دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی روابط بین صفات مرتبط با توزیع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل

سیدجواد طالب‌زاده[۱]، هاشم هادی[۲]، رضا امیرنیا[۳]، مهدی تاجبخش[۴] و محمد رضایی مرادعلی[۵]

۱، ۳ و ۴- دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشگاه ارومیه
۲- استادیار گروه زراعت، دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: @urmia.ac.irh.hadi)
۵- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۹

چکیده

به منظور ارزیابی روابط بین صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم، ۱۱ لاین امید بخش گندم زمستانه به‌همراه ارقام اروم، زارع، میهن، پیشگام و زرین در دو سطح آبیاری (آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. نتایج نشان داد همبستگی عملکرد دانه در هر دو شرایط با صفات، وزن ساقه، وزن پدانکل، وزن سنبله و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط نرمال رطوبتی همبستگی عملکرد دانه با محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف برگ‌ها منفی و معنی‌دار و در حالی که همبستگی آن در شرایط تنش کم‌آبی با میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد در شرایط نرمال وزن سنبله، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و سایر برگ‌ها ٦١ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی میزان انتقال مجدد، وزن بوته و سهم انتقال مجدد ٦٥ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نموده و به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند. بر اساس نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال به پنج گروه و در شرایط تنش رطوبتی به چهار گروه تقسیم شدند. در تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی در هر دو شرایط سه عامل شناسایی شدند که در شرایط نرمال ۷۱/٤۰ درصد و در شرایط تنش کم آبی ٦٥/۷۹ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، تجزیه کلاستر، رگرسیون، گندم، همبستگی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum*. L) یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین گیاهانی است که با تأمین نزدیک نیمی از انرژی مورد نیاز، در جیره غذایی جامعه ایرانی از اهمیت بسزایی برخوردار است. (۱۲). عملکرد دانه در گندم محصول پایانی فرآیند تولید مواد پرورده و مسیرهای مصرفی آن است، به طوریکه میزان عملکرد دانه به تعادل بین جذب و ساخت مواد آلی در منابع و مصرف مخازن وابسته است و ممکن است به‌وسیله یکی از آن دو، محدود شود. وزن دانه از سه منبع فتوسنتز جاری بعد از گرده‌افشانی، انتقال کربوهیدرات‌هایی که قبل از گرده‌افشانی در گیاه تولید و ذخیره شده و بعد از گرده‌افشانی به دانه منتقل می‌گردد، این فرآیند اصطلاحا حرکت مجدد نامیده می‌شود و انتقال کربوهیدرات‌هایی که بعد از گرده‌افشانی و در دوره‌ی رشد بطئی دانه، یعنی دوره‌ای که اسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به‌دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل شده، بیش از نیاز دانه‌ها بوده و بنابراین به‌صورت موقت در گیاه ذخیره می‌شوند، (این فرآیند را اصطلاحاً انتقال مجدد می‌نامند) تأمین می‌گردد. مجموع انتقال و حرکت مجدد، اصطلاحاً توزیع مجدد نامیده می‌شود (۷). بهاری و همکاران (۴) گزارش کردند سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه از ۱۹/۱۴ درصد در رقم پیشتاز تا ۲۸/۷۵ درصد در رقم تراکیا متغیر بود و عملکرد دانه با کارایی انتقال مجدد ساقه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. بخشنده و همکاران (۵) در مطالعه تجمع، انتقال مجدد و شاخص برداشت ماده خشک و نیتروژن در ارقام مختلف گندم نان و دوروم بین عملکرد دانه و صفات تولید ماده‌خشک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تولید ماده‌خشک تا مرحله گرده افشانی و تولید ماده‌خشک بعد از مرحله گرده افشانی همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده کردند. در مطالعه مدحج (۱۰) بین عملکرد دانه و محدودیت منبع و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت. در مطالعه نوریانی و همکاران (۱۵) همبستگی عملکرد دانه و وزن‌خشک گیاه در مرحله گرده‌افشانی، میزان توزیع مجدد و میزان فتوسنتزی جاری در شرایط نرمال و تنش گرمایی مثبت و معنی‌دار بود. از آنجایی که بین صفات مرتبط با عملکرد دانه همبستگی‌های منفی وجود دارد و با توجه به ارتباط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد و لازم است از روش‌های آماری چند متغیره جهت درک عمیق‌تر روابط بین صفات بهره برد (۶). تجزیه ضرایب مسیر روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم صفات و غیرمستقیم آن‌ها از طریق صفات دیگر می باشد و می تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آن‌ها فراهم نماید. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می‌تواند به‌طور غیر مستقیم نیز تحت تأثیر بقیه اجزا قرار گیرد (۹) برتری تجزیه علیت (مسیر) بر ضرایب همبستگی این است که از طریق تجزیه علیت می‌توان اثر غیر مستقیم هر یک از اجزای عملکرد را از اثر مستقیم آن جزء ویژه بر عملکرد، مجزا کرد و در واقع اثر غیر مستقیم از ارتباط متقابل بین اجزا ایجاد می‌شود (۹). نوریانی و همکاران (۱۵) با انجام تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت گزارش کردند میزان فتوسنتز جاری و وزن خشک در مرحله گرده افشانی با توجیه ۷۸ درصد از تغییرات به‌عنوان مؤثرترین

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]
[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

صفات در شرایط نرمال و میزان فتوسنتز جاری و سهم توزیع مجدد با توجیه ۸۴ درصد مؤثرترین صفات در شرایط تنش گرمایی بر تغییرات عملکرد دانه گندم بودند. بهاری و همکاران (۴) بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون اظهار داشتند دو صفت میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در پر شدن دانه ها بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه در شرایط تنش کم آبی نشان دادند. یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره، تجزیه به عامل‌ها است که حالتی تعمیم یافته از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. ولی برخلاف آن، بر مبنای یک مدل نسبتاً ویژه‌ی آماری استوار است. در این روش هدف اصلی توضیح رابطه بین متغیرها از طریق تعداد کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده تحت‌عنوان عامل‌ها و در عین حال کاهش حجم داده‌ها است. در چنین شرایطی، عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن همبستگی بین صفات می‌شوند، شناسایی گردیده و بر اساس آن‌ها متغیرها به‌گروه‌هایی با همبستگی درون‌گروهی بالا دسته‌بندی می‌شوند (۸). تجزیه خوشه‌ای نیز یکی از روش‌های آماری برای بررسی تنوع ژنتیکی در بین واریته‌های مختلف می‌باشد که از آن برای گروه‌بندی صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شودگروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره برای به نژادگران گندم می‌تواند دارای ارزش کاربردی باشد. از این نظر که، ممکن است ژنوتیپ‌ها بسته به هدف به‌نژادی از کلاسترهای مختلف انتخاب شود (۱۷). آقایی و همکاران (۲) در مقایسه عملکرد و سایر صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم در منطقهٔ اصفهان با انجام تجزیه خوشه‌ای ۲۰ ژنوتیپ مورد نظر را به سه گروه دسته‌بندی نمودند همچنین با انجام تجزیه به عامل‌ها دو عامل را شناسایی کردند که بیش از ۶۷ درصد از واریانس بین لاین‌ها را توجیه کردند. تقی زاده‌گان و همکاران (۲۰) با انجام تجزیه خوشه‌ای به‌روش وارد لاین‌های مورد مطالعه را به چهار گروه تقسیم‌بندی کردند و با انجام تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل مهم، را که در حدود ۸۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کرد شناسایی کردند. نیک سرشت و همکاران (۱۴) در بررسی لاین–های پیشرفته گندم نان در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها مشاهده کردند، چهار عامل اول در شرایط نرمال رطوبتی ۸۰/۲۴ و در حالت تنش ۷۹/۶۲ درصد از واریانس کل را توجیه نمودند. هم‌چنین، آن‌ها با استفاده از تجزیه کلاستر به‌روش وارد ۳۶ لاین و رقم را به چهار گروه دسته‌بندی کردند. نخعی بدر آبادی و شکر پور (۱۳) در گروهبندی ژنوتیپ‌های مختلف جو با استفاده از نشان‌گرهای مولکولی، مورفولوژیک و انتقال مجدد ماده خشک به دانه تحت شرایط تنش کمبود آب با استفاده از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه دسته بندی کردند.

