دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره اول، شماره سوم، پاییز ۹۳
http://arpe.gonbad.ac.ir

کمی کردن تغییرات رشد فیزیولوژیک دانه گندم (*Triticum aestivum* L.)

نبی خلیلی اقدم[1*]، شیلان داوودی[2]، تورج میرمحمودی[3]
[1]استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، سقز، ایران، [2]دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ایران
[3]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی مهاباد، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۲۸

چکیده

برای دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت بذر، انتخاب بهترین مدل‌های توصیف کننده تغییرات وزن هزاردانه در دوره پر شدن و رسیدگی دانه اهمیت زیادی دارد. پژوهش حاضر برای ارزیابی مدل‌های رگرسیونی غیرخطی برای کمی کردن تغییرات وزن هزار دانه گندم (دو رقم : زرین و سرداری و دو ژنوتیپ: C-83-8 و C-81-10) در زمان‌های مختلف برداشت، انجام شد. بدین منظور وزن هزار دانه ارقام و ژنوتیپ‌ها در روزهای ۲۰، ۲۷، ۳۴، ۴۱، ۴۸، ۵۵، ۶۲، ۶۹، ۷۶ و ۸۳ پس از گلدهی (به فواصل ۷ روز) اندازه‌گیری شد. برای توصیف وزن هزار دانه در مقابل زمان‌های مختلف برداشت مدل‌های دوتکه‌ای، لجستیک، وانللا، گامپرتز، بتا ۲ (تغییر یافته) و بتا ۱ (اصلی) ارزیابی شدند. نتایج ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیر خطی با استفاده از آماره‌های مختلف نشان داد که ضمن اینکه مقادیر RMSE در مدل‌های دو تکه‌ای و وانللا بالا بود، ضریب تغییرات بالا و مقادیر R^2 کمتری داشتند. این درحالی بود که مدل بتای ۲ با بهترین پراکنش نقاط حول خط یک به یک و مقادیر RMSE و R^2 مطلوب به عنوان بهترین مدل جهت توصیف تغییرات وزن هزاردانه گندم در دوره پرشدن انتخاب شد. بدین‌ترتیب کلیه ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در بازه زمانی ۶۵ الی ۶۷ روز پس از گلدهی به حداکثر وزن هزاردانه خود دست یافتند که می‌توان این زمان را معیار دقیق زمان رسیدگی فیزیولوژیکی بذر دانست. در این بازه زمانی نیز کمترین و بیشترین وزن هزاردانه به ترتیب به رقم زرین و سرداری اختصاص داشت. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که براساس مدل بتای۲، ارقام با وزن هزاردانه بیشتر، دوره پرشدن بذر بیشتری داشتند و بنابراین شروع دوره پرشدن دانه در آنها، زودتر خواهد بود. از این رو پیشنهاد می‌شود که برنامه های اصلاحی و ژنتیکی ارقام در جهت شروع زودتر زمان پرشدن دانه و طویل نمودن دوره پرشدن دانه از گلدهی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه، گسترش پیدا کند.

واژه‌های کلیدی: **رسیدگی فیزیولوژیک، مدل بتای ۲، گندم، گلدهی**

*نویسنده مسئول: nkhaliliaqdam@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد و بذرهایی با کیفیت بالا، تولیدکنندگان باید بتوانند زمان دقیق رسیدگی بذر را تخمین بزنند (Ghasemi-Golezani and Mazloomi-Oskooyi, 2008; Day, 2000). هارینگتون (Harrington, 1972) گزارش کرد که در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، حداکثر وزن خشک دانه گیاه رخ می‌دهد. این در حالی است که در برخی از گیاهان زراعی، بذرها قبل یا بعد از رسیدگی فیزیولوژیک به حداکثر کیفیت خود می‌رسند (Ghasemi-Golezani and Mazloomi-Oskooyi, 2008; Samarah and Abu-Yahya, 2008). برای نشان دادن زمان دقیق رسیدگی فیزیولوژیک و برداشت در گیاهان مختلف از شاخص‌های مختلفی مانند وزن بذر (Ellis and Copeland 2001; Muasya *et al*., 2002 a,b)، روز درجه رشد[1] (Gaderi-Far *et al*., 2001; Bedane *et al*., 2006) و روز پس از گلدهی (Bedane *et al*., 2006) استفاده شده است. در ضمن، از توابع مختلفی مانند تابع لجستیک، تابع درجه دوم و سوم، تابع گامپز و تابع دوتکه‌ای برای بررسی تغییرات وزن خشک بذر در مقابل زمان استفاده شده است (Berti *et al*., 2007; Santiveri *et al*., 2002). در گیاه گندم، استفاده از بذور با کیفیت بالا برای استقرار خوب گیاهچه و تولید عملکرد مطلوب، امری ضروری است و پر شدن دانه (رشد دانه بعد از گرده‌افشانی) از دو عامل سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه از مواد پرورده، پیروی می‌کند که نتیجه آن افزایش وزن خشک دانه است. بدین ترتیب، وزن نهایی دانه به عنوان یکی از اجزای تعیین کننده عملکرد دانه و طول دوره پر شدن دانه به عنوان جزء تعیین‌کننده‌ی زمان رسیدگی، از ویژگی‌های مهم در اصلاح غلات به شمار می‌روند (Brdar *et al*., 2008).

