طول خوشه، تعداد دانه کل و تعداد دانه پر کمترین مقادیر را در قیاس با سایر خوشه‌ها داشت (جدول ۵). در نهایت ژنوتیپ پویا (G24) و تایچونگ ٦۵ (G26) در خوشه پنجم قرار گرفتند که ٦/٦ درصد از ژنوتیپ‌ها را شامل شد (شکل ۳).

تجزیه به مؤلفه اصلی ژنوتیپ‌ها براساس صفات مورد بررسی: نتایج نشان داد که تعداد پنج مؤلفه دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک و همچنین بالاترین میزان واریانس در بین تمامی مؤلفه‌های موجود می‌باشند. واریانس تجمعی برای پنج مؤلفه دارای مقدار ویژه بالاتر از یک برابر ۷۹/۰۱ درصد از واریانس کل بود (جدول ٦). در این بین، مؤلفه اول (PCA_1) با ۲۵/۹ درصد بیشترین میزان واریانس نسبی را به خود اختصاص داد. با توجه به اینکه هر چه میزان واریانس عاملی بیشتر باشد، به اعتبار آن عامل در تفسیر تغییرات داده‌ها می‌افزاید (Jackson, 1991)، لذا این عامل در مقایسه با سایر عوامل از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. در این مؤلفه صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه، عملکرد بیولوژیک، شاخص کلروفیل و طول دوره رویش به‌ترتیب دارای بار عامل ۰/۲۱۹، ۰/۰٦۱، ۰/۲۱٤، ۰/۸۰۰، ۰/٤۷٤ و ۰/٦۱۲ بودند که در جهت مثبت نقش داشتند. در مقابل تعداد دانه کل، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، وزن هزار دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب با میزان ۰/۷۰۸-، ۰/۷۰۷-، ۰/۱۳۵-، ۰/۱۸۲- و ۰/٤۹۵- دارای بارعاملی منفی بودند.



شکل ۳: تفکیک ژنوتیپ‌های مختلف حاصل از تجزیه خوشه‌ای مبتنی بر روش UPGMA براساس صفات زراعی مورد بررسی

جدول ۵: میانگین صفات مورد بررسی در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های برنج

صفات مورد بررسی	میانگین ژنوتیپ‌ها				
	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم	خوشه پنجم
ارتفاع بوته (X_1) (سانتی‌متر)	۱۰۵/۴۵	۱۰۴/۸۳	۱۰۷/۱۱	۱۲۲	۶۳/۸۷
طول خوشه (X_2) (سانتی‌متر)	۲۲/۲۰	۱۸/۷۹	۲۰/۵۸	۱۹	۲۴
تعداد پنجه (X_3)	۲۶/۰۶	۲۴/۰۵	۲۴/۲۶	۷۹/۵۰	۲۱/۱۲
تعداد کل دانه (X_4)	۱۹۷/۸۷	۱۵۲/۸۹	۱۱۵/۴۷	۱۰۴/۵۰	۱۳۳/۳۷
تعداد دانه پر (X_5)	۱۷۰/۸۷	۱۲۹/۸۳	۹۳/۰۲	۷۹/۵۰	۱۰۹
تعداد دانه پوک (X_6)	۲۷	۲۳/۰۶	۲۲/۴۴	۲۵	۲۴/۳۷
وزن هزار دانه (X_7) (گرم)	۲۴/۶۱	۲۴/۶۹	۲۳/۸۰	۲۴/۷۵	۲۴/۹۴
عملکرد بیولوژیک (X_8) (تن در هکتار)	۱۵/۷۲	۱۸/۳۸	۱۸/۱۳	۱۹/۹۸	۱۵/۹۵
عملکرد اقتصادی (X_9) (تن در هکتار)	۵/۸۸	۶/۳۷	۶/۳۱	۷/۲۳	۵/۲۷
شاخص برداشت (X_{10})	۳۷/۹۷	۳۵/۳۷	۳۵/۱۵	۳۶/۵۹	۳۳/۱۹
شاخص کلروفیل (X_{11})	۴۱/۹۵	۴۲/۶۵	۴۲/۳۶	۴۱/۶۸	۴۱/۷۰
طول دوره رویش (X_{12}) (روز)	۱۳۲/۱۲	۱۳۷/۴۷	۱۳۶/۴۱	۱۳۳	۱۴۵