بابایی زارج و همکاران (۳) در مطالعه ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیک برخی از ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از روش‌های چند متغیره با استفاده از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه تقسیم بندی کردند همچنین به کمک تجزیه به عامل‌ها پنج عامل را شناسایی کردند که ۷۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. نخعی بدرآبادی در تعیین (۱۲) روابط بین انتقال ماده‌خشک و برخی صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های جو به‌کمک تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط تنش کم آبی اظهار داشتند صفات مربوط به انتقال مجدد می‌توانند شاخص‌های مهمی برای ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط تنش خشکی به حساب آیند.

با توجه به موارد ذکر شده تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی روابط بین صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ صفات مرتبط با توزیع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. مواد آزمایشی شامل ۱۱ لاین امید بخش گندم زمستانه به‌همراه ارقام اروم، زارع، میهن، پیشگام و زرین بودند که در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند هر ژنوتیپ در یک کرت با ابعاد ۷/۲=۱/۲×۶ متر مربع با حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت در مساحت برداشت ۶ متر مربع و با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع کشت گردید. آبیاری بصورت نشتی انجام گرفت. قبل از شروع تیمار تنش نمونه-های خاک از عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری کرت‌های آزمایشی تهیه و منحنی رطوبتی خاک تهیه گردید. تنش خشکی بر اساس پتانسیل آبی خاک و از انتهای مرحله ساقه رفتن (مرحله ۴۰ شاخص زادوکس) شروع شد. از این مرحله رشد به بعد آبیاری تیمار شاهد در ۵ مرحله صورت گرفت و تیمار تنش بر اساس پتانسیل آبی خاک در ۳ مرحله آبیاری شد. در مرحله گلدهی نمونه‌های گیاهی از مساحت نیم متر مربع از هر کرت برداشت گردیدند. نمونه‌ها شامل ۱۵ ساقه کامل (حاوی تمام برگ‌ها و سنبله‌ها) بطور تصادفی از همه تکرارها و از قسمت طوقه بریده و در آون خشک گردید. صفاتی نظیر وزن کل ماده خشک در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی و وزن پدانکل اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی ۱۵ نمونه گیاهی شامل ساقه کامل (حاوی تمام برگ‌ها و سنبله‌ها) بطور تصادفی از همه تکرارها و از قسمت طوقه بریده شده و در آون خشک گردیدند. صفاتی نظیر وزن کل ماده‌خشک در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی، وزن پدانکل، وزن دانه سنبله و تعداد دانه سنبله اندازه‌گیری شد. سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از معادله شماره ۱ محاسبه شد. همچنین نمونه هایی که قبلاً از آن‌ها در مرحله گلدهی نمونه تهیه شده بود برداشت شده تا برای تعیین روابط منبع و مخزن از آن‌ها استفاده شود. میزان محدودیت منبع با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

معادله ۱ $$\text{درصد خشک ماده انتقال یافته} = \frac{\text{ماده خشک انتقال یافته}}{\text{عملکرد دانه}} \times ۱۰۰$$

معادله ۲ $$\text{محدودیت منبع (درصد)} = ((\frac{\text{وزن دانه در سنبله‌های حذف سنبلچه شده}}{\text{وزن دانه در سنبله‌های شاهد}} - ۱) \times ۱۰۰)$$

معادله ۳ $$\text{محدودیت مخزن (درصد)} = ((\frac{\text{وزن دانه در سنبله‌های حذف سنبلچه شده}}{\text{وزن دانه در سنبله‌های حذف برگ پرچم}} - ۱) \times ۱۰۰)$$

تجزیه‌های آماری

تجزیه واریانس ساده و تجزیه واریانس مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری مفروضات براساس داده‌های دو سال و دو مکان انجام شد. برای مطالعه روابط بین صفات و هم‌چنین گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی با چرخش وریماکس استفاده شد. تعداد عامل‌ها با استفاده از نمودار اسکری پلات، مؤلفه‌هایی که ریشه مشخصه (ویژه مقدار) بالاتر از یک و یا نزدیک به یک داشتند و در ضمن حدود ۸۰ ٪ واریانس متغیرهای اولیه را بیان کردند، انتخاب شدند. هم‌چنین، جهت گروه‌بندی لاین‌ها از تجزیه خوشه‌ای روش با روش حداقل واریانس Ward استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بین دو سال از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار دیده شد. اثر سطوح آبیاری نیز بر کلیه صفات مورد بررسی به‌غیر از وزن ساقه معنی‌دار بود. اثر متقابل سال در سطوح آبیاری نیز تنها بر سهم انتقال مجدد معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در سطوح آبیاری از لحاظ اثر بر کلیه صفات اختلاف معنی‌دار وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه در مجموع دو سال نشان داد در شرایط نرمال رطوبتی ژنوتیپ زرین با متوسط ۷۵۶۷/۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد بین ژنوتیپ مذکور و ژنوتیپ‌های میهن و پیشگام از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کمترین عملکرد دانه نیز به ژنوتیپ اوروم با متوسط ۵۱۱۷/۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت هر چند بین ژنوتیپ مذکور و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۶، ۸ و ۷ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دیده نشد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کم‌آبی در مجموع دو سال نشان داد دو ژنوتیپ میهن و شماره ۸ به ترتیب با متوسط ۶۳۲۴/۵ و ۴۱۳۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند (جداول قید نگردیده). رقم زرین جزء ارقام حساس به تنش خشکی است (۲۱) بنابراین کاشت این رقم در مقایسه با سایر ارقام در صورتی که احتمال وقوع تنش کم آبی پس از گرده‌افشانی وجود داشته باشد در چنین مناطقی با ریسک بالاتری همراه است و بهتر است ارقام دیگر (مانند میهن) کشت شوند. عبدلی و همکاران (۱) گزارش کردند در شرایط آبیاری کامل رقم چمران کمترین و رقم پیشگام بیشترین وزن دانه در سنبله را دارا بودند اما در شرایط تنش کم‌آبی کمترین عملکرد دانه مربوط به دو رقم پارسی و مرودشت بود.