تعیین بهترین روش اندازه‌گیری سرعت پر شدن دانه و طول دوره‌ی پر شدن دانه مسأله‌ای مهم در زراعت و اصلاح نباتات است. از این رو، استفاده از مدل‌های رگرسیونی غیر خطی نسبت به مدل‌های خطی ارجح‌تر است (Yin *et al*., 2003). در مطالعات آنالیز رشد در ایران، بیشتر از معادلات چند جمله‌ای و یا چند جمله‌ای نمایی (معادلات خطی یا خطی شونده) استفاده شده است. به‌دلیل آن که برازش دادن این معادله‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری معمولی غیرممکن است و همچنین اطلاعات عمومی درباره رگرسیون غیرخطی در مقایسه با رگرسیون خطی کمتر است (Soltani *et al*., 2006). در این رابطه، اغلب مدل‌های رشد رگرسیونی غیرخطی که به‌طور گسترده بررسی شده‌اند، مدل‌های لجستیک، گامپرتز، ریچاردز، ویبول، نمایی خطی، نمایی بریده شده، نمایی خطی متقارن و بتا را دربرمی‌گیرند (Yin *et al*., 2003; Royo *et al*., 2004; Muller *et al*., 2006). بروخنر و فروهبرگ

1- Growth Degree Day

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

(Bruchner and Frohberg, 1997) با استفاده از معادله درجه دوم ضمن تاکید بر وجود تنوع بین ژنوتیپ ها از لحاظ سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه نشان دادند که افزایش دما در دوره‌ی پر شدن دانه، باعث تسریع در رسیدگی فیزیولوژیک می‌شود. گیبیهو (Gebeyhou *et al*., 1992) نیز با استفاده از برازش معادله‌ی درجه سوم به مقادیر متفاوت وزن دانه در دوره پرشدن نشان دادند که ارقام گندم دوروم به طور معنی‌داری از نظر سرعت پر شدن دانه، طول دوره‌ی پر شدن دانه و وزن هزار دانه متفاوت هستند.

آن دسته از مدل‌های رگرسیونی که بتوانند توصیف مناسبی از رشد گیاه ارائه کنند، در تشخیص تفاوت های ژنوتیپی یا تاثیر عوامل محیطی و مدیریتی روی فرآیندهای رشد ضروری هستند (Yin *et al*., 2003). مرادی و سلطانی (Moradi and Soltani, 2009) در مقایسه مدل‌های رگرسیون لجستیک، دوتکه‌ای و خطی، در تخمین سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه اعلام کردند که بین پدیده‌های فیزیولوژیک حاکم بر گیاه و نتایج حاصل از برازش معادله‌ی لجستیک، رابطه‌ی منطقی‌تری وجود دارد. ین و همکاران (Yin *et al.,* 2003) در بررسی تغییرات وزن دانه شش ژنوتیپ گندم با استفاده از هفت مدل: بتای ۱، لجستیک، ریچاردز، گامپرتز، ویبول، و دو معادله نمایی بریده و متقارن گزار ش کردند که مدل نمایی بریده و مدل بتا ۱ نسبت به سایر مدل‌ها برازش مناسب‌تری از داده را نشان داده اند. مدل‌های رگرسیونی غیرخطی علاوه بر توصیف تغییرات وزن دانه در سایر جنبه‌ها هم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. مثلاً به‌منظور توصیف جوانه‌زدن یا سبز شدن تجمعی در مقابل زمان و نیز احتمالاً برای توصیف روابط سیگموئیدی‌شکل، در سایر گرایش‌ها و رشته‌ها کاربرد خواهند داشت. در همین ارتباط قدیریان و همکاران (Ghadirian *et al.,* 2011) در ارزیابی مدل‌های رگرسیونی غیر خطی برای استفاده در آنالیز رشد گندم، نشان دادند که مقدار RMSE کمتر و R^2 بالاتر در مدل بتا، نشان‌دهنده‌ی توصیف مناسب‌تر روند تغییرات شاخص سطح برگ توسط این مدل نسبت به سایر مدل‌ها است. از آنجا که تعیین دقیق زمان برداشت بذر و تعیین طول دوره پرشدن دانه برای برنامه ریزی‌های دقیق‌تر در دوره زراعت گیاه اهمیت زیادی دارد، این پژوهش برای کمی کردن واکنش وزن بذر به زمان‌های مختلف برداشت و تعیین مناسب‌ترین زمان برداشت بذر با استفاده از مدل‌های مختلف رگرسیونی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۴۲ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایشی عبارت

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

بودند از ارقام گندم در چهار سطح (دو رقم: زرین، سرداری و دو ژنوتیپ C-83-8 و C-81-10) و هفت زمان برداشت (از ۲۰ روز پس از گرده افشانی بفواصل هفت روز) که در ردیف هائی به طول ۴ متر و عرض ۱/۲ متر با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متری در ۶ ردیف با استفاده از دستگاه خطی‌کار غلات، در مهرماه ۱۳۹۰ با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع در خاکی با ویژگی‌های مشخص کشت شدند (جدول ۱). برای برداشت دانه پس از حذف اثر حاشیه‌ها، به‌طور تصادفی از هر کرت حدود ۲۰ سنبله برداشت شد و پس از جداسازی بذور با دست، توزین آنها توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. در گام بعدی برای بررسی تغییرات وزن هزاردانه توابع مختلف وانـنللا، دو تکـه‌ای، بتـا ۱ (اصـلی)، بتـای ۲ (تغییر یافته) ، گامپرتز و لجستیک آزمون شدند.

