مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۳. پاییز ۱۴۰۳

مجله پژوهش های به زراعی

بررسی و تطبیق مراحل رشد گیاهی با شاخص درجه روز رشد (GDD) بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه گندم، ذرت علوفه‌ای و چغندرقند در سامانه نیاز آب

آرش تافته[1]*، نیاز علی ابراهیمی پاک[1]

۱-عضو هیات علمی، بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۳

چکیده

شاخص گیاهی روز درجه رشد (GDD) از پراهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه است، ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای انجام می‌شود. این پارامتر یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است. رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه باتوجه به ایجاد بانک اطلاعات فنولوژی بومی برای گیاهان در سامانه نیاز آب بارگذاری شد. با استفاده از داده‌های اقلیمی و آخرین روش‌های مطرح در تعیین GDD که در سال ۲۰۰۸ ارائه شده است، مقادیر GDD برای گندم محاسبه و زیر سامانه آن تکمیل و پس از صحت سنجی در سامانه بارگذاری شد. نتایج نشان داد که داده‌های GDD و دوره‌های رشد بومی انطباق مناسبی با هم داشته و برای هر منطقه مقادیر کاملاً متفاوت و منحصربه‌فرد می‌باشد. همچنین روابط بسیار مناسبی بین ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان مختلف با شاخص GDD به دست آمد که در این گزارش به برخی از آن‌ها اشاره شد. به‌عنوان‌مثال شاخص GDD با ضریب Kc در ارزیابی نشان داد که این مدل برای گیاه گندم، ذرت علوفه‌ای و چغندرقند به ترتیب با شاخص کارایی مدل ۷۸، ۷۸ و ۹۵ درصد بسیار عالی عمل کرده است و به ترتیب با خطای حدود ۸، ۹ و ۶ درصد عملکرد قابل‌قبولی دارد، لذا با استفاده از این شاخص در ایستگاه‌های فاقد داده مکفی می‌توان جهت برآورد ضریب تبخیر- تعرق گیاهان استفاده نمود. همچنین نتایج بررسی نیاز آبی نشان داد که مدل برای گیاه گندم، ذرت علوفه‌ای و چغندرقند به ترتیب کارایی ۹۸، ۹۸ و ۹۹ درصد داشته و نیاز آبی تجمعی با خطای ۲، ۵ و ۴ درصد قابل‌محاسبه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دما، درجه روزرشد، دوره فنولوژی بومی، مراحل رشد

* نگارنده مسئول (arash_tafteh@yahoo.com)

مقدمه

گیاه گندم (*Tritcum Aestivum* L.) منبع بیش از ۲۰ درصد کالری در رژیم غذایی انسان بوده و ۱۵ درصد از کل غلات کشت شده در سطح جهان را در بر می‌گیرد. از آن‌جایی که انتظار می‌رود، تقاضا برای غلات تا سال ۲۰۵۰ به ۳ میلیارد تن برسد، لذا کشت گندم در جهان افزایش یافته است (Alexandratos & Bruinsma, 2012). در بین محصولات زراعی، سطح زیر کشت گندم در رتبه اول جهانی قرار دارد. براساس گزارشات فائو، تولید کل غلات جهان نزدیک به ۵۸۷/۲ میلیارد تن می‌باشد که تقریباً ۷۲۲ میلیون تن آن به گندم اختصاص دارد (FAO, 2018). عوامل مختلفی در افزایش تولید محصول گندم مؤثر می‌باشند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، آب است. تعیین آب مصرفی واقعی گندم در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیتی خاص برخوردار بوده و استفاده اقتصادی از آب یک مسئله جدی و بسیار مهم برای کشاورزان و محققانی است که گندم را به صورت آبی کشت و تولید می‌کنند (Ebrahimipak *et al.*, 2018). مدل گیاهی GDD از پراهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه می‌باشد؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر در حال انجام است (Cross & Zuber, 1972). این پارامتر یک خصوصیت اقلیمی-گیاهی است (McMaster & Smika, 1988). رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. یک رابطه خطی که فرض می‌کند سرعت رشد متناسب با درجه‌حرارت آستانه است، بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد و اغلب برای دمای متوسط محاسبات دقیق‌تر است (White *et al.*, 2012). با این‌وجود، فرض خطی‌بودن دما خطاهایی را به همراه خواهد داشت و وقتی دما در شرایط متغیر به سمت افراط‌گرایش یابد این خطا افزایش می‌یابد (Ritchie & NeSmith, 1991). رابطه خطی بین دما و رشد گیاه در مطالعات طولانی‌مدت نامناسب