همبستگی بین صفات

بین عملکرد دانه در هر دو شرایط با وزن ساقه، وزن پدانکل، وزن سنبله و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط نرمال رطوبتی عملکرد دانه با محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها همبستگی منفی و معنی دار داشت، درحالی که عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی با میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. وجود همبستگی مثبت عملکرد دانه با وزن ساقه، وزن پدانکل و وزن سنبله به‌دلیل پتانسیل ذخیره و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در این اندام‌ها در مرحله قبل از گل‌دهی است (جدول ۱). ذخیره مواد فتوسنتزی و سپس انتقال مواد مذکور در گیاه موجبات افزایش عملکرد دانه را در گیاه فراهم می‌سازد. وجود رابطه منفی بین عملکرد دانه با محدودیت منبع و محدودیت مخزن مخزن با حذف سایر برگ‌ها بیانگر این واقعیت است که در شرایط نرمال رطوبتی اتکای مخازن به فتوسنتز جاری برگ‌هاست و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نقش چشم‌گیری در پر کردن دانه‌ها ندارد. وجود ارتباط مثبت بین میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در شرایط کم‌آبی نیز بیانگر این واقعیت است که در شرایط تنش کم‌آبی بر خلاف شرایط نرمال اتکای مخازن برای پر شدن بیشتر به انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه است زیرا به‌دلیل تنش کم‌آبی فتوسنتز جاری به‌صورت معنی‌داری در گیاه کاهش یافته است. بنابراین هرچه فتوسنتز جاری بیشتر باشد، نیاز به ذخایر اندام‌های رویشی کمتر شده و سهم توزیع مجدد در انتقال ذخایر به دانه کمتر می‌گردد. به نظر می‌رسد که اثر پسخور فتوسنتز جاری از طریق محدودیت مخزن باعث چنین همبستگی شده است. به‌عبارت دیگر، در شرایطی که مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای پرشدن دانه کافی باشد، حرکت و توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای محدود می‌شود. نوریانی (۱۵) گزارش کرد در شرایط نرمال و تنش محیطی عملکرد دانه با وزن خشک ساقه، میزان توزیع مجدد و میزان فتوسنتز جاری همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. سنجری و یزدان سپاس (۱۸) در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با میزان انتقال مواد فتوسنتزی و شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی گزارش نمودند. از طرف دیگر بخشنده و همکاران (۵) بین عملکرد دانه و صفات تولید ماده خشک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تولید ماده خشک تا مرحله گرده افشانی و تولید ماده خشک بعد از مرحله گرده افشانی همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده کردند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت

قبل از تجزیه علیت، با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام به گام سهم هر یک از صفات که بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند، مشخص شد. نتایج بدست آمده نشان داد در شرایط نرمال رطوبتی (جدول ۲) وزن سنبله، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها ۶۱ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را تبیین کرده و در مدل باقی ماندند. در حالی که در شرایط تنش کم‌آبی نیز صفات میزان انتقال مجدد، وزن ساقه و سهم انتقال مجدد ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نموده و به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه علیت (جدول ۳) در شرایط نرمال نشان داد صفات وزن سنبله، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم دارای اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها اثر مستقیم منفی و معنی‌دار بر عملکرد دانه داشتند. در این رابطه محدودیت مخزن برگ پرچم و سایر برگ‌ها به‌صورت غیر مستقیم و از طریق کاهش وزن سنبله اثر منفی بر عملکرد دانه نشان دادند. وجود اثر مثبت مستقیم و معنی‌دار بین محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و عملکرد دانه احتمالاً به این دلیل باشد که حذف برگ مذکور امکان انتقال مجدد از ساقه‌ها و همچنین استفاده بهینه‌تر از دیگر منابع فتوسنتز جاری در گیاه تحت شرایط نرمال رطوبتی را فراهم آورده باشد و به این طریق اثر مستقیم بر افزایش عملکرد داشته باشد. از آنجا که در شرایط نرمال سهم فتوسنتز جاری در پر کردن مخازن بسیار چشم‌گیر است وجود ارتباط مستقیم منفی و معنی دار بین محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها دور از انتظار نبود. نادری و همکاران (۱۱) بیان نمودند که نقش فتوسنتز جاری در وزن دانه را می‌توان به‌عنوان یک مکانیزم انتخابی قلمداد نمود، زیرا در فرآیند توزیع مجدد در هر دو مرحله انباشت و حرکت مجدد مواد ذخیره‌ای، انرژی متابولیکی مصرف می‌شود. با توجه به این که در فرآیند حرکت اسیمیلات‌های جاری به دانه، مصرف انرژی کمتر است، بازده حرکت مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه بالاتر خواهد بود. تجزیه علیت صفات در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل (۵) حاکی از آن بود که صفات میزان انتقال مجدد، وزن بوته و سهم انتقال مجدد اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند همچنین اثر غیر مستقیم صفات مذکور نیز از طریق دیگر صفات وارد مدل شده مثبت بود. وجود چنین ارتباطی می‌تواند به‌دلیل نقش مهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در پر کردن دانه‌ها در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل باشد بنابراین ژنوتیپ هایی که میزان انتقال مجدد، وزن بوته و سهم انتقال مجدد بالایی برخوردار باشند پتانسیل عملکردی بالایی خواهند داشت. در مطالعه بهاری و همکاران (۴) دو صفت میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در پر شدن دانه‌ها بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی نشان دادند. نوریانی و همکاران (۱۵) با انجام تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت گزارش کردند میزان فتوسنتز جاری و وزن خشک در مرحله گرده افشانی با توجیه ۷۸ درصد از تغییرات به‌عنوان مؤثرترین صفات در شرایط نرمال و میزان فتوسنتز جاری و سهم توزیع مجدد با توجیه ۸۴ درصد به‌عنوان مؤثرترین صفات در شرایط تنش گرمایی شناسایی شدند.

