مدل‌سازی واکنش سبزشدن ارقام گندم به دما در شرایط مزرعه

محمدحسن پناهی*[۱]، افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳]، مهدی کلاته عربی[۴]، علیرضا نه‌بندانی[۵]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

[۲] استاد،گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

[۳] استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

[۴] مربی گروه غلات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی استان گلستان

[۵] دانشجوی دکتری گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۰۷

چکیده

زمان سبزشدن یکی از عوامل موثر بر رشد و عملکرد گندم است و این مرحله باید در مدل‌های گیاهان زراعی به درستی پیش‌بینی شود. به همین منظور، در یک آزمایش مزرعه‌ای۸ رقم گندم در ۱۲ تاریخ کشت گردید و تعداد روز تا سبزشدن آن‌ها ثبت شد. به منظور توصیف رابطه بین سرعت سبزشدن و دما از مدل بتا استفاده شد. نتایج نشان داد که از لحاظ آماری هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر دماهای کاردینال بین ارقام وجود نداشت و واکنش سبزشدن گندم نسبت به دما را می‌توان توسط تابع بتا به خوبی توصیف کرد. بر این اساس، دماهای کاردینال ثبت‌شده برای پایه، مطلوب و سقف به‌ترتیب ۰/۲۲، ۲۷/۱۶ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد بود. هم‌چنین روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبزشدن ارقام در عمق ۳ سانتی‌متر، ٦/۲ روز محاسبه شد. از اطلاعات حاصل از این مطالعه می‌توان برای پیش‌بینی سبزشدن ارقام گندم در شرایط دمایی مختلف استفاده کرد.

واژگان کلیدی: دما، روز بیولوژیک، سبزشدن، گندم (*Triticumaestivum*)، مدل‌سازی

مقدمه

زمان سبزشدن به عنوان یک عامل مهم در فنولوژی، رشد و عملکرد دانه و یک مرحله بحرانی در چرخه حیاتی گیاهی (Boifin et al., 1992) در گندم (*Triticum aestivum*) است (Gan et al., 1992; Forcella et al., 2000). زمان سبزشدن اغلب تعیین‌کننده موفقیت یک گیاه در رقابت با علف هرز، موجودات گیاه‌خوار و جلوگیری از آلودگی گیاه به بیماری و در نهایت تولید گل و عملکرد در پایان فصل رشد است (Forcella et al., 2000; Malezieux, 2012; Wezel et al., 2009).تعیین دقیق زمان سبزشدن و روز بیولوژیک مورد نیاز آن جهت مشخص‌کردن عملکرد نهایی در مدل‌های شبیه‌سازی ضروریاست. حداقل تعداد روز از کاشت تا سبزشدن در شرایط دمای مطلوب و رطوبت مناسب خاک را روز بیولوژیک می‌گویند (Soltani, 2009; Soltani et al., 2013). اگرچه عوامل زیستی و محیطی زیادی مانند خاک، دما و رطوبت بر زمان سبز شدن موثر است ولی در شرایط مطلوب رشد، درجه حرارت را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین عامل دانست (Jame and

*نویسنده مسئول: mohammad_panahi1368@yahoo.com

(Cutforth, 2004; Lafond and Fowler, 1989). معمولاً زمان حرارتی (درجه- روز-رشد) برای بیان دقیق رابطه دما و سبزشدن مدنظر گرفته می‌شود و با توجه به نظرات برخی از محققین، با افزایش درجه دما از پایه تا درجه حرارت مطلوب به صورت خطی، سرعت سبزشدن افزایش می‌یابد (Wilkenze and Singh, 2001). با این حال در برخی مطالعات نیز بیان شده که رابطه دما و سبزشدن یک رابطه غیرخطی است (Shykewich, 1995; Slafer and Rawson, 1995). برای توصیف شرایط محیطی و اثرات آن بر رشد و نمو از توابع مختلفی مانند نمایی (Wang et al., 2006)، درجه دوم (Timmermans et al., 2007)، لجستیک (Schimpf et al., 1997)، بتا (Wang et al., 2009)، دوتکه‌ای (Ajam Norouzi et al., 2007) و دندان مانند (Torabi and Soltani, 2012) استفاده می‌شود.

