نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال چهاردهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۳/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۳۷ تا ۵۸

معرفی مهم‌ترین صفات ریشه‌ای، فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و زراعی موثر بر عملکرد دانه در گندم وحشی (*Aegilops tauschii* L.)

سید سعید موسوی[1*]، فاطمه حسینی[2]، محمد رضا عبداللهی[1] و علی سپهری[1]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳)

چکیده

گندم، به‌عنوان یک محصول راهبردی، به‌دلیل گستردگی سطح زیر کشت و تعادل بین پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های آن، دارای اهمیت ویژه‌ای در تغذیه انسان است. گونه آجیلوپس تائوشی، به‌عنوان یکی از اجداد و دهنده ژنوم D، نقش به‌سزایی در تکامل گندم نان دارد. این تحقیق به‌منظور شناسایی مهم‌ترین صفات ریشه‌ای، فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و زراعی موثر بر عملکرد دانه در ده اکوتیپ مختلف از گونه آجیلوپس تائوشی انجام شد. جهت رسیدن به هدف فوق، اکوتیپ‌های مذکور در طی دو سال متوالی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، تحت شرایط نرمال رطوبتی (۹۵ درصد ظرفیت گلدانی) در گلخانه ارزیابی شدند. تنوع ژنتیکی بالایی در بین اکوتیپ‌ها برای اغلب صفات مهم و مرتبط با عملکرد دانه مشاهده شد. اکوتیپ مطلوب A19 دارای بیشترین و اکوتیپ‌های A16 و A17 دارای کمترین مقدار عملکرد و اجزای عملکرد دانه بودند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که طیف مختلفی از صفات به‌ترتیب شامل کارایی مصرف آب دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی، وزن سنبله‌ی اصلی، وزن پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، طول پدانکل، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه و وزن ساقه اصلی، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p\leq0.01$) را با عملکرد دانه نشان دادند. این درحالی بود که، به‌ترتیب صفات روز تا سنبله‌دهی، میزان مصرف آب، روز تا گرده‌افشانی، وزن خشک ریشه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار ($p\leq0.01$) را با عملکرد دانه نشان دادند. طبق نتایج رگرسیون گام به گام، صفات کارایی مصرف آب دانه و وزن دانه در سنبله اصلی (هر دو با ضرایب رگرسیونی مثبت) و وزن خشک ریشه (با ضریب رگرسیونی منفی)، به‌عنوان مهم‌ترین صفات موثر بر تغییرات عملکرد دانه، به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند. صفت کارایی مصرف آب دانه، بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه نشان داد. همچنین صفت وزن دانه در سنبله اصلی و وزن خشک ریشه نیز به‌ترتیب از طریق افزایش و کاهش کارایی مصرف آب دانه، بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت و منفی را بر عملکرد دانه نشان دادند. بنابراین ممکن است بتوان اظهار داشت که با توجه به شباهت نسبی زمینه ژنتیکی گندم زراعی با گندم گونه آجیلوپس تائوشی، به‌عنوان یکی از اجداد وحشی گندم زراعی، انتخاب برای مقادیر بیشتر دو صفت کارایی مصرف آب دانه و وزن دانه در سنبله اصلی و مقادیر بینابین صفات ریشه‌ای و فنولوژیک (بجز صفت فنولوژیک طول دوره پر شدن دانه) منجر به بهبود عملکرد گندم نان در شرایط نرمال رطوبتی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجداد وحشی گندم، ژنوم D، تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون، تجزیه علیت

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s.moosavi@basu.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

مقدمه

پیش بینی افزایش جمعیت در جهان به مرز ۹ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ و لزوم تامین غذا برای این جمعیت، ظرفیت‌های جهانی تامین آب و غذای کافی را برای این جمعیت تحت فشار قرار خواهد داد (۳۹). رشد سریعتر جمعیت در مقایسه با رشد کندتر تولید محصولات غذایی منجر به ایجاد فاصله‌ای در بین رشد جمعیت و افزایش تولید محصولات غذایی و درنتیجه پررنگ شدن مسئله امنیت غذایی شده است. از بین محصولات مختلف زراعی، گندم به‌عنوان یک گیاه راهبردی، نقشی بسیار مهمی در مسئله امنیت غذایی در جهان دارد. یکی از روش‌ای اقتصادی و پایدار جهت افزایش عملکرد دانه در گندم، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس صفات مطلوب مرتبط با عملکرد دانه است. خویشاوندان وحشی گندم دارای تنوع ژنتیکی بالا برای صفات مختلف از جمله عملکرد و اجزای عملکرد دانه هستند که می‌توان از این تنوع، در راستای بهبود عملکرد گندم نان بهره برداری کرد و درنتیجه شاید بتوان امنیت غذایی را برای جمعیت در حال رشد فراهم کرد (۳۹). از بین خویشاوندان وحشی گندم، گونه آجیلوپس تائوشی یا آجیلوپس اسکوارازا، گونه‌ای دیپلوئید و خود گرده‌افشان است که به‌عنوان والد بخشنده، ژنوم D را به گندم نان داده است (۲۱). ژنوم D یک مخزن ژنی برای تنوع ژنتیکی بهره‌برداری نشده است که می‌تواند برای افزایش کمیت و کیفیت عملکرد دانه در گندم‌های زراعی استفاده شود (۱۸، ۱۹ و ۳۹). در این راستا، گونه وحشی آجیلوپس تائوشی یکی از ارزشمندترین منابع ژنی برای بهبود صفات مختلف در گندم نان است (۱۵، ۳۱ و ۳۳). این گونه مهم وحشی، به‌عنوان یک مخزن ژنی با ارزش، برای بهبود عملکرد و صفات مرتبط با آن در گندم همواره مورد توجه محققین بوده است، دارای تنوع قابل‌توجهی از نظر صفات ریشه‌ای، فنولوژیک و مورفوفیزیولوژیک می‌باشد و با دامنه وسیعی از شرایط اکولوژیکی سازگار است (۱۱ و ۱۸). بر این اساس، شناسایی و استفاده از تنوع آللی برای صفات مختلف ریشه‌ای، فنولوژیک و مورفوفیزیولوژیک در این گونه، به‌منظور گسترش پایه ژنتیکی گندم جهت بهبود عملکرد گندم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۹، ۲۱ و ٤٠). امروزه با توجه به تغییرات نامطلوب شرایط آب و هوایی و محدودیت دسترسی به نیازهای رشدی گیاهان، به‌نژادگران گیاهی به دنبال تولید ارقام مصنوعی ساختگی یا Synthetic سازگار با شرایط نامطلوب محیطی، از جمله ایجاد ارقام گندم مصنوعی، به‌عنوان گام جدیدی در بهبود ارقام جدید گندم می‌باشند (٤٤). از بین بیش از ۳۰۰ گونه وحشی از قبیله تری تیسه‌آ (Triticeae) گونه آجیلوپس تائوشی، به‌عنوان یکی از اجداد مستقیم گندم نان سازگار با شرایط محیطی، یکی از مطلوب ترین گونه‌های مورد توجه به‌نژادی جهت تولید ارقام مصنوعی گندم در طی سال‌های اخیربوده است (۲ و ۱۱). منابع ژنی زیادی برای مقاومت به آفات و بیماری در این گونه موجود است و تنوع ژنتیکی در ژنوم DD آن، بسیار بالاتر از گندم نان است (۲۱). ژنوم DD همچنین منبع غنی مقاومت در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی است و بنابراین می‌تواند منجر به بهبود ارقام جدید گندم شود (۲). خوشبختانه در طی سال‌های اخیر، بسیاری از لاین‌های گندم آلوهگزاپلوید از طریق دورگ‌گیری مصنوعی بین گندم تتراپلوئید و گونه آجیلوپس تائوشی تولید شده است که این موضوع، نوید بخش تولید ارقام کم انتظار متحمل به شرایط نامطلوب محیطی است و بیانگر نقش قابل‌توجه این گونه وحشی باارزش در تولید ارقام جدید گندم است (۲).

عملکرد دانه صفتی کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کوچک اثر کنترل می شود. بر این اساس، توارث پذیری این صفت به‌دلیل وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط پایین است و لذا انتخاب مستقیم برای عملکرد، جهت بهبود آن ممکن است که چندان مؤثر نباشد و پاسخ به گزینش مطلوبی نداشته باشد (١٤). در واقع با توجه به کنترل ژنتیکی پیچیده عملکرد دانه، لازمه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

موفقیت در مسیر به‌نژادی برای بهبود آن، وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌های زراعی و وحشی گندم و انتخاب بر اساس صفات با توارث‌پذیری بیشتر و مرتبط با عملکرد دانه است (۷). از طرفی دیگر، با توجه به این‌که تنوع ژنتیکی محدودی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان در به‌نژادی برای بهبود ویژگی‌های مختلف، از جمله عملکرد دلنه، وجود دارد (۲۸)، لذا استفاده از خویشاوندان وحشی گندم، یکی از راه‌کارهای مهم جهت بهبود عملکرد دانه در این گیاه مهم زراعی است (۳۰).

با شناسایی و انتخاب برای صفات مرتبط با عملکرد دانه، می‌توان عملکرد را به‌طور غیر مستقیم افزایش داد (۸). جهت نیل به این هدف، روش‌های مختلف آماری وجود دارد که با استفاده از این روش‌ها می توان روابط بین صفات و عملکرد دانه را ارزیابی کرد و صفات مؤثر بر تغییرات عملکرد دانه را شناسایی کرد. یکی از این روش‌ها ضریب همبستگی است که روابط خطی بین صفات را نشان می دهد. علیرغم اهمیت این تجزیه، اما برآورد ضریب همبستگی بین عملکرد و اجزای آن برای دستیابی به تأثیر و اهمیت این اجزا بر عملکرد دانه کافی نیست (۳). به‌منظور تعیین نقش اجزای عملکرد در بالا بردن عملکرد و افزایش کارایی انتخاب توسط تعداد کمی از خصوصیات بهعنوان شاخص‌های موثر در دستیابی به اهداف به‌نژادی، از رگرسیون گام به گام استفاده می‌شود. همچنین به‌منظور مطالعه‌ی اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای علت بر روی متغیرهای معلول از روش تجزیه علیت استفاده می‌شود (۱٤). با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام می توان اثر صفات کم تأثیر بر عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف کرد و صفاتی را که میزان قابل‌توجهی ازتغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند را انتخاب کرد (۱۷). روش آماری تجزیه علیت، همان رگرسیون جزئی استاندارد شده‌ای است که اثر مستقیم و غیر مستقیم یک متغیر را بر روی متغیرهای دیگر نشان داده شده است. این روش آماری می‌تواند ضریب همبستگی ساده را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک کند. شناسایی روابط بین صفات کمی و قابل توارث، اثرمستقیم و غیرمستقیم آن‌ها بر روی عملکرد دانه از مهم‌ترین عوامل موفقیت برای گزینش صفات در یک برنامه به نژادی هستند (۱٦). در این مطالعه به برخی از ویژگی‌های به‌نژادی خویشاوند وحشی گندم، آژیلوپس تائوچی جهت استفاده در برنامه های به‌نژادی با هدف بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط نرمال رطوبتی اشاره می‌شود. بنابراین هدف این تحقیق ارزیابی وجود یا عدم وجود رابطه بین صفات مختلف ریشه‌ای، فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و زراعی با صفت عملکرد دانه بود تا مهم‌ترین صفات مؤثر بر تغییرات عملکرد دانه در ده اکوتیپ مختلف آجیلوپس تائوشی شناسایی شود. در واقع با شناسایی این صفات، به‌دلیل شباهت نسبی زمینه ژنتیکی گندم زراعی با گونه آجیلوپس تائوشی، به‌عنوان یکی از اجداد وحشی گندم زراعی، می‌توان در آینده، از اطلاعات به‌دست آمده از این تحقیق، جهت بهبود عملکرد گندم زراعی تحت شرایط نرمال رطوبتی استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