تجزیه کلاستر

نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها در مجموع دو سال و در شرایط نرمال و تنش کم آبی در شکل ۱ و ۲ آمده است. بر اساس تجزیه واریانس چند متغیره، برش نمودار درختی از فاصله ۱۰ بیشترین مقدار F و در نتیجه بیشترین نسبت واریانس بین گروهی به درون گروهی را فراهم کرد. براین اساس، ۱۶ ژنوتیپ مورد بررسی در شرایط نرمال به پنج گروه و در شرایط تنش رطوبتی به چهار گروه تقسیم شدند. در شرایط نرمال رطوبتی بین پنج گروه ایجاد شده از لحاظ کلیه صفات به‌غیر از وزن پدانکل و میزان انتقال مجدد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین گروه‌ها نشان داد در گروه اول که ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۵، ۶، ۱۱ و ۱۳ قرار داشتند، از لحاظ وزن ساقه، وزن سنبله محدودیت منبع، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم، محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و شاخص برداشت از مقادیر کمتر از میانگین کل گروه‌ها و از سهم انتقال مجدد و عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل گروه‌ها برخوردار بودند. در کلاستر شماره دو، ژنوتیپ‌های ۷، ۱۴، میهن، زرین و پیشگام قرار گرفتند ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور در مقایسه با کل کلاسترها از وزن ساقه، وزن سنبله، عملکرد دانه، شاخص برداشت بالاتر از میانگین کل و از سهم انتقال مجدد، محدودیت منبع، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها کمتر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن ساقه، وزن سنبله و شاخص برداشت و همچنین همبستگی منفی با محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و همچنین اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار وزن سنبله و اثر منفی و معنی‌دار محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها ژنوتیپ‌های مذکور به دلیل برخورداری از وزن ساقه، وزن سنبله، عملکرد دانه، شاخص برداشت بالا و محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها پایین‌تر از کل ژنوتیپ‌ها به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال انتخاب می‌شوند. در کلاستر شماره سه ژنوتیپ های زارع، ۸ و ۱۲ قرار گرفتند مقایسه میانگین گروه‌ها نشان داد کلاستر مذکور از وزن ساقه، وزن سنبله، سهم انتقال مجدد، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم، محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و عملکرد دانه کمتر از میانگین کل گروه‌ها و از شاخص برداشت و محدودیت منبع بالاتر از میانگین کل گروه‌ها برخوردار بود. در کلاستر شماره چهار نیز دو ژنوتیپ اروم و ۱۰ قرار گرفتند، ژنوتیپ های این خوشه از وزن ساقه، سهم انتقال مجدد، محدودیت منبع، محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و شاخص برداشت بالاتر از میانگین کل گروه‌ها و از وزن سنبله، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و عملکرد دانه کمتر از میانگین کل گروه‌ها برخوردار بودند. در بررسی حاضر ژنوتیپ شماره ۹ به تنهایی در یک کلاستر واقع بود، کلاستر مذکور از لحاظ وزن ساقه،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

وزن سنبله، سهم انتقال مجدد، محدودیت منبع، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها بالاتر و عملکرد دانه و شاخص برداشت پایین تر از میانگین کل گروه‌ها برخوردار بود. تجزیه کلاستر در شرایط تنش کم‌آبی در مجموع دو سال نشان داد (جدول ۷) بین گروه‌ها از لحاظ کلیه صفات به غیر از محدودیت منبع اختلاف معنی‌دار وجود داشت. کلاستر اول در برگیرنده ژنوتیپ‌های اروم، ۷، زرین، ۱۰، ۱۱، ۸ و ۱۲ بود. ژنوتیپ‌های کلاستر اول از لحاظ سهم انتقال مجدد دارای مقادیر بالاتر از میانگین کل کلاسترها و از لحاظ دیگر صفات مورد بررسی از مقادیر پایین تر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بودند. در کلاستر شماره دو، ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۵، ۱۳، ۱۶، پیشگام، ۱۴ و میهن قرار گرفتند. کلاستر مذکور از نظر وزن ساقه، وزن پدانکل، وزن سنبله، میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، عملکرد دانه و شاخص برداشت از مقادیر بالاتر از میانگین کل کلاسترها و از محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها کمتر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بودند. با توجه وجود همبستگی مثبت عملکرد دانه در شرایط تنش با وزن ساقه، وزن پدانکل، وزن سنبله، میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و شاخص برداشت و همچنین اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار وزن ساقه میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد با عملکرد دانه گزینش ژنوتیپ‌های مذکور در شرایط تنش آبی می‌تواند ما را در دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول یاری دهد. در کلاستر شماره سه تنها ژنوتیپ شماره ۹ قرار داشت، ژنوتیپ مذکور از میزان انتقال مجدد، عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتر از میانگین کل کلاسترها و وزن ساقه، وزن پدانکل، وزن سنبله، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و سایر برگ‌های پایین تر از کل کلاسترها برخوردار بود. به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و شاخص برداشت و همچنین و کم بودن میزان محدودیت مخازن ژنوتیپ مذکور می‌توانند ژنوتیپ‌های مناسبی در شرایط تنش کم‌آبی باشند، اما بر اساس نتایج ضرایب همبستگی بین صفات و تجزیه علیت علاوه بر میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و شاخص برداشت عملکرد دانه تحت تأثیر وزن ساقه، وزن پدانکل و وزن سنبله است. بنابراین انتخاب ژنوتیپ مورد نظر باید با احتیاط باشد. در نهایت در کلاستر چهار، ژنوتیپ زرین قرار گرفت، کلاستر مذکور از وزن ساقه، وزن سنبله، محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ ها بالاتر از میانگین کل و از مقادیر وزن پدانکل، میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، عملکرد دانه و شاخص برداشت کمتر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بود. با توجه به قرار گرفتن رقم زرین در این کلاستر می‌توان اظهار داشت که دلیل شدید افت عملکرد رقم مذکور در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل احتمالاً به دلیل اتکای بیش از اندازه این ژنوتیپ به فتوسنتز جاری و عدم توانایی انتقال مجدد ذخایر موجود در ساقه باشد. حذف برگ پرچم و دیگر برگ‌ها موجب بالاترین محدودیت مخزن در ژنوتیپ مذکور شد که خود بیانگر نقش این منابع در توسعه مخزن ژنوتیپ مذکور است. آقایی و همکاران (۲) در مقایسهٔ عملکرد و سایر صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم در منطقهٔ اصفهان با انجام تجزیه خوشه ای ۲۰ ژنوتیپ مورد نظر را به سه گروه دسته‌بندی نمودند. نخعی بدر آبادی و شکر پور (۱۳) در گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف جو با استفاده از نشان‌گرهای مولکولی، مورفولوژیک و انتقال مجدد ماده خشک به دانه تحت شرایط تنش کمبود آب با استفاده از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه دسته‌بندی کردند

