مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

بررسی ارتباط ویژگی‌های فیزیکی بذر، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذر برخی از گونه‌های زراعی با استفاده از تجزیه همبستگی‌های متعارف

***محمدهادی پهلوانی[۱]، آزاد احمدی[۲]، الهام پالوج[۳] و آتیه جعفری[۳]**

[۱]دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۱۲

چکیده

این پژوهش با هدف بهره‌گیری از روش تجزیه همبستگی‌های کانونیک (متعارف) برای یافتن ارتباط بین ۱۵ خصوصیت مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در هفت گونه مهم زراعی شامل گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ انجام گرفت. متغیرهای مورد بررسی در سه دسته، شامل خصوصیات فیزیکی بذر (وزن دانه، طول دانه، وزن مخصوص بذر، درصد جذب آب و میزان رطوبت نسبی دانه)؛ خصوصیات جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، وزن‌تر و وزن خشک گیاهچه)؛ و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه (درصد سبزشدن، سرعت سبزشدن، یکنواختی سبزشدن، وزن تر و وزن خشک گیاهچه) دسته‌بندی شدند. تجزیه همبستگی‌های متعارف نشان داد که بین دو دسته خصوصیات فیزیکی بذر و خصوصیات جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه دو همبستگی کانونیک قابل توجه وجود داشت. ضریب همبستگی بین جفت اول متغیرهای متعارف ۰/۹۹ بود. از بین متغیرهای اندازه‌گیری شده بیشترین ارتباط بین وزن مخصوص بذر، میزان رطوبت نسبی و میزان جذب آب بذر و هم‌چنین درصد جوانه‌زنی، وزن تر و خشک گیاهچه با جفت اول متغیرهای متعارف مشاهده شد. ضرایب همبستگی متعارف جفت دوم متغیرهای کانونیک بین دو دسته خصوصیات

* مسئول مکاتبه: hpahlavani@yahoo.com

فیزیکی بذر و خصوصیات جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه ۰/۷۳ برآورد گردید. تجزیه همبستگی‌های متعارف نشان داد که سه جفت متغیر کانونیک پراهمیت بین دو گروه خصوصیات فیزیکی بذر و خصوصیات سبزشدن در مزرعه به‌ترتیب با ضرایب همبستگی متعارف ۰/۹۲، ۰/۸٦ و ۰/۸۰ وجود داشت. به همین صورت یک جفت متغیر متعارف قابل‌توجه بین ویژگی‌های بذر و گیاهچه در شرایط آزمایشگاه و مزرعه با ضریب همبستگی متعارف ۰/۷۸ تشخیص داده شد. بررسی دقیق سهم هر یک از متغیرهای اندازه‌گیری شده در متغیرهای متعارف حاصل از این مطالعه نشان داد که ارتباط قوی بین وزن گیاهچه و جوانه‌زنی با میزان و توانایی جذب رطوبت بذرها؛ بین اندازه دانه با وزن گیاهچه؛ و بین تولید بیوماس در مزرعه با رشد در شرایط آزمایشگاه وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: محصول زراعی، همبستگی، متغیرهای متعارف، جوانه‌زنی، سبزشدن

مقدمه

تجزیه و تحلیل و درک ارتباط‌های بین ویژگی‌ها و خصوصیات کمّی و کیفی گیاهان زراعی همواره از مهمترین چالش‌های ذهنی متخصصان علوم کشاورزی محسوب می‌گردد. به‌طوری‌که روش‌های آماری و آماره‌های متعددی برای درک و استنباط این ارتباط‌ها پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته است که از بین آن‌ها ضریب همبستگی پیرسون، تجزیه و تحلیل رگرسیون ساده و یا چندگانه خطی بیش از سایر روش‌ها مورد استقبال محققان واقع شده است (احمدی‌موسوی و منوچهری، ٢٠٠٦؛ علی‌نژاد، ٢٠٠٥؛ چودری و حسین، ٢٠٠١). معمولاً از این دو نوع روش برای کمّی نمودن رابطه بین جفت متغیرها استفاده می‌گردد. بررسی رابطه عملکرد کیفی و کمّی گلرنگ با مصرف فسفر و نیتروژن در گلرنگ (چاکرالحسینی، ٢٠٠٦)، رابطه عملکرد دانه گندم و میزان مصرف کود ازته (اوتسن و همکاران، ٢٠٠٧)، رابطه میزان پروتئین دانه و مصرف روی در سویا (جامسون و همکاران، ٢٠٠٦)، رابطه آزمون‌های بذر با تولید برموگراس در مزرعه (هال و وایزنر، ١٩٩٠) و رابطه بین جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه با سبزشدن در مزرعه (کونتراس و باروس، ٢٠٠٥) مواردی از این نوع هستند. در بررسی ارتباط بین دو متغیر با یکدیگر در گیاهان زراعی، آگاهی از رابطه گروهی از متغیرها با گروهی دیگر از آن‌ها می‌تواند با ارزش باشد. یکی از این گونه روابط، وجود ارتباط بین نتایج حاصل از بررسی‌های آزمایشگاهی با نتایج حاصل از بررسی‌های مزرعه‌ای است (وانگ و همکاران، ١٩٩٦). به‌طوری‌که معمولاً محققان قصد دارند تا از وجود رابطه بین یک گروه متغیر نظیر درصد

جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، وزن گیاهچه، سرعت رشد گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی با گروهی مشابه از متغیرها همچون سرعت سبزشدن، وزن گیاهچه، سرعت رشد گیاهچه گونه‌های زراعی در شرایط مزرعه‌ای آگاه شوند (مورالی، ۱۹۹۷؛ پارکر و همکاران، ۲۰۰٦؛ پاسمارتی و همکاران، ۱۹۹۵). در صورت وجود رابطه‌ای مثبت و قوی بین این دو دسته متغیر می‌توان استنباط نمود که نتایج و دستاوردهای آزمایشگاهی قابل به‌کارگیری و تعمیم در شرایط مزرعه می‌باشد. بدین‌ترتیب می‌توان هزینه‌های مربوط به ارزیابی مواد بیولوژیک در شرایط مزرعه‌ای و میدانی را کاهش داد.

اگرچه روش‌های آماری گوناگونی برای مطالعه ارتباط بین پتانسیل رشد و نمو گونه‌های زراعی در شرایط آزمایشگاه و در شرایط مزرعه وجود دارد، ولی تقریباً به‌دلیل وجود هم‌راستایی چندگانه[1] بین متغیرهای ثابت، از اغلب آن‌ها در مطالعات به‌صورتی نامناسب و نابجا استفاده می‌گردد (رضایی و سلطانی، ۱۹۹۸). وجود هم‌راستایی چندگانه بدین مفهوم است که متغیرهای پیش‌بینی‌کننده خود با هم ارتباط دارند و نمی‌توان نقش واقعی هر یک را در توجیه تغییرات متغیر تابع به درستی و با دقت درک نمود. ضمن این‌که در این روش‌ها معمولاً ارتباط دسته‌ای از متغیرها به‌عنوان متغیر ثابت با یک متغیر دیگر به‌عنوان متغیر تابع مورد مطالعه قرار می‌گیرد. روش‌های آماری چندمتغیره با تعریف متغیرهای جدید و مستقل علاوه‌بر برطرف نمودن مشکل هم‌راستایی چندگانه امکان یافتن ارتباط بین دو دسته متغیر را فراهم می‌آورند (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۲). بررسی رابطه عملکرد ذرت و سویا با ویژگی‌های توپوگرافی خاک مزرعه (جیانگ و تیلن، ۲۰۰٤) و بررسی رابطه عملکرد پنبه‌دانه در شرایط تنش کم‌آبی گروهی از متغیرها شامل انواع شاخص‌های تحمل خشکی (پهلوانی، ۱۹۹۹) استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA)[2] مواردی از کاربرد روش‌های چند متغیره در بررسی ارتباط چندگانه متغیرهای گیاهان زراعی می‌باشند. در حقیقت با استفاده از PCA، متغیرهای جدیدی تعریف و ایجاد می‌گردد که نسبت به هم مستقل بوده و تغییرات متغیرهای اولیه را نیز به‌خوبی توجیه نمایند. اگرچه استفاده از PCA مشکل هم‌راستایی را برطرف می‌سازد، ولی همچنان در بررسی ارتباط دو گروه از متغیرها ناتوان است.