نوع طرح آزمایشی و نحوه اجرای آزمایش

این تحقیق به‌صورت تکرار دار و در طی دو دوره کاشت متوالی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ با هدف ارزیابی رابطه بین عملکرد دانه با صفات مختلف ریشه‌ای، فنولوژیک، موفوفیزیولوژیک و زراعی درگلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط نرمال رطوبتی به‌صورت ۹۵ درصد ظرفیت زراعی خاک انجام شد. با توجه به عدم وجود شرایط کاملا یکسان در گلخانه و وجود تغییرات یک جهته نوری و گرمایی از حاشیه به سمت قسمت مرکزی گلخانه، عمل بلوک بندی بر خلاف جهت تغییر ماده آزمایشی انجام شد و از لذا از طرح بلوک‌های کامل تصادفی، به‌عنوان طرح مناسب این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ۱. اطلاعات ده اکوتیپ گندم وحشی گونه آجیلوپس تائوشی مطالعه شده

کد اکوتیپ	محل جمع آوری اولیه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
A11	آمل، مازندران، ایران	۷۶۱	۵۲ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی	۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی
A12	آهار، آذربایجان شرقی، ایران	۱۳۶۰	۴۷ درجه و ٤ دقیقه طول شرقی	۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی
A13	کرج، البرز، ایران.	۱۲۹۷	۵۱ درجه و ۰ دقیقه طول شرقی	۳۵ درجه و ٤۸ دقیقه عرض شمالی
A14	آستارا، گیلان، ایران	۲۰	۵۳ درجه و ٤۸ دقیقه طول شرقی	۲۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی
A15	مغان، اردبیل، ایران	٤۵	٤۷ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی	۳۹ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی
A16	چالوس، مازندران، ایران	۱۹	۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی	۳۶ درجه و ٤۱ دقیقه عرض شمالی
A17	حیران، اردبیل، ایران	۱۵۰۰	۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی	۳۰ درجه و ٤۶ دقیقه عرض شمالی
A18	کوچصفهان،گیلان، ایران	۱۰	۵۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی	٤۹ درجه و ٤۶ دقیقه عرض شمالی
A19	گیلان، گیلان، ایران	۲۰	٤۸ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی	۳۶ درجه و ۳٤ دقیقه عرض شمالی
A20	درود، لرستان، ایران	۱٤۶۰	٤۹ درجه و ٤ دقیقه طول شرقی	۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی

پژوهش استفاده شد.

مواد گیاهی و شرایط گلخانه

مواد گیاهی استفاده شده در این تحقیق شامل ده اکوتیپ مختلف گندم وحشی دیپلوئید از گونه شناخته شده آجیلوپس تائوشی، (*Aegilops tauschii* L.;2n=2x=14, DD) بود که از نقاط مختلف ایران با طول وعرض متفاوت جغرافیایی جمع‌آوری شده بودند و در طی چند سال انتخاب برای تک بوته، اکوتیپ‌ها از نظر ژنتیکی خالص شده بودند (جدول ۱). در این تحقیق به‌منظور مطالعه وجود یا عدم وجود رابطه معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفات مختلف ریشه‌ای، فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک و زراعی، تعداد ۳٤ صفت (جدول ۲) اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. در ابتدا بذور ژنوتیپ‌های مورد نظر در سینی‌های نشاء، که حاوی نسبت مساوی از پرلیت وکوکوپیت بودند، کشت شدند. پس از جوانه زنی بذور، کلیه‌ی گیاهچه‌های سینی‌های کشت، در مرحله‌ی دو برگی به مدت پنج هفته به اتاق سرد با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد، به‌منظور بهاره‌سازی، منتقل شدند. سپس نشاءها به گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ کیلویی با قطر ٤۰ سانتی‌متر و عمق ۵۰ سانتی‌متر، که حاوی نسبت مساوی از خاک زراعی، ماسه بادی و کود دامی پوسیده بودند، نشاء شدند. جهت ممانعت از خفگی گیاهچه‌ها و رشد بهتر آن‌ها، طبق پیشنهاد نظری و همکاران (۳۰)، رطوبت گلدان‌ها در حد ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی خاک و به روش وزنی نگهداری شدند (۳۰ و ۳۲).

صفات اندازه‌گیری شده

در این پژوهش تعداد ۳٤ صفت جهت شناسایی و معرفی موثرترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۲). صفت طول دوره پر شدن دانه از طریق تفاضل بین صفت روز تا گرده‌افشانی و صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک محاسبه شد. کارایی مصرف آب دانه با محاسبه نسبت عملکرد دانه در گلدان به مقدار آب خالص مصرفی برای بوته در هرگلدان تعیین شد (٤۱). برای محاسبه میزان آب مصرفی، قبل از هر آبیاری، گلدان‌ها وزن شدند و از طریق تفاضل با وزن اولیه میزان آب مصرفی در هر گلدان اندازه‌گیری شد. در نهایت کل مقدار آب مصرفی، به‌عنوان مجموع مصرف آب در طول رشد گیاه، محاسبه شد. صفات اندازه‌گیری شده حاصل میانگین‌گیری داده‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ۲. صفات ارزیابی شده در ده اکوتیپ آجیلوپس تائوشی

صفت (واحد)	اختصار صفت	صفت (واحد)	اختصار صفت
الف- صفات فنولوژیک	------	تعداد سنبله بارور در بوته	NFS
روز تا سنبله‌دهی (روز)	DTH	وزن هزار دانه (گرم)	TKW
روز تا گرده افشانی (روز)	DTA	عملکرد دانه (اقتصادی) در بوته (گرم)	EYPP
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (روز)	DTM	عملکرد بیولوژیک در بوته (گرم)	BYPP
طول دوره پر شدن دانه (روز)	GFP	شاخص برداشت بوته (درصد)	PHI
ب- صفات مورفوفیزیولوژیک	------	تعداد سنبلچه در سنبله	SNPS
ارتفاع بوته (سانتی متر)	PH	تعداد دانه در سنبله اصلی	SNPMS
طول پدانکل (سانتی متر)	PEL	تعداد دانه در بوته	SNPP
تعداد برگ	LN	وزن سنبله اصلی (گرم)	MSPW
وزن پدانکل (گرم)	PEW	وزن دانه در سنبله اصلی (گرم)	SWPMS
وزن ساقه اصلی (گرم)	MSTW	تعداد پنجه در بوته	TN
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	LA	ج- صفات ریشه‌ای	------
محتوای آب نسبی (درصد)	RWC	طول ریشه اصلی (سانتی‌متر)	MRL
توانایی حفظ آب در برگ قطع شده	ELWR	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	RV
میزان مصرف آب (لیتر)	WU	وزن خشک ریشه (گرم)	RDW
کارایی مصرف آب دانه (گرم در لیتر)	GWUE	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)	RA
کارایی مصرف آب زیست توده (گرم	BWUE	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	RDWSDW
ج- صفات زراعی (عملکرد دانه و	-----	قطر ریشه (سانتی‌متر)	RD

پنج بوته در هرگلدان بودند. صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در هنگام برداشت اندازه‌گیری شدند و برای اندازه‌گیری طول و وزن صفات مورد مطالعه به‌ترتیب از خط‌کش و از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. سپس سطح تقریبی برگ (A) با استفاده از رابطه زیر و به‌طور تقریب برآورد شد که در آن L و W به‌ترتیب بیانگر طول و عرض هر برگ می‌باشد (۲٤).

$$A = L \times W \times 0.75$$

صفت محتوای کلروفیل، با استفاده ازمیانگین۱۰عدد قرائت شده متوالی در پهنک برگ دوم هر بوته در اوایل مرحله سنبله‌دهی توسط دستگاه قرائت سبزینه‌گی به دست آمد. برای اندازه‌گیری صفات ریشه‌ای، با شروع سنبله‌دهی، در ابتدا گیاهان از سطح خاک گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ کیلویی با قطر ٤۰ سانتی‌متر و عمق ۵۰ سانتی‌متر، خارج شدند، پس از شستشوی ریشه، صفات مربوط به ریشه اندازه‌گیری شدند. به‌طوری‌که صفت حجم ریشه با استفاده ازتفاوت حجم آب استوانه مدرج قبل و بعد از غوطه‌ور کردن ریشه اندازه‌گیری شدند. صفت سطح ریشه و قطر ریشه با استفاده از فرمول‌های زیرمحاسبه شد (٤).

$$RD = \text{Root dimeter} = ((4 \times FRW) / (\pi \times MRL))^{0.5}$$

$$RA = \text{Root area} = 2(MRL \times RV \times \pi)^{0.5}$$

که درآن RD = قطر ریشه، RA= سطح ریشه، MRL = طول ریشه اصلی، RV= حجم ریشه،FRW = وزن تر ریشه و π =۳/۱٤ است. دو صفت محتوای‌آب نسبی برگ (Relative water content or RWC) و قدرت حفظ آب در برگ قطع شده (Excited leaf water retantion) به‌ترتیب طبق فرمول‌های زیر و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

با شروع سنبله‌دهی محاسبه شدند (۲۲).

$$RWC = (FW-DW)/(TW-FW)$$

$$ELWR = (1-(FW-ADM))/(FW) \times 100$$

که در آن FW = وزن تر برگ، DW = وزن خشک برگ، TW = وزن تورژسانس برگ وADM = وزن پژمردگی برگ می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار(Least LSD=significant difference) توسط نرم افزار SAS Ver. 9.2 انجام شد. پس از انجام آزمون یکنواختی واریانس داده‌های دوساله از طریق آزمون بارتلت، از میانگین داده‌های دو سال کاشت متوالی برای ارزیابی روابط بین صفات از طریق روش‌های آماری تجزیه همبستگی پیرسون، تجزیه رگرسیون گام به گام به روش پیش رونده (Forward method) و تجزیه مسیر با استفاده از نرم افزار Minitab Ver.16 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای عملکرد دلنه و برخی از صفات مرتبط با آن