تجزیه به عامل‌ها

در تجزیه به عامل‌ها مقدار آماره KMO در شرایط نرمال برابر ۰/۶۳ و در شرایط تنش کم‌آبی برابر ۰/۷۵ بود و همچنین در هر دو شرایط آزمون اسفریستی بارتلت معنی‌دار شد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها بود. در تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی با درنظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگتر از یک، در هر دو شرایط سه عامل شناسایی شدند که در شرایط نرمال ۷۱/۴۰ درصد و در شرایط تنش کم آبی ۶۵/۷۹ از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند (جداول ۴ و ۵). ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ صرف نظر از علامت مربوطه به‌عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند. در شرایط نرمال رطوبتی عامل اول که بیشترین مقدار از تغییرات داده‌ها را تبیین کرد (۳۱/۴۹ درصد)، دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای صفات، وزن پدانکل وزن سنبله، وزن بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. عامل مذکور عامل خصوصیات عملکردی نامگذاری شد. چنانچه ملاک گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال عامل اول باشد، توده ایجاد شده از صفات وزن پدانکل وزن سنبله، وزن بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت برخوردار خواهند بود. عامل دوم که ۲۰/۷۷ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد دارای همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار برای صفات میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و محدودیت منبع و محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم بود. با توجه به ماهیت صفات قرار گرفته در این عامل عامل مذکور عامل انتقال مجدد نام‌گذاری شد. با توجه به اینکه نقش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در شکل‌گیری عملکرد دانه در شرایط نرمال چشم‌گیر نیست گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال بر اساس عامل مذکور قابل توصیه نیست. عامل سوم نیز ۱۹/۱۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجه کرد عامل مذکور همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار با دو صفت محدودیت مخزن با حذف سایر برگ و محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم داشت، عامل مذکور عامل محدودیت مخزن نام گرفت. تجزیه به‌عامل‌ها در شرایط تنش کم آبی نشان داد عامل اول که با توجیه ۲۸/۶۶ بیشترین حجم تغییرات داده‌ها را در بر گرفت دارای همبستگی درونی مثبت و معنی دار برای صفات وزن بوته، وزن سنبله و محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها بود، با توجه به ماهیت صفات قرار گرفته در این عامل، عامل مذکور بنیه گیاه نام‌گذاری شد. عامل دوم که دارای همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار با صفات میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، عملکرد دانه و شاخص برداشت و همبستگی درونی منفی و معنی‌دار با صفات محدودیت منبع بود ۲۳/۱۲ درصد از تغیرات داده‌ها را توجیه نمود عامل مذکور

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

عامل عملکرد و انتقال مجدد نام نهاده شد. قرار گرفتن عملکرد دانه در یک عامل با صفات میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و شاخص برداشت بیانگر این مطلب است که عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی متأثر از صفات مرتبط با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی است. گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس عامل مذکور در شرایط تنش رطوبتی قابل توصیه است. عامل سوم نیز ۱۴/۰۱ درصد از داده‌ها را توجیه نمود عامل سوم دارای همبستگی درونی مثبت و معنی‌دار با وزن پدانکل و همبستگی منفی با محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها و محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم بود عامل مذکور را می‌توان عامل محزن نام گذاشت. تقی زاده گان و همکاران (۲۰) با انجام تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل مهم، را که در حدود ۸۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کرد. نتایج تجزیه به‌عامل‌ها در تحقیق نخعی بدرآباد و همکاران (۱۹) در شرایط بدون تنش و تنش یک دوم آبیاری، ۵ عامل اول و در شرایط تنش قطع آبیاری ۴ عامل اول را تعیین کرد که به ترتیب ۸۳/۹۶٪، ۸۳/۶۶٪ و ۷۴/۱۳٪ از تغییرات داده‌ها را در ژنوتیپ‌های جو توجیه نمودند .

با توجه به نتایج جدول ضرایب همبستگی و تجزیه علیت صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال وابسته به فتوسنتز جاری است و نقش انتقال مجدد در پر کردن دانه‌ها بسیار چشم‌گیر نیست. اما عملکرد دانه در شرایط تنش کم آبی انتهای فصل به‌صورت قابل توجهی به این ذخایر وابسته است. به‌طوریکه ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۵، ۱۳، ۱۶، پیشگام، ۱۴ و میهن به دلیل بالا بودن میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد از عملکرد دانه بالایی برخوردار بودند. همچنین توجیه صفت عملکرد دانه و صفات میزان انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد با یک عامل در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل، بیانگر نقش انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی در شکل‌گیری عملکرد دانه در شرایط تنش است. بنابراین گزینش ژنوتیپ هایی که از قدرت ذخیر و انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی برخوردار هستند می‌تواند یک راهکار مؤثر اصلاحی برای تعدیل کردن اثر تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد دانه در گندم باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

جدول ۱- همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال (اعداد پایین) و تنش کم آبی (اعداد بالا) در مجموع دو سال

Table 1. Correlation between traits in normal conditions (low numbers) and water stress (high numbers) over two years

صفات	وزن ساقه	وزن پدانکل	وزن سنبله	میزان انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد	محدودیت منبع	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	عملکرد دانه	شاخص برداشت
وزن ساقه	۱	۰/۸۱**	۰/۹۲**	۰/۳۱**	۰/۱۰^{ns}	-۰/۱۵^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۴۱**	۰/۵۳**	۰/۱۱^{ns}
وزن پدانکل	۰/۸۶**	۱	۰/۶۰**	۰/۲۵*	۰/۱۲^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	-۰/۱۰^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۳۸**	۰/۲۵*
وزن سنبله	۰/۸۱**	۰/۷۹**	۱	۰/۲۷**	۰/۱۶^{ns}	-۰/۲۲*	۰/۰۳^{ns}	۰/۴۸**	۰/۳۳**	۰/۱۲^{ns}
میزان انتقال مجدد	۰/۱۳^{ns}	۰/۲۳*	۰/۰۳^{ns}	۱	۰/۴۶**	-۰/۳۴**	-۰/۰۳^{ns}	-۰/۰۷^{ns}	۰/۴۵**	۰/۱۱^{ns}
سهم انتقال مجدد	۰/۱۰^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۶۸**	۱	-۰/۱۵^{ns}	۰/۰۳^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	۰/۴۰**	۰/۱۳^{ns}
محدودیت منبع	-۰/۰۹^{ns}	-۰/۰۵^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	-۰/۲۲*	۰/۱۱^{ns}	۱	۰/۰۶^{ns}	-۰/۱۷^{ns}	۰/۱۹^{ns}	-۰/۳۱**
محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	-۰/۲۴*	-۰/۴۰**	-۰/۱۹^{ns}	-۰/۰۷^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۲۳*	۱	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۴^{ns}	-۰/۱۴^{ns}
محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	-۰/۱۳^{ns}	-۰/۲۵*	-۰/۰۷^{ns}	-۰/۰۵^{ns}	۰/۲۰*	۰/۱۲^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۱	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}
عملکرد دانه	۰/۳۹**	۰/۳۵**	۰/۴۴**	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۴^{ns}	-۰/۲۷**	۰/۲۰^{ns}	-۰/۳۲**	۱	۰/۲۲*
شاخص برداشت	۰/۲۳*	۰/۲۷**	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۱۷^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	-۰/۲۵*	۰/۲۴*	۱

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪

جدول ۲- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط نرمال در مجموع دو سال

Table 2. Stepwise regression process for yield a total of two years in normal conditions

متغیر اضافه شده به مدل	۱	۲	۳
عرض از مبدأ	۴/۴۳	۳/۶۵	۴/۹۶
وزن سنبله	۹/۰۷	۱۰/۲۹	۹/۹۹
محدودیت مخزن برگ با حذف پرچم		۴/۰۲	۴/۸۷
محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها			-۳/۳۵
ضریب تبیین (R^2)	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۶۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

جدول ۳- اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در شرایط نرمال در مجموع دو سال

