دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره نهم، شماره ۱۷، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
http://arpe.gonbad.ac.ir

استفاده از رگرسیون گام به گام در تعیین صفات مؤثّر بر عملکرد در کلزا (*Brassica napus* L.)

عباس بیابانی[۱]، عباس فروغی[۲]، حدیثه فرامرزی کوهسار[۳]*

[۱]استاد گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
[۲]دانش آموخته دکتری گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
[۳]دانشجوی دکتری گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱

چکیده

مقدمه: در دهه‌های اخیر، با افزایش روزافزون جمعیت جهان و تغییر الگوهای مصرف، تقاضا برای محصولات کشاورزی، به‌ویژه دانه‌های روغنی، به طور چشمگیری افزایش یافته است. دانه‌های روغنی نه تنها منبع اصلی روغن‌های خوراکی محسوب می‌شوند، بلکه در صنایع مختلف نظیر تولید بیودیزل و خوراک دام نیز کاربرد وسیعی دارند. در این میان، کلزا به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین دانه‌های روغنی در سراسر جهان شناخته می‌شود که به دلیل سازگاری با طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی و پتانسیل بالای تولید روغن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با این حال، محدودیت در گسترش زمین‌های ویژگی‌های مرتبط با رشد، توسعه، کارایی فتوسنتزی و تخصیص زیست‌توده به دانه باشند. با شناخت دقیق سهم هر یک از این صفات در عملکرد، می‌توان استراتژی‌های بهینه‌ای برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر ارائه داد. علاوه بر این، بررسی همبستگی‌های موجود بین صفات مختلف می‌تواند به درک بهتر روابط پیچیده بین اجزای عملکرد و جلوگیری از انتخاب متضاد صفات در برنامه‌های اصلاحی کمک کند. هدف از این پژوهش، تعیین مهم‌ترین صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه کلزا و سهم نسبی آن‌ها در افزایش بازدهی، با استفاده از روش‌های آماری پیشرفته در شرایط اقلیمی شمال خراسان بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش، آزمایشی مزرعه‌ای طی دو سال زراعی متوالی، یعنی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ و ۱۳۹۴-۱۳۹۵، در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان واقع در استان خراسان شمالی ایران به اجرا درآمد. این منطقه با اقلیم خاص خود، شرایط مناسبی را برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های کلزا به فراهم می‌آورد. در این مطالعه، تعداد ۲۰ رقم مختلف از کلزا به عنوان ماده گیاهی مورد استفاده قرار گرفتند تا تنوع ژنتیکی لازم برای شناسایی صفات مؤثر فراهم شود. طرح آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید تا اثرات ناشی از ناهمگنی احتمالی خاک و محیط به حداقل برسد و قابلیت تعمیم نتایج افزایش یابد. مدیریت زراعی شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، آبیاری، کوددهی و کنترل علف‌های هرز و آفات بر اساس توصیه‌های استاندارد منطقه و نیاز گیاه صورت گرفت. در طول دوره رشد، مجموعه‌ای از داده‌های فنولوژیک و فیزیولوژیک از هر کرت آزمایشی جمع‌آوری

*نویسنده مسئول: hadiseh8350@gmail.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]
[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

شد. این صفات شامل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد بیولوژیک (وزن خشک کل گیاه)، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن بودند. پس از برداشت، عملکرد دانه در واحد سطح نیز محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن و همگنی واریانس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس از روش‌های آماری پیشرفته از جمله تحلیل رگرسیون گام به گام و گزینش متغیر استفاده شد. این روش‌ها به ما امکان دادند تا مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه را شناسایی کرده و سهم نسبی هر یک از آن‌ها را در تبیین تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌ها به صورت کمّی تعیین کنیم. علاوه بر این، جهت بررسی روابط بین صفات مختلف، تحلیل همبستگی انجام شد تا ماهیت (مثبت یا منفی) و شدت ارتباط بین متغیرها مشخص گردد.