نظر به اینکه بیشترین ضرایب عاملی مثبت بدست آمده مربوط به صفات مطلوب عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی می‌باشد و با توجه به اهمیت و سهم والای این صفات در تشکیل و تکوین مؤلفه اول، می‌توان اظهار داشت که این مؤلفه قادر به تفکیک ژنوتیپ‌هایی با این خصوصیات خواهد بود. همچنین یکی از ضرایب عاملی منفی در این مؤلفه، صفت نامطلوب تعداد دانه پوک می‌باشد که قابل اغماض است (جدول ۶). مؤلفه دوم (PCA_2) ۱۷/۶۶ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داد. در این راستا تمامی صفات اعم از (ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه، تعداد دانه کل، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل و طول دوره

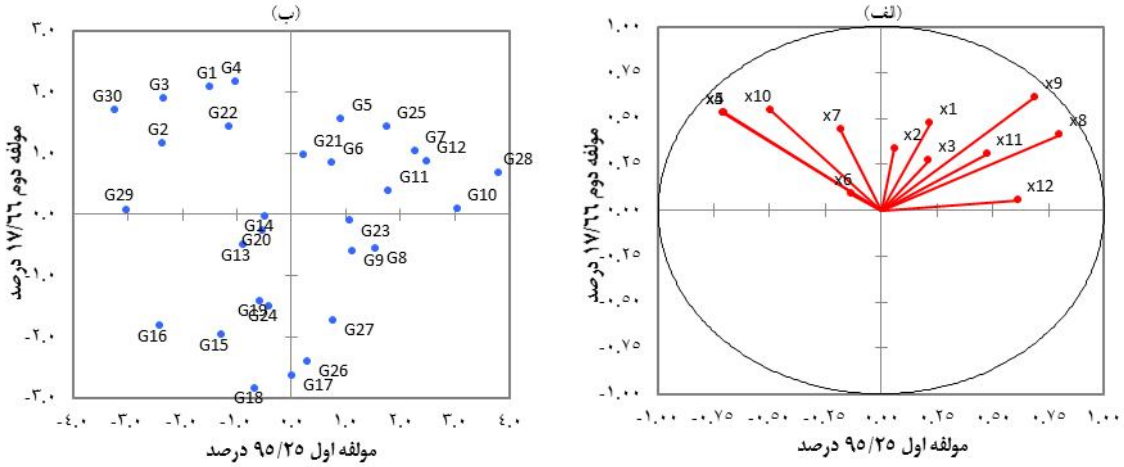
رویش) همگی در جهت مثبت نقش‌آفرین بودند. با توجه به وجود ضرایب عاملی بدست آمده از صفات مذکور و از آنجایی‌که صفاتی نظیر عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، تعداد کل دانه و تعداد دانه پر، بالاترین اجزای تشکیل‌دهنده مؤلفه دوم به شمار می‌آیند، لذا تفکیک ارقام از نظر این صفات میسر می‌باشد و از اینرو، جهت گزینش و گروه‌بندی خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه در مجموعه مورد بررسی می توان این مؤلفه را مد نظر قرار داد (جدول ٦).

جدول ٦: نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس صفات مختلف مورد مطالعه ژنوتیپ‌های برنج