۱- معادله وانـنللا (Polignano and Vannella, 2006) :

$$y = a \times \frac{de^{z^b} + kbe^{z^d} - (d - kb)}{b(l + k)e^{z^d} - (d - kb) + e(d - b)}$$ معادله (۱)

$$if \quad 0 < b < d \quad \text{and} \quad z = x / q$$

که در آن y: وزن هزاردانه، x: زمان برداشت پس از گلدهی، a: حداکثر وزن هزاردانه در زمان q: (اختلاف فاز زمانی بین تشکیل دانه تا رسیدن به حداکثر وزن)، d: بیانگر انحنای شکل تغییرات وزن بذر، K و b نیز ضرایب مدل هستند.

۲- معادله تابع دوتکه‌ای (Soltani *et al.*, 2009):

$$y = a + bx \quad if \quad x < x_0$$
$$y = a + bx_0 \quad if \quad x \geq x_0$$ معادله (۲)

که در آن y: وزن هزاردانه، x: زمان برداشت پس از گلدهی، a: عرض از مبدا، b: سرعت افزایش خطی در وزن بذر (سرعت پرشدن دانه)، x_0:زمان خاتمه پرشدن دانه و $a + bx_0$ حداکثر وزن بذر را نشان می‌دهد.

۳- معادله تابع بتای ۱ (Ghadirian *et al.*, 2011):

$$y = w_{\max} \times (1 + {(t_e - x)}/{(t_e - t_m)}) \times ({x}/{t_e})^{({t_e}/{(t_e - t_m)})}$$ معادله (۳)
$$if \quad 0 < t_e < t_m$$

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

که در آن $w_{\max}$: حدکثر وزن دانه در زمان x (زمان برداشت پس از گلدهی)، t_e (زمان پایان رشد دانه است که در آن وزن هزار دانه به حداکثر مقدار خود می‌رسد) و t_m (زمانی‌که سرعت رشد محصول به حداکثر مقدار خود می‌رسد) است.

۴- معادله لجستیک (Ghadirian *et al.*, 2011):

$$y = w_{\max} / (1 + \exp(-a \times (x - b))) \qquad \text{معادله (۴)}$$

در این رابطه y : وزن هزاردانه، $w_{\max}$: حدکثر وزن دانه در زمان x (زمان برداشت پس از گلدهی)، a : ضریب معادله، b : روز تجمعی که در آن میزان وزن بذر به نصف حداکثر مقدار خود می‌رسد، می‌باشند.

۵- معادله گامپرتز (Yin *et al.*, 2003):

$$y = w_{\max} \times \exp(-\exp(-a \times (x - b))) \qquad \text{معادله (۵)}$$

در این رابطه y: وزن هزاردانه، $w_{\max}$: حدکثر وزن دانه در زمان x (زمان برداشت پس از گلدهی)، a: ضریب معادله، b: روز تجمعی که در آن میزان وزن بذر به نصف حداکثر مقدار خود می‌رسد، می‌باشند.

۶- معادله بتای ۲ تغییر یافته (Yin *et al.*, 2003; Muller *et al.*, 2006): با این تفاوت که شرط: $t_b \le t_m < t_e$ در آن بصورت $t_b < t_e$ برقرار بوده و مقادیر محاسباتی برای w_b و t_m دارای مفاهیم بیولوژیکی نیستند.

$$y = \begin{cases} w_b & x < t_b \\ w_b + (w_{\max} - w_b)\left(1 + \frac{t_e - x}{t_e - t_m}\right)\left(\frac{x - t_b}{t_e - t_b}\right)^{\frac{t_m - t_b}{t_e - t_m}} & if \quad t_b < x < t_e \\ w_{maz} & x > t_e \end{cases} \qquad \text{معادله (۶)}$$

که در این مدل $w_{\max}$: حداکثر وزن هزاردانه، t_b: زمان شروع رشد، w_bو t_m: ضرایب معادله (دارای عدم مفهوم بیولوژیکی) و t_e: زمان پایان رشد دانه است.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مزرعه مورد آزمایش

عمق نمونه برداری	بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
صفر تا ۳۰ سانتی‌متری	سیلتی	۰/۸۴	۸