نتایج: یافته‌های حاصل از این پژوهش، نقش کلیدی چندین صفت فنولوژیک و فیزیولوژیک را در تعیین عملکرد دانه کلزا در منطقه مورد مطالعه آشکار ساخت. تحلیل رگرسیون گام به گام و گزینش متغیر نشان داد که هفت صفت اصلی شامل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن، بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه کلزا داشتند. این نتایج بر اهمیت این صفات در برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش تولید کلزا تأکید می‌کند.تعیین سهم نسبی هر صفت در میزان عملکرد دانه کلزا، بینش‌های ارزشمندی را ارائه داد. مشخص شد که عملکرد روغن با سهم ۵۳/۷۲ درصد از تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌ها، قوی‌ترین عامل تعیین‌کننده است. این یافته بر اهمیت توسعه ارقامی با محتوای روغن بالا و کارایی بالا در تولید روغن تأکید دارد. پس از آن، درصد روغن با سهم ۲۱/۳۷ درصد و شاخص برداشت با سهم ۱۲/۱۰ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. شاخص برداشت به عنوان معیاری از کارایی گیاه در تخصیص زیست‌توده تولید شده به دانه‌ها، نشان‌دهنده اهمیت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با توانایی بالای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه است. عملکرد بیولوژیک با ۱۰,۲۳ درصد سهم، بیانگر اهمیت پتانسیل تولید زیست‌توده کلی گیاه است که پایه و اساس عملکرد دانه را تشکیل می‌دهد. صفاتی نظیر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۱/۱۶ درصد)، وزن هزار دانه (۰/۸۲ درصد) و تعداد دانه در خورجین (۰/۵۹ درصد) اگرچه سهم کمتری داشتند، اما همچنان به عنوان اجزای مهم در فرآیند پیچیده تعیین عملکرد دانه نقش ایفا می‌کنند. همچنین، تحلیل همبستگی‌ها (اگرچه جزئیات در چکیده ارائه نشده است، اما می‌توان تأکید کرد که) روابط مثبت یا منفی بین این صفات و عملکرد، مسیرهای بالقوه برای اصلاح همزمان چندین صفت را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، همبستگی مثبت بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، به این معناست که انتخاب برای گیاهان با تولید زیست‌توده بالاتر می‌تواند به طور مستقیم به افزایش عملکرد دانه منجر شود.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج این مطالعه نشان داد که با استفاده از پتانسیل ژنتیکی موجود و انتخاب بر اساس این صفات کلیدی، عملکرد دانه کلزا می‌تواند از ۴۳۴ گرم بر متر مربع به ۶۶۱ گرم بر متر مربع افزایش یابد که معادل افزایش ۲۲۷ گرم بر متر مربع یا به عبارت دیگر، از ۴/۳۴ تن در هکتار به ۶/۶۱ تن در هکتار است. این میزان افزایش، پتانسیل قابل توجهی را برای افزایش امنیت غذایی و اقتصادی در مناطق مشابه فراهم می‌کند و راهبردهای آتی برای اصلاح و انتخاب ارقام برتر کلزا را برای دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکردی، هدایت می‌کند.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون گام به گام، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن

مقدمه

در قرن حاضر به دلیل تقاضای زیاد محصولات گیاهی و محدودیت در گسترش زمین‌های کشاورزی، نیاز به بهبود عملکرد محصولات کشاورزی بیشتر احساس می‌شود. از طرفی به علت محدود بودن اراضی زیر کشت، افزایش ارقام اصلاح شده بهترین راه‌کار در نظام‌های زراعی است. تیپ ایده‌آل یکی از مباحث مهم در اصلاح ارقام گیاهان زراعی است که توجّه متخصّصین علم زراعت و اصلاح نباتات را به خود جلب کرده است. پیشرفت در این زمینه نیازمند درک ارتباط معنی‌دار مثبت یا منفی بین صفات می‌باشد (O'Neill *et al.*, 2010). تیپ ایده‌آل برای اولین بار به طور عمده برای غلات

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

به کار برده شـد (Van Ittersum *et al.*, 2013). در مطالعات بعدی در این زمینه آزمایشـاتی بر روی گونه‌های جنگلی و درختی انجام شـــد (Boote *et al.*, 2001). یکی از بهترین روش‌ها برای تعیین تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی مدل‌ســـازی گیاهان زراعی ا ست (Cessna e*t al.*, 2000; Matre *et al.*, 2015). ا سیدهای چرب ا شباع ن شده موجود در این روغن خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و گرفتگی عروق کرونر را کاهش می‌دهند (Leckband *et al.*, 2002). بهبود عملکرد هدف اصـــلی در پرورش کلزا اســـت. به این منظور ، ابتدا به افزایش آگاهی از مبانی ژنتیکی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی عملکرد دانه و ا ستفاده از صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی به‌عنوان معیارهای انتخاب در برنامه‌های افزایش عملکرد نیاز ا ست. به عبارت دیگر، بهبود عملکرد بدون شناخت ویژگی‌های فیزیولوژیکی که عملکرد بالقوه را تعیین می‌کنند، محدود خواهد شد. از این رو، متخصّصین در پی شناخت صفاتی هستند که سبب بروز تغییر در راندمان عملکرد گردند.