صفات	مؤلفه				
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
ارتفاع بوته (x_1) (سانتی‌متر)	۰/۲۱۹	۰/٤۷٦	-۰/۵۹۲	۰/۲۹۵	-۰/۱٦٤
طول خوشه (x_2) (سانتی‌متر)	۰/۰٦۱	۰/۳۳۷	۰/۵۹۵	۰/۱۲۹	۰/۳٤۰
تعداد پنجه (x_3)	۰/۲۱٤	۰/۲۷۰	-۰/۵۳٦	۰/۱۹٦	۰/۵٦۹
تعداد کل دانه (x_4)	-۰/۷۰۸	۰/۵۳۰	۰/۳۱٦	۰/۱٦٤	-۰/۲۲۳
تعداد دانه پر (x_5)	-۰/۷۰۷	۰/۵۳۲	۰/۲۸۷	۰/۰۰۲	-۰/۲٦۹
تعداد دانه پوک (x_6)	-۰/۱۳۵	۰/۰۹۰	۰/۲۰۲	۰/۸۳۹	۰/۱۸۷
وزن هزار دانه (x_7) (گرم)	-۰/۱۸۲	۰/٤٤۱	۰/۲٦۹	-۰/٤۳۱	۰/۵۷۲
عملکرد بیولوژیک (x_8) (تن در هکتار)	۰/۸۰۰	۰/٤۰۹	۰/۰۵۸	۰/۰۵٦	-۰/۱۷۵
عملکرد اقتصادی (x_9) (تن در هکتار)	۰/٦۹۲	۰/٦۱٦	-۰/۱۳٦	-۰/۰٤۳	-/۱٦۰
شاخص برداشت (x_{10})	-۰/٤۹۵	۰/۵٤۵	-۰/۵۰۵	-۰/۲٤۲	۰/۰۱۱
شاخص کلروفیل (x_{11})	۰/٤۷٤	۰/۳۰۵	۰/۲۲٦	-۰/۲٤۹	-۰/۱۰۵
طول دوره رویش (x_{12}) (روز)	۰/٦۱۲	۰/۰۵۳	۰/٦۵۵	۰/۰۳۳	-۰/۰۳۱
مقادیر ویژه	۳/۱۱٤	۲/۱۲۰	۲/۰٤۵	۱/۱۸٤	۱/۰۱۹
واریانس نسبی (٪)	۲۵/۹٤۷	۱۷/٦٦٤	۱۷/۰٤۲	۹/۸۷۰	۸/٤۸۹
واریانس تجمعی (٪)	۲۵/۹٤۷	٤۳/٦۱۰	٦۰/٦۵۲	۷۰/۵۲۲	۷۹/۰۱۲

تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد بررسی: از آنجایی که دو عامل اصلی اول ٤۳/٦۱ درصد از کل تغییرات واریانس داده‌ها در مجموع را به خود اختصاص داده بودند، به عنوان محورهای مختصات بای‌پلات انتخاب گردیده و بر این اساس موقعیت ژنوتیپ‌ها بر روی این نمودار مختصات که بیان‌کننده میزان همبستگی و مقدار توجیه صفات مورد مطالعه و ارقام توسط این دو عامل می‌باشد، بررسی شد. به‌عبارت دیگر استفاده از مؤلفه اصلی اول و مؤلفه اصلی دوم برای بررسی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها کافی و نیاز به مؤلفه‌های دیگری نبود. همان‌طور که در شکل ٤ مشاهده می‌گردد، ژنوتیپ‌های BA370 (G_{14}) و IR24 (G_{23}) نزدیک‌ترین فاصله را با مرکزیت محور مختصات داشته که دارای حداقل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بودند. افزون بر این، ژنوتیپ‌های IR56 (G_{30})، خزر (G_3)، آمل یک (G_1) و pnd160-2-1 (G_4) بیشترین فاصله را نسبت به مرکز بای‌پلات داشته که بهره‌مند از اثرات متقابل ژنوتیپ – محیط بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۵). همچنین بالاترین اجزای بردارهای مشخصه در مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، مربوط به صفات عملکرد اقتصادی ($x_۹$) تعداد دانه کل ($x_٤$) و تعداد دانه پر ($x_۵$)

بود که این امر بیانگر آن است که بیشترین و مهمترین تغییرات داده‌ها، ناشی از صفات مرتبط با عملکرد می‌باشد (شکل ٤). شایان ذکر است که صفت تعداد دانه پوک (x_6) کوتاهترین اجزای بردارهای مشخصه در مؤلفه‌های اصلی اول و دوم را به خود اختصاص داد (شکل ٥).