تجزیه همبستگی‌های متعارف (CCA)[3] به‌عنوان یک روش تجزیه و تحلیل چندمتغیره قادر است محدودیت‌های روش‌های تک‌متغیره و حتی روش PCA را برطرف نماید و مورد استفاده محققان

1- Multicolinearity
2- Principal Component Analysis (PCA)
3- Canonical Correlation Analysis (CCA)

کشاورزی قرار گیرد تا پاسخ معتبری برای سؤال‌های بالا بیابند. روش CCA رابطه بین دو گروه متغیر را با اندازه‌گیری ارتباط بین ترکیب‌های خطی از متغیرهای گروه اول با ترکیب‌های خطی از متغیرهای گروه دوم کمّی‌سازی می‌نماید (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۲). برخلاف سایر روش‌های چندمتغیره، در CCA هدف به حداکثر رسانیدن میزان توجیه تغییرات متغیرهای اولیه توسط یک ترکیب خطی از متغیرهای اولیه نیست، بلکه هدف به حداکثر رسانیدن ارتباط بین ترکیب‌های خطی از دو گروه متغیر است. به‌عبارتی همبستگی متعارف ارتباط بین دو دسته از متغیرهای متعارف است، که یک دسته نماینده دسته‌ای از متغیرهای مستقل و دیگری مجموعه‌ای از متغیرهای وابسته هستند. هر ترکیب خطی ممکن است یک متغیر پنهان و مجازی را با توجه به اهمیت اندازه‌گیری‌های متغیرهای آن مجموعه مورد توجه قرار دهد.

از CCA برای بررسی رابطه بین خصوصیات خاک و جمعیت علف‌های هرز (دیلمان و همکاران، ۲۰۰۰)، و همچنین رابطه بین خصوصیات خاک و تراکم علف‌ها و بوته‌ها (داد و همکاران، ۲۰۰۲) استفاده شده است. کاروبوف و رایلین (۱۹۹۳) از CCA برای یافتن روابط بین ویژگی‌های مورفولوژیک گندم و طیف‌های حاصل از سنجش از راه دور استفاده نمودند. نیکولاس و همکاران (۲۰۰۵) نیز با استفاده از CCA نشان دادند که ارتباط قوی و معنی‌داری بین گروهی از متغیرها شامل خصوصیات توپوگرافی و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی با گروهی دیگر شامل عملکرد دانه و رشد کنوپی که به‌صورت ترکیبات خطی متعارف تعریف شده بودند، وجود داشت. اگرچه روش CCA قادر است روابط پیچیده بین گروه‌های متعدد و پرعضو متغیرها را تشریح نماید، ولی در تفسیر نتایج آن باید احتیاط زیادی شود. زیرا CCA نمی‌تواند روابط علّی و معلولی بین متغیرهای دو گروه را تبیین و تفسیر نماید، بلکه تنها نشان می‌دهد چند درصد از تغییرات در متغیر متعارف تابع (ترکیب خطی از گروه اول متغیرها) توسط متغیر متعارف مستقل (ترکیب خطی از گروه دوم متغیرها) توجیه می‌شود (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۲). هدف از انجام این مطالعه اول تعیین ارتباط بین سه گروه متغیر شامل خصوصیات فیزیکی بذر، ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و ویژگی‌های سبز شدن در شرایط مزرعه برای هفت گونه مهم زراعی شامل گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ با روش تجزیه همبستگی‌های متعارف (CCA) و همچنین تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرها در این روابط بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از ۱۰ خصوصیت مرتبط با جوانه‌زنی و سبزشدن به همراه ۵ ویژگی فیزیکی بذر در هفت گونه زراعی مهم شامل گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ در آزمایشگاه تحقیقات بذر و مزرعه آموزشی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۸٦ انجام شد. متغیرهای مورد بررسی در آزمایشگاه شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه؛ متغیرهای مورد بررسی در مزرعه شامل درصد سبزشدن، یکنواختی سبزشدن، وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه؛ و همچنین متغیرهای فیزیکی شامل وزن دانه، طول دانه، وزن مخصوص بذر، درصد جذب آب و میزان رطوبت نسبی دانه مورد اندازه‌گیری و سنجش قرار گرفت.

برای سنجش خصوصیات آزمایشگاهی آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذور هفت گونه ذکر شده در محیط حوله کاغذی در اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد (ایستا، ۱۹۹۳). هر واحد آزمایشی شامل ۱۰۰ بذر و آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD)[1] با چهار تکرار اجرا گردید. ۲٤ ساعت پس از مرطوب نمودن، شمارش بذور جوانه‌زده برای ۵ روز متوالی آغاز شد. متغیرهای درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی مطابق با روش پیشنهادی بیولی و بلاک (۱۹۹٤) به‌دست آمد. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه (۱) استفاده شد:

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = (\frac{N_1}{1} + \frac{N_2}{2} + \frac{N_3}{3} + \frac{N_4}{4} + \frac{N_5}{5}) \times (\frac{100}{n}) \quad (1)$$

که در آن N_1 الی N_5 به‌ترتیب تعداد بذور جوانه‌زده در شمارش اول الی پنجم و n تعداد کل بذور جوانه‌زده در آخرین شمارش است. در پایان آزمایش، وزن تر و خشک ۲۰ گیاهچه از هر واحد آزمایشی پس از قرار دادن آن‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون تعیین گردید.

برای سنجش خصوصیات مزرعه‌ای آزمایشی، شامل هفت تیمار (گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ) در چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD)[2] انجام گردید. هر واحد آزمایشی شامل ٤ خط ۲/۵ متری بود و فاصله خطوط، فاصله بذرها روی خط و عمق کشت متناسب با نوع گونه متفاوت در نظر گرفته شد. دو روز پس از مرطوب نمودن خاک مزرعه، شمارش گیاهچه‌های سبز شده آغاز گردید و این عمل به‌مدت ۱۰ روز به‌صورت یک روز در میان ادامه یافت.

1- Completely Randomized Design
2- Randomized Complete Block Design

در پایان آزمایش درصد سبزشدن، سرعت سبزشدن، یکنواختی سبزشدن، وزن تر و خشک ۱۰ گیاهچه از هر واحد آزمایشی پس از قرار دادن آن‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون تعیین گردید. خصوصیات فیزیکی بذر هفت گونه زراعی که در ادامه به آن اشاره شده، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت:

وزن مخصوص بذر: توده‌ای بذر از هرگونه انتخاب و پس از وزن کردن داخل بشر قرار گرفت و با ریختن حجم معینی آب داخل بشر حجم بذرها به‌دست آمد و بدین‌ترتیب وزن حجمی بذر هر گونه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد.

میزان جذب آب: ۳۰۰ عدد بذر از هر گونه تهیه و پس از وزن کردن داخل بشر محتوی آب در یخچال (دمای ۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت تا بذرها بدون محدودیت به‌مدت ۲٤ ساعت به جذب فیزیکی آب بپردازند. پس از خشک کردن بذرها با حوله کاغذی دوباره وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد تا وزن بذرها پس از جذب آب به‌دست آید. بذرها به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند تا وزن خشک آن‌ها به‌دست آید. و بدین‌ترتیب درصد جذب آب بر مبنای وزن خشک بذر هر گونه مورد محاسبه قرار گرفت.

طول بذر: ابتدا طول ۵۰ بذر انتخابی با خط‌کش (دقت یک میلی‌متر) اندازه‌گیری شد سپس عدد به‌دست آمده بر ۵۰ تقسیم شد تا میانگین طول تک‌بذر برحسب سانتی‌متر به‌دست آید.