است، به‌خصوص برای کل دوره رشد گیاه خطای زیادی ایجاد می‌شود (Abrami, 1972)؛ بنابراین بسیاری از روش‌ها که فرض رابطه غیرخطی دارند، توسعه‌یافته‌اند که هریک دارای نقاط قوت و ضعف هستند؛ به‌عنوان‌مثال، یک رویکرد دوطرفه اتخاذ شده است که در آن پاسخ به دمای زیر و فوق بالا توسط معادلات خطی مختلف کنترل می‌شود و منحنی پاسخ واقعی به‌طورکلی نرمال می‌گردد تا نوسانات دمایی که رشد را مختل می‌نمایند در این بازه‌ها در نظر گرفته نشوند (Aiken, 2005). معادله نمایی معمولاً برای شبیه‌سازی عملکرد در دماهای پایین تا متوسط مؤثر است، ولی برای دما بالا کارایی ندارد؛ زیرا در دمای بالا توسعه گیاهی مختل می‌گردد (Tollenaar *et al.*, 1979). معادله درجه دوم یک مدل ساده است که می‌تواند در دماهای بالا سرعت توسعه کمتری را تعریف نماید (Yan & Wallace, 1998). بااین‌حال، پاسخ دما به‌ندرت یک حالت متقارن دارد، بنابراین کاربردهای مدل‌های درجه دوم خطای بالایی خواهند داشت (Kara, 2015). محققین یک تابع بتا شامل سه پارامتر (کنترل درجه‌حرارت) برای توصیف پاسخ دما استفاده کردند که نتایج شبیه‌سازی‌ها برای چندین گیاه مانند ذرت، گندم، جو، سورگوم و لوبیا موفقیت‌آمیز بود. این روش نسبت به روش‌های زمانی–حرارتی که به طور گسترده در پیش‌بینی مراحل رشد محصول استفاده می‌شد برتری داشت. این روش روند نامتقارن دمایی را برای سرعت رشد و کاهش این سرعت در دمای بالا حساب می‌کند (Yin *et al.*, 1996). در روش‌های سنتی تعیین GDD، میزان رشد به طور خطی با دمای بالاتر از آستانه و پایین‌تر از آستانه مرتبط می‌شد؛ بااین‌حال، خطی‌سازی باوجود استفاده گسترده از آن، اغلب به بیش‌برآورد بودن مورد انتقاد قرار می‌گیرد (Ruml *et al.*, 2010). یک مدل GDD باثبات‌تر و کمتر متغیر که با یک روش دقیق محاسبه شود، لازم است تا مراحل دوره رشد محصول را بادقت مورد مقایسه و پیش‌بینی قرار دهد. زارع حقی و همکاران (۱۳۹۵) در آزمایشی که در تبریز انجام دادند طول مراحل

رشد توصیه شده توسط فائو (Doorenbos & Pruitt, 1977) برای تعیین ضریب گیاهی کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای - لوبیا را هم بر اساس تعداد روز و هم بر اساس درجه روز - رشد تعیین نمودند. نتایج نشان داده طول مراحل رشد اولیه، توسعه، میان فصلی و انتهایی به ترتیب ۱۸، ۳۷، ۴۱ و ۱۷ روز بود که به ترتیب پس از دریافت ۱۷۹، ۵۶۷، ۶۷۸ و ۲۲۷ درجه روزرشد حاصل شدند. در این مطالعه با استفاده از اطلاعات بومی گیاه گندم، ذرت علوفه‌ای و چغندرقند در کشور مقادیر روز درجه رشد محاسبه و با سایر پارامترهای مهم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای محاسبه روز درجه رشد (GDD) از دو روش پیشنهادی (Zhou & Wang, 2018) استفاده شد.

روش اول:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DTT$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$DDT=\begin{cases} 0 & Tave<Tb \\ Tave-Tb & Tb<Tave<Tu \\ Tu-Tb & Tu<Tave \end{cases}$$

$$=(Tmax+Tmin)/2 \quad Tave$$

که در آن $Tave$ میانگین دمای روزانه بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن برای رشد گیاه می‌باشد. با توجه به تحقیقات (Grigorieva *et al.*, 2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود ۳۰ درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه ۳۰ و مقدار دمای پایه برای هر گیاه از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب گرفته شد.

روش دوم:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DTT$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$DDT=\begin{cases}0 & Tave<Tb\\ Tave'-Tb & Tb<Tave<Tu\\ Tu-Tb & Tu<Tave\end{cases}$$

$$Tm=\min(Tmax, Tu)$$
$$Tn=Max(Tmin, Tb)$$
$$=(Tm+Tn)/2 Tave'$$

که در آن $Tave'$ میانگین دمای روزانه اصلاح شده بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن Tm برای کنترل دما است که از حد بیشینه دمای در محاسبات فراتر نرود و Tn برای کنترل دما است که از حد پایه در محاسبات پایین تر نشود که با شرایط رشد گیاه متناسب تر می‌باشد. با توجه به تحقیقات (Grigorieva *et al.*, 2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود ۳۰ درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه ۳۰ و مقدار دمای پایه برای هر سه گیاه ۴ درجه با استفاده از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب در نظر گرفته شد (Tafteh *et al.*, 2014). این اطلاعات با استفاده از شاخص‌های آماری نیز مورد بررسی قرار گرفت (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵).

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}}$$

$$NRMSE=\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}}}{\overline{O_i}}$$

$$EF=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\overline{O})^2}$$

$$d=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|P_i|+|O_i|)^2}$$

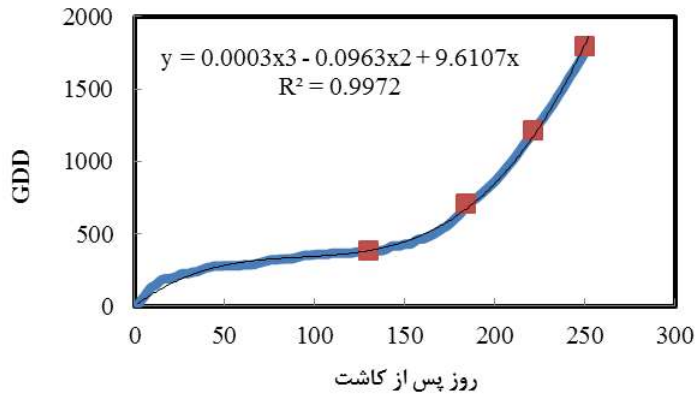
$$R^2=\frac{\left(\sum(P_i-\overline{P})(O_i-\overline{O})\right)^2}{\sum(P_i-\overline{P})^2\sum(O_i-\overline{O})^2}$$

در این روابط، P_i مقدار شبیه‌سازی شده، O_i مقدار اندازه‌گیری شده، $\overline{P}$ میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده، $\overline{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n برابر تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار آماره RMSE همواره مثبت و هر چه به‌صفر نزدیک‌تر، قابل قبول‌تر است. مقادیر آماره‌های EF و d نشان‌دهنده صحت برازش داده‌ها می‌باشد و از مقدار منفی بی‌نهایت در بدترین حالت تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها متغیر است. مقدار R^2 از صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه به‌یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها می‌باشد (Tafteh *et al.*, 2013). پس از واسنجی این اطلاعات به صورت بانک متمرکز

در سامانه نیاز آب استقرار گرفت تا برای کل کشور قابل بررسی باشد.

نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد با استفاده از روش میانگین مستقیم و روش میانگین اصلاح شده مقادیر متوسط روز درجه رشد گیاه گندم در شکل ۱ ارائه شد. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده مربع‌ها نشان‌دهنده مراحل رشد چهارگانه هستند و به طور متوسط برای دوره اولیه رشد گیاه گندم ۳۸۴ روز درجه رشد و برای تکمیل دوره توسعه ۳۲۲ روز درجه رشد و برای تکمیل دوره میانی ۵۱۰ روز درجه رشد و مرحله پایانی ۵۷۷ روز درجه رشد نیاز دارد. لذا به طور کلی گیاه گندم به ۱۷۹۴ روز درجه رشد نیاز دارد که با نتایج (هلالی و همکاران، ۱۳۹۵) منطبق است.



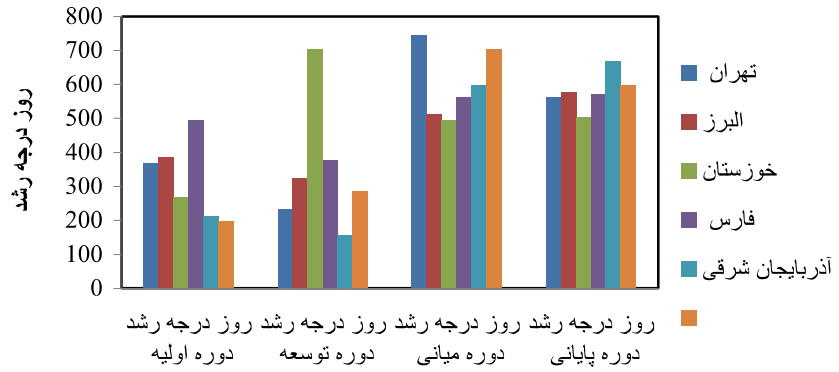
شکل ۱- روز درجه رشد تجمعی در دوره‌های رشد گیاه گندم

در صورت تامین نشدن این دما در مراحل رشد دوره رشد طولانی تر خواهد شد. لذا برای اطلاعات دقیق تر و بومی در هر منطقه و ایستگاه به سامانه نیاز آب مراجعه شود. تمام اطلاعات گیاه گندم در کل کشور در سامانه در دسترس می‌باشد. در جدول ۱ به برخی از نقاط اشاره شد. جدول ۱ مقدار تجمعی روز درجه رشد گیاه گندم در نقاط مختلف کشور ارائه نموده است. در شکل ۲ مقادیر روز درجه رشد در طول دوره رشد گیاه گندم برای هر

دوره چهارگانه به صورت غیر تجمعی و مجزا ارائه شد.

جدول ۱- مقادیر روز درجه رشد گیاه گندم در سطح کشور

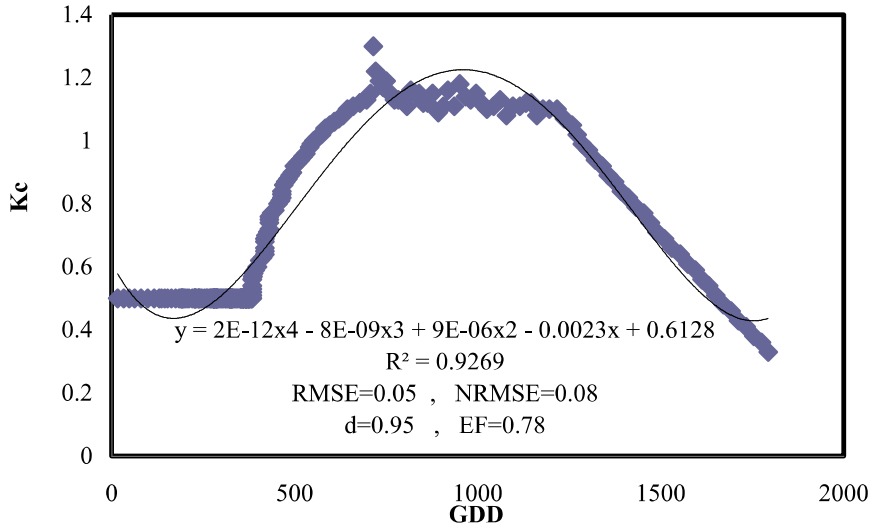
نام استان	روز درجه رشد در اتمام دوره اولیه	روز درجه رشد در اتمام دوره توسعه	روز درجه رشد در اتمام دوره میانی	روز درجه رشد در اتمام دوره پایانی
تهران	۳۶۸	۶۰۰	۱۳۴۳	۱۹۰۴
البرز	۳۸۴	۷۰۶	۱۲۱۷	۱۷۹۴
خوزستان	۲۶۷	۹۶۸	۱۴۶۱	۱۹۶۵
فارس	۴۹۳	۸۶۸	۱۴۲۸	۱۹۹۹
آذربایجان شرقی	۲۱۰	۳۶۶	۹۶۳	۱۶۳۰
خراسان رضوی	۱۹۷	۴۸۲	۱۱۸۴	۱۷۸۱