تحقیقات زیادی در زمینه تعیین دماهای کاردینال و بررسی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی صورت گرفته است. Eshraghi-Nejad et al. (2010) تابع دندان مانند را بهترین مدل برای نشاندادن پاسخ سبز شدن ارزن معمولی و در مطالعه‌ای دیگر، مدل بتا را برای واکنش سبزشدن ارزن دم روباهی نسبت به دما انتخاب کردند. Ajam Norouzi et al. (2007) تابع دوتکه‌ای را به‌عنوان مدل برتر برای کمی‌سازی سبزشدن باقلا به دما انتخاب کرد. Torabi and Soltani (2012) با تابع دندان مانند، دماهای پایه، مطلوب تحتانی و فوقانی را برای سبز شدن ۵۰ درصد جمعیت ارقام نخود به‌ترتیب ٤/٥، ٢٠/٢ و ٢٩/٠ درجه سلسیوس و روز بیولوژیک مورد نیاز آن را ٦/١ برآورد کردند. Soltani et al. (2006b) با مدل دندانمانند، دمای پایه را برای ارقام نخود ٤/٥، مطلوب تحتانی ٢٠/٢، مطلوب فوقانی ٢٩/٣، و دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد را برای سقف و روز بیولوژیک مورد نیاز را ٦ روز برآورد کردند. Jame and Cutforth (2004) و Wang et al. (2009) از مدل بتا برای تعیین ۵۰ درصد سبز شدن در گندم استفاده کردند که با توجه به آن، زمان از کاشت تا سبزشدن در گندم متفاوت و بین ۵-۳۹ روز و میانگین ۱۲/۲ روز مشاهده کردند. Salazar et al.(2013) دمای پایه را برای ارقام گندم از مرحله کاشت تا خوشه رفتن، خوشه تا رسیدگی برداشت و از کاشت تا رسیدگی برداشت به‌ترتیب ٣/١ تا ٨/١، ١٠/٦ تا ١٨/٤ و ١/٦ تا ٨/٤ درجه سانتی‌گراد تخمین زدند. Keshtkar et al. (2009) با مدل لجستیک بیش‌ترین سرعت سبز شدن گندم را در دمای ۲۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیان کردند. Zeinali et al. (2010) در مطالعه‌ای با ۱۲ رقم گندم در شرایط آزمایشگاهی دمای پایه ارقام را ٢/٠٤ تا ٢/٩ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب را از ٣١/٨١ تا ٣٢/٤٢ و دمای سقف را از ٣٨/٠٨ تا ٤٢/٠٨ درجه سانتی‌گراد به‌دست آوردند. Ghaderi-Far et al. (2008) با تابع دوتکه‌ای دمای پایه، مطلوب، سقف و روز بیولوژیک را در کدو تخم کاغذی به‌ترتیب ٥/٩٣، ٣٧/٦٦، ٤٥ درجه سانتی‌گراد و ١٧/١ ساعت، در براگو ٥، ٢٩/٨٥، ٤٠ درجه سانتی‌گراد و ٣٥/٣٠ ساعت، در سیاه‌دانه ٥، ٢٨/٥٨، ٣٥ درجه سانتی‌گراد و ٣٧/١٠ ساعت به‌دست آوردند. Kamkar et al. (2008) با تابع لجستیک به عنوان تابع برتر دمای پایه و مطلوب را در گندم ٥/٢ و ٢٤/٨ درجه سانتی‌گراد و روز بیولوژیک را برای ارقام ٢/٧٨ روز برآورد کردند. Yousefi et al.(2006a and 2006b) بیان کردند که می‌توان از مدل‌های دوتکه‌ای، دندان‌مانند و بتا به‌عنوان مدل برتر برای کمی‌سازی واکنش سبز شدن نخود نسبت به دما استفاده کرد. دمای پایه در این مطالعه با این سه تابع به‌ترتیب ٦/٨، ٦/٨ و ٦/١ دمای مطلوب به‌ترتیب ٢٩/٢، ٢٧/٥ تا ٣٠/٢٧ و ٣٠/٣، دماهای سقف ٤٠/٣، ٤٠ و ٣٥/٢ درجه سانتی‌گراد و ساعت بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن نخود با سه تابع ذکر شده به‌ترتیب ٧٨، ٨٤/٧ و ٨٤/٢ ساعت به‌دست آوردند. Ahmadi et al.(2010) در مطالعه‌ای با ۸ تاریخ کاشت و ۷ رقم که در گرگان انجام شد کم‌ترین تعداد روز از کاشت تا سبزشدن را در ارقام بین ۳/۰۷ تا ۳/۱۷ روز محاسبه کردند. در این مطالعه بیش‌ترین تعداد روز از کاشت تا سبز شدن بین ۱۹/۹۳ تا ۲۳/۳۳ روز به دست آمد. Soltani et al. (2013) مدل بتا را مناسب‌ترین مدل برای توصیف واکنش سرعت نمو نسبت به دما یافتند. ایشان دمای پایه را برای ارقام زاگرس، تجن،

کوهدشت و شیرودی صفر، دمای مطلوب را ۲۷/۵، دمای سقف را ٤۰ درجه سانتی‌گراد و روز بیولوژیک را از زمان کاشت تا سبزشدن ٤ روز محاسبه کردند.

این مطالعه به منظور تعیین دماهای کاردینال و تنوع ژنتیکی برای دماهای کاردینال در ارقام جدیدتر استان گلستان که توسط .Ahmadi et al (2010) و .Soltani et al (2013) مطالعه نشده بودند و مقایسه این نتایج با نتایج مشابه انجام شد. با توجه به نتایج .Soltani et al (2013) و Soltani and maddah (2012) در این مطالعه نیز از مدل بتا به‌عنوان مناسب‌ترین تابع جهت تعیین دماهای کاردینال استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان انجام شد. شهرستان گرگان با میانگین دراز مدت بارندگی ٦۰۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد با نوسان دمایی ۱۰ درجه، ارتفاع ۱۲۰ متر از سطح دریا، با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ٤٥ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی‌سیلتبا pH حدود ۸ و هدایت‌الکتریکی ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. زمین مورد نظر در پاییز همان سال شخم زده شد و با دیسک برای کاشت آماده شد.