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مرتبط با عملکرد دانه نشان داد که اثر اکوتیپ برای کلیه صفات مورد نظر معنی‌دار (P<۰/۰۵) بود و تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در بین اکوتیپ‌ها برای این صفات مشاهده شد (جدول ۳). وجود اختلاف‌های معنی‌دار آماری در بین اکوتیپ‌ها بیانگر پتانسیل ژنتیکی متفاوت آنها و در نتیجه پاسخ متفاوت آن‌ها تحت شرایط آزمایشی این پژوهش بود. از آنجایی که وجود تنوع ژنتیکی بالا پایه و اساس انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و مطلوب است، بر این اساس، ژرم پلاسم مورد مطالعه دارای تنوع کافی برای انتخاب صفات مختلف، به‌ویژه عملکرد دلنه و اجزای عملکرد، می‌باشد که گزینش در این ژرم پلاسم منتج به پاسخ به گزینش مطلوب خواهد شد که از ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های آمیزشی، جهت ایجاد زمینه ژنتیکی جدید و متنوع، می‌توان استفاده کرد. در پژوهش‌های قبلی، تنوع ژنتیکی بالا و معنی‌داری در بین اکوتیپ‌های گندم وحشی در گونه آژیلوپس (۲۸ و ۳۰) و بوئوتیکوم (۱) گزارش شد. این محققین استفاده از زمینه ژنتیکی مطالعه شده در تحقیقات آتی را پیشنهاد دادند. زو و همکاران (٤٤)، تنوع مورفولوژیکی سه گونه‌ی آژیلوپس سیلیندریکا، آژیلوپس نگ‌لکتا و آژیلوپس جنیکولاتا را با استفاده از ۱۳ صفت کمی ارزیابی کردند. آن‌ها بیش‌ترین تنوع ژنتیکی را در بین این سه گونه برای صفات عملکرد دانه در بوته، وزن هزار دانه، وزن دانه در سنبله اصلی، ارتفاع بوته و برخی از صفات فنولوژیک گزارش کردند.

نتایج مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها برای عملکرد دانه و برخی از صفات مرتبط با آن

نتایج نشان داد که از میان ده اکوتیپ وحشی مطالعه شده، اکوتیپ مطلوب A19 دارای بیشترین و اکوتیپ‌های نامطلوب A16 وA17 دارای کمترین مقدار عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد دانه بودند (جدول ٤). در واقع، بر خلاف دو اکوتیپ نامطلوب A16 و A17، اکوتیپ مطلوب A19 از نظر صفات مطلوب عملکرد دانه، کارایی مصرف آب دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت بوته، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی، وزن سنبله‌ی اصلی، وزن پدانکل، طول پدانکل، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه و وزن ساقه اصلی، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد درحالی‌که این اکوتیپ از نظر صفات نامطلوب میزان مصرف آب، روز تا گرده‌افشانی، وزن خشک ریشه و روز تا رسیدگی، دارای کمترین مقدار بودند (جدول ٤). این درحالی بود که دو اکوتیپ نامطلوب A16 و A17 از نظر اغلب صفات ریشه‌ای و صفات فنولوژیک، به‌جز صفت طول دوره پر شدن دانه، دارای بیشترین مقدار در مقایسه با سایر اکوتیپ‌ها بودند. در تحقیقی بر روی گندم وحشی گونه بوئوتیکوم، عبدی و همکاران (۱) اظهار داشتند که صفات کارایی مصرف آب و وزن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس برخی از صفات مرتبط با عملکرد دانه در ده اکوتیپ آجیلوپس تائوشی در طی دو سال کاشت متوالی تحت شرایط رطوبتی ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) صفات										
		عملکرد دانه در بوته	کارایی مصرف آب دانه	ارتفاع بوته	شاخص برداشت بوته	وزن دانه در سنبله اصلی	وزن سنبله اصلی	وزن پدانکل	طول پدانکل	وزن هزار دانه	دوره پرشدن دانه	وزن ساقه اصلی
سال	۱	۰/٤۰	۰/ ۰۱	٦۷/۱	٦۹٤**	۰/۰۲	۰/ ۰۱	۰/۰۳*	۵۱/۰**	۸۵۳*	۳۰/۹	۰/۱۰
خطای اول	٤	۰/۳۰	۰/۰۲	٤۳/۳	۲٤/۹	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۱/۱۰	۵۲/۰	۱۲۳	۰/۱۲
اکوتیپ	۹	۱/۱ **	۰/۰۴ **	۲۵٤/٦**	۳۹۱ **	۰/۰۸**	۰/۰۷ **	۰/۰۹ **	۵۱/۵ **	۱۱۰۰ **	۱۵٦٦ **	۰/٦۵ **
سال× اکوتیپ	۹	۰/۱۲	۰/۰۱	۸٤/٦*	٤۳/۷*	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰٤*	۷/۷۰	۲٤/۱	٤۱٤	۰/۱۷
خطای دوم	۳٦	۰/۱۰	۰/۰۱	۳٦/۱	۲۰/۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	٤/۱۱	۲۳/۸	۲۰۰	۰/۱۵
ضریب تغییرات	-	۵/۷۰	۴/۸۰	۱۵/۲	۱۷/۱	۱/۱۱	۲/۳۰	۱/۱۰	۱۰/۲	۱۷/۰۱	۱٦/٦۰	۳/۲۰

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) صفات				
		روز تا سنبله‌دهی	مقدار مصرف آب	روزتا گرده افشانی	وزن خشک ریشه	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۱	۱۰۳۸٦**	۷۷۷۷۰۹	۱٤۸۸۹**	٤/۰۰	۱۸۲٤۷**
خطای اول	٤	٦۱/٤	۵۸٤٤۰۰۰	۱۸۸	۳/۳۰	۲۲/۰
اکوتیپ	۹	۵۳۲۰ **	۳٤۲۳۷٤۱**	۵۷٤۳**	۳/٦ *	۳۰۱٦ **
سال× اکوتیپ	۹	۵۵/۵	۹٦۰۱	۵۷/٤	٦/۸۰ **	۱۳٤۷**
خطای دوم	۳٦	۵۳/٤	۲۳۹۰٦٦٦	٦۱/۷	۱/۳۰	۳٤/۳
ضریب تغییرات	-	٤/۲۰	۸/۲۰	٤/۳۰	۱٦/۱۰	۲/۵۰

* و **به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ٤. نتایج مقایسه میانگین برخی از صفات مرتبط با عملکرد دانه در ده اکوتیپ آجیلوپس تائوشی در طی دو سال کاشت متوالی تحت شرایط رطوبتی ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی

اکوتیپ	عملکرد دانه در بوته (گرم)	کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم بر متر مکعب)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص برداشت بوته (درصد)	وزن دانه در سنبله اصلی (گرم)	وزن سنبله اصلی (گرم)	وزن پدانکل (گرم)	طول پدانکل (گرم)
A11	۱/۸۰ a	۰/۰۳ b	۳۸/۵ c	۱۷/۹ c	۰/۱۳ de	۰/۱۳ d	۰/۰۳۸ de	۸/۱۵۰ d
A12	۱/٤۳ bc	۰/۰۳ a	٤٦/۳ a	۲۲/٦ b	۰/۲٤ b	۰/۲٤ bc	۰/۰۷۰ ab	۱۱/۹۸۰ b
A13	۱/۲٤ cd	۰/۰۳ bc	٤٦/۷ a	۲۱/۳ bc	۰/۱۹ cd	۰/۱۹ bc	۰/۰۵۸ bc	۱۱/۸۹۰ b
A14	۰/۹۱ de	۰/۰۲ c	۳۸/۳ c	۱۵/۸ c	۰/۱۷ de	۰/۱٤ cd	۰/۰۳۸ de	۸/۷۸٦ d
A15	۱/۰۹ cd	۰/۰۲ bc	۳٤/٦ cd	٦/٦۷ d	۰/۱٤۱ de	۰/۱۳ d	۰/۰۲۵ e	۹/۱۳۳ d
A16	۰/۱٦ f	۰/۰۰۲ d	۲۷/۸ d	۲/۷۱ e	۰/۱۱ e	۰/۱۱ e	۰/۰۳۱ de	۸/۳۰۵ d
A17	۰/۵۱ ef	۰/۰۰۸ d	۳۳/۳ d	۷/۷۷ d	۰/۱۱ e	۰/۱۱ e	۰/۰۳۳de	٦/۷۷۷ de
A18	۰/۹۳ de	۰/۰۲ bc	۳۷/۵ c	۱۹/۳ bc	۰/۱۷ de	۰/۱۷ cd	۰/۰٤٦ dc	۸/۰۲۷ d
A19	۱/۵۷ a	۰/۰٤ a	٤۲/۷ b	۳۱/۹ a	۰/۳۵ a	۰/۳۵ a	۰/۰۸۰ a	۱٦/۸۵۷ a
A20	۱/٤۳ bc	۰/۰۳ bc	٤۷/۵ a	۱۷/٤ c	۰/۲۷ b	۰/۲۵ b	۰/۰۵۵ c	۱۱/٤۷٤ b

اکوتیپ	وزن هزار دانه (گرم)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	وزن ساقه اصلی (گرم)	روز تا سنبله دهی (روز)	مقدار مصرف آب (میلی لیتر)	روز تا گرده افشانی (روز)	وزن خشک ریشه (گرم)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (روز)
A11	e۲۰/۰	b٦٤/۸	de۰/۱۷۳	d۱۵۷	b۱۹٤۸۳	e۱٦٦	c۲/۵٦	d۲۳۱
A12	b۳۹/٤	cd٤۸/۰	b۰/۲٦٦	e۱٤۳	cd۱٦٦۸۳	fg۱۵۲	c۲/٦۱	f۲۰۰
A13	b۳۹/٤	cd٤۷/٦	c۰/۲۳۱	e۱٤۵	cd۱٦٦۸۳	f۱۵۵	c۲/٤۰	e۲۰۳
A14	d۲۲/٤	bc۵۱/۸	de۰/۱۸۲	c۱۷۰	bc۱۸۰۸۳	d۱۷۸	bc۳/۳٦	d۲۲۸
A15	f ۱۰/۹	cd٤۵/۱	f ۰/۱۳۸	c۱۷۱	b۱۹٤۸۳	d۱۸۳	a٤/۵۰	c۲٤۰
A16	ef۱۵/۰	d۳٦/۲	ef۰/۱٦۱	b۲۰۸	a۲۲٤۸۳	b۲۱۹	bc۳/۳۵	a۲۵۸
A17	e۱۹/۵	cd٤۰/۵	d ۰/۲۰۸	b۲۰۰	a۲۲٤۸۳	c۲۰۳	b۳/۷۱	b۲٤۳
A18	c۲۸/۸	e۱۰/۵	c۰/۲٤	a۲۳۹	bc۱۷۸۱۰	a۲۵۷	bc۳/٤٤	a۲٦۲
A19	a۵٤/۷	bc۵۱/۸	a۰/۳۱۸	f۱۳٤	d۱۵۲۸۳	g۱٤۲	d۱/۸۰	f۱۹۵
A20	a٤۳/۸	a۸۰/۲	a۰/۳٤۰	d۱۵۷	b۱۹٤۸۳	e۱٦۷	c۲/۹۷	b۲٤۸