Table 3. Direct and indirect effect of traits on grain yield as dependent variable in normal conditions over two years

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم			همبستگی با عملکرد دانه
		وزن سنبله	محدودیت مخزن برگ پرچم	محدودیت مخزن سایر برگ‌ها	
وزن سنبله	۰/۴۸**		-۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۴۴**
محدودیت مخزن برگ پرچم	۰/۳۵**	-۰/۰۹		-۰/۰۵۷	۰/۲۰ns
محدودیت مخزن سایر برگ‌ها	-۰/۳۲**	-۰/۰۳	۰/۰۶		-۰/۳۲**

جدول ۴- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط تنش انتهای فصل در مجموع دو سال

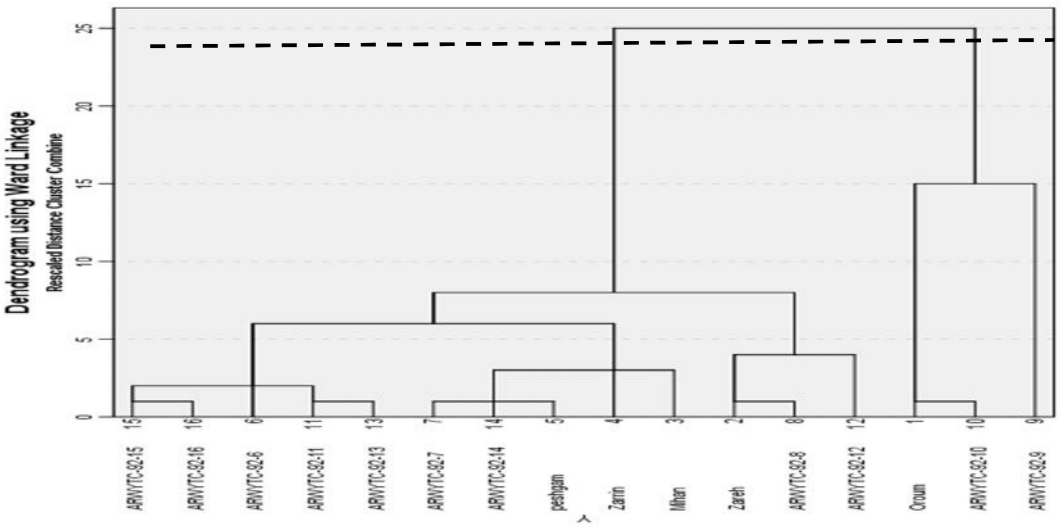
Table 4. stepwise regression process for yield a total of two years in drought conditions

متغیر اضافه شده به مدل	۱	۲	۳
عرض از مبدأ	۳۲/۵۲	۲۱/۷۷	۱۴/۴۶
میزان انتقال مجدد	۱۸/۶۵	۱۴/۲۴	۹/۳۲
وزن ساقه		۵/۱۲	۵/۲۹
سهم انتقال مجدد			۰/۲۶
ضریب تبیین (R^2)	۰/۴۳	۰/۵۷	۰/۶۵

جدول ۵- اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در شرایط تنش انتهای فصل در مجموع دو سال

Table 3. Direct and indirect effect of traits on grain yield as dependent variable in drought conditions over two years

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم			همبستگی با عملکرد دانه
		میزان انتقال مجدد	وزن ساقه	سهم انتقال مجدد	
میزان انتقال مجدد	۰/۲۱*		۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۴۵**
وزن ساقه	۰/۳۲**	۰/۰۶		۰/۱۵	۰/۵۳**
سهم انتقال مجدد	۰/۲۳*	۰/۱۴	۰/۰۳		۰/۴۰**



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال

Figure 1. Dendrogram obtained from cluster analysis of genotypes under normal conditions

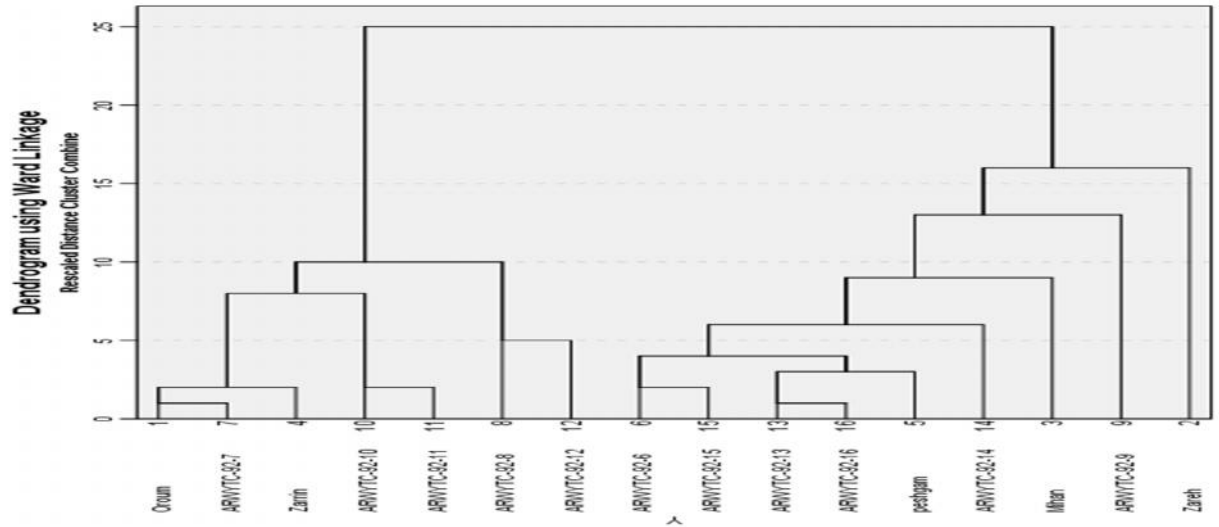
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

جدول ۶- تجزیه واریانس و مقایس میانگین کلاسترها در شرایط نرمال رطوبتی در مجموع دو سال

Table 6. Analysis of variance of clusters in normal moisture conditions in both years