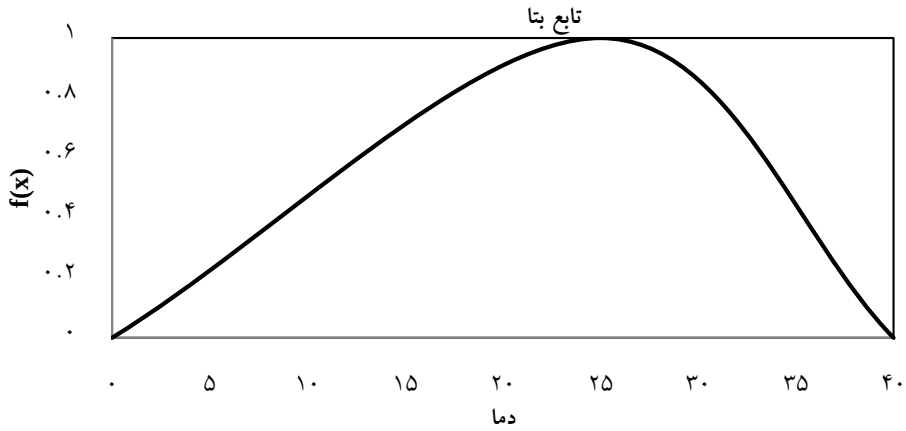
این مطالعه به‌صورت ۱۲ محیط (هر ماه یک تاریخ کاشت) و ۸ رقم گندم (شامل مروارید، تجن، کوهدشت، دریا، گنبد، آرتا، N-87-19 و N-87-20) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هر محیط اجرا شد. هر بلوک شامل ۱۲ خط کاشت با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و طول هر خط کاشت ٤ متر و فاصله بین بلوک‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر بود که دو خط از دو طرف هر بلوک و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدای هر کرت فرعی به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. میزان بذر کشت شده در هر یک متر از خطوط با عمق کاشت ۳ سانتی‌متر با احتساب قوه نامیه و درجه خلوص بذور، ٦٤ بذر بود. در هر کرت تعداد بذور سبزشده (بذوری که بخشی از گیاهچه آن در سطح خاک قابل رویت باشد (Soltani, 2009). در ۱ متر بررسی و ثبت گردید. در تمام تاریخ کاشت‌ها زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن، یادداشت شد. سپس عکس زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن بر اساس معادله (۱) به‌عنوان سرعت سبز شدن محاسبه شد.

$$R = \frac{1}{D} \qquad (۱)$$

که در آن R و D به‌ترتیب سرعت و طول دوره سبزشدن هستند. به‌منظور توصیف رابطه بین دما و سرعت سبزشدن و برآورد روز بیولوژیک و دمای کاردینال از معادله (۲) استفاده شد.

$$R = \frac{f(T)}{eo} \qquad (۲)$$

که در آن f (T) تابع دما و eo تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبزشدن می‌باشد. حداقل تعداد روز مورد نیاز برای رسیدن به مرحله سبزشدن تحت شرایط عدم محدودیت را روز بیولوژیک می‌گویند (Soltani, 2009). در این مطالعه از تابع بتا برای برازش ارقام استفاده شد (شکل ۱). علت استفاده از این مدل، آن است که .Soltani et al(2013) و Soltani and maddah (2012)، این مدل را مناسب‌ترین مدل برای توصیف واکنش سرعت نمو به دما گزارش کردند.



شکل ۱- تابع استفاده‌شده برای مدل‌سازی واکنش سبزشدن نسبت به دما.

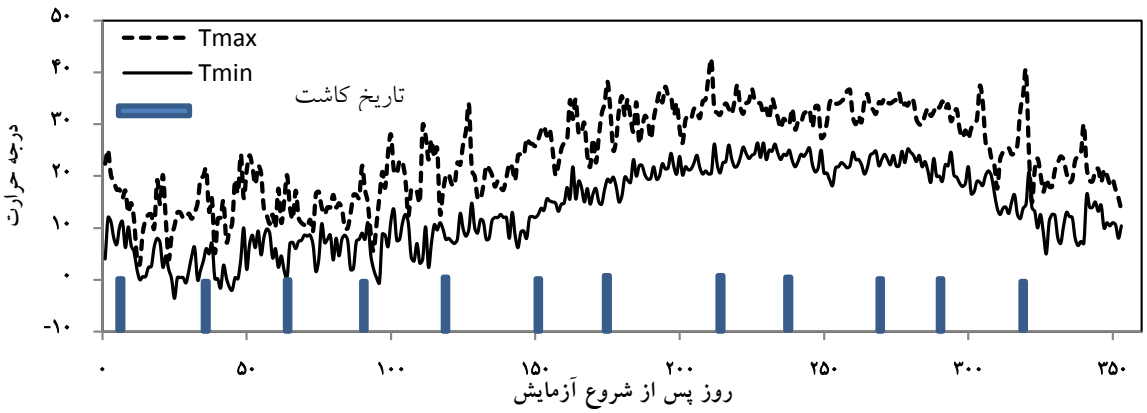
تابع بتا (Soltani et al., 2006) a:

$$f(t)=\frac{\left[\frac{Tc-t}{Tc-Tp}\times\frac{t-Tb}{Tp-Tb}\right]^{\frac{Tp-Tb}{Tc-Tp}}}{fo}$$