در مطالعه‌ای بر روی کلزا مشـاهده شـد کل ماده خشـک و شـاخص برداشـت با عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری دارند (Chango and McVetty, 2001). در پژوهش انجام شـــده توســـط لوپز- بلیدو و همکاران (Lopez-Bellido *et al.*, 2005) گزارش شده که در گیاه باقلا، افزایش عملکرد دانه خشک و دانه سبز تحت تأثیر متقابل اجزای عملکرد، به‌خصوص تعداد ساقه در گیاه می‌باشد. طبق گزارشات نین‌هیوس و سینگ (Nienhuis and Singh, 1988) بین عملکرد دانه لوبیا با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف همبتگی معنی‌دار مثبت وجود دات. بنابراین هدف از این آزمایش تعیین صـفات فیزیومورفولوژیک مؤثّر بر تیپ ایده‌آل در ژنوتیپ‌های کلزا است .برای تجزیـه و تحلیـل اجـزای عملکـرد و تعیین مهمترین جزء مؤثر بر عملکرد نیز روهای مختلفی وجود دارد از قبیل مدلهای گیاهان زراعی، تجزیه به مولفه های اصـلی، رگرسـیون گام به گام و...، که تجزیه رگرسیون گام به گام یکی از این رو شها ا ست که با کمک آن میتوان صفات منا سب جهت اجرای برنامه های اصالحی و افزایش عملکرد دانه در برنج را شناسایی کرد ,.با توجه به وجود رابطه معنی دار بـین عملکرد دانـه با سایر صفات مهم زراعـی، میتوان از این رابطه جهت بهبود عملکرد دانه استفاده کرد. در اصالح نباتات همبستگی بین صفات از اهمیت ویژهای برخوردار اســت، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چد صـفت را تعیین می‌کند. همبســتگی بین صـفات مختلف میتواند به، به نژادگران در گزینش غیرم ستقیم با ا ستفاده از صفاتی که اندازه گیری آنها ساده تر ا ست در جهت رسیدن به خودکفایی کمک نماید.(Faramarzi *et al.*, 1403). رسیدن به تیپ ایده آل گیاهان زراعی مستلزم استفاده از روش های آماری منا سب ا ست. روش های مختلفی برای تعیین صفات مطلوب و تیپ ایده آل در گیاهان زراعی ارائه شده ا ست(Kazerani *et al.*, 2018) در ا صلاح نباتات به ژنوتیپ هایی ایده آل گفته میشود که در طیف و سیعی از شـــرایط محیطی، از ثبـات عملکرد بالایی برخوردار بـاشند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررســـی روابط بین عملکرد دانه با صـــفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در ۲۰ ژنوتیپ کلزا (*Brassica napus* L.) طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان اجرا شـد (جدول ۱). این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصـادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. هر کرت شـامل ۶ خط (سه پشته ۵۰ سانتی‌متری که کشت در دو طرف پشته‌ها انجام شد) به طول ۵ متر و فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر یک متر و فاصـله بلوک‌ها از هم دو متر در نظر گرفته شـد. براسـاس نتایج آزمون تجزیه خاک (عمق ۳۰ سـانتی‌متری)، کود اوره به نسـبت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشـت و کود اوره به صـورت سـرک به نسـبت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود سوپر فسفات تریپل به نسبت ۵۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات پتا سیم به نسبت ۵۰ کیلوگرم در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

هکتار به صورت تقسیط در مراحل قبل از کاشت و در زمان ساقه رفتن به خاک اضافه شد. بذور از بخش دانه‌های روغنی مرکز تحقیقات بذر و نهال کرج تهیه گردید. پس از تصادفی کردن تیمارها برای هر سال به‌طور جداگانه، کشت با دست انجام شد. تاریخ کاشت در هر دو سال زراعی در تاریخ ۳۰ شهریور انجام شد و پس از حصول اطمینان از استقرار بوته‌ها با انجام فرایند تنک کردن، تراکم ۸۰ بوته در مترمربع (فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر) حاصل شد. ثبت مراحل فنولوژیک از زمان کاشت هر چهار روز یک‌بار (در پاییز تا ثابت شدن رشد) و در بهار از شروع رشد مجدد به روش سیلو ستر- برادلی (Sylvester-Bradley, 1984) صورت گرفت.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های کلزا مورد بررسی

Table 1- Names of studied canola genotypes

شماره Number	ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin
1	Licord	Germany
2	Bilbao	France
3	GKH305	Hungary
4	Slm046	Germany
5	Sarigol	Iran
6	Talayea	Iran
7	L72	Iran
8	Sw102	Iran
9	Shirali	Australia
10	Zafar	Iran
11	GKH1103	Hungary
12	Opera	Sweden
13	Zarfam	Iran
14	Ks11	-
15	Kodiak	Germany
16	Okapi	France
17	Karaje1	Iran
18	Modena	Denmark
19	GKH2005	Hungary
20	Traviata	Germany

در طی این مطالعه صفات عملکرد دانه، روز تا ساقه دهی، روز تا سبز شدن، روز تا شروع گلدهی، روز تا پایان گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، دوره پر شدن دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، در صد روغن، عملکرد روغن، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل، کسر تشعشع نوری و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد. سپس به‌منظور تعیین صفاتی که بیشترین سهم را در توجیه عملکرد دارند از تجزیه رگرسیون گام به گام استفاده شد (Johnson and Wichern, 2002). در ادامه بهترین مدل رگرسیونی چند متغیره انتخاب شد. سپس به تحلیل معادله مذکور پرداخته شد و با گرفتن همبستگی جزء بین اجزای معادله ارتباط و همبستگی منفی و مثبت اجزا با یکدیگر بررسی شد. در پایان با توجه به ضریب رگرسیونی هر صفت در معادله عملکرد در حالت قرارگیری مقدار متوسط و بهترین حالت و گرفتن تفاضل این دو، مقدار افزایش عملکرد ناشی از تأثیر بهینه آن صفت مشخص شد و میزان افزایش عملکرد ناشی از آن صفت نسبت به کل افزایش عملکرد محاسبه گردید. صفات با استفاده از

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

نرم افزار SAS نسخه 9.4 (Souza *et al.*, 2018) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از حد بالا و پایین با فاصله اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شد. برای رسم ارقام از نرم افزار Excel استفاده شده است.