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

تخمین پارامترهای هر مدل با روش مطلوب‌سازی تکراری به کمک رویه PROCNLIN نرم‌افزار SAS صورت گرفت (Soltani, 2007). در روش مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام می‌گیرد که بهترین برآورد از پارمترها به‌دست آید. بهترین برآورد پارامترهای مدل بر اساس خطای معیار (SE) کمتر پارامترها و جذر میانگین مربعات انحراف (RMSE) کمتر رگرسیون مشخص شد. برای انتخاب مدل برتر از میان مدل‌های مورد استفاده نیز از جذر میانگین مربعات انحرافات (RMSE)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و معنی‌داری ضرایب رگرسیون ساده خطی در برازش داده‌های مشاهده شده به داده‌های شبیه‌سازی شده وزن هزار دانه استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات اصلی زمان برداشت و رقم و همچنین اثر متقابل زمان برداشت و رقم بر وزن هزاردانه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). از این رو، برای تعیین بهترین مدلهای توصیف کننده تغییرات وزن هزاردانه و تخمین مناسب ترین زمان برداشت بذر هر رقم، از معادلات رگرسیون غیرطی استفاده شد (جدول ۳). نتایج بررسی معادلات مختلف نشان داد که مقادیر RMSE برای مدل‌های دوتکه‌ای، لجستیک، وانللا، گامپرتز، بتا ۱ (اصلی) و بتا ۲ (تغییر یافته)، به‌ترتیب ۲/۶۶، ۱/۵۸، ۱/۶۵، ۱/۳۹، ۰/۹۸ و ۲/۱۳ بود، که مدل بتا ۲ کمترین مقدار (۰/۹۸) را داشت. ضریب R^2 نیز در این مدل بالاترین مقدار (۰/۹۹) را داشته است. در بین ارقام نیز به لحاظ پارامترهای ارزیابی مدل چندان تفاوتی دیده نشد. از نظر ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی و ضریب تبیین در یک محدوده عددی قرار داشتند. نتایج، همچنین بر معنی دار بودن ضریب b در تمامی مدل‌ها به استثنای مدل بتای ۲ تاکید داشت. معنی‌دار بودن هریک از ضرایب a یا b در رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده، گویای بالا بودن خطای مدل در پیش‌بینی آن است. هر چه نقاط به خط ۱:۱ در منحنی رگرسیون نزدیک‌تر باشند، کارایی بالاتر مدل را نشان می‌دهد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر زمان‌های برداشت بر وزن هزاردانه چند رقم گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزاردانه
تکرار	۳	۲۰/۱۱**
رقم	۳	۶۱۰/۰۱**
زمان برداشت	۹	۲۰۰۳/۰۱**
رقم×زمان برداشت	۲۷	۵/۷۳
خطا	۱۱۷	۴/۵۲
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۰۹

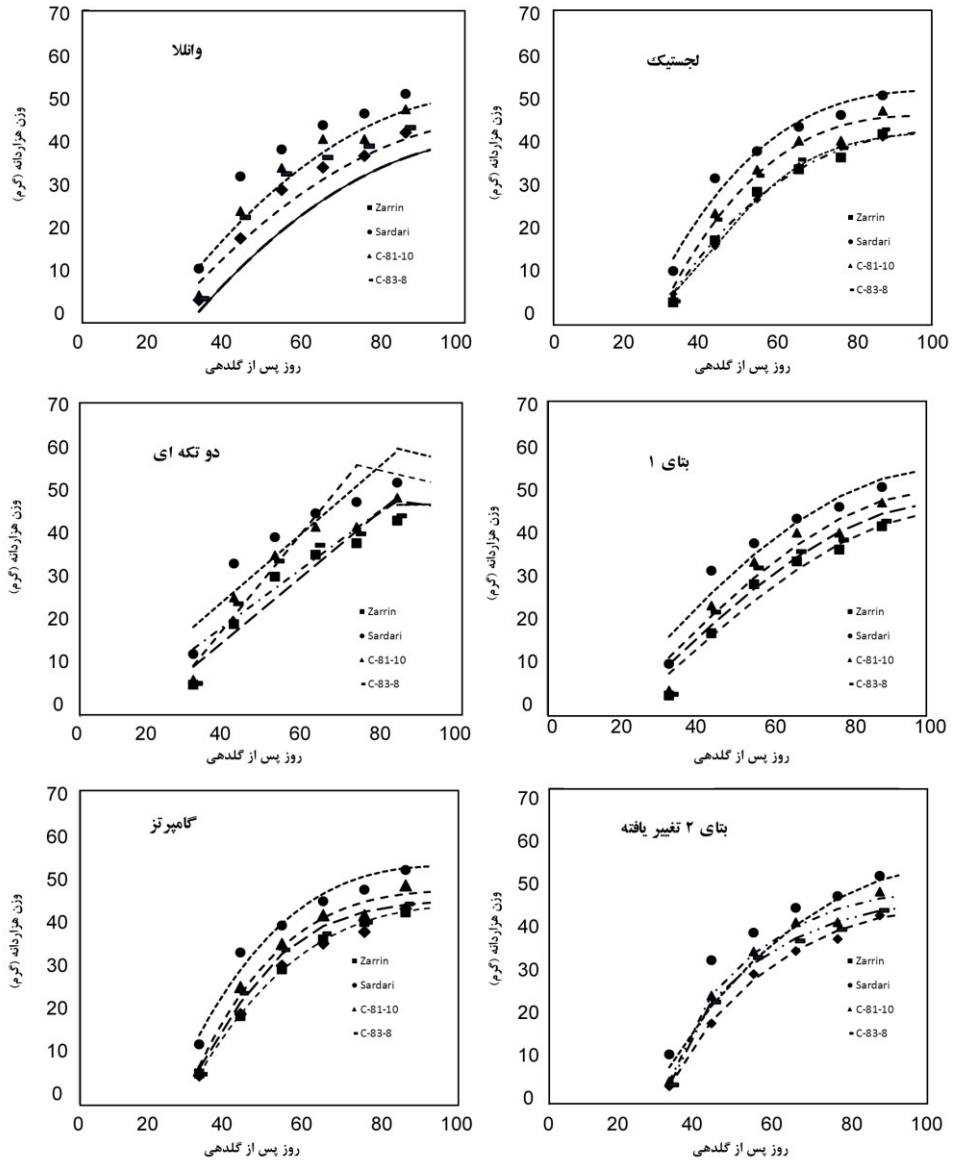
*،** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

جدول ۳- جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، و ضریب تبیین (R^2)، عرض از مبدا (a)، شیب رگرسیون (b)، ضریب همبستگی (r) و ضریب تغییرات (CV) در مدل‌های مختلف توصیف کننده تغییرات وزن هزار دانه.