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار آماری با سطح اطمینان ۵ درصد می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

ساقه اصلی بیشترین هم‌راستایی و صفات قابلیت نگهداری آب در برگ قطع شده، عمق ریشه اصلی و میزان مصرف آب، به‌ترتیب کمترین همسویی را با عملکرد دانه در بوته نشان دادند. افزایش همزمان عوامل ۱- توانایی تولید و ذخیره سازی مواد جذب شده ، به‌عنوان مثال، با مقدار بالای وزن سنبله اصلی و زیست توده بالا و ۲- توانایی جذب سریعتر وانتقال مجدد مواد پرورده به دانه‌ها (با مقدار زیاد کارایی مصرف آب و شاخص برداشت بالا، یک جنبه نادیده گرفته شده برای اصلاح عملکرد دانه بوده است. به عبارت دیگر، توانایی ژنوتیپ در تولید و تخصیص مواد جذب شده بیشتر به بخش‌های زایشی گیاه یعنی دانه، به‌ترتیب با افزایش زیست توده و با افزایش کارایی مصرف آب به جای صفات زیرزمینی، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. به‌عنوان مثال در تحقیق فوق نیز، اکوتیپ‌های نامطلوب Tb5 و Tb3، به‌دلیل تخصیص بیش‌تر مواد فتوسنتزی به بخش‌های زیرزمینی در این اکوتیپ‌ها، عملکرد دانه در بوته آن‌ها کاهش یافت.

همچنین اکوتیپ مطلوب A19، از نظر صفات نامطلوب میزان مصرف آب، روز تا گرده‌افشانی، وزن خشک ریشه و روز تا رسیدگی، که همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند (جدول ۵)، کم‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داد. عملکرد دانه مهم‌ترین صفت از دیدگاه اقتصادی برای محققین و کشاورزان است که همواره تاکید بر روی افزایش آن مورد نظر و توافق بوده است. نتایج حاصل از این تحقیق نیز بیانگر این بود که اکوتیپ‌های مطلوب از طریق داشتن مقادیر بالایی از صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه، قابلیت رقابت بیشتری با سایر اکوتیپ‌ها از نظر عملکرد داشته‌اند و عملکرد دانه خود را بهبود داده‌اند. در تحقیقی (٦) مشخص شد که ژنوتیپ‌های مطلوب گندم با عملکرد بالا، دارای مقادیر زیادی از صفات وزن دانه در سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و تعداد پنجه بارور بودند. همچنین در تحقیق فوق گزارش شد که دو صفت وزن دانه در سنبله اصلی و وزن هزار دانه ارتباط قوی و مثبتی با افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مطلوب نشان دادند. در تحقیقی دیگر در گندم (۳۵) اظهار شد که ژنوتیپ‌های مطلوب دارای بیشترین مقدار وزن هزار دانه بودند و گزارش شد که این صفت ارتباط مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشت و لذا تاکید شد که این صفت اغلب در انتخاب ارقام گندم پرمحصول استفاده می‌شود.

تجزیه همبستگی

طبق نتایج تجزیه همبستگی (جدول ۵)، عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p\leq0.01$) را به‌ترتیب با صفات کارایی مصرف آب دانه ($r=۰/۹۸^{**}$)، ارتفاع بوته ($r=۰/۸۰^{**}$)، شاخص برداشت بوته ($r=۰/۷۷^{**}$)، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی ($r=۰/٦٦^{**}$)، وزن سنبله‌ی اصلی($r=۰/٦٥^{**}$)، وزن پدانکل($r=۰/٦۰^{**}$)، تعداد سنبلچه در سنبله ($r=۰/٥۹^{**}$)، طول پدانکل($r=۰/٥۹^{**}$)، وزن هزار دانه($r=۰/٥۸^{**}$)، طول دوره پرشدن دانه ($r=۰/٥٦^{**}$) و وزن ساقه اصلی ($r=۰/٥۱^{**}$) نشان داد. همچنین عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی منفی و معنی‌داری ($p\leq0.01$) را با صفات روز تا سنبله دهی ($r=-۰/۷٦^{**}$)، میزان مصرف آب ($r=-۰/۷۲^{**}$) روزتا گرده‌افشانی ($r=-۰/۷۲^{**}$)، وزن خشک ریشه ($r=-۰/٦۳^{**}$) و روز تا رسیدگی ($r=-۰/٦۰^{**}$) نشان داد. نتایج تجزیه همبستگی (جدول۵) نشان داد که اغلب صفات ریشه‌ای و صفات فنولوژیک، به‌جز صفت طول دوره پر شدن دانه، دارای همبستگی منفی با عملکرد دانه بودند. این نتیجه بیانگر این بود که ژنوتیپ‌هایی که در دوره محدودی از فصل رشد، بخش عمده‌ای از مواد فتوسنتزی تولیدی خود را به بخش‌های زایشی، از جمله اجزاء عملکرد، اختصاص داده‌اند دارای عملکرد دانه بیشتری خواهند بود. به‌طور کلی بررسی و شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه کمک قابل‌توجهی به اجرای برنامه‌های گزینشی در به‌نژادی گیاه خواهد کرد. در واقع

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ۵. نتایج تجزیه همبستگی صفات مختلف ده اکوتیپ آجیلوپس تائوشی در طی دو سال کاشت متوالی تحت شرایط رطوبتی ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی

صفات	روز تا سنبله‌دهی	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	طول دوره پر شدن دانه	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد برگ	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله بارور در بوته	تعداد سنبلچه در سنبله	وزن پدانکل	تعداد دانه در سنبله اصلی
روز تا گرده افشانی	۰/۹۹**	۱										
روز تا رسیدگی	۰/۸۵**	۰/۷۵**	۱									
طول دوره پر شدن دانه	-۰/۷۲*	-۰/۷۳**	-۰/۲۸	۱								
محتوای کلروفیل	-۰/۶۱*	-۰/۶۶**	-۰/ ۶۲**	۰/۴۱*								
ارتفاع بوته	-۰/۷۲*	-۰/ ۶۸**	-۰/ ۶۴**	۰/۴۷**	۱							
طول پدانکل	-۰/۷۱**	-۰/ ۶۸**	-۰/ ۷۵**	۰/۳۱	۰/۶۵**	۱						
تعداد برگ	۰ /۰۵	۰/۰۴	۰/۳۳	۰/۲۶	-۰/۳۵	-۰/۳۸	۱					
تعداد پنجه در بوته	/۰۲	۰/۰۱	۰/۳۰	۰/۲۷	-۰/۳۶	-۰/۳۴	۰/۹۹*	۱				
تعداد سنبله بارور در بوته	-۰/۳۵	-۰/۳۴	-۰/۰۴	۰/۵۴**	۰/۳۷	-۰/۱۷	۰/۴۴*	۰/۴۰*	۱			
تعداد سنبلچه در سنبله	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۰۱	-۰/۶۵**	-۰/۲۴	۰/۷۶**	۰/۸۰**	-۰/۱۵	۱		
وزن پدانکل	-۰/۶۵**	-۰/ ۶۳**	-۰/۷۶**	۰/۲۳	۰/۷۸**	۰/۸۶**	-۰/۶۳**	-۰/۶۰**	-۰/۱۶	-۰/۵۵**	۱	
تعداد دانه در سنبله اصلی	-۰/۰۴	-۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۹	-۰/۴۹*	-۰/۲۲	۰/۸۱**	۰/۸۵**	۰/۲۷	۰/۸۱**	-۰/۵۵**	۱
تعداد دانه در بوته	-۰/۳۳	-۰/۳۳	-۰/۰۲	۰/۴۹	۰/۱۳	-۰/۱۱	۰/۷۱**	۰/۷۰۶**	۰/۸۸**	۰/۲۶	-۰/۲۹	۰/۶۵*
وزن سنبله اصلی	-۰/۶۲**	-۰/ ۵۹**	-۰/ ۶۵**	۰/۲۹	۰/۷۴**	۰/۹۳**	۰/۵۰**	-۰/۴۶*	-۰/۱۰	-۰/۴۵*	۰/۹۳*	-۰/۳۵
وزن دانه در سنبله اصلی	-۰/۶۳**	-۰/ ۵۹**	-۰/ ۶۱**	۰/۳۵	۰/۷۵**	۰/۹۱**	-۰/۴۶*	-۰/۴۳*	-۰/۰۵	-۰/۴۴*	۰/۹۱*	-۰/۳۳
وزن ساقه اصلی	-۰/۴۳*	-۰/۴۱*	-۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۷۶**	۰/۶۹**	-۰/۴۹*	-۰/۴۸*	-۰/۰۱	-۰/۶۱**	۰/۸۳*	-۰/۵۵*
وزن هزار دانه	-۰/۵۹**	-۰/ ۵۷**	-۰/ ۷۰**	۰/۲۱	۰/۷۸**	۰/۸۹**	-۰/۶۷**	-۰/۶۵۳**	-۰/۱۶	-۰/۱۶	۰/۹۷*	-۰/۵۷*
عملکرد دانه در بوته	-۰/۷۶**	-۰/ ۷۲**	-۰/ ۶۰**	۰/۵۶**	۰/۸۰**	۰/۵۹**	-۰/۱۲	-۰/۱۳	-۰/۱۶	۰/۵۹**	۰/۶۰*	-۰/۱۲
عملکرد بیولوژیک در بوته	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/ ۲۷	۰/۱۶	-۰/۲۶	-۰/۱۹	۰/۸۶**	۰/۸۷**	۰/۴۷*	۰/۶۵**	-۰/۴۹*	۰/۸۳**

* و** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۵.