شکل ۲- مقدار روز درجه رشد مورد نیاز برای دوره‌های رشد گیاه گندم

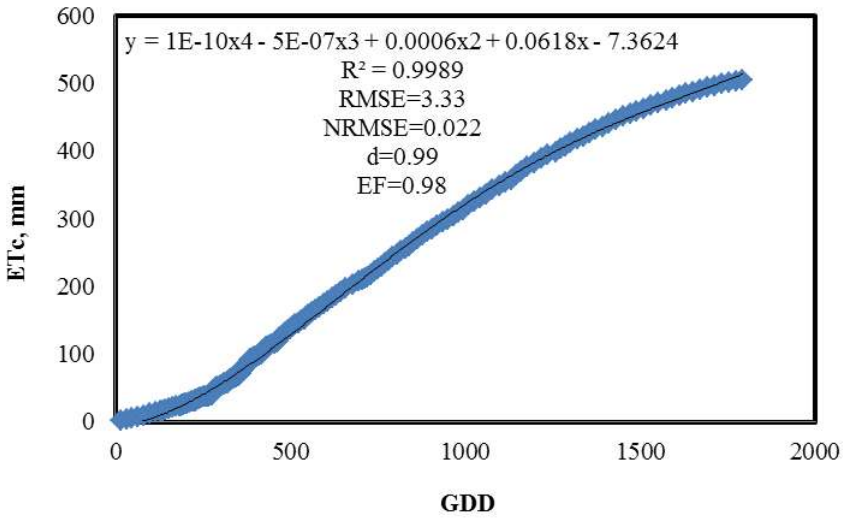
باتوجه به نتایج به دست‌آمده در شکل ۲ در هر منطقه مقادیر GDD کاملا متفاوت است و با توجه به شرایط اقلیمی و رقم مورد استفاده مقدار GDD تغییر می‌نماید لذا لازم است تغییرات آن برای هر منطقه به صورت جداگانه بررسی گردد. از طرف دیگر تغییرات ضریب گیاهی (Kc) با GDD کاملاً منطبق بوده و از یک سری ریاضی آریما قابل‌بررسی است البته تا درجه ۴ جواب مناسب و قابل‌قبول می‌باشد که با ضرایب ارائه شده توسط (Tafteh *et al.*, 2014b) منطبق است؛ بنابراین رابطه

درجه ۴ با خطای ۸ درصد جواب قابل قبولی را ارائه نموده است.



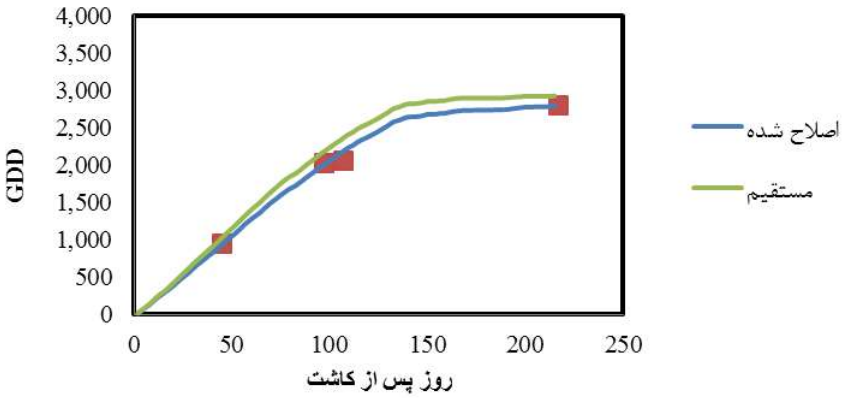
شکل ۳- رابطه روز درجه رشد و ضرایب تبخیر تعرق گیاه گندم

نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که کارایی مدل ۷۸ درصد بوده و مدل نتایج قابل قبولی را برای تعیین ضرایب گیاهی گندم ارائه نموده است. همچنین رابطه نیاز آبی با GDD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- رابطه روز درجه رشد و نیاز آبی تجمعی گیاه گندم

بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رابطه تبخیر- تعرق و GDD بسیار خوب بوده و معادله ارائه شده با کارایی ۹۸ درصد و خطای ۲ درصد بسیار مناسب مقدار نیاز آبی را تعیین نموده است؛ لذا در مواردی که مقدار GDD وجود داشته باشد و اطلاعات مکفی در موردنیاز آبی موجود نباشد بادقت قابل‌قبولی می‌توان از رابطه‌های ارائه شده استفاده نمود. با استفاده از روش میانگین مستقیم و روش میانگین اصلاح شده مقادیر متوسط روز درجه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای در شکل ۵ ارائه شد:



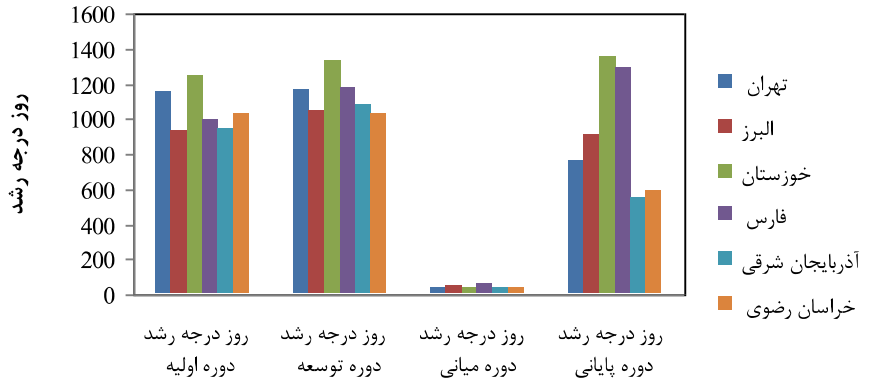
شکل ۵- روز درجه رشد تجمعی در دوره‌های رشد گیاه ذرت علوفه ای