	رقم یا ژنوتیپ	RMSE	R^2	a±SE	b±SE	r	CV
دوتکه‌ای							
	زرین	۲/۶۶	۰/۹۵	۱/۴۵ ±۳/۰۲	۰/۹۵ ±۰/۰۷**	۰/۹۷	۶/۹۲
	سرداری	۳/۹۸	۰/۸۹	۳/۲۹ ±۵/۳۴	۰/۹۲ ±۰/۱۰**	۰/۹۴	۸/۰۵
	C-81-10	۴/۲۲	۰/۸۸	۴/۵۲ ±۴/۸۷	۰/۸۵±۰/۱۰**	۰/۹۴	۱۰/۰۵
	C-83-8	۴/۳۸	۰/۸۷	۰/۹۲ ± ۵/۵۲	۰/۹۷ ±۰/۱۳**	۰/۹۳	۱۰/۸۹
لجستیک							
	زرین	۱/۵۸	۰/۹۸	-۰/۷۰ ±۱/۸۷	۱/۰۲ ±۰/۰۴**	۰/۹۹	۴/۱۲
	سرداری	۲/۷۰	۰/۹۵	-۰/۷۹ ± ۳/۸۳	۱/۰۱±۰/۰۸**	۰/۹۷	۵/۷۶
	C-81-10	۲/۳۵	۰/۹۶	-۱/۰۷ ± ۲/۹۷	۱/۰۳ ± ۰/۰۶**	۰/۹۸	۵/۶۰
	C-83-8	۲/۷۹	۰/۹۴	۱/۱۵ ± ۳/۷۳	۱/۰۱ ± ۰/۰۸**	۰/۹۷	۶/۹۶
وانللا							
	زرین	۱/۶۵	۰/۹۸	۳/۶۹ ±۱/۷۵	۰/۹۷ ±۰/۰۴**	۰/۹۹	۴/۳۶
	سرداری	۲/۶۴	۰/۹۵	۴/۷۸ ± ۳/۳۳	۰/۹۸ ±۰/۰۷**	۰/۹۷	۵/۶۳
	C-81-10	۳/۵۴	۰/۹۲	۲/۹۴ ± ۴/۱۶	۱/۰۲ ±۰/۱۰**	۰/۹۶	۸/۴۱
	C-83-8	۳/۰۱	۰/۹۳	۸/۱۰ ±۳/۰۵*	۰/۹۴ ±۰/۰۸**	۰/۹۶	۷/۵۰
گامپرتز							
	زرین	۱/۳۹	۰/۹۸	-۰/۰۹ ±۱/۶۲	۱/۰۰۲ ±۰/۰۴**	۰/۹۹	۳/۶۲
	سرداری	۲/۴۷	۰/۹۶	-۰/۲۸ ±۳/۴۶	۱/۰۰۶ ±۰/۲۰۷**	۰/۹۸	۵/۲۷
	C-81-10	۲/۱۶	۰/۹۷	-۰/۰۲ ±۲/۶۶	۱/۰۰۷ ±۰/۰۶۱**	۰/۹۸	۵/۱۵
	C-83-8	۲/۰۹	۰/۹۷	-۰/۲۲ ±۲/۵۷	۱/۰۰۷ ±۰/۰۶۲**	۰/۹۸	۵/۱۹
بتا ۲ تغییریافته							
	زرین	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۸۴ ±۱/۱۳	۰/۹۶ ±۰/۰۲	۰/۹۹	۲/۵۹
	سرداری	۲/۷۲	۰/۹۶	-۷/۲۹ ±۳/۷۲	۱/۱۰ ±۰/۰۷	۰/۹۸	۶/۱۴
	C-81-10	۱/۳۴	۰/۹۸	۱/۳۲ ±۱/۶۳	۰/۹۵ ±۰/۰۳*	۰/۹۸	۳/۲۳
	C-83-8	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۹۰ ±۱/۶۲	۰/۹۷ ±۰/۰۳	۰/۹۸	۳/۳۷
بتا ۱							
	زرین	۲/۱۳	۰/۹۶	-۱/۴۴ ±۲/۵۸	۱/۰۳±۰/۰۶**	۰/۹۸	۵/۵۴
	سرداری	۲/۷۳	۰/۹۵	-۱/۳۲±۳/۹۲	۱/۰۲±۰/۰۸**	۰/۹۷	۵/۸۳
	C-81-10	۲/۸۸	۰/۹۴	-۲/۷۳ ±۳/۸۰	۱/۰۵±۰/۰۸**	۰/۹۷	۶/۸۵
	C-83-8	۲/۷۸	۰/۹۴	-۱/۶۹ ± ۳/۵۸	۱/۰۳ ±۰/۰۸**	۰/۹۷	۶/۹۲