شکل ٤: نمودار بای پلات مؤلفه اصلی اول با دوم حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در صفات (الف) و (ب) در ۳۰ ژنوتیپ برنج

بحث

در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی تنوع ژنتیکی با استفاده از ویژگی‌های زراعی در ارقام مختلف برنج، محققین بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد برای تمامی صفات مورد بررسی مشاهده کردند و این مطلب را نشان‌دهنده وجود تنوع در مجموعه مورد بررسی و نویدبخش پتانسیل بهره‌وری این ژنوتیپ‌ها در بهنژادی عنوان نمودند (Jahani and et al., 2017). ارتفاع گیاه عمدتاً به نوع رقم وابسته است، ولی تحت تأثیر شرایط محیطی نظیر نور و دما نیز قرار می‌گیرد (Jalali and et al., 2015). طول روز و درجه حرارت در هنگام پیدایش خوشه و میزان باروری و نیز مقدار آن وابسته به رقم و شرایط محیطی است (Kato and Yajima, 1995). با توجه به اینکه تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه از اجزای اصلی عملکرد در برنج می‌باشند، بنابراین افزایش هر یک از صفات به‌طور مستقیم می‌تواند موجب بهبود و افزایش عملکرد در دانه گردد. پر یا پوک بودن دانه در خوشه به شرایط آب و هوایی و عناصر موجود در خاک، ظرفیت منبع و مخزن، نوع رقم و همچنین به خسارت آفات و بیماری‌های برنج بستگی دارد (Sarawgi and Rostogi, 1998). تعداد دانه در خوشه، شاخص خوبی در افزایش عملکرد محسوب می‌شود (Bonelli et al., 2016) و به‌عنوان یک معیار مهم برای وجود مخزن جهت دریافت مواد فتوسنتزی است (Egli, 2015) و گزارشات حاکی از آن است که این صفت به طور خطی وابسته به سرعت رشد محصول بین آغازش پانیکول و گرده‌افشانی است و این صفت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد نشان می‌دهد (Nemali et al., 2015). کلروفیل‌متر (SPAD) می‌تواند برای تعیین وضعیت نیتروژن برگ در برنج مورد استفاده قرار گیرد و نیاز به مصرف کود ازته سرک را مشخص کند (Peng et al., 1995). مقدار کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن

برگ تا حد زیـــــادی بـــه مرحله رشـد، ژنوتیـپ و شـرایط محیطـی و زراعـی بسـتگی دارد. بنـابراین پیش‌بینی دقیق وضعیت نیتـروژن گیـاه بـا اسـتفاده از کلروفیل متر به کالیبراسیـــون جداگـانه برای تعیین ارتباط بین غلظت نیتـروژن بـر حسـب واحـد وزن برگ و مقادیر کلروفیل متـر بـرای ارقـام مختلـف در مراحل مختلف رشدی و در شرایط محیطی متفـاوت نیاز دارد (Peng et al., 1995). حد آستانه کلروفیل‌متر برای واریته‌های محلی یا واریته‌های اصلاح شده محلی فیلیپین در حدود ۳۰ تا ۳۲ و بـرای واریتـه‌هـای نیمـه پاکوتاه در سیستم نشاء کاری بـین ۳۵ تـا ۳۷ پیشـنهاد شده است (Balasubramanian et al., 2000). تفاوت طول دوره رویش میان ژنوتیپ‌هـای بـرنج عمـدتاً بـه ماهیت ارقام نسبت داده می‌شود، نتایج مشابهی توسط (Anis et al., 2016) نیـز گـزارش شـد. محققـین در پژوهشی خصوصیات مورفولوژیک و کیفی لاین‌هـای امید بخش برنج را مـورد مطالعـه قـرار دادنـد. نتـایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های برنج از نظـر تمامی صفات مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بودند. در این آزمایش صفات تعـداد پنجه بارور، عرض برگ پرچم، تعداد خوشه‌چه ثانویه، تعـداد دانـه در خوشـه و تعـداد دانـه پـر در خوشـه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت عملکـرد دانـه داشتند. همچنین تجزیه خوشه‌ای، لاین‌های برنج مورد مطالعـــه را در ســـه خوشـــه مختلـــف قـــرار داد (Nataj-Jelodar, 2011). این محققان نشان دادند کـه در عامل عملکـرد و اجـزای آن صـفات مهمـی مثـل عملکرد دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پـوک در خوشه و وزن هزار دانه قرار گرفتند که با نتایج مـا مشابهت داشت.