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده مربع‌ها نشان‌دهنده مراحل رشد چهارگانه هستند و به طور متوسط برای دوره اولیه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای ۹۵۵ روز درجه رشد و برای تکمیل دوره توسعه ۱۰۶۹ روز درجه رشد و برای تکمیل دوره میانی ۳۸ روز درجه رشد و مرحله پایانی ۷۳۵ روز درجه رشد نیاز دارد. لذا به طور کلی گیاه ذرت علوفه ای به ۲۷۹۷ روز درجه رشد نیاز دارد که با گزارش بازگیر (۱۳۹۴) منطبق است. در صورت تامین نشدن این دما در مراحل رشد دوره رشد طولانی تر خواهد شد. لذا برای اطلاعات دقیق تر و بومی در هر منطقه و ایستگاه به سامانه نیاز آب مراجعه شود. تمام اطلاعات گیاه ذرت علوفه ای در کل کشور در سامانه در دسترس می‌باشد. جدول ۲ مقدار تجمعی روز درجه

رشد گیاه ذرت علوفه ای در نقاط مختلف کشور ارائه نموده است. در شکل ۶ مقادیر روز درجه رشد در طول دوره رشد گیاه ذرت علوفه ای برای هر دوره چهارگانه به صورت غیر تجمعی و مجزا ارائه شد.

جدول ۲- مقادیر روز درجه رشد گیاه ذرت علوفه ای در سطح کشور

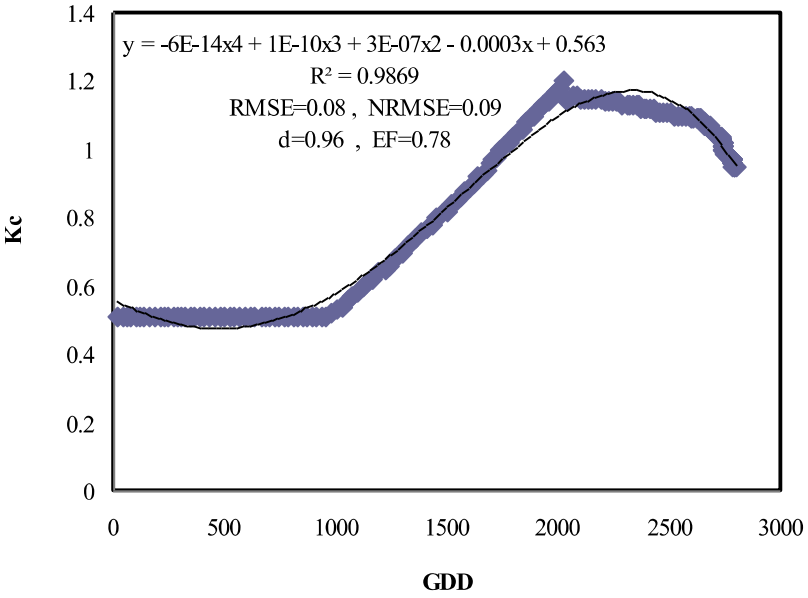
نام استان	روز درجه رشد در اتمام دوره اولیه	روز درجه رشد در اتمام دوره توسعه	روز درجه رشد در اتمام دوره میانی	روز درجه رشد در اتمام دوره پایانی
تهران	۱۱۴۹	۲۳۱۱	۲۳۴۸	۳۱۰۳
البرز	۹۲۸	۱۹۷۴	۲۰۱۲	۲۹۱۵
خوزستان	۱۲۴۸	۲۵۷۸	۲۶۱۵	۳۹۷۰
فارس	۹۹۴	۲۱۶۳	۲۲۲۰	۳۵۱۲
آذربایجان شرقی	۹۳۴	۲۰۱۴	۲۰۵۰	۲۵۹۴
خراسان رضوی	۱۰۲۵	۲۰۵۰	۲۰۸۲	۲۶۷۰



شکل ۶- مقدار روز درجه رشد مورد نیاز برای دوره‌های رشد گیاه ذرت غلوفه ای

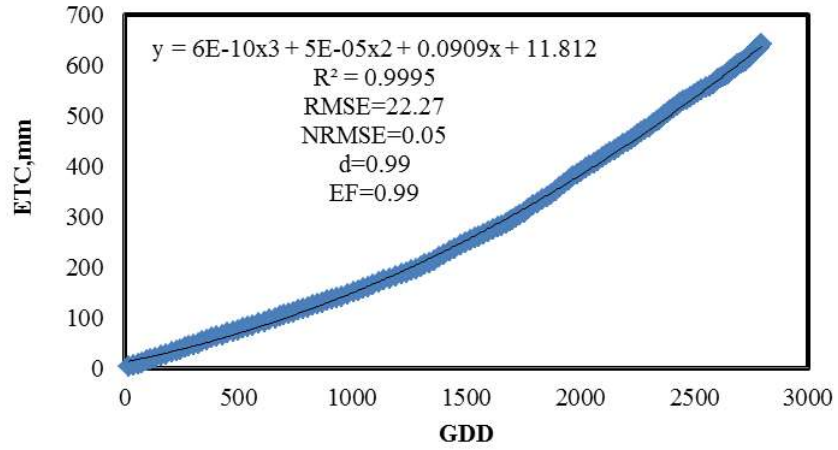
باتوجه به نتایج به دست‌آمده در شکل ۶ در هر منطقه مقادیر GDD کاملا متفاوت است و با توجه به شرایط اقلیمی و رقم مورد استفاده مقدار GDD تغییر می‌نماید لذا لازم است تغییرات آن برای هر منطقه به صورت جداگانه بررسی گردد. از طرف دیگر تغییرات ضریب گیاهی (Kc) با GDD کاملاً منطبق بوده و از یک سری ریاضی آریما قابل بررسی است البته

تا درجه ۴ جواب مناسب و قابل‌قبول می‌باشد؛ بنابراین رابطه درجه ۴ با خطای ۹ درصد جواب قابل قبولی را ارائه نموده است.