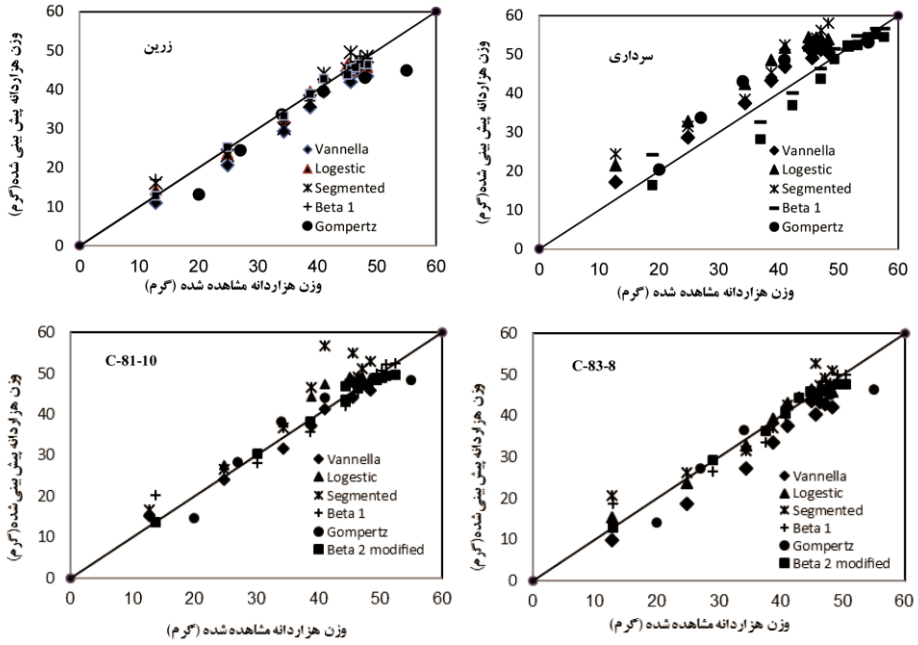
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۱- تغییرات وزن هزاردانه اندازه‌گیری شده و برازش داده شده با مدل‌های وانللا، لجستیک دوتکه‌ای، بتا اصلی (نوع ۱)، گامپرتز و بتای ۲ تغییر یافته در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف گندم.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

ضریب a معنی‌دار به این معناست که عرض از مبدا خط رگرسیون با عرض از مبدا خط ۱:۱ مطابقت ندارد. ضریب b معنی‌دار به این معناست که شیب خط رگرسیون با خط ۱:۱ مطابقت ندارد و خط رگرسیون نسبت به خط ۱:۱ دارای اریب معنی‌دار است (Nouzari-Nejad *et al.*, 2013). برای تعیین مطلوب بودن هر یک از مدل‌ها، آمارهای رگرسیونی در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه a با صفر و b با یک نشان داد که مقدار انحراف خط رگرسیون از مبداء فقط برای مدل وانللا و مقدار اریب خط رگرسیون از خط ۱: ۱ به استثنای مدل بتای ۲ تغییر یافته در تمام مدل‌ها معنی‌دار است. با وجود معنی‌داری ضریب b در تمام مدل‌ها، به دلیل معنی‌دار بودن ضریب a در مدل وانللا و عدم معنی‌داری این ضریب در سایر مدل‌ها، مدل وانللا برای کمی کردن تغییرات وزن هزار دانه گندم مناسب نبود. ضریب همبستگی برای مدل‌های دوتکه‌ای، لجستیک، وانللا، گامپرتز، بتا ۱ (اصلی) و بتا ۲ (تغییر یافته)، به‌ترتیب بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۷ متغییر بود، که در آن کمترین ضرایب همبستگی به مدل‌های گامپرتز، بتا ۱ و بتا ۲ اختصاص داشت. همچنین، در مورد ضریب تغییرات، کمترین مقدار (۲/۵۹) به مدل بتا ۲ (تغییر یافته) اختصاص داشت.



شکل ۲- تغییرات وزن هزار دانه اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده با مدل‌های وانللا، لجستیک دوتکه‌ای، بتا اصلی (نوع ۱)، گامپرتز و بتای ۲ تغییر یافته در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف گندم.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