نتایج و بحث

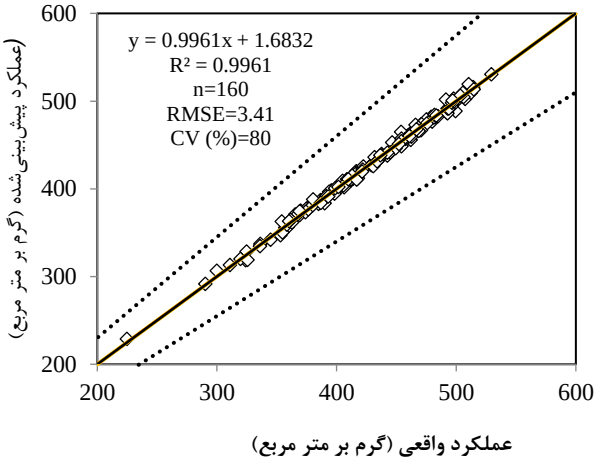
مطابق با جدول ۲ در بین ژنوتیپ‌ها، اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری برای ۱۹ صفت از ۲۰ صفت مورد مطالعه وجود دا شت. وجود مقادیر حداقل و حداکثر برای صفات مختلف در شرایط محیطی و زراعی اعمال شده یک سان بر روی ارقام، نشان‌گر تنوع ژنتیکی است، به این معنا که به وسیله اصلاح می‌توان آن صفت را بهبود داد. این موضوع می‌تواند بستری را فراهم نماید تا بهترین رقم، با توجه به شرایط منطقه برای کشت تعیین گردد.

انتخاب مدل عملکرد: مدل نهایی عملکرد، مدل ۷ متغیره انتخاب گردید که این مدل عملکرد عبارت بود از:

$$Y= 232.27 – 0.115\ Pm + 0.075\ By - 0.435\ Sn + 1.404\ Sw + 3.980\ Hi - 809.32\ Op + 1.882\ Oy$$

Y: عملکرد بر حسب گرم بر مترمربع، Pm: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، By: عملکرد بیولوژیک، Sn: تعداد دانه در خورجین، Sw: وزن هزار دانه، Hi: شاخص برداشت، Op: درصد روغن، و Oy: عملکرد روغن.

شکل یک ارتباط بین عملکرد پیش‌بینی شده و عملکرد واقعی را نشان می‌دهد. میزان MSE و R2 نشان‌دهنده بالا بودن دقت این مدل است (RMSE= 3.41, R2= 0.9961) و می‌توان از آن در تخمین میزان عملکرد و تعیین سهم هر متغیر استفاده کرد. طبق نتایج حاصل شده می‌توان استنباط نمود که با دقت در آزمایشات و مدیریت مناسب، تغییر قابل توجهی در عملکرد قابل مشاهده است به گونه‌ای که عملکرد واقعی به میزان پیش‌بینی شده آن نزدیک‌تر شود.



شکل ۱- ارتباط بین عملکرد پیش‌بینی شده و عملکرد واقعی (واحد گرم بر مترمربع است). پانزده درصد اختلاف بین دو بازده با خطوط نقطه‌ای نشان داده شده است.

Figure 1- Relationship between predicted yield and actual yield (gr/m2). Fifteen percent of the difference between the two yields is shown by the pointed lines.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

جدول ۲- مجموع صفات مورد ارزیابی و مؤثر بر عملکرد

Table 2- List of investigated traits affecting the yield

Traits صفات	Unit واحد	Mean میانگین	Maximum بیشترین	Minimum کمترین	pr>F
Yield عملکرد	gr/m2	427.69	482.43	369.79	<0.0001**
Day to green روز تا سبز شدن	Day after planting	5.93	9.13	4.75	<0.0001**
Day to stem روز تا ساقه رفتن	Day after planting	177.98	188.25	158.88	<0.0001**
Day to Starting flowering روز تا شروع گلدهی	Day after planting	193.39	205.00	176.50	<0.0001**
Day until end of flowering روز تا پایان گلدهی	Day after planting	221.55	235.25	205.63	<0.0001**
Day to physiological Maturity روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	Day after planting	254.99	265.88	242.13	<0.0001**
Seed filling Period دوره پر شدن دانه	Day after planting	28.17	31.75	23.13	<0.0001**
Biological yield عملکرد بیولوژیکی	gr/m2	1501	1654	1401	<0.0001**
Siliqua number in per plant تعداد خورجین در هر بوته	No.	189.08	236.53	157.85	<0.0001**
grains number in per Siliqua تعداد دانه در خورجین	No.	16.79	18.54	14.48	<0.0001**
thousand seed weight وزن هزار دانه	gr	4.57	4.95	0.26	<0.0001**
Harvest index شاخص برداشت	%	28.48	32.35	25.35	<0.0001**
Oil percentage درصد روغن	%	39	43	36	<0.0001**
Chlorophyll a کلروفیل a	Mgr.gr-1	1.60	1.84	1.34	0.228*
Chlorophyll b کلروفیل b	Mgr.gr-1	0.64	0.74	0.51	0.2306^{ns}
Carotenoid کاروتنوئید	Mgr.gr-1	0.36	0.48	0.27	<0.0001**
Total Chlorophyll کلروفیل کل	Mgr.gr-1	2.25	2.58	1.96	<0.0037**
leaf surface index شاخص سطح برگ	-	0.47	0.75	0.20	<0.0003**

آخرین ستون، احتمال معنی‌دار بودن آزمون F برای مقایسه ژنوتیپ‌ها است.