صفات	روز تا سنبله‌دهی	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	طول دوره پر شدن دانه	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد برگ	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله بارور در بوته	تعداد سنبلچه در سنبله	وزن پدانکل	تعداد دانه در سنبله اصلی
شاخص برداشت بوته	-۰/۶۰**	-۰/۵۶**	-۰/۷۱**	۰/۱۸	۰/۷۶**	۰/۷۹**	-۰/۶۸**	-۰/۶۷**	۰/۰۵۰	-۰/۷۰**	۰/۷۷**	-۰/۵۲**
سطح برگ	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۰	-۰/۰۲	-۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۶۰**	۰/۶۶**	-۰/۰۵	۰/۷۶**	-۰/۱۱	-۰/۷۹**
محتوای آب نسبی	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۳۴	-۰/۲۸	-۰/۰۱	۰/۰۱
توانایی حفظ آب در برگ قطع شده	-۰/۴۶*	-۰/۵۰**	-۰/۲۶	۰/۵۲*	-۰/۱۴	-۰/۰۷	۰/۶۱**	۰/۶۳**	۰/۳۷	۰/۵۴**	-۰/۳۰	۰/۶۶**
میزان مصرف آب	۰/۵۸**	۰/۵۲**	۰/۷۳**	-۰/۰۵	-۰/۷۲**	-۰/۷۵**	۰/۵۷**	۰/۵۵**	-۰/۰۶	۰/۵۵**	-۰/۷۵**	۰/۳۹
کارایی مصرف آب دانه	-۰/۷۸**	-۰/۷۴**	-۰/۷۳**	۰/۴۴*	۰/۸۴**	۰/۷۲**	-۰/۲۹	-۰/۷۳**	۰/۴۱*	-۰/۴۹*	۰/۷۴**	-۰/۲۲
کارایی مصرف آب زیست توده	-۰/۱۷	-۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۸	-۰/۴۱	۰/۰۶	۰/۷۳**	۰/۶۶**	۰/۴۹*	۰/۵۰**	-۰/۲۴	۰/۷۴**
طول ریشه اصلی	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۴۲*	-۰/۰۳	-۰/۱۹	-۰/۷۶**	۰/۰۸	۰/۶۶**	۰/۴۵*	-۰/۱۹	-۰/۵۸**	-۰/۱۱
حجم ریشه	۰/۴۱*	۰/۳۸	۰/۴۲*	-۰/۲۴	-۰/۵۷**	-۰/۷۰**	۰/۶۸**	۰/۶۷**	۰/۳۱	۰/۴۸*	-۰/۱۰**	۰/۶۴**
وزن خشک ریشه	۰/۶۷**	۰/۶۶**	۰/۷۴**	-۰/۳۳	-۰/۶۹**	-۰/۷۵**	۰/۶۷**	۰/۶۷**	۰/۹	۰/۵۹**	-۰/۱۶**	۰/۵۶**
سطح ریشه	۰/۴۹*	۰/۶۹**	۰/۴۶*	۰/۵۷**	-۰/۵۲**	-۰/۸۹**	۰/۵۲**	۰/۴۸*	۰/۴۴*	۰/۷۶	-۰/۸۸**	۰/۴۰*
قطر ریشه	۰/۶۷**	۰/۶۹**	۰/۶۹**	-۰/۴۴*	-۰/۵۹**	-۰/۵۲**	۰/۵۶**	۰/۵۶**	۰/۰۷	۰/۴۹*	-۰/۶۵**	۰/۵۱**
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۹	-۰/۰۵	-۰/۵۱**	۰/۴۶*	۰/۸۰**	۰/۸۰**	۰/۱۸	۰/۷۱**	-۰/۶۶**	۰/۷۲**

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

ادامه جدول ۵.

صفات	تعداد دانه در بوته	وزن سنبله اصلی	وزن دانه در سنبله اصلی	وزن ساقه اصلی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیک در بوته	شاخص برداشت بوته	سطح برگ	محتوای آب نسبی
وزن سنبله	-۰/۱۴	۱								
وزن دانه در	-۰/۰۹	۰/۹۹**	۱							
وزن ساقه اصلی	-۰/۲۱	۰/۸۷**	۰/۸۷*	۱						
وزن هزار دانه	-۰/۳۱	۰/۹۵**	۰/۹۲**	۰/۸۶**	۱					
عملکرد دانه در	۰/۴۶*	۰/۶۵**	۰/۶۶**	۰/۵۱*	۰/۵۹**	۱				
عملکرد	۰/۸۰**	-۰/۲۶	-۰/۲۱	-۰/۳۸	-۰/۵۱**	۰/۰۹	۱			
شاخص	-۰/۱۳	۰/۸۶**	۰/۸۷**	۰/۶۹**	۰/۹۰**	۰/۷۷**	-۰/۴۱	۱		
سطح برگ	۰/۳۹	۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۲۴	-۰/۱۸	-۰/۰۳	۰/۷۵**	-۰/۲۳	۱	
محتوای آب	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۰۱	۱

* و** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ادامه جدول ۵.

صفات	عملکرد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیک در بوته	شاخص برداشت بوته	سطح برگ	محتوای آب نسبی	توانایی حفظ آب در برگ قطع شده	میزان مصرف آب	کارایی مصرف آب دانه	کارایی مصرف آب زیست توده
عملکرد بیولوژیک در بوته	۰/۰۹	۱							
شاخص برداشت بوته	۰/۷۷**	-۰/۴۱*	۱						
سطح برگ	-۰/۰۳	۰/۷۵**	-۰/۲۳	۱					
محتوای آب نسبی	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۰۱	۱				
توانایی حفظ آب در برگ قطع شده	۰/۰۳	۰/۳۸	-۰/۳۳	۰/۳۳	-۰/۲۷	۱			
میزان مصرف آب	-۰/۷۲**	۰/۲۳	-۰/۹۰**	۰/۰۵	-۰/۱۸	۰/۲۶	۱		
کارایی مصرف آب دانه	۰/۹۷**	-۰/۰۴	۰/۸۷**	-۰/۰۲۳	۰/۲۱	-۰/۰۴	-۰/۸۵**	۱	
کارایی مصرف آب زیست توده	۰/۳۲	۰/۹۵**	-۰/۱۳	۰/۷۷**	۰/۳۶	۰/۳۱	-۰/۰۷	۰/۲۳	۱
طول ریشه اصلی	-۰/۱۱	-۰/۰۶	-۰/۳۲	-۰/۶۰	-۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۳۱	-۰/۲۴	-۰/۲۰
حجم ریشه	-۰/۴۸*	۰/۵۷**	-۰/۷۵**	۰/۳۲	۰/۰۴	۰/۴۳*	۰/۵۸**	-۰/۵۸**	۰/۳۹
وزن خشک ریشه	-۰/۶۳**	۰/۶۲**	-۰/۸۸**	۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۶۸**	-۰/۷۴**	۰/۴۰*
سطح ریشه	-۰/۴۰*	۰/۳۹	-۰/۷۱**	-۰/۰۶	-۰/۰۱	۰/۳۲	۰/۵۷**	-۰/۵۴**	۰/۱۹
قطر ریشه	-۰/۳۵	۰/۷۲**	-۰/۵۷**	۰/۵۰**	۰/۲۷	-۰/۱۷	۰/۴۴*	-۰/۴۴*	۰/۵۹**
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	-۰/۴۴*	۰/۵۶**	-۰/۷۵**	۰/۵۰**	-۰/۱۸	۰/۷۰	۰/۵۹**	-۰/۵۲**	۰/۴۰*

* و** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

ادامه جدول ۵.

صفات	تعداد دانه در بوته	وزن سنبله اصلی	وزن دانه در سنبله اصلی	وزن ساقه اصلی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیک در بوته	شاخص برداشت بوته	سطح برگ	محتوای آب نسبی
وزن سنبله	-۰/۱۴	۱								
وزن دانه در سنبله اصلی	۰/۰۹-	۰/۹۹**	۱							
وزن ساقه اصلی	۰/۲۱-	۰/۸۷**	۰/۸۷*	۱						
وزن هزار دانه	۰/۳۱-	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۸۶**	۱					
عملکرد دانه در بوته	۰/۴۶*	۰/۶۵**	۰/۶۶**	۰/۵۱*	۰/۵۹**	۱				
عملکرد	۰/۸۰**	۰/۲۶-	۰/۲۱-	۰/۳۸-	۰/۵۱-**	۰/۰۹	۱			
شاخص	۰/۱۳-	۰/۸۶**	۰/۸۷**	۰/۶۹**	۰/۹۰**	۰/۷۷**	۰/۴۱-	۱		
سطح برگ	۰/۳۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲۴-	۰/۱۸-	۰/۰۳-	۰/۷۵**	۰/۲۳-	۱	
محتوای آب	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۰۱	۱

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

گزینش برای مقادیر بالاتری از صفات کارایی مصرف آب دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت بوته، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی، وزن سنبله‌ی اصلی، وزن پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، طول پدانکل، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن ساقه اصلی و تعداد دلنه در بوته و گزینش برای مقادیر کمتری از صفات فنولوژیک و صفات ریشه‌ای در این اکوتیپ‌ها منجر به بهبود عملکرد دانه خواهد شد.