در تحقیقی، نتایج نشـان داد کـه عصـاره متـانولی برنج فجـر بیشـترین فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی را دارد. میزان کـل محتـوای فنـولی سـبوس ۳/۳۱ میلـی‌گـرم گالیک اسید بـه گـرم سـبوس بـوده و در غلظـت ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از عصاره سبوس برنج میـزان بـه دام‌اندازی رادیکال آزاد DPPH ۹۳/۹۱ درصد می‌باشد. محققین اظهار داشتند که عصاره‌های متـانولی سـبوس برنج آنتـی اکسـیدان‌هـای بـالقوه بـه شـمار مـی‌آینـد (Arab et al., 2015). ترکیبات فنـولی متابولیـت‌هـای ثانویه‌ای هستند که تقریبـاً در تمـام بخـش‌هـای گیـاه وجود دارند و در بسیاری از پروسه‌هـای فیزیولوژیـک مانند رشد سلولی، جوانه‌زنی دانه و رسیدن میـوه نقـش دارنـد. از خصوصـیات مهـم ایـن ترکیبـات، خاصـیت آنتی‌اکسیدانی بوده که به آن‌هـا امکـان از دسـت دادن هیدروژن و به دام انداختن رادیکـال آزاد را مـی‌دهـد (Ebrahimzadeh et al., 2010). Chen و همکـاران (۲۰۱۲) نشان دادند که محتوای کل فنول برنج سفید و برنج سبز به‌ترتیب ۱۲٤/۸۱ میلی‌گـرم در ۱۰۰ گـرم و ۱۵۹/۹۵ میلـی‌گـرم در ۱۰۰ گـرم اسـت. محتـوای و مقادیر فنول در ارقام و ژنوتیـپ‌هـا متفـاوت اسـت و همچنین میزان فنول به شرایط آب و هوایی نیز بستگی دارد (Kadir et al., 2009).

در مطالعـــــــه Mokata و Mehetre (۱۹۹۸) در بررسی تنوع ژنتیکی برنج، آنان از ۲۵ ژنوتیپ استفاده نمودند که بر اساس داده‌های اجزای عملکرد، به پـنج گروه تقسیم شدند. همچنـین Abouzari-Gazafroudi و همکـــاران (۲۰۰۸) بـــا بررســـی تنـــوع ژنتیکـــی و طبقه‌بندی ٤۹ رقم برنج ایرانی و خارجی نشان دادنـد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌داری با هم هستند. تجزیـه خوشـه‌ای بـه روش وارد بـرای داده‌های مزرعه‌ای، ژنوتیپ‌هـــای مورد مطالعـه بـرای ۱٦ صفت مورد ارزیابی اعم از صفات موفولوژیـک را در چهار گروه قـرار داد. گـروه اول شـامل ۱۱ رقـم، گروه دوم بزرگترین گـروه و شـامل ۲٤ رقـم، گـروه سوم، دو رقم و گروه چهارم ۱۲ رقم را در خود جای دادند. Gholipour و همکاران (۲۰۰۵) نیز در آزمایشی

تعداد ۱۰۰ ژنوتیپ برنج را بر اساس صفات مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند، به گونه‌ای که در نُه خوشه مجزا از هم تفکیک شدند. نتایج نشان داد که بین خوشه‌های حاصل از تجزیه کلاستر فاصله و تنوع مطلوب مشاهده شد که با نتایج ما مطابقت دارد.