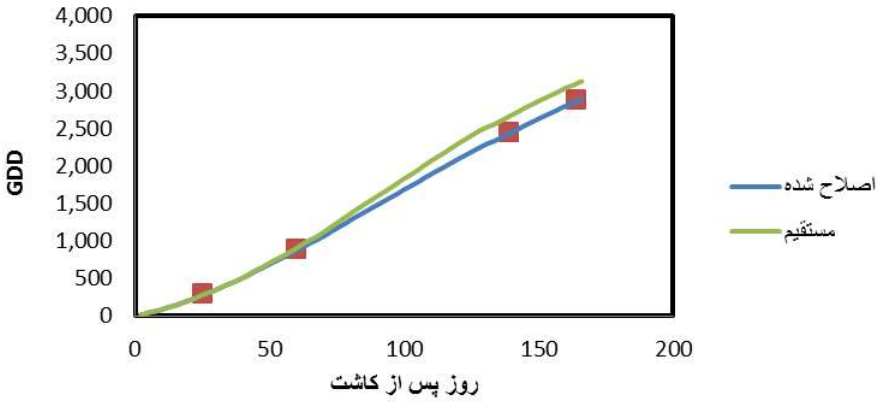
شکل ۷- رابطه روز درجه رشد و ضرایب تبخیر تعرق گیاه ذرت علوفه ای

نتایج شکل ۷ نشان می‌دهد که کارایی مدل ۷۸ درصد بوده و با خطای حدود ۹ درصد مدل نتایج قابل قبولی را برای تعیین ضرایب گیاهی ذرت علوفه ای ارائه نموده است. همچنین رابطه نیاز آبی با GDD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۸- رابطه روز درجه رشد و نیاز آبی تجمعی گیاه ذرت علوفه ای

بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رابطه تبخیر- تعرق و GDD بسیار خوب بوده و معادله ارائه شده با کارایی ۹۹ درصد و خطای ۵ درصد بسیار مناسب مقدار نیاز آبی را تعیین نموده است؛ لذا در مواردی که مقدار GDD وجود داشته باشد و اطلاعات مکفی در موردنیاز آبی موجود نباشد با دقت قابل قبولی می‌توان از رابطه‌های ارائه شده استفاده نمود. با استفاده از روش میانگین مستقیم و روش میانگین اصلاح شده مقادیر متوسط روز درجه رشد گیاه چغندرقند در شکل ۹ ارائه شد:



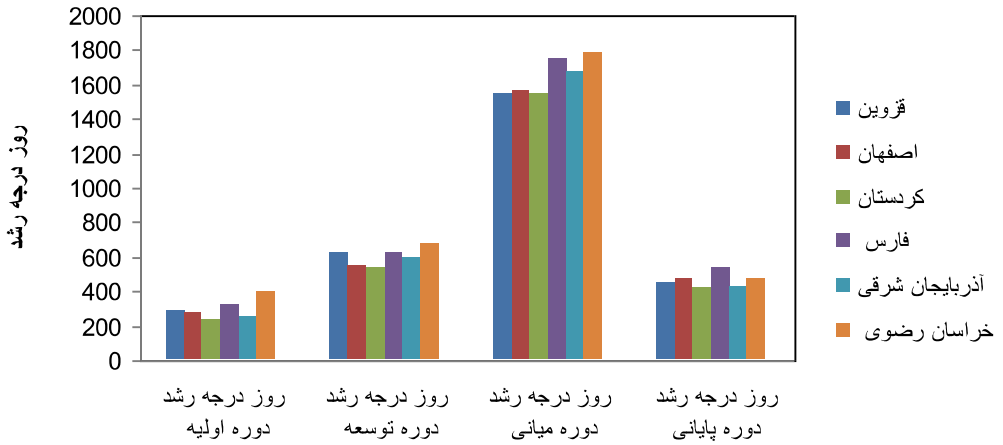
شکل ۹- روز درجه رشد تجمعی در دوره‌های رشد گیاه چغندرقند

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده مربع‌ها نشان‌دهنده مراحل رشد چهارگانه هستند و به طور متوسط برای دوره اولیه رشد گیاه چغندرقند ۲۰۸ روز درجه رشد و برای تکمیل دوره توسعه ۵۹۸ روز درجه رشد و برای تکمیل دوره میانی ۱۵۵۰ روز درجه رشد و مرحله پایانی ۴۳۹ روز درجه رشد نیاز دارد. لذا به طور کلی گیاه چغندرقند به ۲۸۸۹ روز درجه رشد نیاز دارد که با گزارش ابراهیمی پاک و غالبی (۱۳۹۳) منطبق است. در صورت تامین نشدن این دما در مراحل رشد دوره رشد طولانی تر خواهد شد. لذا برای اطلاعات دقیق تر و بومی در هر منطقه و ایستگاه به سامانه نیاز آب مراجعه شود. تمام اطلاعات گیاه چغندرقند در کل کشور در سامانه در دسترس می‌باشد. جدول ۳ مقدار تجمعی روز درجه رشد گیاه چغندرقند در نقاط مختلف کشور ارائه نموده است.