منابع تغیر	درجه آزادی	وزن ساقه (gr)	وزن پدانکل (gr)	وزن سنبله (gr)	میزان انتقال مجدد (gr)	سهم انتقال مجدد (درصد)	محدودیت منبع (gr)	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم (gr)	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها (gr)	عملکرد دانه (gr/m^2)	شاخص برداشت (درصد)
بین گروه‌ها	۴	۰/۳۴**	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۳۶*	۰/۰۰۶^{ns}	۱۱/۵۰**	۵۷/۳۳*	۱۳۲/۹۵*	۳۷۷/۹۶**	۸۹۸۸۷۲*	۹۸/۳۱*
درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۷	۰/۰۰۲	۰/۱۴	۰/۰۱۵	۳/۴۸	۲۰/۵۳	۳۳/۱۵	۶/۴۳	۳۰۳۰۰۵۸	۲۵/۹۸
کلاستر ۱	–	۲/۴۵b	۰/۳۱a	۱/۶۲b	۰/۷۲	۱۸/۷۶b	۱۵/۷۶a	۱۴/۵۵b	۱۵/۹۰b	۵۹۴۷/۴ab	۵۷/۸۷bc
کلاستر ۲	–	۲/۹۹a	۰/۳۷a	۲/۱۵a	۰/۶۹	۱۷/۸۹b	۷/۹۲b	۱۳/۸۲b	۷/۳۷c	۶۶۹۳/۰a	۶۴/۵۷ab
کلاستر۳	–	۲/۴۱b	۰/۳۳a	۱/۵۷b	۰/۶۵	۱۶/۷۱b	۱۶/۱۱a	۹/۳۸b	۷/۰۰c	۵۷۷۰/۶b	۶۷/۴۹a
کلاستر ۴	–	۲/۸۸ab	۰/۳۴a	۱/۹۸b	۰/۶۳	۲۲/۰۵a	۱۴/۲۰ab	۸/۸۸b	۳۵/۲۰a	۵۲۵۲/۵b	۶۰/۹۲abc
کلاستر ۵	–	۲/۰۹b	۰/۲۵a	۱/۴۹b	۰/۵۷	۱۵/۳۹c	۹/۷۰ab	۳۴/۳۴a	۲۹/۴۷a	۵۱۴۳/۳b	۴۸/۳۸c
میانگین		۲/۵۶	۰/۳۲	۱/۷۶	۰/۶۵	۱۸/۱۶	۱۲/۷۳	۱۶/۰۸	۱۸/۹۶	۵۹۶۸/۴۶	۵۹/۸۴



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کم آبی

Figure 2. Dendrogram obtained from cluster analysis of genotypes in water deficit stress conditions

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

جدول ۷- تجزیه واریانس و مقایس میانگین کلاسترها در شرایط تنش رطوبتی در مجموع دو سال

Table 7. Analysis of variance of clusters in stress conditions in two years

منابع تغیر	درجه آزادی	وزن ساقه (gr)	وزن پدانکل (gr)	وزن سنبله (gr)	میزان انتقال مجدد (gr)	سهم انتقال مجدد (درصد)	محدودیت منبع (gr)	محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم (gr)	محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها (gr)	عملکرد دانه (gr/m^2)	شاخص برداشت (درصد)
بین گروه‌ها	۳	۰/۳۳**	۰/۰۰۹*	۰/۱۸**	۰/۱۰**	۳۳/۰۲*	۱۵۱/۸۴^{ns}	۷۸/۸۵**	۱۱۷/۲۷*	۳۱۱۷۴۶**	۶۲/۶۳*
درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۱۰/۳۰	۱۱۶/۷۰	۱۳/۷۲	۴۲/۲۶	۲۹۳۹۳۵	۱۶/۳۹
کلاستر ۱	–	۲/۵۱c	۰/۳۴b	۰/۸۹c	۰/۹۱ab	۴۶/۱۲a	۲۳/۹۳a	۱۱/۷۹b	۹/۸۳b	۴۶۹۸/۴b	۴۴/۱۸b
کلاستر ۲	–	۳/۴۵a	۰/۵۲a	۱/۴۸a	۱/۰۱a	۴۳/۳۶a	۱۳/۰۱a	۸/۰۲b	۱۵/۲۳b	۵۲۰۴/۳a	۴۹/۴۰ab
کلاستر۳	–	۲/۷۹b	۰/۳۸b	۱/۱۱b	۱/۰۱a	۴۶/۵۵a	۱۲/۱۸a	۸/۶۸b	۱۳/۱۴b	۵۰۷۵ab	۵۹/۶۵a
کلاستر ۴	–	۳/۰۶ab	۰/۳۵b	۱/۴۴a	۰/۸۴b	۳۹/۲۶b	۱۹/۰۷a	۲۳/۸۸a	۲۸/۸۸a	۴۷۹۶b	۴۲/۱۵b
میانگین		۲/۹۵	۰/۳۹	۱/۲۳	۰/۹۴	۴۴/۸۲	۱۷/۰۴	۱۳/۰۹	۱۶/۷۷	۴۹۴۳/۶۷	۴۸/۸۴

جدول ۸- ضرایب تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه بعد از چرخش وریماکس در شرایط نرمال در مجموع دو سال

Table 8. The coefficients of factor analysis for traits in normal conditions after varimax rotation in two years

صفات	بار عامل‌ها		
	PC1	PC2	PC3
وزن پدانکل	۰/۸۳	۰/۴۵	-۰/۰۷
وزن سنبله	۰/۸۳	۰/۲۰	۰/۳۰
وزن ساقه	۰/۸۲	۰/۳۴	۰/۲۳
عملکرد دانه	۰/۶۶	-۰/۴۴	۰/۳۱
شاخص برداشت	۰/۵۰	-۰/۲۹	-۰/۳۴
محدودیت مخزن با حذف سایر برگ	-۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۵۷
میزان انتقال مجدد	-۰/۱۵	۰/۸۰	۰/۱۰
سهم انتقال مجدد	-۰/۲۳	۰/۵۸	۰/۴۳
محدودیت منبع	-۰/۴۵	۰/۵۰	-۰/۴۷
محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	-۰/۴۵	-۰/۵۲	۰/۶۱
ریشه مشخصه	۳/۱۴	۲/۰۷	۱/۹۱
درصد واریانس توجیه شده	۳۱/۴۹	۲۰/۷۷	۱۹/۱۳
درصد تجمعی واریانس توجیه شده.	۳۱/۴۹	۵۲/۲۶	۷۱/۴۰

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

جدول ۹- ضرایب تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه بعد از چرخش وریماکس در شرایط تنش کم آبی در مجموع دو سال
Table 9. Factor analysis coefficients for traits after varimax rotation in water stress conditions in two years

صفات	بار عامل‌ها		
	PC1	PC2	PC3
وزن ساقه	۰/۹۲	۰/۱۵	۰/۲۴
وزن سنبله	۰/۹۰	۰/۲۰	۰/۱۲
محدودیت مخزن با حذف سایر برگ‌ها	۰/۷۱	-۰/۱۸	-۰/۵۲
میزان انتقال مجدد	۰/۱۲	۰/۸۳	۰/۱۴
محدودیت منبع	-۰/۱۸	-۰/۷۵	۰/۳۵
عملکرد دانه	۰/۱۰	۰/۶۰	۰/۲۰
سهم انتقال مجدد	-۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۱۰
شاخص برداشت	۰/۲۰	۰/۵۱	۰/۲۹
وزن پدانکل	۰/۴۱	۰/۱۱	۰/۶۴
محدودیت مخزن با حذف برگ پرچم	۰/۱۵	-۰/۱۵	-۰/۶۰
ریشه مشخصه	۲/۸۶	۲/۳۱	۱/۴۰
درصد واریانس توجیه شده	۲۸/۶۶	۲۳/۱۲	۱۴/۰۱
درصد تجمعی واریانس توجیه شده	۲۸/۶۶	۵۱/۷۸	۶۵/۷۹