The last column is the probability of significant F-Test to compare genotypes.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

صفات مؤثّر بر عملکرد و ارتباط بین آن‌ها: در این قسمت ابتدا به بررسی صفات مؤثر بر عملکرد که در مدل ۷ متغیره وارد شده‌اند، پرداخته و سپس ارتباط بین خود این صفات با استفاده از تجزیه همبستگی مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (Pm): مقدار متوسط روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در ارقام مطالعه شده ۲۵۴/۹۹ روز پس از کاشت و مقدار حداقل و حداکثر آن به‌ترتیب ۲۴۲/۱۳ و ۲۶۵/۸۸ روز پس از کاشت بود (جدول ۲). همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دیده شد (جدول ۲). بدین معنی که ژنوتیپ‌هایی که زودتر به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌رسند، عملکرد دانهٔ پایین‌تری دارند.

متوسط عملکرد بیولوژیک (By): حداقل ۱۴۰۱ گرم بر مترمربع و مقدار حداکثر آن ۱۶۵۴ گرم بر مترمربع بود (جدول۲). بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک نشان‌گر آن است که با افزایش کل زیست توده عملکرد دانه افزایش می‌یابد. میانگین تعداد دانه در خورجین (Sn) در ارقام مطالعه شده ۱۶/۷۹ و مقادیر حداقل و حداکثر آن به‌ترتیب ۱۴/۴۸ و ۱۸/۵۴ بود (جدول۲). متوسط وزن هزار دانه (Sw) ۴/۵۷ گرم، حداکثر آن ۴/۹۵ و حداقل ۰/۲۶ گرم بود (جدول ۲).

متوسط شاخص برداشت (HI): در ارقام مورد مطالعه ۲۸/۴۸ درصد و مقدار حداقل و حداکثر آن‌ها به‌ترتیب ۲۵/۳۵ و ۳۲/۳۵ درصد بود (جدول ۲). میانگین درصد روغن (Op) ارقام تحت آزمایش ۳۹ درصد بود. بیشترین درصد روغن ۴۳ و کمترین درصد آن ۳۶ ثبت شد و مقدار متوسط عملکرد روغن (Oy) در بین ارقام ۱۷۱/۰۸، مقدار حداقل ۱۴۵/۳۰ و مقدار حداکثر آن ۲۰۳/۰۶ گرم در مترمربع بود (جدول ۲).

ضرایب همبستگی بین صفات مدل رگرسیونی عملکرد دانه در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج حاصل شده بین عملکرد دانه و هفت صفت مؤثری که طی رگرسیون گام به گام انتخاب شدند رابطه معنی‌داری وجود داشت. از میان هفت صفت، بین صفت تعداد دانه در خورجین با صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. از طرفی بین صفت وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح یک درصد و با صفت عملکرد بیولوژیک در سطح پنج درصد رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. صفت شاخص برداشت با صفت عملکرد بیولوژیک در سطح پنج درصد و با صفات تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در سطح یک درصد رابطه مثبت و معنی‌داری داشت. درصد روغن با عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح یک درصد رابطه مثبت و معنی‌داری داشت. عملکرد روغن نیز با عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و شاخص برداشت و درصد روغن در سطح یک درصد رابطه مثبت و معنی‌داری داشت.

به کار گیری مدل عملکرد و تعیین تیپ ایده‌آل: مشخصات صفات به صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جدول چهار آمده است. بهترین حالت برای صفات با اثر مثبت شامل عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن، مقدار حداکثر آن‌ها بوده و برای صفات منفی شامل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد دانه در خورجین و درصد روغن، بهترین حالت، مقدار حداقل آن‌ها است. ضریب رگرسیونی برای صفت عملکرد روغن ۱/۸۸۲ بود (رابطه ۱). مقدار افزایش عملکرد ناشی از بهبود این صفت ۱۲۲/۰۸ گرم بر متر مربع (معادل ۵۳/۷۲ درصد افزایش عملکرد) برآورد شد. برای شاخص برداشت ژنوتیپ‌های کلزا که ضریب رگرسیونی آن ۳/۹۸۰ به دست آمد (رابطه ۱)، میزان عملکرد در حالت‌های میانگین و بهینه محاسبه و مقدار افزایش عملکرد ناشی از تفاضل آنها ۲۷/۵۰ گرم بر متر مربع (معادل ۱۲/۱۰ درصد افزایش عملکرد) برآورد شد. ضریب رگرسیونی برای صفت عملکرد بیولوژیک ۰/۰۷۵ بود (رابطه ۱).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

جدول ۳- همبستگی بین صفات انتخاب شده مؤثر بر عملکرد

Table 3- Correlation between selected characteristics effective on yield

Traits صفات	Pm	By	Sn	Sw	Hi	Op	Oy
Day to physiological Maturity روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	1						
Biological yield عملکرد بیولوژیکی	-0.030ns	1					
Grains number in per Silique تعداد دانه در هر غلاف	0.019**	0.522**	1				
Thousand seed weight وزن هزار دانه	0.223**	0.160*	0.017ns	1			
Harvest index شاخص برداشت	-0.013ns	0.161*	0.306**	0.331**	1		
Oil percentage درصد روغن	-0.017ns	0.318**	0.267**	0.466**	0.428**	1	
Oil Yield عملکرد روغن	-0.008ns	0.670**	0.516**	0.415**	0.747**	0.751**	1