پراکنش مناسب داده ها در مدل‌های بتا ۱ و بتا ۲ در اطراف خط رگرسیون در شکل ۲، برازش مناسب این مدل‌ها بر داده‌ها را نشان می‌دهد؛ چون پراکنش مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده در مدل بتا ۲ حول محور خط ۱ : ۱ کمتر است، به این معناست که مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده به خط ۱ : ۱ در این مدل نسبت به داده‌های حاصل از مدل بتا ۱ نزدیکترند. بنابراین، مدل بتا ۲ مناسب‌تر تشخیص داده شد. محققان از توابع مختلفی مانند تابع لجستیک، گامپرتز، دوتکه‌ای و درجه دوم برای برازش تغییرات وزن خشک و وزن هزاردانه در مقابل زمان پس از گلدهی استفاده کرده‌اند (Polignano and Vannella, 2009; Berti *et al.,* 2007; Bakhshande *et al.,* 2011). ین و همکاران (Yin *et al.,* 2003) نیز در مطالعه روند تجمع وزن خشک دانه شش ژنوتیپ گندم گزارش کردند که مدل بتای ۱ نسبت به معادلات لجستیک، ریچاردز، گومپرتز، ویبول، نمایی بریده و متقارن برازش مناسب‌تری از داده را نشان داده است. منحنی واکنش بذر ارقام مختلف کنجد در مقابل زمان پس از گلدهی نیز از یک تابع دو تکه ای تبعیت نمود (Bakhshande *et al.,* 2011). در واقع، از بین کلیه مدلهای مورد آزمون باید مدلهایی را برگزید که بخش بزرگتری از تغییرات را توجیه کنند (ضریب تبیین بالاتر) و در عین حال جذر میانگین مربعات خطای کوچکتر و همبستگی مقادیر پیش بینی شده و مشاهده شده بالاتری داشته باشند (Ajam-Norouzi *et al.,* 2007).

با توجه به بهتر بودن مدل بتای ۲ در توصیف نحوه تغییرات وزن هزاردانه، ضرایب معادله به تفکیک برای هر رقم و ژنوتیپ استخراج شد (جدول ۴). براین مبنا، رقم سرداری با داشتن ۵۶/۸۹ گرم، نسبت به سایر ارقام، وزن نهایی دانه‌ی بیشتری داشت و رقم زرین با ۴۸/۶۴ گرم، کمترین وزن دانه را دارا بود. رقم سرداری همچنین با دارا بودن کمترین مقدار t_b (زمان شروع پر شدن دانه=۱۳ روز پس از گرده افشانی)، برای پرشدن دانه نسبت به دیگر ارقام، بالاترین دوره زمانی (۵۳ روز) را داشته است. این درحالی بود که رقم زرین نیز کمترین وزن هزار دانه (۴۸/۶ گرم) را داشت. سایر ارقام نیز به طور مشابه در یک زمان به مرحله اتمام پرشدن دانه وارد شدند. از آنجاکه همیشه عکس زمان پرشدن دانه برابر سرعت تعریف می‌شود (Soltani *et al.,* 2009)، رقم سرداری با بالاترین دوره پرشدن دانه، کمترین سرعت پرشدن را داشت (۰/۰۱۸ بر ساعت). صرف‌نظر از سایر عوامل موثر در این فرآیند، ورود سریع‌تر رقم سرداری به فاز پرشدن دانه (تقریبا ۶-۸ روز زودتر از سایر ارقام) و بهره‌گیری زودتر این رقم از عوامل محیطی و رشدی مساعد و موثر در پرشدن دانه، می توان دلیل اصلی بالاتر بودن وزن هزاردانه این رقم تلقی شود. بنابراین، می‌توان زمان ۶۵-۶۷ روز پس از گرده‌افشانی را مصداق بارز زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانست. اگرچه در بیشتر موارد، حداکثر کیفیت بذر مصادف با زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیست (Coolbear, 1995). از سوی دیگر، شاید شناخت دقیق این مرحله به‌دلیل نیاز به توزین

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

متناوب وزن بذر چندان عملی نباشد. بنابراین، پیشنهاد می شود که علائم مورفولوژیکی گیاه در زمان رسیدن وزن بذر به این محدوده وزنی تشخیص داده شود.

جدول ۴- ضرایب استخراج شده مدل تعدیل یافته بتای ۲: زمان شروع رشد دانه (t_b)، زمان پایان رشد دانه (t_e)، حداکثر وزن هزاردانه ($w_{\max}$)، w_b و t_m (دو ضریب اخیر فاقد مفهوم بیولوژیکی هستند)

رقم و ژنوتیپ	t_m ±Se	w_b ±Se	$w_{\max}$ ±Se	t_e ±Se	t_b ±Se
زرین	۱/۸۸ ±۰/۰۴	۵/۹۶ ±۰/۵۴	۴۸/۶۴ ±۱/۱۳	۶۷/۳۳ ±۱/۹۸	۲۰/۶۵ ± ۳/۷
سرداری	۱۵/۱۴±۱/۰۰	۱۶/۴۳±۱/۰۸	۵۶/۸۹ ±۱/۴	۶۵/۷۷ ± ۲/۳۴	۱۲/۷۶ ± ۵/۱۷
C-81-10	۴/۰۴ ±۰/۷۹	۱۲/۶۶±۰/۸۹	۵۲/۵۶ ±۱/۵۷	۶۵/۰۰ ± ۲/۰۴	۱۸/۸۰ ± ۴/۵۹
C-83-8	۸/۷۳ ±۰/۵۴	۱۲/۹۱±۰/۸۶	۵۰/۲۳ ±۱/۴۸	۶۵/۷۰ ± ۲/۲۱	۱۸/۷۰ ± ۴/۷

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که مدل بتا ۲ (تغییر یافته) نسبت به سایر مدل‌ها توصیف بهتری از تغییرات وزن هزار دانه در زمان رسیدگی را ارائه می‌دهد و بنابراین زمان ۶۵-۶۷ روز پس از گرده افشانی مصداق بارز زمان رسیدگی فیزیولوژیک بذر است. از طرفی، هرچه دوره پرشدن دانه زودتر شروع شود، رقم یا ژنوتیپ به دلیل آنکه دوره پر شدن در آن بیشتر است، وزن دانه بالاتری خواهد داشت. بر این اساس، برنامه های به‌نژادی و اصلاح نباتات (با در نظر گرفتن شرایط محیطی در مطالعه مورد نظر) باید در جهت تولید ارقامی با این ویژگی سوق پیدا کند و در طراحی الگوی کاشت نیز باید به عدم برخورد دوره مؤثر پر شدن دانه با خشکی یا گرمای انتهای فصل توجه شود.