میانگین و اشتباه استاندارد برای ۱۵ خصوصیت مورد بررسی در هفت گونه زراعی یاد شده و هم‌چنین ضریب همبستگی ساده هر دسته از متغیرها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تعیین گردید (SAS، ۱۹۸۹). ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی با خصوصیات جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه؛ ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی با خصوصیات سبزشدن بذر در مزرعه؛ و هم‌چنین ارتباط بین خصوصیات جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه با خصوصیات سبزشدن در مزرعه با استفاده از تجزیه همبستگی‌های متعارف (CCA) با استفاده از رویه PROC CANCORR در نرم‌افزار آماری SAS تعیین گردید (SAS، ۱۹۸۹).

در این مطالعه متغیرهای مورد بررسی در سه گروه متغیرهای جوانه‌زنی در آزمایشگاه، شامل M متغیر به‌صورت بردار $c=(c_1,c_2,...,c_M)$ و متغیرهای ویژگی‌های فیزیکی بذر، شامل N متغیر به‌صورت بردار $k=(k_1,k_2,...,k_N)$ به همراه خصوصیات سبزشدن در مزرعه، شامل R متغیر به‌صورت بردار $q=(q_1,q_2,...,q_R)$ قرار گرفتند. نام و مقادیر این سه گروه متغیر در جدول (۱) نشان داده شده است. ۱۵ خصوصیت مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی،

وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه در آزمایشگاه، درصد سبزشدن، سرعت سبزشدن، یکنواختی سبزشدن، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه در مزرعه، طول بذر، وزن ۳۰۰ بذر، درصد رطوبت، درصد جذب رطوبت و وزن مخصوص بذر بودند که در تجزیه‌ها با c_1، c_2، c_3، c_4، c_5؛ q_1، q_2، q_3، q_4، q_5؛ k_1، k_2، k_3، k_4 و k_5 نشان داده شده‌اند. ابتدا نحوه بررسی ارتباط دو گروه متغیرهای جوانه‌زنی در آزمایشگاه (شامل M متغیر) و ویژگی‌های فیزیکی بذر (شامل N متغیر) با استفاده از CCA مورد بررسی قرار گرفته است.

می‌توان بردار داده‌های v متغیر اندازه‌گیری شده برای فرد یا واحد آزمایشی jام را به‌صورت رابطه (۲) مرتب نمود:

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ k_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} c_2 \\ k_2 \end{bmatrix}, \ldots, \begin{bmatrix} c_n \\ k_n \end{bmatrix} \quad (۲)$$

که در این مطالعه j=۲۸ و v=۵ خواهد بود. بردار پارتیشن‌شده[1] میانگین نمونه ($\bar{x}$) و واریانس نمونه (S) به‌صورت رابطه (۳) است:

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_c \\ \bar{x}_n \end{bmatrix} \qquad S = \begin{bmatrix} S_{cc} & S_{kc} \\ S_{ck} & S_{kk} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

که اجزای ماتریس واریانس به شرح رابطه‌های زیر می‌باشد:

$$S_{cc} = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n}(c_j - \bar{x}_c)(c_j - \bar{x}_c)' \quad (٤)$$

$$S_{kk} = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n}(k_j - \bar{x}_k)(k_j - \bar{x}_k)' \quad (٥)$$

$$S_{ck} = S'_{kc} = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n}(c_j - \bar{x}_c)(k_j - \bar{x}_k)' \quad (٦)$$

در این‌صورت ترکیب خطی متغیرهای جوانه‌زنی در آزمایشگاه (شامل M متغیر) و ویژگی‌های فیزیکی بذر (شامل N متغیر) به‌ترتیب به‌صورت جفت متغیرهای متعارف $L=(l_1,l_2,...,l_M)$ و $P=(p_1,p_2,...,p_M)$ تعریف می‌گردند. بردار L شامل متغیرهای متعارف برای خصوصیات جوانه‌زنی در آزمایشگاه و حاصل از ترکیب خطی عناصر بردار c (خصوصیات جوانه‌زنی در آزمایشگاه) و بردار ضرایب کانونیک یا a به‌صورت $l=a'c$ است. به همین صورت بردار P شامل متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی بذر و حاصل از ترکیب خطی عناصر بردار k (ویژگی‌های فیزیکی بذر) و بردار

1- Partitioned

ضرایب کانونیک مربوطه یا b به‌صورت $p=b'k$ است. ضرایب کانونیک a و b با استفاده از ماتریس‌های واریانس- کوواریانس دو گروه متغیر مورد بررسی با استفاده از برابری‌های $S_{cc}^{-1}S_{ck}S_{kk}^{-1}S_{kc}a_i=\lambda_i a_i$ و $S_{cc}^{-1}S_{ck}S_{kk}^{-1}S_{kc}b_i=\lambda_i b_i$ تعیین می‌شوند. بزرگی مقادیر ویژه[1] موجود در بردار λ_i بیان‌کننده شدت ارتباط بین جفت متغیرهای کانونیک یا ضریب همبستگی متغیرهای متعارف است و با ρ^* نشان داده می‌شود. بردارهای ویژه[2] a_i و b_i نیز دربرگیرنده ضرایب کانونیک هستند که با استفاده از آن‌ها ترکیب خطی متغیرهای کانونیک تعیین می‌گردد. ماتریس‌های واریانس- کوواریانس S_{cc} و S_{kk} نیز به‌ترتیب دربرگیرنده واریانس‌ها و کوواریانس‌های متغیرها برای دو گروه متغیرهای جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ویژگی‌های فیزیکی بذر به‌طور مجزا هستند. و هم‌چنین ماتریس‌های واریانس- کوواریانس S_{kc} و S_{ck} نیز به‌ترتیب شامل کوواریانس بین متغیرهای دو گروه متغیرهای جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ویژگی‌های فیزیکی هستند (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۲).

جفت متغیرهای متعارف (l_i و p_i) که به‌ترتیب به‌صورت ترکیبات خطی $l_i=a_i'c$ و $p_i=b_i'k$ تعریف می‌شوند دارای بزرگ‌ترین همبستگی و مستقل نسبت به جفت متغیرهای متعارف (l_{i+1} و p_{i+1}) حاصل از ترکیبات خطی $l_{i+1}=a_{i+1}'c$ و $p_{i+1}=b_{i+1}'k$ هستند. روند اهمیت و استقلال هر جفت متغیرهای متعارف نسبت به جفت متغیرهای متعارف بعدی همچنان ادامه می‌یابد تا آخرین جفت متغیرهای متعارف یا (l_M و p_M) به‌دست آید. به‌عبارت دیگر در روش CCA بالاترین همبستگی متعارف بین جفت متغیرهای $l_1=a_1'c$ و $p_1=b_1'k$ مشاهده می‌گردد. پس از آن بالاترین همبستگی متعارف بین دومین جفت متغیرهای متعارف یعنی $l_2=a_2'c$ و $p_2=b_2'k$ که خود هیچ همبستگی با l_1 و p_1 ندارند، مشاهده می‌شود. بدین‌ترتیب M جفت متغیر متعارف به‌دست می‌آید و M نمی‌تواند بزرگ‌تر از N باشد ($M<N$). به همین ترتیب ارتباط بین متغیرهای فیزیکی بذر و خصوصیات سبزشدن در مزرعه با جفت متغیرهای متعارف (f_i و p_i)، و هم‌چنین ارتباط بین متغیرهای خصوصیات آزمایشگاهی و خصوصیات سبزشدن در مزرعه با جفت متغیرهای متعارف (f_i و l_i) به‌دست آمد. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد در این مطالعه تعداد متغیرهای هر گروه برای محاسبه جفت متغیرهای متعارف (l_i و p_i)، (f_i و p_i) و (f_i و l_i) برابر بود ($M=N=R=5$).

1- Eigenvalues
2- Eigenvectors

جدول ۱- میانگین و خطای معیار برای سه گروه صفات مورد بررسی در هفت گونه گیاه زراعی.