منابع

1. Abdoli, M., M. SaidiJalali, S. Honarmand, M. Mansouri fard and S. Ghobadi. 2015. The effects of water stress and limit the source of pollination on seed yield and remobilization wheat varieties. Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 2(2): 137-154 (In Persian).
2. Aghai S., A. Tohid Nejad and M. Nasr Esfahani. 2015. Yield and other agronomic traits comparing in genotypes of durum wheat in Esfahan area. Breeding of Crop and Gardening Plants, 3 (9): 69-77 (In Persian).
3. Babaie Zarch, M., M.H. Fotokian and S. Mahmoodi. 2013. Evaluation of Genetic Diversity of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes for Morphological Traits using Multivariate Analysis Methods. Journal of Crop Breeding, 5(12): 109-114 (In Persian).
4. Bahari, N., B. Bahari Bighdilu and L. karpisheh.2014. Studying the correlation and analyzing the path coefficient between grain weight and the traits related to remobilization of assimilates in bread wheat genotypes. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 4(3): 303-308.
5. Bakhshandeh. E., A. Soltani. E. Zeinali and R. Ghadiryan. 2014. Study of dry matter and nitrogen accumulation, remobilization and harvest index in bread and durum wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production, 6 (1): 39-59.
6. Cooper, J.C.B. 1983. Factor analysis. An overview. American Statistician, 37: 141-147.
7. Ehdaie, B., G.A. Alloush and J.G. Waines. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserve to grain yield in wheat. Field Crops Research, 106: 34-43.
8. Farshadafar, E. 2005. Principles and multivariate statistical methods (second edition). Kermanshah, Publications Taq Bostan. pp: 734 (In Persian).
9. Mehmet. A. and Y. Tetal. 2006 Path coefficient analysis of, yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. Pakistan Journal Botany, 2(38): 417-424.
10. Modhej, M. 2011. The relationship between source and sink physiological wheat (*Triticum aestivum* and *T. durum*) and triticale (*Triticale hexaploid* Lart.) In Ahvaz environmental conditions. Journal of Agricultural Research, 9(2): 258-264 (In Persian).
11. Naderi, A., A. Hashemi Dezfooli, A. Majid Behravan and A.H. Noor Mohammad. 2000. The study correlations among traits affecting grain weight and influence of some physiological parameters on grain yield of spring wheat in favorable conditions and drought. Journal of plant and Seed, 16(3): 374-386 (In Persian).
12. Nakhaeei Badr Abadi, M., M. Shokrpour, A. Asghari and A.O. Esfandyari. 2013. Determining Relationships among Dry Matter Remobilization and Some Morphological Traits in Barley Genotypes Using Factor Analysis Method under Low Water Stress. Journal of Crop Breeding, 5(12): 85-98 (In Persian).
13. Nakhaii Badrabadi, M. and M. Shokrpour. 2015. Grouping of Barley Genotypes Using Molecular and Morphological Markers and Dry Matter Remobilization to Grain under Water Deficit.Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 22(4.1):135-150.
14. Nikoseresht, R., A. Mohammadi, A. Majidi Harvan and K.H. Mostafavi. 2014. Evaluation of advanced lines of bread wheat in both stress and non-stress F7. Journal of Agricultural Ecology, 6(1): 107-97 (In Persian).
15. Nouriyani, H. 2015. Effect of Paclobutrazol on the redistribution of assimilates to seed in three varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) under heat stress conditions. Journal of Crop Physiology, 7(25): 89-104 (In Persian).
16. Ogbonnaya, F.C., O. Abdalla, A. Mujeeb-Kazi, A.G. Kazi, S.S. Xu, N. Gosman, E.S. Lagudah, D. Bonnett, M.E. Sorrells and H. Tsujimoto. 2013. Synthetic hexaploids: harnessing species of the primary gene pool for wheat improvement. Plant Breeding Reviews, 37: 35-122.
17. Romesburg, H.C. 2004. Cluster analysis for researches. LULU Press, North Carolina, 333 Pp.
18. Sanjarei Pirvatlou, A. and A. Yazdansepas. 2009. Genotypic variation of stem reserves in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under post-anthesis drought stress condition. Iranian Journal Field Crop Science, 29: 181-191 (In Persian).
19. Shokrpour, M. and E. Esfandiari. 2014. Grouping Different Wheat Varieties for Salt Tolerance using Some Biochemical and Physiological Indices. Journal of Crop Breeding, 6(4): 54-66 (In Persian).
20. Taqi Zadeghan, M., M. Norozi and S. Aharizad. 2015. Evaluation of recombinant inbred lines of bread wheat In terms of agronomic and Morphological traits. Iranian Journal of Crop and Horticultural Breeding, 2(3): 137-149 (In Persian).
21. Yazdansepas, A., M. Rezaie, M. Chiychi, S.A. Nazeri Razave, M.S. Sanjare, T.R. Abede Babaei, A.G. Soltane, P. Salehe and S.K. Hosenebay. 2010. Study of the morpho-physiological traits and stability of grain yield in promising winter and facultative wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in cold regions. Final report, Seed and Plant Improvement Institute. (Final report No: 40.143) (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]

Evaluating the Relationship between Distributions of Photosynthetic Assimilates Related Traits and Grain Yield in Wheat Genotypes under Terminal Drought Stress Conditions

Seyed Javad Talebzadeh[1], Hashem Hadi[2], Reza Amirnia[3], Mehdi Tajbakhsh[4] and Mohammad Rezaei Morad Ali[5]

1, 3 and 4- Ph.D. Students, Associate Professor and Professor, Department of Agriculture Urmia University
2- Assistant Professor, Department of Agriculture Urmia University
(Corresponding author: h.hadi@urmia.ac.ir)
5- Assistant Professor of Agricultural Research Center of West Azerbaijan
Received: 18, November, 2016 Accepted: 7, February, 2017

Abstract

In order to study the relationships among traits and grouping genotypes of wheat, 11 promising lines of winter wheat along with Orum, Zareh, Mihan, Zarrin and peshgam cultivars were evaluated under two levels of irrigation (complete irrigation and cutting irrigation from flowering to maturity) at Agricultural Research Station of Miandoab during 2013-2014 and 2014-2015 growing seasons. The experiment was conducted as a split plot based on randomized complete block design with three replications. Results showed that the correlation of grain yield was significantly positive with stem weight, peduncle weight, spike weight and harvest index in both conditions. In normal moisture conditions correlation of grain yield with source limitation and limitation of sink by removing the leaves was significantly negative while in water stress conditions its correlation with remobilization rate and contribution of remobilization was significantly positive. Results of regression analysis showed that in normal conditions spike weight, sinks limitations by removing flag leaf and other leaves and in water stress conditions remobilization rate, stem weight and contribution of remobilization justified 61 and 65 percent the variations in grain yield, respectively, and they were identified as traits affecting grain yield. Based on the result of Cluster analysis the genotypes were divided into five groups in normal conditions and into four groups under stress condition. In factor analysis through principal component analysis, three factors were identified in both conditions that explained 71.40 and 65.79 percent of data variations in normal and water stress conditions, respectively.

Keywords: Cluster Analysis, Correlation, Regression, Remobilization, Wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.29252/jcb.9.24.10]