



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۳۵۹-۳۴۷

کمی سازی نمو برگ در ارقام مختلف گندم: II- تولید و زوال برگ در بوته در

شرایط مزرعه

جعفرپوررضا^{۱*}، افشین سلطانی^۲

۱. استادیار، گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران
۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۰۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی تولید و زوال برگ در بوته گندم، دو آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ رقم گندم در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز، با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۱ متری از سطح دریا، در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ تا ۸۷-۱۳۸۶ اجرا شد. نتایج نشان داد در مرحله اول تولید برگ، به ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی، ۱/۳۲ برگ به برگ‌های بوته اضافه شد. اما، بعد از تشکیل پنج برگ در ساقه اصلی (x_0) و شروع پنجه‌زنی در گیاه، به ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی تقریباً پنج برگ به برگ‌های بوته در مرحله دوم افزوده شد. بررسی زوال و پیری برگ‌ها نشان داد که مشابه وضعیت تولید دو مرحله‌ای برگ در بوته، پیری برگ‌ها نیز در دو مرحله اتفاق افتاد. در مرحله اول، کسر برگ‌های پیر در بوته به ازای هر یک درصد افزایش در کسر برگ‌های پیر روی ساقه اصلی ۰/۷۱ درصد افزایش نشان داد. این افزایش تا زمانی ادامه یافت که کسر برگ‌های پیر در ساقه اصلی به ۰/۲۸ رسید، به عبارت دیگر زمانی که ۲۸ درصد برگ‌های ساقه اصلی پیر شدند. بعد از این در مرحله دوم، هر یک واحد افزایش در کسر برگ‌های پیر روی ساقه اصلی باعث ۱/۱۶ واحد افزایش در میزان برگ‌های پیر در بوته شد. اطلاع از ویژگی‌های سطح برگ می‌تواند در اصلاح نباتات، مدیریت گیاهان زراعی و مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی مفید باشد.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی، درجه روز رشد، سطح برگ، کسر برگ پیر، مدل‌سازی

۱. مقدمه

برای افزایش در پتانسیل عملکرد گندم نیاز به افزایش سطح فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد به منظور دریافت بیشتر تشعشع ورودی به سطح مزرعه و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر است [۶]. سطح برگ به وسیله فاکتورهای فنولوژی، سرعت ظهور برگ، اندازه برگ و مورفولوژی ساقه تعیین می‌شود [۲۳]. اهمیت سطح برگ در تعیین سرعت رشد محصول از زمان‌های خیلی قبل شناخته شده است، زیرا جذب تابش خورشید در غلات عمدتاً توسط پهنک برگ‌ها انجام می‌شود (اصلی‌ترین اندام فتوسنتز کننده گیاه). از این رو بررسی نمو سطح برگ به دلیل اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها به ویژه بر عملکرد دانه ضروری به نظر می‌رسد [۶]. نمو سطح برگ شامل ظهور برگ‌های جدید، گسترش برگ‌هایی که به تازگی ظهور کرده‌اند و پیری برگ‌های مسن می‌باشد [۱۲، ۱۹].

تولید برگ در بوته با تولید برگ در ساقه اصلی ارتباط دارد [۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۱، ۲۳]. تعداد نهایی برگ به همراه سرعت ظهور آن می‌تواند طول دوره حیات محصول را تعیین کنند و در واقع تفاوت‌هایی که غلات زمستانه از نظر زمان گل‌دهی دارند علاوه بر پدیده بهاره‌سازی، به تفاوت ژنتیکی آن‌ها در مورد تعداد برگ مربوط می‌شود [۸، ۵]. در مقایسه با تحقیقات انجام شده روی تولید سطح برگ به طور نسبی تحقیق اندکی در زمینه پیری برگ انجام شده است و مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی در این زمینه ناقص هستند [۲۴]. پیری برگ‌ها در نتیجه فرآیندهای بیولوژیک طبیعی پیر شدن اتفاق می‌افتد، ولی اثرات کمبود آب، کمبود مواد غذایی و آفات، حمله بیماری‌ها و خسارت‌های فیزیکی به صورت برجسته‌ای می‌توانند طول عمر برگ را کاهش دهند [۱۱].