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

مقدار افزایش عملکرد ناشی از بهبود این صفت ۲۳/۲۵ گرم بر متر مربع (معادل ۱۰/۲۳ درصد از کل افزایش عملکرد) برآورد شد. ضریب رگرسیون برای صفت وزن هزار دانه ۱/۴۰۴ بود که مقدار افزایش عملکرد ناشی از این صفت ۱/۸۶ گرم بر متر مربع (معادل ۰/۸۲ درصد بهبود عملکرد) برآورد شد. ضریب رگرسیونی برای صفت تعداد دانه در خورجین ۰/۴۳۵- بود. منفی بودن ضریب در صفت تعداد دانه در خورجین نشان‌دهندهٔ این است که مقادیر اندک آن مطلوب می‌باشد، بنابراین مقدار بهینه این صفت، معادل مقدار حداقل آن است (جدول ۴). ضرایب رگرسیونی مربوط به این صفت در دو حالت بهترین و متوسط، در رابطه یک قرار داده شد. افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و میانگین این صفت ۱/۳۳ گرم بر متر مربع (معادل ۰/۵۹ درصد از کل افزایش عملکرد) برآورد شد. ضریب رگرسیونی برای صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ۰/۱۱۵- بود. افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و میانگین این صفت ۲/۶۴ گرم بر مترمربع (معادل ۱/۱۶ درصد از کل افزایش عملکرد) برآورد شد و ضریب رگرسیونی برای صفت شاخص برداشت ۸۰۹/۳۲- بود. مقدار بهینه این صفت نیز به دلیل منفی بودن، معادل مقدار حداقل آن است (جدول ۴). افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و میانگین این صفت ۴۸/۵۵ گرم بر مترمربع (معادل ۲۱/۳۷ درصد از کل افزایش عملکرد) برآورد شد. نتایج تجزیه رگرسیونی نشان داد در صورتی‌که صفات مؤثر بر عملکرد در بهترین حالت خود باشند، عملکرد تیپ مطلوب نسبت به عملکرد میانگین، به میزان ۲۲۷/۲۴ گرم بر مترمربع قابل افزایش بوده و از میانگین ۴۴۳/۳۲ به ۶۶۰/۵۶ گرم بر متر مربع، به‌عبارتی ۴۴۳۳ کیلوگرم در هکتار به ۶۶۰۵ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

جدول ۴- میزان عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در حالت‌های متوسط و بهترین مقادیر صفات همراه با مقدار و درصد تغییر عملکرد برای هر صفت

Table 4- Seed yield of canola genotypes in the mean and the best amount of each characteristics along with the amount and percentage of variation in seed yield

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد Yield			
		متوسط Mean	حداقل Min	حداکثر Max	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best	تغییر Change	درصد تغییر Change (%)
Intercept صفات مستقل	232.27	1	1	1	1	231.27	231.27	0	0
Day to physiological Maturity روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	-0.115	254.98	232	269	232	-29.32	-26.68	2.64	1.16
Biological yield عملکرد بیولوژیکی	0.075	1501	1213	1811	1811	112.57	135.82	23.25	10.23
grains number in per Silique تعداد دانه در هر غلاف	-0.435	16.79	13.71	22	13.71	-7.30	-5.96	1.33	0.59
thousand seed weight وزن هزار دانه	1.404	4.57	2.85	5.9	5.9	6.41	8.28	1.86	0.82
Harvest index شاخص برداشت	3.980	28.48	16.72	35.39	35.39	113.35	140.85	27.50	12.10
Oil percentage درصد روغن	-809.32	0.39	0.33	0.48	0.33	-315.63	-267.07	48.55	21.37
Oil Yield عملکرد روغن	1.882	171.08	80.96	235.95	235.95	321.97	444.05	122.08	53.72
Yield عملکرد		427.7	224.9	529.45		433.32	660.56	227.24	100

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

در مطالعهٔ انجام شده توسط دیپن‌بروک (Diepenbrock, 2000) نشان داده شد که عملکرد بیولوژیک نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد داشته است. بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک نشان‌گر آن است که با افزایش کل زیست توده عملکرد بذر افزایش می‌یابد. از طرفی تعداد دانه در خورجین کلزا نقش زیادی در عملکرد دانه آن دارد. با افزایش تعداد دانه، مواد فتوسنتزی بین دانه‌های بیشتری تقسیم می‌شود بنابراین به هر دانه ماده فتوسنتزی کمتری می‌رسد و دانه‌ها کوچک‌تر می‌شوند. از طرفی با توجه به این موضوع که هر عاملی سبب کاهش مواد فتوسنتزی شود منجر به کاهش عملکرد می‌گردد، بنابراین افزایش تعداد دانه در خورجین منجر به کاهش عملکرد می‌شود. عملکرد بیولوژیکی نتیجه رشد و طول دوره رشد است که هر دو نشان‌دهندهٔ افزایش عملکرد دانه هستند (Sibma, 1977). میزان ارتباط دو پارامتر با ضریب همبستگی نشان داده می شود، بنابراین همبستگی در بیان ارتباط صفات و پارامترهای پیچیده‌ای مانند عملکرد بسیار موفق بوده است (Mekonnen *et al*., 2014). در مطالعه دیگر نشان داده شد که وزن هزار دانه بیشترین تأثیر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه کلزا دارد (Ali, 1985). همچنین گزارش شده است که عملکرد بذر با تعداد غلاف در بوته بیشترین همبستگی را داشت و پس از آن بیشترین همبستگی مربوط به تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه بود (Ivanovska *et al*., 2007). در مطالعات دیگر نیز این موضوع تأیید شده است (Amin *et al*., 2003). از سوی دیگر گزارش شد با افزایش تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه کاهش می‌یابد و بین وزن هزار دانه و میزان روغن موجود در گیاه کلزا نیز همبستگی منفی گزارش شد (Olsson, 1960)