	صفات مورد بررسی	سویا	پنبه	گلرنگ	جو	کلزا	آفتابگردان	گندم
		میانگین± S.E	میانگین± S.E	میانگین± S.E	میانگین± S.E	میانگین± S.E	میانگین± S.E	میانگین± S.E
آزمایشگاه	درصد جوانه‌زنی	۱/۵۸±۸۸	۳±۸۲	۳/٤۷±۹۲/۷۵	۲/۰۲±۵۱/۷۵	۱/۵۸±۹۳	۲/۱۸±۸۹/۵	۰/۸۵±۹٦/۷۵
	سرعت جوانه‌زنی	۰/۰۰±۰/۰۲۵	۰/۰۰±۰/۰۲۱	۰/۰۰±۰/۰۳۱	۰/۰۰±۰/۰۲٦	۰/۰۰±۰/۰۵	۰/۰۰±۰/۰۲۱	۰/۰۰±۰/۰۲۹
	یکنواختی جوانه‌زنی	٤/۷۰±۵۱/۸۹	۲/۲۹±٤٦/۹۲	۷/۰۷±٤٤/۵۱	٤/۸٤±٤۷/۳۸	۲/٦۸±٤۵/۸٤	۳/۲۲±٤۷/۹۵	۵/٦۰±۳۷/۵
	وزن تر گیاهچه	۱/۰۷±۲٦/۳۱	۰/٤۹±۱۳/۱۷	۰/۱۷±۵/۷۸	۰/۱۵±٤/٤۷	۰/۰٤±۰/۸۲	۰/۲۰±۸/٦۲	۰/۱۹±۳/۹۳
	وزن خشک گیاهچه	۰/۰٦±۲/٦۷	۰/۰۳±۱/۲۵	۰/۰۱±۰/٤۲	۰/۰۱±۰/٤۵	۰/۰۰±۰/۰۳۷	۰/۰۲۹±۰/۷۵	۰/۰۳۱±۰/٤۱
	درصد سبزشدن	۳/۰۷±۷٤/۷۵	۲/۵٦±٤۹/۲۵	۳/٦٤±۷٦/۷۵	٦/۷۵±۷۲/۲۵	۷/۲٦ ± ٦۷/۵	۳/۵۷±۷۲/۷۵	۰/٦۵±۷۲/۵
	سرعت سبزشدن	۰/۰۰±۰/۰۰٦	۰/۰۰±۰/۰۰۵	۰/۰۱±۰/۰۳	۰/۰۱±۰/۰۳۲	۰/۰۰±۰/۰۲	۰/۰۰±۰/۰۱٤	۰/۰۱±۰/۰۳۲
مزرعه	یکنواختی سبزشدن	۱٦/۲۱±۱۳٤/۵۸	٦/۹۱±٤۰/۲۳	۲/٦۸±۱٤٦/۸۲	۱۲/۰۳±۱۳٦/۸٦	۱/۲۲±۱۳۳/٤۲	۱۱/۷±۱٤۱/٦۷	۵/۰۹±۱۳۹/۷۹
	وزن تر گیاهچه	۱/۲۰±۸/۱۱	۰/۲۱±٤/۱۵	۰/۸۷±٦/۵۹	۱/۳۹±۵/۷	۰/۲۲±۲/۱۷	۱/۱۹±۸/۹٤	۰/٤۹±٤/۲۸
	وزن خشک گیاهچه	۰/۰٦±۱/۳۹	۰/۰۵±۰/۷۱	۰/۱۰±۰/۸۱	۰/۲۱±۰/۹٤	۰/۰۳±۰/۳۱	۰/۱۳±۰/۹۲	۰/۰٦±۰/۸۱
فیزیک بذر	طول بذر	۰/٦٦	۱/۰٦	۰/۷٤	۰/۹۵	۰/۱۸	۱/۰۷	†۰/٦٤
	وزن ۳۰۰ بذر	۵۰/۷۳	۳۰/۰۱	۱۲/۷۰	۱۳/۱۱	۱/۱٤	۱٤/۳۲	۱۲/۰۲
	درصد رطوبت	۱۱/۵۳	۷/۰٦	۵/۷۵	۷/٤۸	۷/۸۹	٦/۰۸	۵/۵۷
	درصد جذب رطوبت	٤۰/۳۳	۳۱/٤۲	۲۵/۱۸	۲۵/۱۷	۳۲/٤۵	۳٦/٤۰	۲۳/٦۲
	وزن مخصوص بذر (gr/cm^3)	۱/۰۹	۰/٤٦	۰/۷۸	۰/۸٤	۰/٦٦	۰/٦٦	۱/۳۱

†اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی بذر برروی توده‌های بذری دارای حداقل ۳۰۰ دانه صورت گرفت.

نتایج و بحث

میانگین و خطای معیار برای ١٥ خصوصیت مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه در آزمایشگاه؛ درصد سبزشدن، سرعت سبزشدن، یکنواختی سبزشدن، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه در مزرعه؛ طول بذر، وزن ٣٠٠ بذر، درصد رطوبت، درصد جذب رطوبت و وزن مخصوص بذر برای هفت گونه گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ در جدول ١ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد درصد جوانه‌زنی بذر در حوله کاغذی برای این هفت گونه به‌ترتیب ٩٦/٧٥، ٥١/٧٥، ٨٨/٠٠، ٨٢/٠٠، ٩٣/٠٠، ٨٩/٥٠ و ٩٢/٧٥ درصد بود که نشان‌دهنده قوه نامیه نسبتاً مناسب بذرها مورد استفاده در این مطالعه است. میزان رطوبت اولیه بذر نیز برای هفت گونه گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ به‌ترتیب ٥/٥٧، ٧/٤٨، ١١/٥٣، ٧/٠٦، ٧/٨٩، ٦/٠٨ و ٥/٧٥ درصد بود (جدول ١).

مقادیر ضریب همبستگی بین خصوصیات مورد بررسی هفت گونه مورد بررسی در جدول ٢ آمده است. از ٢٥ ضریب همبستگی ساده محاسبه شده بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه، ١٣ ضریب در سطح ١ درصد معنی‌دار بودند (جدول ٢). از مهم‌ترین ضرایب همبستگی معنی‌دار مشاهده شده بین این دو گروه صفت‌ها می‌توان به همبستگی درصد سبزشدن در مزرعه و درصد جوانه‌زنی در آزمایشگاه (r= +٠/٩٤)؛ همبستگی وزن خشک گیاهچه در مزرعه و آزمایشگاه (r= +٠/٧٦) اشاره نمود (جدول ٢). وجود همبستگی قابل‌توجه و معنی‌دار بین درصد جوانه‌زنی در حوله کاغذی و درصد سبزشدن بذر گیاهان در مزرعه پیش از این نیز توسط کونتراس و باروس (٢٠٠٥)؛ هال و ویسنر (١٩٩٠) و وانگ و همکاران (١٩٩٦) گزارش شده است. از کل ضرایب همبستگی ساده محاسبه شده بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و خصوصیات فیزیکی بذر، ١٧ ضریب در سطح ١ درصد معنی‌دار بودند (جدول ٢). جالب‌ترین همبستگی معنی‌دار شده بین این دو گروه خصوصیت‌هایی شامل همبستگی وزن بذر و یکنواختی جوانه‌زنی (r= −٠/٩٤)؛ درصد جذب آب با درصد جوانه‌زنی در آزمایشگاه (+٠/٧٩ =r)؛ همبستگی وزن مخصوص بذر با وزن خشک گیاهچه (r= +٠/٧١) و درصد جوانه‌زنی آزمایشگاه (r= +٠/٧٠) اشاره نمود (جدول ٢). احمدی‌موسوی و منوچهری (٢٠٠٦) نیز با مطالعه روی بذرها کلزا نشان دادند که بین میزان جذب آب با پارامترهای رشد گیاهچه ارتباط قوی و معنی‌داری وجود دارد.