در تحقیقی دیگر بر روی ۹۴ لاین گندم دابل هابلوئید، والدین آن‌ها و ۵ رقم بومی ایرانی، توسط آرمینیان و هوشمند (٦)، مشخص شد که همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، تعداد پنجه بارور و عرض برگ پرچم وجود داشت. همچنین آن‌ها گزارش کردند که بین عملکرد دانه و تعداد پنجه‌ی کل، ارتفاع بوته و تعداد گره همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد. در تحقیق فوق صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، به‌عنوان موثرترین صفات برای بهبود عملکرد دانه، شناسایی شدند. به‌طوری‌که صفت وزن هزار دانه، به‌عنوان شاخصی مطلوب جهت گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط نرمال رطوبتی، توسط بسیاری از محققین تاکید و پیشنهاد شده است (۱۰). این در حالی است که رنجبر و همکاران (۳٤)، برخلاف نتایج تحقیقات قبلی، همبستگی منفی و معنی‌داری را بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه گزارش کردند. در مطالعه‌ای بر روی گونه‌های وحشی گندم، مرادی و آقایی(۲۹)، همبستگی‌های مثبت و منفی معنی‌داری بین برخی از صفات مورد ارزیابی و عملکرد دلنه نشان دادند. در تحقیق بر روی گندم، محمدی و همکاران (۲۳)، اظهار شد که بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع بوته و طول پدانکل همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. شاید یکی از دلایل این همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این دو صفت با عملکرد دانه به‌واسطه ذخیره مواد فتوسنتزی در این اندام‌ها و انتقال مجدد آن‌ها به بخش‌های زایشی از جمله دانه‌ها، به‌عنوان مخزن یا محل ذخیره مواد پرورده، است. نتایج این پژوهش (جدول ۵) نشان داد که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه است. مفهوم نتیجه به‌دست آمده این است که عملکرد دانه در اکوتیپ‌های مطلوب این پژوهش هم از طریق تعداد دانه و هم از طریق وزن هزار دانه افزایش یافته است. در واقع شاید بتوان این طور بیان کرد که با افزایش تعداد دانه و وزن هزار دانه، صفاتی چون وزن دانه در سنبله اصلی، وزن سنبله اصلی و وزن ساقه اصلی افزایش می‌یابند و لذا به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار سه صفت وزن دانه در سنبله اصلی، وزن سنبله اصلی و وزن ساقه اصلی با عملکرد دانه، در نهایت عملکرد دلنه افزایش خواهد یافت. دیگر نتیجه قابل‌توجه این پژوهش (جدول ۵)، ارتباط مثبت و معنی‌دار بین صفت طول دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه بود که در برخی از تحقیقات قبلی هم تایید شده است. در واقع با افزایش طول دوره پر شدن دانه، دانه‌هایی با وزن هزار دانه بیشتری به‌دست آمده است که این مساله موجب افزایش عملکرد دانه از طریق وزن هزار دانه شده است. به‌طوری‌که نتایج به‌دست آمده هم نشان داد که بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. طبق نتایج (جدول ۵) صفت کارایی مصرف آب، دارای بیشترین ارتباط مثبت و معنی‌دار با عملکرد دلنه بود. در تحقیقی (١٤) اظهار شد که صفت کارایی مصرف آب با داشتن همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه، شاخصی مناسبی جهت گزینش غیرمستقیم در به‌نژادی برای افزایش عملکرد دانه است. در تحقیق عبدی و همکاران در گندم وحشی (۱)، اظهار شد که صفات کاریی مصرف آب، زیست توده در بوته، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن دانه در سنبله اصلی و وزن سنبله اصلی با عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی داری نشان دادند. در تحقیق فوق، صفات طول ریشه اصلی، روز تا سنبله‌دهی و روز تا گلدهی همبستگی منفی و معنی‌داری با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

عملکرد نشـان دادند. یکی از دلایل همبسـتگی بین دو صـفت می‌تواند به‌علت قرارگرفتن ژن‌های کنترل کننده آن دو صـفت بر روی یـک کروموزوم، بـه‌عنوان یـک گروه لینکـاژی، بـاشـد. درخصوص صفات کیفی، همبستگی بین صفات به‌طور منحصر، بـه مکـان ژنی کنترل‌کننـده آن صـفـات و ارتبـاط آن‌هـا روی کروموزوم بسـتگی دارد کـه این ارتبـاط می‌توانـد بـه‌صـورت پیوسـتگی ژن‌ها یا اثر متقابل غیر آللی و یا ترکیبی از این حالات جلوه کنـد، ولی در مورد صـفـات کمی علاوه بر ژن‌هـای کنترل‌کننده صـفت، پارامترهای مختلف از جمله عوامل محیطی هم می‌تواند موجب همبستگی بین صفات شـود. همبسـتگی‌های بالای صفات در شرایط رطوبتی مختلف نشان می‌دهد که هرگونه تلاش در راسـتای به‌نژادی آن‌ها منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شـد. برخی از صـفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به میزان زیادی به عملکرد دانه کمک می‌کنند. صفات مورفولوژیکی مانند تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور در بوته، وزن هزار دانه، طول دم‌گل، ارتفاع بوته، طول سـنبله، تعداد دانه در سـنبله، وزن دانه در سـنبله و غیره بر عملکرد گندم تأثیر می‌گذارند (۵ و ۳۸). به‌طوری‌که در تحقیقی (۱۳) که به‌منظور شـناسـایی صـفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد گندم انجام شـد، گزارش شـد که صـفات تعداد دانه در سـنبله، تراکم سنبله، تعداد پنجه بارور، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک دارای همبسـتگی مثبت و معنی‌داری بـا عملکرد دانه بودند (۱۳). همچنین در پژوهش صـبا و همکاران (۳٦) در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت تنش رطوبتی، اظهار شـد که عملکرد دانه در بوته با صـفات عملکرد بیولوژیک در بوته، تعداد سـنبله بارور در بوته، وزن هزار دانه و طول دوره پرشـدن دانه، همبسـتگی مثبت و معنی‌داری داشـت. همچنین در همین تحقیق (۳٦)، اظهار شـد که صـفات ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول ریشه و وزن خشک ریشه با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان دادند. در تحقیقی دیگر در ارقام گندم (۱۳) گزارش شد که عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در سنبله، تراکم سنبله، تعداد پنجه بارور، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. در واقع نتایج تحقیقات قبلی، که به‌طور عمده بر روی ژنوتیپ‌های زراعی انجام شـده بود، در بیشـتر موارد با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، که بر در ژنوتیپ‌های وحشی انجام شـد، مطابقت خوبی نشـان داد. به‌طوری‌که در تحقیق حاضـر هم صفاتی چون طول پدانکل، وزن پدانکل، وزن سنبله اصلی، وزن دانه در سنبله اصلی، وزن ساقه اصلی، تعداد سنبله بارور در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و طول دوره پر شـدن دانه باعث بهبود راندمان مصـرف آب و افزایش شـاخص برداشـت و در پایان منجر به افزایش عملکرد دانه شـده‌اند. از طرفی دیگر، افزایش سـطح برگ نیز منجر به فتوسـنتز بیشـتر و افزایش اجزاء مهم عملکرد گردیده اسـت. این در حالی بود که اغلب صـفات فنولوژیک و صـفات ریشـه‌ای، نیز مطابق نتایج تحقیقات قبلی، همبسـتگی منفی و معنی‌داری را با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ٤).

تجزیه رگرسیون گام به گام

این تجزیه با هدف پیش‌بینی و شناسایی مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه اکوتیپ‌های گندم آجیلوپس تائوشـی و همچنین جهت تعیین سهم هریک از این صفات در واریانس عملکرد دانه تحت شرایط مطلوب رطوبتی، انجام شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای اکوتیپ‌های آژیلوپس تائوچی (جدول ٦) نشـان داد که مهم‌ترین صـفات موثر بر تغییرات عملکرد دانه تحت شـرایط نرمال رطوبتی به‌ترتیب کارایی مصـرف آب، وزن دانه در سنبله اصلی و وزن خشک ریشه (با ضریب منفی) بودند که در مجموع ۹۸/۹ درصـد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ٦). براسـاس نتایج جدول همبسـتگی صـفت کارایی مصـرف آب دارای بالاترین همبسـتگی مثبت با عملکرد دانه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ٦. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای ده اکوتیپ آجیلوپس تائوشی در طی دو سال کاشت متوالی تحت شرایط رطوبتی ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی

مراحل رگرسیون	صفات وارد شده به مدل	عرض از مبدأ	ضرایب رگرسیونی			ضریب تبیین تجمعی
			X_1	X_2	X_3	
۱	کارایی مصرف آب دانه (X_1)	۰/۱۲	۳۸/۹	---	---	۹۳/٤**
۲	وزن دانه در سنبله اصلی (X_2)	-۰/۰۷	۳۵/۱	۰/۳٤	---	۹۸/۱**
۳	وزن خشک ریشه (X_3)	۰/۱٤	۲۹/٦	۰/۵۱	-۰/۰۲	۹۸/۹**

(r=۰/۹۸**) بود. در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نیز، این صفت اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و به‌تنهایی ۹۳/٤ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. این نتیجه نشان‌دهنده نقش مؤثر این صفت در گزینش اکوتیپ‌های مطلوب با عملکرد دانه بالا بود (٤۳). بنابراین طبق نتایج حاصله شاید بتوان اظهار داشت که هرگونه تلاش برای افزایش کارایی مصرف آب دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت بوته، وزن دانه در سنبله‌ی اصلی، وزن سنبله‌ی اصلی، وزن پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن ساقه اصلی و تعداد دانه در بوته منجر به بهبود عملکرد دانه خواهد شد. در تأیید این نتایج، رگرسیون گام به گام نیز نشان داد که صفت وزن دانه در سنبله اصلی می‌تواند یک ویژگی مهم برای بهبود غیرمستقیم عملکرد دانه باشد. به‌طور کلی، کارایی مصرف آب دانه و وزن دانه در سنبله اصلی به‌عنوان دو جزء اصلی عملکرد دانه پیشنهاد می‌شوند (۲۸). از طرفی دیگر، اکوتیپ‌های مطلوب، از جمله اکوتیپ A19، که بخش کم‌تری از مواد پرورده خود را را به بخش‌های زیرزمینی اختصاص داده‌اند و بیشتر مواد فتوسنتزی خود را به مخازن (دانه‌ها) اختصاص می‌دهند دارای کارایی مصرف آب بیشتر و درنهایت عملکرد بهتری هستند (جدول ۵). بنابراین، با توجه به مطالعات قبلی (۲۱ و ۳۰)، راندمان مصرف آب را می‌توان به‌عنوان یک شاخص ارزشمند برای انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد دانه در شرایط مختلف رطوبتی پیشنهاد کرد.

آقایی سربرزه و امینی (۲) با انجام تجزیه رگرسیون درگندم‌های مصنوعی نشان دادند که صفاتی مانند تعداد روز از ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد دانه درسنبله، رابطه مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشتند. بر اساس رگرسیون مرحله‌ای، عملکرد بیولوژیک، وزن دانه در سنبله و تعداد سنبله، از مهم‌ترین اجزای عملکرد بوده و سهم موثرتری در توجیه عملکرد دانه داشتند (٤۲). در مطالعه ای (۳۷)، صفات شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تراکم سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، طول ریشک و دوره پر شدن دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه گندم نان شناسایی شدند. در مطالعه‌ای دیگر (۲۵)، شاخص برداشت دانه، زیست توده و محتوای نسبی آب برگ، به‌عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، پیشنهاد شدند که در مجموع ۹٤ درصد تغییرات عملکرد را تبیین کردند. هارب و همکاران (۱۲) بیان کردند که زیست توده گیاهی، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله و وزن دانه در سنبله بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه توده های بومی گندم داشتند. در مطالعه ای کارایی مصرف آب و وزن دانه در سنبله اصلی موثرترین صفات برای بهبود عملکرد دانه بودند. مقدار بالای کارایی مصرف آب، شاخص برداشت گیاه، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله اصلی، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیکی در بوته و محتوای نسبی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

جدول ۷. نتایج تجزیه علیت برای ده اکوتیپ آجیلوپس تائوشی در طی دو سال کاشت متوالی تحت شرایط رطوبتی ۹۵ درصد ظرفیت گلدانی

شماره صفت	نام صفت	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم بر عملکرد دانه از طریق صفت.....			ضریب همبستگی صفت با عملکرد دانه
			X_1	X_2	X_3	در بوته
۱	کارایی مصرف آب دانه (X_1)	۱/۰٤	---	۰/٤۳	-۰/٦۰	۰/۹۷
۲	وزن دانه در سنبله اصلی (X_2)	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	---	۰/۰۰۱	۰/٤۷
۳	وزن خشک ریشه (X_3)	۰/۱۲	-۰/۰۷	۰/۰۳	---	-۰/٤۸

اثر باقیمانده = ۰/۲۲

آب و مقدار کم صفات فنولوژیک، به جز دوره پر شدن دانه، توانایی حفظ آب در برگ قطع شده و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی برای بهبود عملکرد دانه پیشنهاد شد (۲٦).