در توابع فوق t، Tb، Tp و Tc به‌ترتیب میانگین دمای هوا از کاشت تا سبزشدن، دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف fo نیز تعداد روز بیولوژیک است. دمای سقف به‌طور ثابت ۴۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. تخمین پارامترها با نرم‌افزار SAS (Soltani, 2007)، انجام شد و برای رسم نمودارها از Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

وضعیت دمای هوا طی دوره آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است. دامنه دمای حداکثر از ۳ تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد و دامنه دمای حداقل از ٤- تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد متفاوت بود. این دامنه گسترده دمایی حاکی از وجود تغییرات مناسب دمایی در طول آزمایش بود.



شکل ۲- درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر در طی آزمایش در گرگان.

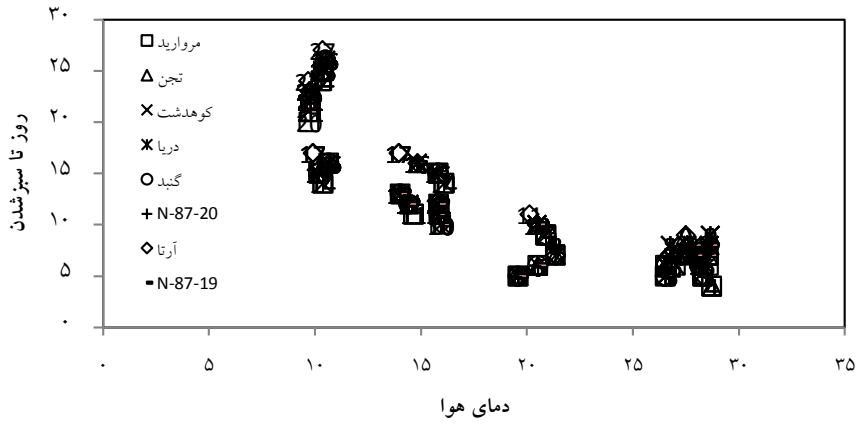
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تاریخ‌های کاشت و رقم از نظر دما، روز تا سبزشدن و سرعت سبزشدن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد وجود داشت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس برای دما، روز تا سبز شدن و سرعت سبزشدن ارقام گندم.

منابع تغییرات	درجه آزادی	دما	روز تا سبزشدن	سرعت سبزشدن
		مجموع مربعات	مجموع مربعات	مجموع مربعات
محیط (تاریخ کاشت)	۱۱	۱۶۹۱**	۷۸۷۶۲۸**	۰/۰۸۶۲۷**
خطای ۱	۳۶	۰/۳۹۰۶**	۹۳۵**	۰/۰۰۰۸**
ژنوتیپ	۷	۰/۲۷۲٤**	٤۹۸۱**	۰/۰۰۱٤۱**
ژنوتیپ × محیط	۷۷	۰/۲۱٤۵**	۸۵۹**	۰/۰۰۰۸**
خطای ۲	۲۵۲	۰/۰٤٦۱	۱۱۷	۰/۰۰۰۰۵۵

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

شکل ۳، میانگین دمای روزانه را در مقابل روز تا ۵۰ درصد سبزشدن برای ارقام مورد مطالعه را نشان می‌دهد.چنان‌که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، دمای ۲۸/۷ کم‌ترین و دمای ۹/۸ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین زمانی است که در آنروز تا سبزشدن رخ دادهاست. Torabi and Soltani(2012)، دماهای ۲۹/٤ و ۸/۰ درجه سانتی‌گراد را به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدن به نسبت‌های مختلف سبزشدن در نخود بیان کردند. .Zeinali et al (2010)، بالاترین درصد جوانه‌زنی را در گندم در دماهای ۱۳ و ۲۰ درجه و بیشترین سرعت را در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد گزارش دادند. .Ajam Norouzi et al(2007)، بیش‌ترین سرعت روز تا سبزشدن را در ارقام باقلا در تاریخ کاشت شهریور و کم‌ترین سرعت را در تاریخ کاشت دی‌ماه گزارش کردند. Addae and Pearson (1992)، بیش‌ترین سرعت رشد کولئوپتیل را در گندم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و Jame and Cutforth (2004)، در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آوردند. هم‌چنین دامنه وسیعی از طول مدت نمو سبزشدن در طول مدت آزمایش بین ارقام مشاهده شد. اختلاف بین ارقام در سبزشدن مربوط به واکنش آن‌ها به شرایط دمایی است. بیش‌ترین تعداد روز از کاشت تا سبزشدن مربوط به دی‌ماه و بهمن‌ماه بود که به‌دلیل دمای پایین در طول سبزشدن در این دوماه بود. کم‌ترین تعداد روز از کاشت تا سبزشدن نیز مربوط به تاریخ کاشت شهریورماه بود. بیش‌ترین سرعت در سبزشدن مربوط به ارقام مروارید و تجن با ٤ روز در تاریخ کاشت شهریورماه بود.