ارتباط بین ویژگی‌های سبزشدن بذر در مزرعه و خصوصیات فیزیکی بذر نیز بررسی گردید و ٢٥ ضریب همبستگی مربوطه در آخرین بخش جدول ٢ نشان داده شده‌اند. همبستگی معنی‌داری بین وزن بذر با وزن تر گیاهچه (r= +٠/٧١) و وزن خشک گیاهچه (r= +٠/٤٠)؛ بین طول بذر با یکنواختی سبزشدن (r= −٠/٨٨)؛

بین درصد جذب رطوبت با درصد سبزشدن در مزرعه (۰/۵۲+ =r) و بین چگالی بذر و یکنواختی سبزشدن (۰/۸٤− =r) مشاهده شد (جدول ۲). وجود ارتباط بین ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی بذر با نحوه سبزشدن و رشد گیاهچه در مزرعه توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (چودری و حسین، ۲۰۰۱). بین ۳ گروه خصوصیات مورد بررسی ارتباطات قابل‌توجهی وجود داشت (جدول ۲). از بین ۷۵ ارتباط دو به دوی بررسی‌شده بین متغیرها، ٤۳ ضریب همبستگی در سطح یک درصد معنی‌دار بودند و بیشترین ارتباطات معنی‌دار بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و خصوصیات فیزیکی بذر مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات فیزیکی بذر و صفات مورد بررسی هفت گونه زراعی درآزمایشگاه و مزرعه (n=۷).

		آزمایشگاه			
صفات مورد بررسی		وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی
مزرعه	درصد سبزشدن	−۰/۵۸*	۰/۸۷*	۰/۹٤*	۰/۲۳	−۰/٤۱*
	سرعت سبزشدن	−۰/۱۰	۰/۳٦	۰/٤٦*	۰/۲۷	۰/۰۸
	یکنواختی سبزشدن	۰/٦۸*	−۰/۷٦*	−۰/٦۸*	−۰/۳۵	۰/۳۱
	وزن تر گیاهچه	−۰/۳۳	۰/۳٤	۰/۱۷	−۰/۲۷	−۰/۷۲*
	وزن خشک گیاهچه	−۰/٤۵*	۰/۷٦*	۰/۷۸*	۰/۲۱	−۰/۵۵*
		آزمایشگاه				
		وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی
فیزیک بذر	طول بذر	−۰/۷۰*	۰/۷۳*	۰/٦۰*	۰/۰۹	−۰./٦٤*
	وزن ۳۰۰ بذر	−۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۱	−۰/٤۰*	−۰/۹۲*
	درصدرطوبت	−۰/۸۱*	۰/۹۸*	۰/۹۸*	−۰/۰٤	−۰/٦۲*
	درصد جذب رطوبت	−۰/۷٤*	۰/۷۷*	۰/۷۹*	−۰/۱٤	۰/۰۱۷
	وزن مخصوص بذر (گرم در سانتی‌مترمکعب)	−۰/٤۷*	۰/۷۱*	۰/۷۰*	۰/۲۱	−۰/۱٤
		مزرعه				
		وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی
فیزیک بذر	طول بذر	۰/۷۷*	۰/۳۹	۰/۳۹	−۰/۳۲	−۰/۸۸*
	وزن ۳۰۰ بذر	۰/۷۱*	۰/٤۰*	۰/۱۹	−۰/۲۲	−۰/۱۷
	درصدرطوبت	۰/۷۱*	۰/٤۷*	۰/۷۸*	−۰/۱۹	−۰/٦۹*
	درصد جذب رطوبت	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۵۲*	۰/۰۵	۰/۵۳*
	وزن مخصوص بذر (گرم در سانتی‌مترمکعب)	۰/٦۷*	۰/٤٤*	۰/۳۷	−۰/۰۷	−۰/۸٤*

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

نتایج بررسی ارتباط بین ۳ گروه متغیر بررسی شده با استفاده از تجزیه همبستگی‌های متعارف (CCA) جدول‌های ۳، ٤ و ٥ درج شده‌است. تجزیه متغیرهای متعارف بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و خصوصیات فیزیکی بذر دو جفت متغیر متعارف با اهمیت به نام‌های (l_1 و p_1) و (l_2 و p_2) با همبستگی‌های مثبت و قوی ایجاد نمود (جدول ۳). این دو متغیر متعارف به‌ترتیب ٤٥ و ۷۱ درصد از تغییرات ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و خصوصیات فیزیکی بذر را توجیه نمودند. همان‌طور که در بخش دوم جدول ۳ مشاهده می‌گردد در متغیر متعارف l_1 وزن تر گیاهچه (c_1)، وزن خشک گیاهچه (c_2) و درصد جوانه‌زنی (c_3) بیشترین نقش را داشتند، زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آن‌ها به‌ترتیب ۰/۸۱-، ۰/۹۹ و ۰/۹۹ بود. به همین ترتیب در متغیر متعارف p_1 درصد رطوبت بذر (k_3)، درصد جذب رطوبت (k_4) و وزن مخصوص بذر (k_5) بیشترین نقش را داشتند، زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آن‌ها به‌ترتیب ۰/۹۹+، ۰/۷۸+ و ۰/۷۰+ بود (جدول ۳). همبستگی متعارف بین این دو متغیر متعارف اول l_1 و p_1 برابر با ρ^*=۰/۹۹+ بود (جدول ۳). در متغیر متعارف l_2 سرعت جوانه‌زنی (c_4) و یکنواختی جوانه‌زنی (c_5) بیشترین نقش را داشتند، زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آنها به‌ترتیب ۰/۵۳+، ۰/۷۱+ و ۰/۹۹ بودند. به همین ترتیب در متغیر متعارف p_2 متغیرهای وزن دانه (k_2) و درصد جذب رطوبت بذر (k_4) بیشترین نقش را داشتند زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آن‌ها به‌ترتیب ۰/٦۰ و ۰/۵۱- بودند (جدول ۳). همبستگی متعارف بین این دو متغیر متعارف دوم l_2 و p_2 برابر با ρ^*=۰/۷۳+ بود (جدول ۳).

جدول ۳- متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی بذر و ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه در هفت‌گونه مهم زراعی.

ρ^*	درصد توجیه واریانس	متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی (P)	درصد توجیه واریانس	متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های آزمایشگاهی (L)
۰/۹۹	۰/٦۷	$P_1 = ۰/۰۰۱k_1 - ۰/۰۳k_2 + ۰/۰٦k_3 + ۰/۰۱k_4 + ۰/۰۲k_5$	۰/۲۳	$L_1 = -۰/۰٤c_1 + ۰/۰۲c_2 + ۰/۹۵c_3 + ۰/۰۰۱c_4 + ٤/۱c_5$
۰/۷۳	۰/۰٤	$P_2 = -۰/۰۰٦k_1 + ۰/۰۳k_2 + ۰/۰٤k_3 - ۰/۸۲k_4 + ۰/۱٦k_5$	۰/۲۲	$L_2 = ۰/۲۹c_1 + ۰/۵۱c_2 - ٤/۲٤c_3 + ۰/۰۳\ c_4 + ٤٤/۱۸c_5$
۰/٤۵	۰/۰۵	$P_3 = ۰/۰۷k_1 + ۳/۲۳k_2 - ۰/۰۱k_3 + ۰/۱۸k_4 - ۰/۱۲k_5$	۰/۰۳	$L_3 = -۰/۷٤c_1 - ۰/۱۹c_2 + ۰/۲۰c_3 + ۰/۰۳c_4 + ٦۹/٤٦c_5$
۰/۱۷	۰/۱۹	$P_4 = -۰/۰۷k_1 + ۰/۷۹k_2 - ۰/۰۵k_3 + ۰/۰۳k_4 + ۰/۱۳k_5$	۰/۵۲	$L_4 = ۰/۳c_1 + ۰/۲٦c_2 - ۲/۵۲c_3 - ۰/۰٦c_4 + ٤۵/۷۷c_5$
۰/۰۵	۰/۰۵	$P_5 = -۰/۰٤k_1 + ٤/۱۳k_2 - ۰/۱۱k_3 + ۰/۹۰k_4 + ۰/۰۲k_5$	۰/۰۰	$L_5 = ۰/۱٦c_1 - ۰/۷۹c_2 + ۷/۹٦c_3 - ۰/۰۲c_2 + ۷۹/۹۳c_5$