تجزیه علیت

تجزیه علیت (مسیر) با هدف تفسیر بهتر نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام و تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات و جهت اطلاع از روابط بین این صفات، انجام شد. در واقع بررسی روابط بین صفات کمی و قابل توارث، اثر مستقیم و غیر مستقیم آنها بر روی عملکرد دانه از مهم‌ترین عوامل موفقیت برای گزینش صفات در یک برنامه به‌نژادی هستند (۱٦).

نتایج تجزیه علیت برای اکوتیپ‌های آجیلوپس تائوشی نشان داد که صفت کارایی مصرف آب دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه بود (جدول ۷). در این صفت اثرات مستقیم صفات با اثر همبستگی کل مطابقت داشت و تأثیر آن‌ها در یک جهت بود، بنابراین هرگونه تلاش در جهت افزایش این صفت، منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. همچنین صفت وزن خشک ریشه (با ضریب منفی) و وزن دانه در سنبله اصلی به‌ترتیب از طریق کاهش و افزایش میزان صفت کارایی مصرف آب دانه، دارای بیشترین اثر غیر مستقیم منفی و مثبت بر عملکرد دانه بودند. در مطالعه ای بر روی لاین های امیدبخش گندم (۲۷)، صفت شاخص برداشت و زیست توده در بوته بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه نشان دادند. همچنین صفت زیست توده بیشترین اثر منفی غیرمستقیم را بر کاهش عملکرد دانه نشان داد. این نتیجه نشان می دهد که ژنوتیپ هایی که بخش زیادی از قسمت هوایی خود را به تشکیل دانه و پر شدن دانه اختصاص می‌دهند، عملکرد دلنه بالایی خواهند داشت. نظری و همکاران (۳۰) گزارش کردند که صفات مهمی مانند کارایی مصرف آب، وزن دانه در سنبله اصلی و شاخص برداشت گیاه، بیشترین تأثیر مستقیم را بر افزایش میانگین عملکرد دانه داشتند. در واقع، این صفات کاندیدهای مناسبی برای انتخاب غیرمستقیم جهت بهبود عملکرد دانه در گندم هستند و می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب باشند. به‌طور کلی گزارش‌های متعددی در مورد ارتباط مثبت عملکرد و کارایی مصرف آب در شرایط مختلف رطوبتی وجود دارد (۱۳ و ۱٦). بنابراین شاید بتوان اظهار کرد که شناسایی صفات مهم و مؤثر بر عملکرد خویشاوندان گندم وحشی، معیار مطلوبی برای انتخاب در ارقام گندم زراعی است، اگرچه این نتیجه‌گیری نیاز به تکرار پژوهش و تحقیقات بیشتر دارد. بنابراین شاید بتوان اظهار کرد که شناسایی صفات مهم و مؤثر بر عملکرد در گندم وحشی، معیار مطلوبی برای انتخاب در گندم زراعی است، همچنین، افزایش کارایی مصرف آب درشرایط مختلف رطوبتی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (۲۰). به‌طور کلی اظهار می‌شود که تلاش گیاه برای افزایش شاخص برداشت، از طریق افزایش اجزاء عملکرد، و افزایش کارایی مصرف آب دو

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

شـــاخص مهم برای موفقیت یک ژنوتیپ در شـــرایط نرمال رطوبتی اســت که می‌تواند به‌عنوان یک اســتراتژی به‌نژادی در این شرایط استفاده شود.

نتیجه‌گیری کلی

طبق نتایج این تحقیق و تحقیقات قبلی، گندم وحشـــی گونه آجیلوپس تائوشی، به‌عنوان یکی از خویشاوندان وحشی گندم، مخزن ژنی مهمی برای بهبود عملکرد گندم در شـرایط مختلف رطوبتی اسـت. در این تحقیق، اکوتیپA19 ، با داشـتن مقادیر بیشتری از عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن، از جمله کارایی مصـــرف آب، وزن دانه در ســـنبله اصـــلی و با داشـــتن مقادیر کمتری از صـــفات فنولوژیک و همچنین مقدار کمتری از وزن خشـک ریشـه، به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ معرفی شـد. این در حالی اسـت که اکوتیپ‌های A16 و A17 با داشـتن مقادیر بیشـــتری از صـــفات فنولوژیک، از جمله صـــفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با داشـــتن مقدار بیشـــتری از صـــفات ریشـــه‌ای، از جمله وزن خشـــک، به‌عنوان نامطلوب‌ترین اکوتیپ، تحت شـــرایط این پژوهش شـــناســـایی شـــد. صـــفت کارایی مصـــرف آب دانه با بیشـــترین اثر مســـتقیم بر عملکرد دانه و به‌ترتیب صـــفات وزن دانه در سنبله اصلی و وزن خشک ریشه (با ضریب منفی)، با بیش‌ترین اثر غیرمســـتقیم مثبت و منفی بر عملکرد، به‌عنوان مهم‌ترین صـــفات تاثیرگذار بر عملکرد دانه در اکوتیپ‌های حاضـــر شـــناســـایی شـــدند. بنابراین، شـــاید بتوان گزینش برای مقادیر بالاتری از دو صفت کارایی مصرف آب دانه و وزن دانه در سنبله اصلی و مقادیر کم‌تری از صفات فنولوژیک و صفات ریشـه‌ای را، به‌عنوان صـفاتی با توارث پذیری سـاده و پاسـخ به گزینش بالا، جهت شـناسـایی اکوتیپ‌های شـاخص با عملکرد مطلوب در شرایط نرمال رطوبتی را در برنامه‌های آتی به‌نژادی گندم پیشنهاد داد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وســـیله نویســـندگان، از کلیه کســـانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رســـانیده‌اند، کمال تشـــکر و قدردانی را دارند. همچنین از دانشـــگاه بوعلی ســـینا که از طریق تامین گرنت با شـــماره ۴۸۹۵، بخشـــی از هزینه‌های این پژوهش را فراهم کرده است سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abdi, F., S. S. Moosavi, M. R. Abdollahi, S. Tahmasebi-Enferadi and M. Maleki. 2019. Responses of above and below ground traits of 10 accessions of Triticum boeoticum to non-stress and imposed moisture stress conditions. *Desert* 24(1): 87-97.
2. Aghaee Sarbarze, M. and A. Amini. 2013. Evaluation of agronomic characteristics of synthetic wheat genotypes. *Seed and Plant Journal* 1(29): 25-44. (In Farsi).
3. Ali, I. and E. Shakor. 2012. Heritability, variability, genetic correlation, and path analysis for quantitative traits in durum and bread wheat under dry farming conditions. *Mesoptamia Journal of Agriculture* 40: 27-39.
4. Alizadeh, A. 2006. Soil, Water-Plant Relationship. Astane of Ghodse of Razavi Publication, Mashhad. (In Farsi).
5. Aminzadeh, G. 2010. Evaluation of seed yield stability of wheat advanced genotypes in Ardabil, Iran. *Research Journal of Environmental Sciences* 4: 478-482.
6. Arminian, A. and S. Houshamnd. 2017. Investigation and importance of relationships of grain yield and yield components in wheat (*Triticum Aestivum* L.) breeding. *Journal of Crop Breeding* 9(23): 1-8.
7. Ashraf, M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances* 28: 169-183.
8. Blum, A. 2011. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Vol. XIV. Springer, New York.
9. Comas, L., S. Becker, V. M. V. Cruz, P. F. Byrne and D. A. Dierig. 2013. Root traits contribute to plant productivity under drought. *Front Plant Science* 4: 1-16.
10. Deyong, Z. 2011. Analysis among main agronomic traits of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in Qinghai Tibet Plateau. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences* 17: 615-622.
11. Elhadi, G. M. I., N. M. Kamal, Y. S. A. Gorafi, Y. Yamasaki, K. Takata, I. S. A. Tahir, M. O. Itam, H. Tanaka and H. Tsujimoto. 2021. Exploitation of tolerance of wheat kernel weight and shape-related traits from *Aegilops tauschii* under heat and combined heat-drought stresses. *International Journal of Molecular Sciences* 22:1830-1838.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