Allahgholipour (۲۰۱۷)، به منظور ارزیابی پایداری عملکرد دانه، تعداد ۱۳ ژنوتیپ اصلاح شده برنج با منشاء ارقام محلی ایرانی همراه با دو رقم هاشمی و صالح به عنوان شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه منطقه رشت، آبکنار و چپرسر طی دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده پژوهش او نشان داد که عملکرد دانه ارقام برنج در سه مکان تفاوت معنی‌داری داشتند. او بیان کرد که نتایج حاصل از تجزیه به روش GGE-biplot آشکار نموده است که دو مؤلفه اصلی اول (معرف اثر اصلی ژنوتیپ) و دوم (معرف اثر متقابل ژنوتیپ در محیط) به‌ترتیب ۷۷ و ۲۰ درصد و در مجموع ۹۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. همچنین Mahendran و همکاران (۲۰۱۵) پنج مولفه اصلی را که ۷۷ درصد از تغییرات را توجیه می‌کردند گزراش دادند که با نتایج ما مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره متانولی ارقام برنج آمل ۱ و بیجار به طور قابل ملاحظه‌ای به ترتیب دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنول کل می‌باشند. لازم به ذکر است که میزان ترکیبات آنتی اکسیدان از جمله ترکیبات فنولی تحت تأثیر عوامل مختلف ژنتیکی، شرایط بعد از برداشت، عوامل محیطی و حتی در قسمت‌های مختلف گیاه متفاوت می‌باشد. لذا برای استفاده عملی از خواص آنتی‌اکسیدانی این ارقام می‌توان تحقیقات بیشتری مانند استفاده از عصاره‌های مختلف تهیه شده از قسمت‌های مختلف این گیاه انجام داد. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات نیز همخوانی نسبتاً زیادی با گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای داشت. بالاترین اجزای برداهای مشخصه در مؤلفه‌های اول و دوم در بای‌پلات نیز به صفات عملکرد اقتصادی (x_9) تعداد دانه کل (x_4) و تعداد دانه پر (x_6) اختصاص یافت. همچنین در این تحقیق، ژنوتیپ IR56 دارای بالاترین مقادیر تعداد دانه کل، پر و وزن هزار دانه بود.

References

Allahgholipour, M. (2017). Study of genotype-environment interaction in rice genotypes with GGE biplot. Journal of Cereal Research. 6 (1): 1-14.

Abouzari-Gazafroudi, A., Honarnezhad, R. and Fotokian, M. H. (2008). Study of Genetic diversity in rice cultivars using morphological traits data. Journal of Research and Development. 21 (1): 110-117.

Arab, F.A., Alamzadeh, V. and Maghsoudi, V. (2013). Antioxidant activity of rice bran extract. 20th Congress of Food Science and Technology. Sharif University of Technology. 1-6.

Aljumaili, S.J., Rafii, M.Y., Latif, M.A., Sakimin, Z.S., Arolu, I.W. and Miah, G. (2018). Genetic diversity of aromatic rice germplasm revealed by SSR markers. BioMed Research International. Hindawi. 2018: 1-11.

Anis, G., EL-Sabagh, A., Ghareb, A. and EL-Rewainy. I. (2016). Evaluation of promising lines in rice (*Oryza sativa* L.) to agronomic and genetic performance under egyptian conditions. International Journal of Agricultural Research. 3: 52-57.

Balasubramanian, V., Morales, A.C., Cruz, R.T., Thiyagarajan, T.M., Nagarajan, R. Babu, M., Abdulrahman, S. and Hai, L.H. (2000). Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time

N management in rice: A review. Institute Rice Research. Notes. 25 (1): 4-8.

Bonelli, L.E., Monzon, J.P., Cerrudo, A., Rizzalli, R.H. and Andrade, F.H. (2016). Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. Field Crops Research. 198: 215-225.

Chen, X.Q., Nagao N., Itani T. and Irifune, K. (2012). Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice. Food Chemistry. 135: 2783-2788.

Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.M., Nabavi, S. F. and Eslami, S.H. (2010). Antioxidant and free radical scavenging activities of culinary-medicinal mushrooms, golden chanterelle Cantharellus cibarius and angel's wings Pleurotus porrigens. International Journal of Medicinal Mushrooms. 12(3): 265-272.

Egli, D.B. (2015). Is there a role for sink size in understanding maize population–yield relationships? Crop Science. 55 (6): 2453-2462.