جدول ۳- مقادیر روز درجه رشد گیاه چغندرقند در سطح کشور

نامه استان	روز درجه رشد در اتمام دوره اولیه	روز درجه رشد در اتمام دوره توسعه	روز درجه رشد در اتمام دوره میانی	روز درجه رشد در اتمام دوره پایانی
قزوین	۲۸۲	۸۹۹	۲۴۴۱	۲۸۸۸
اصفهان	۲۷۶	۸۲۰	۲۳۹۰	۲۸۵۳
کردستان	۲۲۷	۷۵۹	۲۳۰۲	۲۷۱۳
فارس	۳۱۹	۹۳۹	۲۶۸۴	۳۲۲۱
آذربایجان شرقی	۲۵۴	۸۴۳	۲۵۱۷	۲۹۴۱
خراسان رضوی	۳۹۰	۱۰۶۷	۲۸۴۹	۳۳۱۸

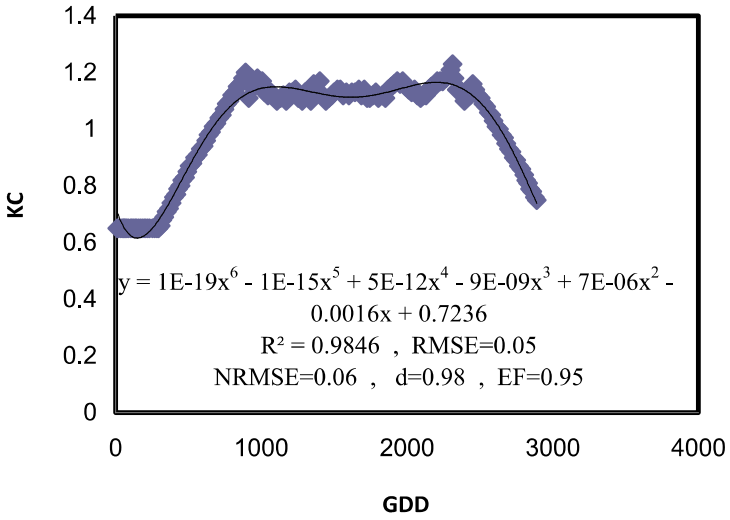
در شکل ۱۰ مقادیر روز درجه رشد در طول دوره رشد گیاه چغندرقند برای هر دوره چهارگانه به صورت غیر تجمعی و مجزا ارائه شد.



شکل ۱۰- مقدار روز درجه رشد مورد نیاز برای دوره‌های رشد گیاه چغندرقند

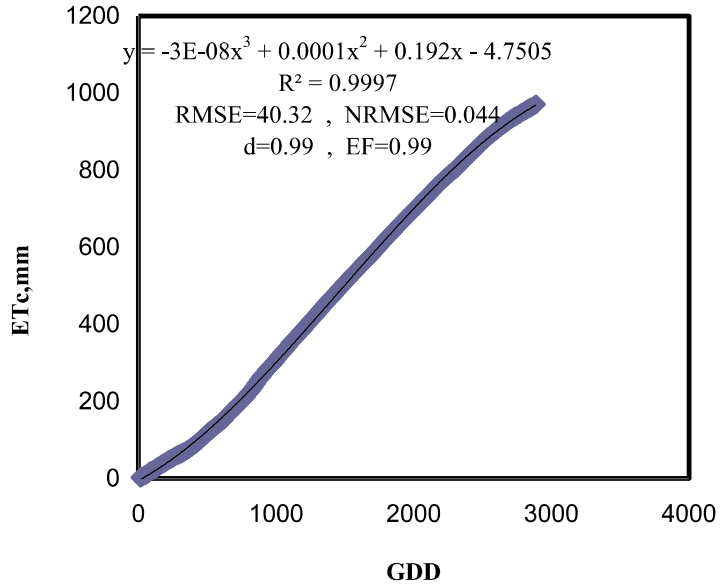
با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۱۰ در هر منطقه مقادیر GDD کاملا متفاوت است و با توجه به شرایط اقلیمی و رقم مورد استفاده مقدار GDD تغییر می‌نماید لذا لازم است تغییرات آن برای هر منطقه به صورت جداگانه بررسی گردد.

از طرف دیگر تغییرات ضریب گیاهی (Kc) با GDD کاملاً منطبق بوده و از یک سری ریاضی آریما قابل‌بررسی است البته تا درجه ۶ جواب مناسب و قابل قبول می‌باشد؛ بنابراین رابطه درجه ۶ با خطای ۶ درصد جواب قابل قبولی را ارائه نموده است.



شکل ۱۱- رابطه روز درجه رشد و ضرایب تبخیر تعرق گیاه چغندرقند

نتایج شکل ۱۱ نشان می‌دهد که کارایی مدل ۹۵ درصد بوده و مدل با خطای ۶ درصد نتایج قابل قبولی را برای تعیین ضرایب گیاهی چغندرقند ارائه نموده است. همچنین رابطه نیاز آبی با GDD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۱۲ ارائه شده است.



شکل ۱۲- رابطه روز درجه رشد و نیاز آبی تجمعی گیاه چغندرقند

بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رابطه تبخیر- تعرق و GDD بسیار خوب بوده و معادله ارائه شده با کارایی ۹۹ درصد و خطای ۴ درصد بسیار مناسب مقدار نیاز آبی را تعیین نموده است؛ لذا در مواردی که مقدار GDD وجود داشته باشد و اطلاعات مکفی در موردنیاز آبی موجود نباشد بادقت قابل قبولی می‌توان از رابطه‌های ارائه شده می‌توان استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده برای شاخص روز درجه رشد گیاه گندم، ذرت علوفه‌ای و چغندرقند در سطح کشور پیشنهاد می‌شود در مواقعی که اطلاعات دوره فنولوژی موجود نیست از این شاخص برای تعیین دوره‌های فنولوژی استفاده شود همچنین برای تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی نیز می‌توان از این شاخص و روابط بومی که استخراج می‌گردد استفاده نمود.