12. Harb, S., M. Khodarahmiand and B. Sorkhi. 2012. Evaluation of genetic diversity for morphological and phenological traits in Iranian landrace wheat. In: Proceeding of 12th Iranian Genetics Congress. Tehran, Iran. pp. 1121-1122
13. Hooshmandi, B. and V. Rashidi. 2016. Evaluation of the effects of some mrphophysiolocal traits on seed yield of winter wheat genotypes. *Journal of Crop Ecophysiology* 10(2): 447-460. (In Farsi).
14. Janmohammadi, M., Z. Movahedi and N. Sabaghnia. 2014. Multivariate statistical analysis of some trait of bread wheat for breeding under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences* 59: 1-14.
15. Jones, H., N. Gosman, R. Horsnell, G. A. Rose, L. A. Everst, A. R. Bentley, S. Tha, C. Uauy, A. Kowalski, D. Novoselovic, R. Simek, B. Kobiljski, A. Kondic-Spika, L. Brbaklic, O. Mitrofanova, Y. Chesnokov, D. Bonnett and A. Greenland. 2013. Strategy for exploiting exotic germplasm using genetic, morphological, and environmental diversity: the *Aegilops tauschii* Coss. Example. *Theoretical and Applied Genetics* 126: 1793-1808.
16. Khan, A. J., F. Azam and A. Ali. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbred wheat lines grown under drought conditions. *Pakistan Journal of Botany* 42(1): 259 - 267.
17. Khodadadi, M., H. Dehghani and M. H. Fotokian. 2012. Study of heritability, path and factor analysis in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Jouran of Agronomy Sciences* 4(4): 67-74. (In Farsi).
18. Khodadadi, Z., M. Omidi, A. Etminan, A. Ebrahimi and A. Pour-Aboughadareh. 2023. Molecular and physiological variability in bread wheat and its wild relative (*Aegilops tauschii* Coss.) species under water-deficit stress conditions. *Biotechnology* 12(3): 28-39.
19. Ki Hyun, K., M. K. Abuhena, S. Kwang Hyun, C. Jong Soon, H. Hwa Young and W. Sun-Hee. 2010. Large-scale proteome investigation in wild relatives (A, B and genomes) of wheat. *Acta Biochim Biophys sin* 10(1093): 1-8.
20. Lopez, G., B. Pallas, S. Martinez, P. E. Lauri, J. L. Regnard, C. E. Durel and E. Costes. 2017. Heritability and genetic variation of plant biomass, transpiration, and water use efficiency for an apple core collection. *Acta Horticulture* 1172: 317-322.
21. Mahjoob, M. M. M., Y. S. A. Gorafi, N. M. Kamal, Y. Yamasaki, I. S. A. Tahir, Y. Matsuoka and H. Tsujimoto. 2021. Genome-wide association study of morpho-physiological traits in *Aegilops tauschii* to broaden wheat genetic diversity. *Plants* 10: 211-218.
22. Mguis, Kh., A. Albouchi, M. Abassi, A. Khadhri, M. Ykoubi-Tej, A. mahjoub, N. Ben Brahim and Z. Ouerghi. 2013. Responss of leaf growth and gas exchanges to salt stress during reproductive stage in wild whrat relative *Aegilops geniculate* Roth. and wheat (*Triticum durum*). *Acta Physiologiea Platarum* 35: 1453-1461.
23. Mohammadi, A., A. Majidi, M. R. Bihamta and Sh. Heydari. 2007. Evaluation of drought stress on agronomic-morphologic trials in some wheat varieties. *Journal of Agriculture and Horticulture Research* (*Pajouhesh and Sazandegi*) 73: 184-192. (In Farsi).
24. Moll, R. H. and E. J. Kamparth. 1977. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. *Agronomy Journal* 69: 81-84.
25. Moosavi, S. S., F. Abdi, M. R. Abdollahi, S. Thmasebi Enferadi and M. Maleki. 2020. Phenological, morpho-physiological, and proteomic responses of Triticum boeoticum to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 156: 95-104.
26. Moosavi, S. S., F. Kianersi and M. R. Abdollahi. 2013. Application of multivariate statistical methods in the detection of effective traits on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under moisture stress conditions. *Cereal Researches* 3(2): 119-130. (In Farsi).
27. Moosavi, S. S., F. Kianersi and M. R. Abdollahi and D. Afioni. 2016. Evaluation of grain yield of bread wheat promising lines and identification of agro-morphological traits associated with yield under terminal moisture stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing* 18: 91-103. (In Farsi).
28. Moosavi, S. S., M. Nazari and M. Maleki. 2017. Responses of above and below-ground traits of wheat wild relative (*Aegilops tauschii*) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) to imposed moisture stress. *Desert* 22(2): 209-220.
29. Moradi, A. and M. G. Aghai. 2012. The study of genetic diversity in wild wheat species by morphological traits. *Plant Prouductions* 34(2): 41-55. (In Farsi).
30. Nazari, M., S. S. Moosavi and M. Maleki. 2018. Morpho-physiological and proteomic responses of *Aegilops tauschii* to imposed moisture stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 132: 445-452.
31. Nguyen, A. T., R. Nishijima, T. Kajimura, K. Murai and S. Takumi. 2015. Quantitative trait locus analysis for flowering-related traits using two F2 populations derived from crosses between Japanese common wheat cultivars and synthetic hexaploids. *Genes and Genetic Systems* 90: 89-98.
32. Paok, K., A. Das, B. Mittra and P. Mohanty. 2011. Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove (*Bruguiera parviflora* L.). *Naturforschung A Journal of Chemical Science* 59: 408-414.
33. Pour-Aboughadareh, A., F. Kianersi, P. Poczai and H. Moradkhani. 2021. The potential of wild relatives of wheat: Ideal genetic resources for future breeding programs. *Agronomy* 11: 1656.
34. Ranjbar, A., A. R. Sepaskhah and S. Emadi. 2015. Relationships between wheat yield, yield components and physico-chemical properties of soil under rainfed conditions. *International Journal of Plant Production* 9: 433-465.
35. Rymuza, K., E. Turska, G. Wielogórska and A. Bombik. 2012. Use of principal component analysis for the assessment

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

of spring wheat characteristics. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura* 11: 79-90.
36. Saba, J., Sh. Tavana, Z. Qorbanian, E. Shadan, F. Shekari and F. Jabbari. 2018. Canonical correlation analysis to determine the best traits for indirect improvement of wheat grain yields under terminal drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 20: 1037-1048.
37. Sayyah, S. S. 2010. Studying terminal drought stress effect on grains yield, yield components, and some morphophysiological traits in irrigated wheat genotypes. MSc Thesis. Razi University. Kermanshah, Iran.
38. Sharma, K. D. and A. Kumar. 2013. Identification of physiological and yield related traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under varying soil moisture stress. *Journal of Agrometeorology* 16(1): 78-84.
39. Sing, N. 2017. Genetic Diversity of Wheat Wild Relative, *Aegilops Tauschii*, for Wheat Improvement. Interdepartmental Genetics College of Agriculture, poland.
40. Sohail, Q., T. Inoue, H. Tanaka, A. E. Eltayeb, Y. Matsuoka and H. Tsujimouka. 2011. Applicability of *Aegilops tauschii* drought tolerance traits to breeding of hexaploid wheat. *Breeding Science* 61: 347-357.
41. Vafabakhsh, J., M. Nassiri Mahallati, A. Koocheki and M. Azizi, 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 280- 292.
42. Zakizadeh. M., M. Esmaeilzadeh and D. Kahrizi. 2010. Study on genetic variation and relationship between plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes-using multivariate analysis. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(2): 18-30. (In Farsi).
43. Zhu, J., P. Hoa, G. Chen, C. Han, X. Li and F. J. Zeller. 2014. Molecular cloning, phylogenetic analysis, and expression profiling of endoplasmic reticulum molecular chaperone BiP genes from bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biology* 14: 260-271.
44. Zhu, L. C., C. M. Smith, A. Fritz, E. Boyko, P. Voothuluru and B. S. Gill. 2005. Inheritance and molecular mapping of new green bug resistance genes in wheat germ plasms derived from *Aegilops tauschii*. *Theoeory and Appied. Genetics.* 111:831–837.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 14, No. 4, Winter 2025, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Identification of the Most Important Root, Phenological, Morpho-Physiological, and Agronomic Traits Affecting Grain Yield of Wild Wheat (*Aegilops tauschii* L.)

S. S. Moosavi[1*], F. Hosseini[2], M. R. Abdollahi[1] and A. Sepehri[1]

1 and 2. Associate Professors and Graduated M.Sc. Student, Respecyively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
[*]Corresponding author's e-mail address: s.moosavi@basu.ac.ir

(Received: April 14-2024; Accepted: August 24-2024)

Extended Abstract

Introduction

Wheat plays a very important role in meeting the food security in the world. The wild relatives of wheat have high genetic diversity for various traits. These traits can be exploited in order to improve the yield of bread wheat, and as a result, answer the question of food security for the growing population. *Aegilops tauschii* or *Aegilops squarrosa* L. is a diploid and self-pollinating species that has given the D genome to bread wheat as a donor parent. Genome D is an unexploited gene reservoir for genetic diversity that can be used to increase the quantity and quality of grain yield in common bread wheat. *Aegilops tauschii* as a valuable gene pool, has always been of interest to researchers to improve yield and related traits in wheat. Based on this, identifying and using allelic diversity for various root, phenological and morpho-physiological traits in this species is very important in order to expand the genetic base of wheat to improve wheat yield. Therefore, the aim of this research was to study the relationships between different traits and grain yield in order to identify the most important traits affecting the changes of grain yield in ten different ecotypes of *Aegilops tauschii*.

Matherials and Methods

This research was conducted in a repeated manner during the years 2016 and 2017 in the Research Greenhouse of Bu-Ali Sina University, Hamedan, west of Iran, in the form of a randomized complete block design with three replications under normal moisture conditions (supplying 95% of field capacity). The plant materials of this research included 10 ecotypes of *Aegilops tauschii*. The seeds were germinated and grown in germination trays containing equal proportions of perlite and cocopeat. After the seeds germinated, all the seedlings in the trays were transferred to the cold room at the temperature of 4 degrees Celsius for five weeks in the two-leaf stage for vernalization. Then, the seedlings were transplanted into 10 kg plastic pots (pots had a diameter of 40 cm and a depth of 50 cm), which contained an equal ratio of agricultural soil, sand, and rotted animal manure. In this research, 34 attributes were measured and evaluated.

Results and Discution

High genetic diversity among ecotypes was observed for most of the important traits related to grain yield. The desired ecotype A19 had the highest, and ecotypes A16 and A17 had the lowest yield and grain yield components. The results of correlation analysis revealed that an array of traits including grain water use efficiency, plant height, harvest index, grain weight per main spike, main spike weight, peduncle weight, spikelets/spike, peduncle length, thousand grain weight, grain filling period length, and main stem weight

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]

showed the highest positive and significant correlation ($p \leq 0.01$) with grain yield. Additionally, grain yield had the most significant ($p \leq 0.01$) and negative correlation with days to heading, water consumption, days to anthesis, root dry weight, and days to maturity. According to the stepwise regression results, water use efficiency, grain weight per main spike (both with a positive regression coefficient), and root dry weight (with a negative regression coefficient) were identified as the most important traits influencing grain yield variations. Water use efficiency had the highest direct positive effects on grain yield, while grain weight per main spike and root dry weight had the highest indirect positive and negative effects on grain yield, respectively, through increasing and decreasing water use efficiency. Therefore, it may be infered that due to the relative similarity of the genetic background of common bread wheat with *Aegilops tauschii* species, as one of its wild ancestors, the selection for higher grain water use efficiency and grain weight in the main spike, as well as root and phenological traits (except grain filling period) leads to the improvement of common wheat yield in normal moisture conditions. Ecotypes A16 and A17 were identified as the most unfavorable ecotypes, mainly because they needed greater number of days to heading, days to pollination, and days to physiological maturity, and invested more photosynthetic products to rooting attributes, including root dry weight. According to the results of this research, *Aegilops tauschii*, is an important gene reservoir for improving wheat yield. In this research, ecotype A19, where its higher amounts of grain yield and related traits, including water use efficiency and grain weight in the main spike are accompanied by lower amounts of phenological traits as well as lower dry weight of roots, was the most desirable ecotype.

Conclusion

Water use efficiency, grain weight per main spike and root dry weight were identified as the most important traits affecting grain yield. Therefore, it may be possible to select for higher values of water use efficiency and grain weight per main spike and lower values of phenological traits and root traits. These traits, which have high heritability and respond well to selection, can be used to identify ecotypes of this wild wheat. Ultimately, they can be used in future wheat breeding programs.

Keywords: *Wild wheat ancestors, Genome D, Correlation analysis, Regression analysis, Causal analysis.*

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.47176/jcpp.14.4.26418]