Hasan-Nataj-Jelodar, I. (2011). Investigation of morphological and qualitative characteristics related to yield of promising rice lines. Zanjan University. M.Sc Thesis. 220 page.

Ghorbani, H., Samizadeh, H, Rabiei, B. and Gholipour, M. (2015). Grouping of different rice genotypes using factor analysis and cluster analysis. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 21 (3): 111-89.

Gholipour, M., Mohammad-Salehi, M. and Ebadi, A. (2005). Genetic variation and classification of different rice cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 35 (4):973-981.

Johnson, D.E. (1998). Applied multivariate methods for data analysis. Published by Duxbury Press in Pacific Grove, Calif. New York. 567 pages.

Jackson, J.E. (1991). A user's guide to principal components. John Wiley and Sons Pub., New York. 427 page.

Jahani, M., Nematzadeh, Gh., and Mohammadi-Nejad, Gh. (2017). Assessment of genetic diversity through morphologic characteristics in rice genotypes. Journal of Crop Production. 9(1): 181-198.

Kadir, U.Y., Sezai, E., Yasar, Z., Memnune, S. and Ebru, Y. K. (2009). Preliminary characterization of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes for their physico-chemical properties. Food Chemistry. 114: 408-412.

Karbalaei-Aghamaleki, A., Karbalaei Agha-Maleki, M.T. and Ebrahim-Zadeh, M.A. (2017). Investigation of antioxidant activity in three rice cultivars. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 28 (167): 82-71.

Kato, T. and Yajima, M. (1995). Association among characters related to yield sink capacity in space-planted rice. Crop Science. 36: 1135-1139.

Li, Y., Suontama, M., Burdon, R.D. and Ungey, H.S.D. (2017). Genotype by environment interactions in forest tree breeding: review of methodology and perspectives on research and application. Tree Genetics & Genomes. 13(60): 1-18.

Maji, A.T., Bashir, M., Odoba, A.A., Gbanguba, U. and Audu, S.D. (2015). Genotype × environment interaction and stability estimate for grain yield of upland rice genotypes in Nigeria. Rice Research. 3 (2):2-5.

Mokata A.S. and Mehetre, S.S. (1998). Genetic divergence in rice. Advances in Plant Sciences. 11 (2): 189-192.

Manly, F. (1986). Multivariate statistical methods. Chapman and Hall. 224 pages.

Min, B., McClung, A.M. and Chen, M.H. (2011). Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color. Journal of Food Science.76: C117-C126.

Mahendran, R., Veerabadhiran, P., Robin, S. and Raveendran, M. (2015). Principal component analysis of rice germplasm accessions under high temperature stress. International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR). 5 (3): 355-359.

Nili, A., Rabiei, B., Allahgholipour, M. and Ebadi, A.A. (2017). Assessing molecular diversity and genetic relationships among rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Cereal Research. 7 (1): 23-50.

Nemali, K.S., Bonin, C., Dohleman, F. G., Stephens, M., Reeves, W.R., Nelson, D.E. and Anstrom, D. (2015). Physiological responses related to increased grain yield under drought in the first biotechnology-derived drought -tolerant maize. Plant, Cell & Environment. 38 (9): 1866-1880.

Pal, P., Singh, N., Kaur, P. and Kaur, A. (2018). Effect of parboiling on phenolic, protein, and pasting properties of rice from different paddy varieties. Journal of Food Science. 83 (11): 2761-2771.

Peng, S., Cassman, K.G. and Kropff, M.J. (1995). Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in the tropics. Crop Science. 35: 1627–1630.

Rahimi, M., Ramezani, M. and Rabiee, B. (2009). Identification of elite lines and hybrids of rice using factor analysis. Pajouhesh and Sazandegi. 84: 78-85.

Sarawgi, A.K. and Rostogi, N.K. (1998). Genetic diversity for grain quality parameters in traditional rice (*Oryza sativa* L.). Accessions from Madhya Pradash India. Tropical Agricultural Research and Extension. 1 (2):103-106.

Tariku, S. (2017). Evaluation of upland rice genotypes and mega environment investigation based on GGE-biplot analysis. Rice Research. 5 (3):1-7.