شکل ۳- واکنش مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن در مقابل دمای هوا در ارقام مختلف گندم.

جدول ۱- دامنه و مدت مشاهده شده (روز) برای مرحله سبزشدن در ۸ رقم گندم مورد مطالعه با تاریخ‌های کاشت متوالی.

رقم	حداقل	حداکثر	میانگین
مروارید	٤	٢٥	١١/٢٠
تجن	٤	٢٥	١٢/٠٠
کوهدشت	٥	٢٦	١٢/١٦
دریا	٥	٢٦	١٢/٢٢
گنبد	٥	٢٦	١١/٨٧
N-87-20	٥	٢٥	١١/٥٦
آرتا	٥	٢٧	١٢/٦٠
N-87-19	٥	٢٦	١١/٩٣

شکل ۵، سرعت رشد را توسط مدل بتا در مقابل دما نشان می‌دهد. زمانی که دمای پایه و دمای سقف به‌ترتیب ۰/۲۲ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد بود، سرعت نمو برابر با صفر بود. دمای مطلوب ۲۷/۱٦ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین سرعت سبزشدن را داشت. کمی عدم تقارن در منحنی سرعت در مقابل دما دیده می‌شود که می‌تواند به‌دلیل استفاده از دماهای کاردینال یکسان برای همه ارقام باشد.

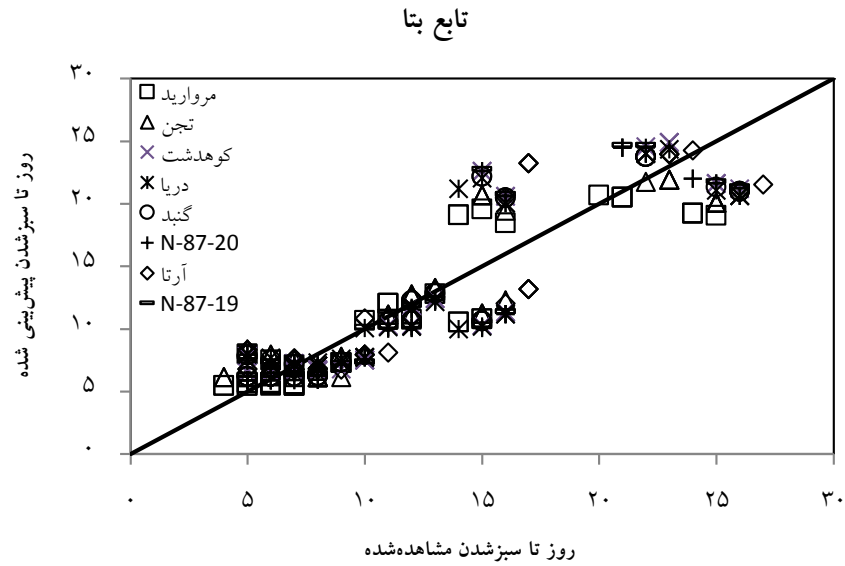
تخمین دماهای کاردینال و روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبزشدن در جدول ۳ آورده شده است. ارقام ممکن است کمی در دماهای کاردینال دارای تفاوت باشند، ولی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین ارقام از نظر دماهای کاردینال یا روز بیولوژیک مورد نیاز بر پایه تابع بتا وجود نداشت و می‌توان یک مقدار ثابت را برای همه ارقام به کار برد. در مطالعات مشابهی که در گرگان انجام شده (Soltani et al, 2013; Soltani and Maddah, 2012) و با توجه به نتایج این مطالعه در جدول ۳ و مقادیرCV، RMSE، R^2 و r می‌توان تابع بتا را مناسب‌ترین تابع برای کمی کردن واکنش سبز شدن گندم به دما انتخاب کرد. با استفاده از تابع بتا دمای پایه ارقام ۰/۲۲°C، دمای مطلوب ۲۷/۱٦°C و روز بیولوژیک معادل ٦/۲ روز به‌دست آمد. این مقادیر به‌طور معمول در بسیاری از گندم‌های زمستانه و در مدل‌های شبیه‌سازی استفاده می‌شود (برای مثال، SSM-WheatSoltani et al., 2013).. دامنه R^2 برای ارقام در این مدلبین ۰/۷۸ تا ۰/۸۳ بود. Cao and Moss (1989)، مقدار R^2 را ۰/۵۵ تا ۰/۸۸ و Slafer and Rawson (1994)، مقدار R^2 را ۰/۸۰ تا ۰/۹۸ برای ارقام‌شان به‌دست آوردند. Jame and Cutforth (2004) با مدل بتا دمای پایه را در گندم برای جوانه‌زنی ۲/۷°C و دمای سقف را ٤٠°C محاسبه کردند. Addae and Pearson (1992)، دمای پایه را در گندم با توابع خطی ۱°C بیان کردند. Buriro et al. (2011) دمای مطلوب را در گندم برای مرحله جوانه‌زنی ۲۰°C تا ۳۰°C و White et al.(20120) دمای پایه صفر، مطلوب ۲۵/۵°C و دمای سقف را ٤۳/۹°C را در ارقام گندم محاسبه کردند. ایشان همچنین دماهای پایه و مطلوب را با تابع درجه دوم به‌ترتیب ۳/۷°C و ۲٤/۸°C برآورند کردند. Ghaderi-Far et al.(2009)، دمای پایه کدو تخم کاغذی را با تابع بتا ۳/۲۵-، دمای مطلوب را ۳۳/۸°C، دمای سقف را ٤٥°C و تعداد ساعت بیولوژیک را ۱۹/۳٤ به‌دست آوردند.