منابع

زارع حقی، د.، م.ر. نیشابوری، ا. مجنونی هریس، و ز. جلیلیان. ۱۳۹۵. تعیین ضریب گیاهی ذرت و لوبیا در شرایط کشت مخلوط جهت افزایش دقت آبیاری. نشریه دانش آب و خاک، ۲۶ (۱/۲):۷۸-۶۹.

هلالی، ج.، ن. قهرمان، و ع. خلیلی. ۱۳۹۵. مقایسه مقادیر درجه روز رشد گندم با استفاده از داده‌های ساعتی و روزانه دما در دو نمونه اقلیمی ایران. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۹ (۱)، ۱۸-۸.

Abrami, G. 1972. Optimum means temperature for a plant growth calculated by a new method of summation. Ecology 53, 893–900.

Aiken, R. 2005. Applying thermal time scales to sunflower development. Agronomy Journal, 97: 746–754.

Alexandratos, N. and J. Bruinsma. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the (2012) revision.

Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. Irrig. and Drain. Paper NO. 24. FAO, Rome, Italy.

Kara, N. Y. 2015. Quality, and growing degree days of anise (*Pimpinella anisum* L.) under different agronomic practices. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39: 1014 - 1022.

McMaster, G.S. and D.E. Smika. 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. Agricultural and Forest Meteorology, 43: 1–18.

Ritchie, J. and D. NeSmith. 1991. Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems, 5–29.

Tafteh. A., H. Babazadeh, N.A. Ebrahimipak, and F. Kaveh. 2014a. Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Journal of Irrigation and Drainage, 63(5): 590–598.

Tafteh. A., N.A. Ebrahimipak, H. Babazadeh, and F. Kaveh. 2014b. Determine yield response factors of important crops by different production functions in qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation, 20 (2): 415-422.

Tafteh. A., N.A. Ebrahimipak, H. Babazadeh, and F. Kaveh. 2013. Evaluation of Improvement of Crop

Ebrahimipak, N., A. Tafteh, A. Egdarnejad, and S. Kapourchal. 2018. Determination of monthly evapotranspiration coefficients of winter wheat by different methods of estimating evapotranspiration and evaporation pan in Qazvin plain. Iranian Journal of Soil and Water Research, 8(4), 107-121. (in Persian).

Ebrahimipak, N. and A. Tafteh. 2017. Determination of yield - water use function for sugar beet in Qazvin.Journal of Sugar Beet, 33(1): 63-47. doi:10.22092/jsb.2017.1319.

Ebrahimi Pak, N., A. Egder Nejad, A. Tafteh, and D. Khodadadi Dehkordi. 2018. Evaluation of AquaCrop Model to Simulate Canola (*Brassica napus*) Yield under Deficit Irrigation Scenarios in Gazvin Plain. Iranian Journal of Soil and Water Research, 49(5): 1003-1015.

FAO. 2018. FAOSTAT. Available online:http://faostat.fao.org /site /567/ default .aspx# ancor.

Grigorieva, E.A., A. Matzarakis, and C.R. de Freitas. 2010. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. Climate Research, 42:143-154. doi: 10.3354/cr00888.

Production Functions for Simulation Winter Wheat Yields with Two Types of Yield Response Factors. Journal of Agricultural Science, 5: 111-122.

Tollenaar, M., T. Daynard, and R. Hunter. 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Science,19: 363–366.

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

Yan, W. and D.H. Wallace. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod× temperature interaction. Annals of Botany 81, 705–716.

Yin, X., M.J. Kropff, and J. Goudriaan. 1996. Differential effects of day and night temperature on development to flowering in rice. Annals of Botany, 77: 203–213.

Zhou, G. and Q. Wang. 2018. A new nonlinear method for calculating growing degree days. Scientific Reports, 8:10149. DOI:10 .1038 /s41598-018-28392-z.

Investigating and matching the stages of plant growth with growth degree day index (GDD) based on the native phenology information of Wheat, fodder Corn and Sugar beet in water requirement system (NIAZAB)

A. Tafteh[1]*, N. Ebrahimipak[1]

1.Faculty members of Irrigation Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Abstract

The growth degree day (GDD) plant index is one of the most important plant models in determining plant growth periods; Therefore, extensive research is done in this field. This parameter is a climatic-plant characteristic. The relationship between plant growth and temperature is very important for calculating GDD. In this study, according to the creation of the local phenology database plants, it was loaded into the water requirement system. Using climatic data and the latest methods for determining GDD, which were presented in 2008, GDD values for wheat were calculated and its sub-system was completed and loaded into the system after verification. The results showed that the data of GDD and native growth periods have a good compatibility with each other and the values are completely different and unique for each region. Also, very good relationships were obtained between the plant coefficient and the water requirement of different plants with the GDD index, some of which were mentioned in this report. For example, the GDD index with the Kc coefficient in the evaluation showed that this model has performed very well for wheat, fodder corn and sugar beet with the model efficiency index of 78, 78 and 95% respectively and with an error of about 8, 9 and 6% respectively. It has an acceptable performance; Therefore, by using this index in stations without sufficient data, this index can be used to estimate the transpiration evaporation coefficient of plants. Also, the results of the water requirement investigation showed that the model for wheat, fodder corn and sugar beet plants has an efficiency of 98, 98 and 99%, respectively, and the cumulative water requirement can be calculated with an error of 2, 5 and 4%.

Key words: Growth day degree (GDD), Growth stages, Phenology period, Temperature, Wheat

* Corresponding Author (arash_tafteh@yahoo.com)