وقتی ارتباط بین منبع و مخزن در گیاه کلزا به صورت کامل انجام شود و محدودیتی در مسیر این جریان وجود نداشته باشد، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Shen *et al*., 2005). مشاهدات مشابهی در گیاهان برنج و تریتیکاله نیز گزارش شده است (Yuan, 2015). بنابراین تعادل بین منبع و مخزن برای بهبود عملکرد بسیار حیاتی است. این تعادل به کمک شاخص برداشت ارزیابی می‌شود. در گیاه کلزا شاخص برداشت به شدت با عملکرد دانه همبستگی دارد اما مثبت یا منفی بودن این همبستگی به ارتفاع بوته بستگی دارد زیرا شاخص برداشت یک پدیدهٔ پلی‌ژنیک پیچیده است که به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار دارد. به طور کلی با کاهش ارتفاع کلزا یا انتقال ناقص مواد از غلاف به دانه، شاخص برداشت افزایش می‌یابد (Luo *et al*., 2015). طی مطالعه انجام شده شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نشان داد. از آنجاکه شاخص برداشت نسبتی از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک است و خود تابعی از اجزاء عملکرد است، لذا هر عاملی که سبب کاهش اجزای عملکرد شود، عملکرد دانه و در نتیجه شاخص برداشت را نیز کاهش خواهد داد.

عملکرد روغن حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه است بنابراین عملکرد دانه نسبت عملکرد روغن به درصد روغن است. بنابراین با افزایش میزان عملکرد روغن، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. این نسبت افزایشی همان همبستگی مثبت می‌باشد. همبستگی بین صفات نوع ارتباط بین متغیرها را نشان می‌دهد. نوع رابطه بسته به منفی یا مثبت بودن، بر روی مسیر گزینش تاثیر منحصر به فردی خواهند داشت. همبستگی مثبت بین صفات مؤثر مسیر گزینش را تقویت می‌کنند و شانس انتخاب برخی صفات افزایش می‌یابد. تعیین همبستگی بین صفات مختلف، به‌ویژه عملکرد دانه و اجزای آن و تعیین روابط علت و معلول آنها، به به‌نژادگران این فرصت را می‌دهد که مناسب‌ترین ترکیب اجزاء را که منتهی به عملکرد بیشتر شود، انتخاب نمایند.

طبق آنالیز همبستگی مشخص شد که تغییر در عملکرد دانه کلزا در درجه اول مربوط به تغییرات تعداد غلاف در بوته در گیاه *Brassica napus* L. و تغییر در وزن دانه در غلاف در گیاه *Brassica campestris* L. بود. نتایج این آزمایش

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

نشـان داد که کاهش ترکیبات متابولیکی به گل آذین باید با راهکارهای مناسـب دیگری در سـیسـتم اجزای عملکرد همراه باشد همراه باشد تا خلاء عملکرد بوجود آمده جبران شود (Thurling, 1974).

نتیجه‌گیری کلی

طی این مطالعه با ا ستفاده از روش رگر سیون گام به گام، هفت صفت روز تا ر سیدگی فیزیولوژیک، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن در افزایش عملکرد بیش‌ترین نقش را دا شتند. سهم ن سبی هر یک از این هفت متغیر در میزان عملکرد دانه کلزا م شخص شد که روز تا ر سیدگی فیزیولوژیک ۱/۱۶ در صد، عملکرد بیولوژیک ۱۰/۲۳ در صد، تعداد دانه در خورجین ۰/۵۹ در صد، وزن هزار دانه ۰/۸۲ در صد، شاخص بردا شت ۱۲/۱۰ در صد، در صد روغن ۲۱/۳۷ در صد و عملکرد روغن ۵۳/۷۲ در صد از تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا را توجیه می‌کنند. در صورتی‌که همبستگی بین صفات دچار تغییرات شود، می‌توان از آن به نفع افزایش عملکرد بهره‌برداری کرد. این تحقیق براساس تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام صورت گرفته، بنابراین متخصصان اصلاح نباتات می‌توانند از آن‌ها در جهت بهبود تیپ مطلوب گیاهان زراعی استفاده کنند.

منابع

Ali, N. 1985. Genetic variability and correlation studies in *Brassica juncea*. Pakistan Journal of Botany. 17(2): 297-303. https://doi.org/10.19045/bspab.2016.50168 (In Persian).

Amin, A.Z., Khalil, H.A. and Hassan, R.K. 2003. Correlation studies and relative importance of some plant characters and grain yield in maize single crosses. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences (Egypt). https://doi.org/10.3329/ajmbr.v6i1.46473.