نتیجه‌گیری نهایی

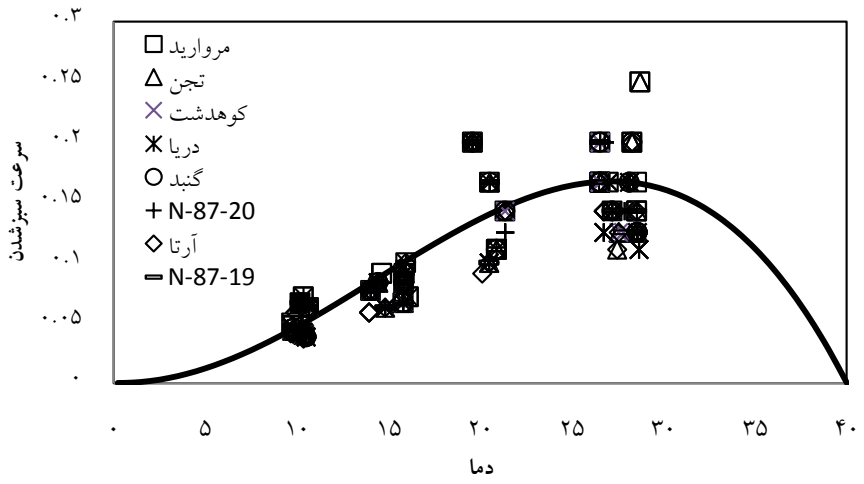
نتایج این مطالعه نشان داد که می‌توان واکنش سبزشدن گندم به دما را به‌وسیله تابع بتا به‌خوبی توجیه کرد. دماهای کاردینال برای سبزشدن به‌صورت ۰/۲۲°C برای دمای پایه، ۲۷/۱٦°C برای دمای مطلوب و ٤٠°C برای دمای سقف برآورد گردید. اختلاف معنی‌داری بین ارقام از نظر دماهای کاردینال مشاهده نشد. روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبزشدن در عمق ۳ سانتی‌متر معادل ٦/۲ روز بود.

جدول ۳- برآورد RMSE، دمای پایه (T_b)، دمای بهینه (T_P)، تعداد روز بیولوژیک (eo) و حدود اطمینان (CI95%) برای سبزشدن ۵۰ درصدجمعیت با تابع بتا در ۸ رقم گندم. دمای سقف (T_C) ۴۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. ضریب تبیین (R^2) بیان‌کننده رابطه بین سرعت سبزشدن با دما می‌باشد و ضریب همبستگی (r)، بیان‌کننده روابط بین روز تا سبزشدن است.