منابع

Ajam Norouzi H., Soltani A., Majidi E., Homaei M. 2007. Modeling response of emergence to temperature in *faba bean* under field condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(4):100-111.

Bakhshande E., Ghadirian R., Ghaderi-Far F. 2011. Seed quality changes during development and maturity phase in four *Sesmum indicum* cultivars. Journal of Plant Production Researches, 17(2):1-24. (In Persian).

Bedane G.M., Gupta M.L. George D.L. 2006. Optimum harvest maturity for guayule seed. Industrial Crop Production, 24: 26-33.

Brdar M.D., Mahira M., Kraljevic-Balalic K., Borislav D.K. 2008. The parameters of grain filing and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). Central European Journal of Biology, 3(1). 75-82.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Berti M.T., Burton L., Manthey L.K. 2007. Seed physiological maturity in Cuphea. Industrial Crop Production, 25: 190-201.

Bruckner P.L., Frohberg R.C. 1997. Rare and duration of grain filing in spring wheat. Crop Science, 27: 451-455.

Coolbear P. 1995. Mechanisms of Seed Deterioration in Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications, Howorth Press Inc. Pp: 223-227.

Day J.S. 2000. Development and maturation of sesame seeds and capsules. Field Crops Research, 67: 1-9.

Ellis S.G., Copland L.O. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agronomy Journal, 93: 1054-1058.

Ghadri-Far F., Galeshi S., Sadati S.J., Kashiri A. 2001. Determination of cardinal temperature in *(Trifolium aubterraneum* L.). Pajouhesh and Sazandegi Journal, 53: 36-39. (In Persian)

Ghadirian R., Soltani A., Zeinali E., Kalate A., Bakhshandeh E., 2011. Evaluation of non-linear regression models for growth analysis. Electronic Journal of Crop Production, 4(3): 55-77. (In Persian).

Ghasemi Golezani K., Mazloomi-Oskooyi R. 2008. Effect of water supply on seed quality development in common bean (*Phaseolus vulgaris*). International Journal of Plant Production, 2: 117-124.

Gebeyhou G., Knott D.R., Baker R.J. 1992. Relationships among duration of vegetative and grain filling phasese, yield components and grain yield in durum wheat cultivars. Crop Science, 22: 287-290.

Harrington J.F. 1972. Seed storage and longevity. In: Kozowski, T.T. Eds. Seed Biology. Vol. III. New York. Academic Press.

Muller J., Behrens T., Diepenbrock, W. 2006. Use of a new sigmoid growth equation to estimate organ area indices from canopy area index in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Field Crops Research, 96: 279-295.

Moradi M., Soltani M. 2011. Comparison of logistic, segmented and linear regression models for estimation of rate of seed filling phase of some wheat cultivars. Crop Physiological Journal, 1(3): 60-70. (In Persian).

Muasya R.M., Lomnme W.J.M., Struik P.C. 2002a. Differences in development of common bean (*Phaseolus Vulgaris*) crop and pod fractions within a crop I. Seed growth and maturity. Field Crops Research, 75: 63-78.

Muasya R.M., Lomnme W.J.M., Struik P.C. 2002b. Differences in development of common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop and pod fractions within a crop II. Seed viability and vigour. Field Crops Research, 75: 79-89.

Nouzari-Nejad M., Zeinali E., Soltani A., Soltani E., Kamkar B. 2013.Quantify wheat germination rate response to temperature and water potential, Electronic Journal of Crop Production, 6(4):117-135. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Polignano G.B., Vannella S. 2009. Modelling of seed weight change during seed development in different genotypes of *(Vicia faba* L.). Seed Science and Technology, 34 (2): 519-523.

Royo C., Aparicio N., Blanco R., Villegas D. 2004. Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 20: 419-430.

Santiveri F., Royo C., Romagosa I. 2002. Pattern of grain filling of spring and winter hexaploid triticales. European Journal of Agronomy, 16: 219-230.

Soltani A. 2007. Application of SAS Software, Jahade Daneshgahi Press of Mashhad, 182p. (In Persian).

Samarah N.H., Abu-Yahya A. 2008. Effect of maturity stage of winter-and spring-sown chickpea (*Cicer arietinum* L.) on germination and vigor of the harvested seeds. Seed Science Technology, 36: 177-190.

Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousefi-Daz M., Sarparast R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 138:156-167.

Soltani E., Galeshi S. Kamkar B., Akramghaderi F. 2009. The effect of seed aging on the seedling growth as affected by environmental factors in wheat. Research Journal Environmental Science, 3(2):184–192.

Yin X., Gouadrian J., Latinga E.A., Vos J., Spiertz J.H. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. Annals Botany, 91: 361-371.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]