ضرایب همبستگی ساده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف مرتبط برای خصوصیات فیزیکی و ویژگی‌های آزمایشگاهی

متغیرهای مورد بررسی	متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی (P)					متغیرهای مورد بررسی	متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های آزمایشگاهی (L)				
	p_5	p_4	p_3	p_2	p_1		l_5	l_4	l_3	l_2	l_1
طول بذر (k_1)	-۰/٤۰	۰/۷٤	۰/۳٤	-۰/۳٤	۰/۲۵	وزن تر گیاهچه(c_1)	۰/۲۵	-۰/۱۷	-۰/۳٦	۰/۳٦	-۰/۸۱
وزن ۳۰۰ بذر (k_2)	۰/٤٤	-۰/۲۹	۰/۵٦	۰/٦۰	۰/۲٤	وزن خشک گیاهچه(c_2)	-۰/۰۷	۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۰٦	۰/۹۹
درصد رطوبت بذر (k_3)	-۰/۰۳	-۰/۱۰	۰/۰۷	-۰/۰۲	۰/۹۹	درصد جوانه‌زنی(c_3)	۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰٦	-۰/۰۱	۰/۹۹
درصد جذب رطوبت (k_4)	۰/۱۳	۰/۲۵	-۰/۲۲	-۰/۵۱	۰/۷۸	سرعت جوانه‌زنی(c_4)	۰/۰۳	-۰/۸۳	۰/۱۸	۰/۵۳	-۰/۰۵
وزن مخصوص بذر (k_5)	۰/۲۱	۰/۵٤	-۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۷۰	یکنواختی جوانه‌زنی(c_5)	۰/٤۷	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۷۱	۰/۰۳

بررسی متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی بذر و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه نشان داد که سه جفت متغیر متعارف پراهمیت به نام‌های (f_1 و p_1)، (f_2 و p_2) و (f_3 و p_3) به‌ترتیب با همبستگی‌های ρ^*=+۰/۹۲، ρ^*=+۰/۸٦ و ρ^*=+۰/۸۰ وجود داشت (جدول ٤). درصد توجیه واریانس متغیرهای فیزیکی بذر و سبزشدن در مزرعه توسط هر جفت از متغیرهای متعارف به‌ترتیب برابر با ۲ و ۳؛ ۳۰ و ۳٦؛ و ٤۷ و ۱۳ درصد بود (جدول ٤). محاسبه ضرایب همبستگی بین متغیرهای فیزیکی بذر و سبزشدن در مزرعه با متغیرهای متعارف نشان داد که در متغیر متعارف f_1 وزن خشک گیاهچه (q_1) و یکنواختی سبزشدن (q_5) بیشترین نقش را داشتند، زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آنها به‌ترتیب +۰/٤۷ و -۰/٦۲ بود. در متغیر متعارف p_1 وزن دانه (k_2) و درصد جذب رطوبت (k_4) بیشترین نقش را داشتند، زیرا ضرایب همبستگی

محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آن‌ها به‌ترتیب ۰/۵٤+ و ۰/۷۳+ بود. به همین ترتیب در متغیر متعارف f_2وزن تر گیاهچه (q_1) و سرعت سبزشدن (q_4) و در متغیر متعارف p_2 طول بذر نقش پراهمیتی داشتند، به‌طوری‌که ضرایب همبستگی محاسبه شده بین آن‌ها و متغیر متعارف مربوطه به‌ترتیب ۰/٦۹+، ۰/٦٤+ و ۰/٦٦+ بود (جدول ٤). به همین صورت در متغیر متعارف f_3متغیرهای سرعت (q_4) و و یکنواختی سبزشدن (q_5) و در متغیر متعارف p_3 وزن مخصوص بذر (k_5) بیشترین نقش را دارا بودند (جدول ٤).

جدول ٤- متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی بذر و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه برای هفت‌گونه مهم زراعی.

ρ^*	درصد توجیه واریانس	متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی (P)	درصد توجیه واریانس	متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های مزرعه‌ای (F)
۰/۹۲	۰/۰۳	$P_1 = -0/05k_1 + 0/44k_2 + 0/04k_3 + 2/88k_4 + 0/07k_5$	۰/۰۲	$F_1 = 2/33q_1 - 0/01q_2 + 12/45q_3 - 0/013q_4 - 3/47q_5$
۰/۸٦	۰/۳٦	$P_2 = 0/07k_1 + 0/13k_2 - 0/18k_3 - 0/15k_4 + 0/02k_5$	۰/۳۰	$F_2 = 1/24q_1 - 0/01q_2 - 9/29q_3 + 0/04q_4 + 1/68q_5$
۰/۸۰	۰/۱۳	$P_3 = 0/01k_1 - 0/44k_2 + 0/043k_3 + 0/61k_4 + 0/26k_5$	۰/٤۷	$F_3 = 1/49q_1 - 0/02q_2 - 0/11q_3 - 0/03q_4 - 0/06q_5$
۰/٤۱	۰/۰۲	$P_4 = -0/04k_1 + 0/86k_2 - 0/17k_3 - 2/99k_4 + 0/23k_5$	۰/۱۲	$F_4 = 0/75q_1 + 0/03q_2 - 51/03q_3 - 0/02q_4 + 0/08q_5$
۰/۰۸	۰/٤٦	$P_5 = 0/04k_1 - 0/23k_2 + 0/17k_3 - 0/36k_4 - 0/19k_5$	۰/۰۹	$F_5 = 0/13q_1 + 0/08q_2 + 53/49q_3 - 0/06q_4 + 0/95q_5$

ضرایب همبستگی ساده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف مرتبط برای خصوصیات فیزیکی و سبز شدن در مزرعه

متغیرهای مورد بررسی	متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی (P)					متغیرهای مورد بررسی	متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های مزرعه‌ای (F)				
	p_5	p_4	p_3	p_2	p_1		f_5	f_4	f_3	f_2	f_1
طول بذر (k_1)	۰/٦۷	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/٦٦	۰/۱٤	وزن تر گیاهچه (q_1)	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/٤۸	۰/٦۹	۰/٤۷
وزن ۳۰۰ بذر (k_2)	۰/٦٦	۰/٤۱	-۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۵٤	وزن خشک گیاهچه (q_2)	۰/۵۷	۰/٦۲	-۰/۵۲	۰/۰۲	۰/۰۹
درصدرطوبت بذر (k_3)	۰/۳۵	۰/۲۲	۰/۳۵	-۰/۲۰	۰/۲۵	درصد جوانه‌زنی (q_3)	۰/۳۹	-۰/۸۵	۰/۳۱	-۰/۰۹	۰/۱۰
درصد جذب رطوبت (k_4)	-۰/۲۵	-۰/٤۹	۰/۰٤	۰/٤۱	۰/۷۳	سرعت جوانه‌زنی (q_4)	-۰/۰٤	-۰/۱۱	-۰/۷٤	۰/٦٤	۰/۱۷
وزن‌مخصوص بذر (k_5)	۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۹۷	۰/۰۱	۰/۰۵	یکنواختی جوانه‌زنی (q_5)	۰/۱۹	-۰/۰۲	۰/٦۷	۰/۳۵	۰/٦۲ -

قابل‌توجه‌ترین همبستگی متعارف برای ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه تنها بین جفت متغیر متعارف اول (f_1 و l_1) وجود داشت (ρ^*=+۰/۷۸؛ جدول ۵) و درصد توجیه واریانس ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه توسط این جفت از متغیرهای متعارف به‌ترتیب برابر با ۱۳ و صفر درصد بود (جدول ۵). محاسبه ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه نشان داد که در متغیر متعارف f_1 وزن تر گیاهچه (q_1) و وزن خشک گیاهچه (q_2) بیشترین نقش را داشتند، زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آن‌ها به‌ترتیب ۰/۴۵+ و ۰/۷۱+ بود. در متغیر متعارف l_1 وزن تر گیاهچه (c_1) و وزن خشک گیاهچه (c_2) بیشترین نقش را داشتند زیرا ضرایب همبستگی محاسبه شده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف برای آنها به‌ترتیب ۰/۶۷+ و ۰/۷۱+ بودند.