Bastiaans, L., Kropff, M.J., Kempuchetty, N., Rajan, A., Migo, T.R. 1997. Can simulation models help design rice cultivars that are more competitive against weeds. Field Crops Research, 51(1-2): 101-111. https://doi.org/10.1016/S0378-4290 (96)01046-5.

Boote, K.J., Kropff, M.J. and Bindraban, P.S. 2001. Physiology and modelling of traits in crop plants: implications for genetic improvement. Agricultural Systems. 70(2-3): 395-420. https://doi.org/10.1016/S0308-521X (01)00053-1.

Cessna, S.G., Sears, V.E., Dickman, M.B., Low, P.S. 2000. Oxalic acid, a pathogenicity factor for Sclerotinia sclerotiorum, suppresses the oxidative burst of the host plant. The Plant Cell. 12(11): 2191-2199. https://doi.org/10.1105/tpc.12.11.2191.

Chango, G. and P.B.E. McVett. 2001. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape. Canadian Journal of Plant Science. 81: 1-6. https://doi.org/10.4141/P00-012.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Research. 67(1): 35-49. https://doi.org/10.1016/S0378-4290 (00)00082-4.

Faramarzi Kohsar H., Rahemi Karizaki A., Sabouri H., Biabani A., Naeimi M. 1403. 'Using a stepwise regression model to identify plant traits related to yield in rice (*Oryza sativa*) under drought stress conditions', Agricultural Sciences Research in Arid Regions, 6(2): 281-294. https://doi.org/10.22034/csrar.2024.384194.1319.

Ivanovska, S., Stojkovski, C., Dimov, Z., Marjanović-Jeromela, A., Jankulovska, M. and Jankuloski, L., 2007. Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Genetika, 39(3): 325-332. https://doi.org/10.2298/GENSR0703325I.

Johnson, R.A. and Wichern, D.W. 2002. Applied multivariate statistical analysis (Vol. 5, No. 8). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]

Leckband, G., Frauen, M., Friedt, W. 2002. NAPUS 2000. Rapeseed (*Brassica napus* L.) breeding for improved human nutrition. Food research international. 35(2-3): 273-278. https://doi.org/10.1016/S0963-9969 (01)00196-X.

Lopez-Bellido, F.J., Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). European Journal of Agronomy. 23(4): 359-378. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.02.002.

Luo, X., Ma, C., Yue, Y., Hu, K., Li, Y., Duan, Z., Wu, M., Tu, J., Shen, J., Yi, B. and Fu, T., 2015. Unravelling the complex trait of harvest index in rapeseed (*Brassica napus* L.) with association mapping. BMC genomics. 16(1): 379. https://doi.org/ 10.1186/s12864-015-1607-0.

Martre, P., Quilot-Turion, B., Luquet, D., Memmah, M.M.O.S., Chenu, K. and Debaeke, P., 2015. Model-assisted phenotyping and ideotype design. Crop physiology. 349-373. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417104-6.00014-5.

Mekonnen, T.W., Wakjira, A. and Genet, T. 2014. Correlation and path coefficient analysis among yield component traits of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* a. Brun) at Adet, Northwestern, Ethiopia. Journal of Plant Sciences, 2(2): 89-96. https://doi.org/10.11648/j.jps.20140202.12.

Nienhuis, J. and S.D. Singh. 1988. Genetic of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle American Origin. Plant Breeding. 101: 143-163. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00280.x.

Olsson, G. 1960. Some relations between number of seeds per pod, seed size and oil content and the effects of selection for these characters in Brassica and Sinapis. Hereditas, 46, 29-70. https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1960.tb03078.x.

O'Neill, B.C., Dalton, M., Fuchs, R., Jiang, L., Pachauri, S. and Zigova, K. 2010. Global demographic trends and future carbon emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America 107(41): 17521-17526. https://doi.org/10.1073/pnas.1004581107.

Ridgman, W.J. 1989. Quantitative Genetics in Maize Breeding, 2nd edn. By AR Hallauer & JB Miranda Filho. Xii. Ames: Iowa State University Press. The Journal of Agricultural Science. 113(2): 283-283. https://doi.org/10.1017/S0021859600086974.

Shen, J.X., Fu, T.D., Yang, G.S., Ma, C.Z. and Tu, J.X. 2005. Genetic analysis of rapeseed self-incompatibility lines reveals significant heterosis of different patterns for yield and oil content traits. Plant Breeding. 124(2): 11-116. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.01069.x.

Sibma, L. 1977. Maximization of arable crop yields in the Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science. 25: 278-287. https://doi.org/10.18174/njas.v25i4.17125.

Sousa, D.P., Souza, P. J. O. P., Silva Farias, V. D., Caldas Nunes, H. G., Ferreira, D. P., Novoa, J.V. P., Alves de Lima, M. J. 2018. Radiation use efficiency for Cowpea subjected to different irrigation depths under the climatic conditions of the Northeast of Para State. Revista Brasileira de Meteorologia, 33 (4): 579 587. http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334001.

Sylvester-Bradley, R. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Association of Applied Biologists. 6: 399-418.

Thurling, N. 1974. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). II. Yield components. Australian Journal of Agricultural Research. 25(5): 711-721. https://doi.org/10.1071/AR9740711.

Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research. 143: 4-17. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009.

Yuan, L.P. 2015. Hybrid rice achievements, development and prospect in China. Journal of Integrative Agriculture, 14(2): 197-205. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60922-9.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.13]