تابع بتا	n	CV	RMSE	R^2	r	T_b±se	CI95%	T_b±se	CI95%	T_C	eo±se	CI95%
مروارید	۴۸	۲۱/۰۶	۲/۲۷	۰/۸۳	۰/۹۱	۳/۰۲±-۱/۶۳	۴/۴۵؛-۷/۷۲	۰/۴۷±۲۷/۴۴	۲۸/۴۱؛۲۶/۴۶	۴۰	۰/۲۲±۵/۶	۶/۰۸؛۵/۱۹
تجن	۴۸	۲۱/۳۶	۲/۴۶	۰/۸۲	۰/۹۰	۳/۸۵±۱/۹۸	۷/۸۵؛-۰/۱۳	۰/۵۶±۲۷/۰۳	۲۸/۱۹؛۲۵/۸۶	۴۰	۰/۲۸±۶/۲	۶/۸۰؛۵/۶۶
کوهدشت	۴۸	۲۴/۳۸	۲/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۹	۱/۹۵±۳/۶۰	۷/۴۶؛-۰/۲۴	۱/۱۳±۲۶/۲۳	۲۸/۵۲؛۲۳/۹۴	۴۰	۰/۲۸±۶/۵	۷/۱۵؛۶/۰۲
دریا	۴۸	۲۳/۹۴	۲/۸۴	۰/۷۸	۰/۸۸	۱/۶۷±۴/۴۰	۷/۷۷؛۱/۰۳	۱/۰۶±۲۵/۴۳	۲۷/۵۷؛۲۳/۳۰	۴۰	۰/۲۸±۷/۰	۷/۵۶؛۶/۴۳
گنبد	۴۸	۲۳/۷۷	۲/۷۶	۰/۸۱	۰/۹۰	۲/۶۴±-۰/۳۵	۴/۹۷؛-۵/۶۸	۱/۰۷±۲۷/۴۳	۲۹/۵۹؛۲۵/۲۶	۴۰	۰/۲۴±۶/۱	۶/۶۶؛۵/۶۸
N-87-20	۴۸	۲۴/۸۲	۲/۸۶	۰/۸۲	۰/۹۰	۱/۹۸±۴/۰۳	۸/۰۲؛۰/۰۵	۰/۹۷±۲۷/۱۶	۲۹/۱۲؛۲۵/۲۰	۴۰	۰/۲۱±۵/۸	۶/۳۰؛۵/۴۴
آرتا	۴۸	۲۲/۰۵	۲/۷۰	۰/۸۲	۰/۹۰	۲/۵۲±./۱۷	۵/۲۴؛-۴/۹۰	۱/۱۱±۲۶/۹۶	۲۹/۲۰؛۲۴/۷۱	۴۰	۰/۲۶±۶/۷	۷/۲۵؛۶/۲۰
N-87-19	۴۸	۲۴/۳۳	۲/۸۶	۰/۸۱	۰/۸۹	۱/۸۸±۲/۶۲	۶/۴۰؛-۱/۱۶	۰/۹۹±۲۶/۶۶	۲۸/۶۷؛۲۴/۶۵	۴۰	۰/۲۳±۶/۳	۶/۸۰؛۵/۸۵
کل داده‌ها	۳۸۴	۲۳/۰۴	۲/۶۸	۰/۸۱	۰/۸۸	۲/۳۲±۰/۲۲	۴/۷۸؛-۴/۳۳	۰/۴۰±۲۷/۱۶	۲۷/۹۵؛۲۶/۳۷	۴۰	۰/۰۹±۶/۲	۶/۴۷؛۶/۱۱



شکل ٤- روز تا سبزشدن مشاهده شده در مقابل پیش‌بینی‌شده در ۸ رقم گندم با استفاده از تابع بتا. خط نشان‌دهنده خط ۱:۱ است.



شکل ٥- نمودار میانگین دما در مقابل سرعت سبزشدن ارقام گندم براساس تابع بتا.

Reference

Addae, P.C., and Pearson, C.J. 1992. Thermal requirements for germination and seedling growth of wheat. Aust. Journal Agriculture Research. 43: 585–594.

Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeinali, E. and Arabameri, R. 2010. The effect of planting date on duration of phonological phases in wheat cultivars and it's relation with grain yield. Journal of Plant Production. 17(2): 109-122.

Ajam Norouzi, H., Soltani, A. Majidi, E. and Homaei, M. 2007. Modelling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. Journal of Agriculture Science and natural Resource. 14(4): 100-110.

Boifin, J., Durr, C., Fleury, A., Marinlafleche, A. and Maillet, I. 1992. Analysis of the variability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth during the earlystages.1. influence of various conditions on crop establishment. Agronomie. 12: 515-525.

Cao, W., and Moss, D.N. 1989. Temperature effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. Crop Science. 29: 1018–1021.

Eshraghi-nejad, M., Kamkar, B. and Soltani, A. 2010. Determination of emergence response to temperature for use in simulation of days to emergence in millet (*Panicum miliaceum*). The First International

Conference on Plant, Water, Soil & Weather Modeling. Shahid Bahonar University of Kerman. 14, 15 Nov. Kerman, Iran.

Eshraghi Nejad, M., Kamkar, B. and Soltani, A. 2009. Cardinal temperatures and required biological days from sowing to emergence of three millet species (common, foxtail, pearl millet). Journal Agriculture Science & Tecnologyh. 3(12): 36-43.

Forcella, F., Roberto L. 2000. Benech Arnold, Rudolfo Sanchez, Claudio M. Ghersa. Modeling seedling emergence. Field Crops Research. 67: 123-139.

Gan, Y., Stobe, E.H. and Moes, J. 1992. Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield. Crop Science. 32: 1275–1281.

Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H.R. 2008. Cardinal temperatures of germination in medicinal pumpkin (Cucurbita pepo convar. Pepo var styriaca), Borago (Boragoofficinalis L.) and black cumin (*Nigellasativa* L.). Asian Journal Plant Science. 7(6): 574-578.

Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H.R. 2009. Evaluation of nonlinear regeression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (Cucurbita pepo L. subsp. Pepo. Convar. Pepo var. styriaca Greb), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. Journal of Plant Production. 16(4): 1-19.

Jame, Y.W., and Cutforth, H.W. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agricultural and Forest Meteorology. 124: 207–218.

Jeffrey, W., White, Bruce A. Kimball, Gerard W. Wall, Michael and Ottman, J. 2012. Cardinal temperatures for wheat leaf appearance as assessed from varied sowing dates and infrared warming. Field Crops Research. 137: 213–220.