جدول ۵- متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و سبزشدن در مزرعه برای هفت‌گونه مهم زراعی.

ρ^*	درصد توجیه واریانس	متغیرهای کانونیک برای ویژگی‌های آزمایشگاهی (L)	درصد توجیه واریانس	متغیرهای کانونیک برای ویژگی‌های مزرعه‌ای (F)
۰/۷۸	۰/۰۰	L_1 =-۰/۱۶c_1+۳/۶۰c_2+۰/۰۰۱c_3-۱۸/۱۴c_4+۰/۰۰c_5	۰/۱۳	F_1 =-۰/۱۷q_1+۲/۸۳q_2+۰/۰۱q_3-۲۷/۸۹q_4-۰/۰۲q_5
۰/۴۷	۰/۲۸	L_2 =۰/۱۹c_1-۱/۳۶c_2-۰/۰۹c_3-۲۶/۵۴c_4+۰/۰۴c_5	۰/۰۲	F_2=-۰/۶۹q_1+۶/۷۲q_2-۰/۰۱q_3+۱۰۳/۵۵۴q-۰/۰۰q_5
۰/۳۸	۰/۳۱	L_3 =۰/۰۳c_1+۰/۴۸c_2-۰/۰۴c_3+۴۱/۵۵c_4-۰/۰۰۷c_5	۰/۱۱	F_3 =۰/۵۶q_1-۵/۱۵q_2+۰/۰۲q_3+۳۹/۳۱q_4+۰/۰۵q_5
۰/۱۵	۰/۰۱	L_4 =۰/۶۶c_1-۳/۴۶c_2+۰/۰۰۲c_3-۱۶/۲۷c_4+۰/۰۱c_5	۰/۴۷	F_4 =۰/۲۴q_1-۲/۳۲q_2+۰/۰۴q_3+۰/۳۷q_4-۰/۰۶q_5
۰/۰۹	۰/۴۰	L_5 =-۰/۱۳c_1+۱/۳۸c_2+۰/۰۵c_3+۵۸/۰۲c_4-۰/۰۰c_5	۰/۲۷	F_5 =۰/۲۴q_1-۲/۰۴q_2-۰/۰۵q_3+۳۶/۵۳q_4-۰/۰۶q_5

ضرایب همبستگی ساده بین متغیرهای مورد بررسی و متغیرهای متعارف مرتبط برای ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاهی و ویژگی‌های سبز شدن در مزرعه

متغیرهای مورد بررسی	متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های آزمایشگاهی (L)					متغیرهای مورد بررسی	متغیرهای متعارف برای ویژگی‌های مزرعه‌ای (F)				
	l_5	l_4	l_3	l_2	l_1		f_5	f_4	f_3	f_2	f_1
وزن تر گیاهچه (c_1)	۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۱۷	-۰/۰۰	۰/۶۷	وزن تر گیاهچه (q_1)	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۱۳	-۰/۰۴	۰/۴۵
وزن خشک گیاهچه (c_2)	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۷۱	وزن خشک گیاهچه (q_2)	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۱۱	-۰/۰۲	۰/۷۱
درصد جوانه‌زنی (c_3)	-۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶	درصد جوانه‌زنی(q_3)	۰/۰۵	۰/۰۳	-۰/۳۰	-۰/۰۸	۰/۰۲
سرعت جوانه‌زنی (c_4)	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۲۰	۰/۳۳	-۰/۲۱	سرعت جوانه‌زنی(q_4)	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۰۷	-۰/۲۴
یکنواختی جوانه‌زنی (c_5)	۰/۰۴	۰/۱۱ -	۰/۱۸	-۰/۰۱	-۰/۰۰	یکنواختی جوانه‌زنی(q_5)	۰/۰۶	-۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۰۲

بررسی سهم متغیرهای مورد بررسی در هر متغیر متعارف که با محاسبه همبستگی متغیرهای اولیه با متغیرهای متعارف صورت می‌گیرد به درک بیشتر معنی و مفهوم هر متغیر متعارف کمک می‌نماید. به‌عنوان مثال جفت متغیر متعارف اول به‌دست آمده برای بررسی ارتباط بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و خصوصیات فیزیکی بذر یا (l_1 و p_1) که دارای همبستگی متعارف ۰/۹۹+=ρ^* بود مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). یعنی ۹۹ درصد از تغییرات متغیر متعارف تابع (l_1) توسط متغیر متعارف مستقل (p_1) توجیه می‌شود (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۲). در متغیر متعارف l_1 وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و درصد جوانه‌زنی بیشترین نقش را داشتند. بنابراین متغیر متعارف "رشد" نام گرفت و از آن‌جایی‌که در متغیر متعارف p_1 درصد رطوبت بذر و درصد جذب رطوبت نقش بیشتری از سایر خصوصیات داشتند، متغیر متعارف "تأمین رطوبت" نامیده شد. این نام‌گذاری و تفسیر با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی ساده نیز مطابقت کامل داشت، زیرا در بین ۲۵ ضریب همبستگی محاسبه شده بین ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه و خصوصیات فیزیکی بذر بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به درصد رطوبت بذر و درصد جذب رطوبت با وزن تر گیاهچه و درصد جوانه‌زنی وجود داشت (جدول ۲). به‌عبارت دیگر بین رطوبت اولیه موجود در بذر و توانایی بذر در جذب رطوبت با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارتباط شدید و قابل‌توجهی وجود دارد. این استنباط با نتایج علی‌نژاد (۲۰۰۵) در گلرنگ مطابقت داشت. به همین صورت و با توجه به نقش صفت‌های بررسی شده در متغیرهای متعارف (l_2 و p_2) به‌ترتیب متغیر متعارف "فوریت جوانه‌زنی" و متغیر متعارف "اندازه بذر" نامیده شدند. همچنین ۷۳ درصد از تغییرات متغیر متعارف "فوریت جوانه‌زنی" (l_2) توسط متغیر متعارف "اندازه بذر" (p_2) توجیه می‌شود (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۲). وجود ارتباط قوی بین اندازه دانه و سرعت جوانه‌زنی پیش از این نیز گزارش شده است (مورالی، ۱۹۹۷).

در بررسی متغیرهای متعارف برای خصوصیات فیزیکی بذر و ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه متغیرهای متعارف مستقل p_1، p_2 و p_3 به‌ترتیب متغیرهای متعارف "اندازه بذر و تأمین رطوبت"، متغیر متعارف "اندازه بذر" و متغیر متعارف "وزن مخصوص بذر" و متغیرهای متعارف تابع f_1، f_2 و f_3 به‌ترتیب متغیرهای متعارف "وزن تر گیاهچه"، متغیر متعارف "اندازه گیاهچه و سرعت سبزشدن" و متغیر متعارف "سبزشدن" نامیده شدند (جدول ٤). وجود ارتباط بین اندازه بذر و میزان رطوبت در دسترس بذر با وزن گیاهچه؛ اندازه بذر با اندازه گیاهچه و سرعت سبزشدن بذر در مزرعه؛ وزن مخصوص بذر با میزان سبزشدن بذر در مزرعه در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (پارکر و

همکاران، ۲۰۰۶). برای ویژگی‌های سبزشدن در مزرعه و ویژگی‌های جوانه‌زنی در آزمایشگاه جفت متغیر متعارف اول (f_1و l_1) به‌ترتیب متغیر متعارف "تولید بیوماس در مزرعه" و متغیر متعارف "رشد در حوله کاغذی" نامیده شدند. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود متغیر متعارف "رشد در حوله کاغذی" حدود ۷۸ درصد از واریانس متغیر متعارف "تولید بیوماس در مزرعه" را توجیه می‌نماید. پاسمارتی و همکاران (۱۹۹۵) نیز با مطالعه برروی یک ژنوتیپ شبدر سفید نشان داند که بین توانایی رشد اولیه گیاهچه در شرایط پتری‌دیش و رشد و تولید ماده خشک بوته‌ها در شرایط مزرعه ارتباط قوی وجود دارد.

به‌طورکلی با استفاده از نتایج تجزیه متغیرهای متعارف در این مطالعه و تطابق آن با نتایج سایر محققان با استفاده از ضریب همبستگی ساده می‌توان بیان داشت که CCA روش مؤثر و مناسبی برای ارزیابی ارتباط بین دو گروه متغیر می‌باشد. با استفاده از اهمیت متغیرهای متعارف در توجیه واریانس متغیرهای اولیه هم‌چنین نقش و اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای اولیه در متغیر متعارف می‌توان از همبستگی‌های متعارف برای کمی‌سازی ارتباط بین دو گروه متغیر استفاده نمود. توجه به ساختار خطی هر متغیر متعارف نشان می‌دهد که در بررسی ارتباط متغیرهای متعارف به تغییرات همبسته همه متغیرهای مورد ارزیابی نیز توجه می‌گردد و این یکی از برتری‌های همبستگی‌های متعارف نسبت به ضرایب همبستگی ساده می‌باشد. نتایج نشان داد که بین "تأمین رطوبت" با "رشد گیاهچه"، "فوریت‌جوانه‌زنی" با "اندازه بذر"، "چگالی بذر" با "سبزشدن بذر" و "رشد در پتری‌دیش" با "تولید بیوماس[1] در مزرعه" ارتباط قوی وجود داشت. در پایان با توجه به اهمیت تعمیم این نتایج به همه انواع گیاهان زراعی پیشنهاد می‌گردد در مطالعات ارزیابی ارتباط بین خصوصیات فیزیکی بذر، ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و ویژگی‌های سبزشدن در شرایط مزرعه متغیرهای دیگری روی تعداد بیشتری از گیاهان زراعی نیز مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گیرد.

منابع

1.Ahmadi-Mousavi, E., and Manoocehri-Kalantari, Kh. 2006. Effect of 24-brasinoloied on seed germination, seedling growth and colza (*Brassica napus* L.) biochemical parameters, Research Journal of Isfahan University, 24: 1-16.
2.Alinejad, M. 2005. Effect of seed size on germination and emergence of safflower in laboratory and field. Plant Oil Industry, 34: 30-33.

1- Biomass

3.Bewley, J.D., and Black, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2nd ed. Plenum Press, New York, 445p.
4.Chakerollhosseini, M.R. 2006. Effect of nitrogen and phosphorus on qulity and quantity yield of safflower in semi-tropical dry farming condition. Journal of soil and water, 20: 17-25.
5.Chaudhry, A.U., and Hussain, I. 2001. Influence of seed size and seed rate on phenology, yield and quality of wheat, Pakistan Journal of Biological Sciences, 4: 4. 414-416.
6.Contreras, S., and Barros, M. 2005. Vigor tests on lettuce seeds and their correlation with emergence, Ciena E Investigation Agraria, 32: 1. 3-10.
7.Dielman, J.A., Mortensen, D.A., Buhler, D.D., Cambardella, C.A., and Moorman, T.B. 2000. Identifying associations among site properties and weed species abundance, I: Multivariate analysis, Weed Sci. 48: 567-575.
8.Dodd, M.B., Lauenroth, W.K., Burke, I.C., and Chapman, P.L. 2002. Associations between vegetation patterns and soil texture in the shortgrass steppe, Plant Ecol. 158: 127-137.
9.Jamson, M., Galeshi, S., Pahlavani M.H., and Zeinali, E. 2006. Evaluation of zinc (Zn) foliar application on yield and quality of seed in two soybean cultivars in summer cultivation. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
10.Jiang, P., and Thelen, K.D. 2004. Effect of soil properties on crop yield in a North-Central corn-soybean cropping system. Agron. J. 96: 252-258.
11.Johnson, R.A., and Wichern, D.W. 2002. Applied multivariate analysis. 3rd ed. Prentice Hall, New Delhi, 642p.
12.Hall, R.D., and Wiesner, L.E. 1990. Relationship between seed vigor test and field performance of "Regar" Meadow Bromegrass. Crop Science, 30: 967-970.
13.ISTA. 1993. Handbook, 5th Edition. International seed testing association, Zurich, Switzerland, Pp: 176-216.
14.Korobov, R.M., and Railyan, V.Y. 1993. Canonical correlation relationships among spectral and phytometric variables for 20 winter-wheat fields. Remote Sens. Environ. 43: 1-10.
15.Murali, K.S. 1997. Patterns of seed size, germination and seed viability of tropical tree species in southern India, Biotropica, 29: 3. 271-279.
16.Nicolas, F.M., German, B., and Bullock, D.G. 2005. Association between field characteristics and soybean plant performance using canonical correlation analysis. Plant and Soil, 273: 39-55.
17.Otteson, B.N., Mergoum, M., and Ransom, J.K. 2007. Seeding rate and nitrogen management effects on spring wheat yield and yield components, Agron. J. 99: 1615-1621.
18.Pahlavani, M.H. 1999. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of cotton cultivar in nonirrigated and nonirrigated with complementary water supply conditions, M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology. 108p.

19.Parker, W.C., Noland, T.L., and Morneault, A.E. 2006. The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.), New Forests, 32: 1. 33-49.
20.Pasumarty, S.V., Higuchi, S., Murata, T., and Matusmura, T. 1995. Influence of seed quality on seedling growth of white clover (*Trifolium repens* L.), Grass and Forage Science, 50: 2. 93-97.
21.Rezaei, A., and Soltani, A. 1998. An introduction to applied regression analysis. Isfahan University of Technology Press, 294p.
22.SAS Institute. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6.4th, ed. SAS Inst., Cary, NC.
23.Wang, Y.R., Yu, L., and Nan, Z.B. 1996. Use of seed vigour tests to predict field emergence of Lucerne (*Medicago sativa*). New Zealand J. Agric. Res., 39: 255-262.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Association between seed physical characteristics, germination and seedling growth using canonical correlation analysis

***M.H. Pahlavani[1], A. Ahmadi[2], E. Palooj[3] and A. Jafari[3]**

[1]Associate Prof., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Former M.Sc. student, Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]M.Sc. student, Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

The main objective of this study was using of canonical correlation analysis (CCA) to find relations between 15 different variables of seed emergence and seedling growth related characteristics of seven important crop that were classified in three groups. The studied groups of variables were included physical characteristics (seed weight, seed length, seed density, water absorption and water content), seed germination characteristics (germination percentage, germination rate, uniformity of germination, wet and dry weight of petridish grown seedling) and seed emergence characteristics (emergence percentage, emergence rate, uniformity of emergence, wet and dry weight of field grown seedlings) and crops were included of wheat, barley, soybean, cotton, rapeseed, sunflower and safflower. The CCA revealed two considerable associations between physical characteristics and seed and seedling characteristics grown in petridish. The first pair of canonical variables had a correlation coefficient of 0.99. The physical and growth related characteristics of seedlings grown in petridish most consistently correlated with the first pair of canonical variables respectively were seed density, water absorption, water content, germination percentage, wet and dry weight of petridish grown seedlings. The second pair of canonical variables between physical characteristics and seed and seedling characteristics grown in petridish had a correlation coefficient of 0.73. The CCA indicated that there are three important pairs of canonical variables between physical characteristics and seed and seedling characteristics grown in field with correlations of 0.92, 0.86 and 0.8, respectively. Also there was one considerable pair of canonical variables between seed and seedling characteristics grown in field and grown in petridish with correlation of 0.78. Careful evaluation of distribution of each measured variables in the obtained canonical variables revealed that there was considerable relationship between seedling weight and germination with water content or absorption of seeds; seed size with seedling weight; and biomass production with growth in petridish. Finally, the results showed that CCA could be use for evaluation of association between seed physical characteristics, germination and seedling growth.

Keywords: Crop, Correlation, Canonical Variables, Germination, Emergence

* Corresponding Author; Email: hpahlavani@yahoo.com