John Bullied, W., Paul, R. Bullock, Gerald N. Flerchinger, Rene and Van Acker, C. 2013. Process-based modeling of temperature and water profiles in theseedling recruitment zone: Part II. Seedling emergence timing. Agricultural and Forest Meteorology. 1– 17.

Kamkar, B., Ahmadi, M., Soltani, A. and Zeinali, E. 2008. Evaluating non- linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. Seed science and biotechnology. 2(2): 53-57.

Keshtkar, E., Kordbacheh, F. Mesgaran, M.B. Mashhadi, H.R. and Alizadeh, H.M. 2009. Effects of the sowing depth and temperature on the seedling emergence and early growth of wild barley (Hordeum spontaneum) and wheat. Weed Biology and Management. 9. 10–19.

Lafond, G.P., and Fowler, B.D. 1989. Soil temperature and water content, seeding depth, and simulated rainfall effects on winter wheat emergence. Agronomy Journal. 81: 609–614.

Mahmooda Buriro, Fateh Chand Oad, Muhammad Ibrahim Kerio, Shamsudin Tunio, Allah Wadhayo Gandahi, Syed Waseem Ul Hassanand Sono MaL Oad. 2011. Wheat seedgermination under the influence of temperature regimes. Sarhad Joutnal Agriculture. 27(4): 539-543.

Malézieux, E. 2012. Designing cropping systems from nature. Agronomy for Sustainable Development. 32:15–29.

Rezaei, A., and Soltani, A. 2008. Introduction to applied regression analysis. Isfahan university press. Isfahan. Thirds edition. 294 pp.

Salazar-Gutierrez, M.R., Johnson, J., and Chaves-Cordoba, B. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. International Journal of Plant Production 7(4): 60-72.

Schimpf, D.J., Flint, S.D. and Palmblad, I.G. 1997. Representation of germination curves with the logistic function. Annual Botany. 41: 1357-1360.

Shaykewich, C.F. 1995. An appraisal of cereal crop phenology modeling. Canada Journal Plant science. 75: 329-341.

Slafer, A.S., and Rawson, H.M. 1994. Does temperature affect final numbers of primordial in wheat? Field Crops Research. 39: 111–117.

Slafer, G.A., and Rawson, H.M. 1995. Base and optimum temperatures vary with genotypeand stage of development in wheat. Plant Cell Environment. 18: 671–679.

Soltani, A. 2007. Use of the SAS statistical analysis software. Mashhad University of Jihad publications. 182 pp.

Soltani, A. 2009. mathematical modelling in field crops. Mashhad University of Jihad publications. 175 pp.

Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J. and Zeinali, E. 2006 a. Modeling chickpea growth and development: phenological development. Field Crops Researchs. 9: 1-13.

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

Soltani, A., Maddah, V. 2012. Wheat growth and yield simulation by SSM in environmental condition of Golestan provinc. GUASNR. Research Report.

Soltani, A., Maddah, V. and Sinclair, T.R. 2013. SSM-Wheat: a simulation model for wheat development, growth and yield. International Journal of Plant Production 7(4): 711-740.

Timmermans, B.G.H., Vos, J., van Nieuwburg, J., Stomph, T.J. and van der Putten, P.E.L. 2007. Germination rates of Solanum sisymbriifolium: temperature response models, effects of temperature fluctuations and soil water potential. Seed Science. Research. 17: 221–231.

Torabi, B. and Soltani, A. 2012. Quantifying Response of Chickpea Emergence to Air Temperature. Journal of crop production and processing. 2(6): 109-120.

Wang, H., Cutforth, H., McCaig, T., McLeod, G., Brandt, K., Lemke, R., Goddard, T., and Sprout, C. 2009. Predicting the time to 50% seedling emergence in wheat using a Beta model. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences. 57: 65–71.

Wang, R., Bai, Y. and Tanino, K. 2006. Seedling emergence of Winterfat (Krascheninnikovia lanata (Pursh) A.D.J. Meeuse & Smit) in the field and its prediction using the hydrothermal time modell. Journal Arid Environment. 64: 37–53.

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., and David, C. 2009.Agroecologwith the logistic function. Annual. Botany. 41:1357–1360.

Wilkens, P, and Singh, U. 2001. A code-level analysis for temperature effects in the CERESmodels, in: J. White (Ed.), Modeling Temperature Response inWheatand Maize. CIMMYT. Electronic Botany Mexico. 1–7.

Yousefi, M., Soltani, A. Akram Ghaderi, F., Zeinali, E. and Sarparast, R. 2006a. Evaluation of non-linear regression models to describe response of emergence rate to temperature in chickpea. Journal ofAgricultural Sciences and Technolog. 20(1): 93-102.

Yousefi, M., Soltani, A. Zeinali, E., and Sarparast, R. 2006b. Effect of temperature and sowing depth on emergence of chickpea. Journal of Agriculture Science and natural Resource. 13(2): 10-23.

Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S. and Sadati, S.J. 2010. Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Electronic journal crop production. 3(3): 23-24.