دو فرآیند در پویایی‌های سطح برگ دخیل هستند که شامل نمو سطح برگ در ارتباط با رشد گیاه زراعی و

کاهش سطح برگ در ارتباط با پیری برگ [۲۵]. در برخی مدل‌های رشد فرآیندگرا که پیش‌بینی رشد زیست توده و عملکرد را در بسیاری از گیاهان زراعی نشان می‌دهند مثل مدل‌های اولیه [۱۰، ۱۸]، نمو سطح برگ را از رشد زیست توده برگ و از طریق ضرب کردن آن در سطح ویژه برگ^۱ محاسبه کرده‌اند، در این مدل‌ها فرض شده است که نمو سطح برگ تنها توسط آسیمپلات یا فراهمی کرین محدود می‌شود در صورتی که سطح ویژه برگ معمولاً به‌عنوان تابعی از مرحله نمو گیاه توصیف می‌شود، که متأثر از محیط است [۱۳، ۲۰] و مشکل است که به درستی تعیین گردد. به نظر می‌رسد برخلاف پیش‌بینی نمو سطح برگ بر اساس روش سطح ویژه برگ، توصیف نمو سطح برگ بر اساس روابط آلومتریک سطح برگ با رشد زیست‌توده گیاه زراعی مناسب‌تر باشد چون به طور مستقیم دو متغیر اصلی در فرآیند تولید گیاه زراعی را به هم ارتباط می‌دهد. دانش روابط آلومتریک هم در بهبود آنالیزهای رشد گیاهی و هم در برآورد پارامترهای گیاهی از داده‌های کم یا حساس با اهمیت می‌باشد. آشکار ساختن چنین روابطی می‌تواند به کمی‌سازی رشد و نمو گیاه کمک کند [۹]. زمان شروع زوال برگ در بین ژنوتیپ‌های یک گیاه نیز متفاوت می‌باشد به طوری که گزارشی [۱۴] نشان داده که در بین ارقام گندم زمان‌های مختلف زوال برگ را مشاهده و بیان نمودند که در رقم وادی-النیل^۲ پیر شدن برگ‌ها بعد از ظهور شش برگ در گیاه آغاز شد در حالی که در رقم دچریا^۳ برگ‌ها در مرحله چهار برگی، شروع به زوال کردند.

پیش‌بینی نمو برگ یک قسمت مهم از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است زیرا ظهور و پیری برگ تنها در رابطه با زمان بندی مراحل فنولوژیک مشخص نیست بلکه

1 Specific leaf area

2 Wadi-elneil

3 Dcheira

جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۱ متری از سطح دریا قرار گرفته است. این منطقه بر اساس آمار بلندمدت ۳۰ ساله دارای متوسط بارندگی سالانه ۳۲۰ میلیمتر، متوسط تشعشع روزانه ۱۹/۱ مگاژول بر متر مربع در روز و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب ۲۷/۱ و ۱۹/۵ درجه سلسیوس می باشد. در جدول (۱) برخی پارامترهای هواشناسی طی سالهای زراعی ۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶ نشان داده شده است.

پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی دو سال انجام شد. ارقام مورد بررسی شامل ۱۵ رقم گندم بهاره و حدواسط (دز، چمران، زاگرس، ویریناک، کویر، اترک، بیات، شیراز، شوا مالد (کرخه)، یاواروس، مرودشت، چناب، اینیاء، استار و S78-18) بودند، این ارقام دارای کلاس‌های رسیدگی متنوع هستند و جهت بررسی گسترده‌تر ضرایب و پارامترهای مربوط به تولید و پیری برگ انتخاب شدند.

جدول ۱. میانگین ماهیانه حداکثر و حداقل درجه حرارت، تشعشع و مجموع بارندگی ماهیانه رامهرمز طی سالهای زراعی ۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶.

| ماه | متوسط حداکثر درجه حرارت (°C) | | متوسط حداقل درجه حرارت (°C) | | متوسط تشعشع روزانه (MJ.m ⁻² .day ⁻¹) | | میزان بارندگی (mm) | |
|----------|------------------------------|---------|-----------------------------|---------|---|---------|--------------------|---------|
| | ۱۳۸۵-۸۶ | ۱۳۸۶-۸۷ | ۱۳۸۵-۸۶ | ۱۳۸۶-۸۷ | ۱۳۸۵-۸۶ | ۱۳۸۶-۸۷ | ۱۳۸۵-۸۶ | ۱۳۸۶-۸۷ |
| آبان | ۱۷/۹ | ۱۷/۸ | ۸/۳ | ۸/۳ | ۲۵/۲ | ۲۱/۵ | ۲۵/۲ | ۲۱/۵ |
| آذر | ۱۹/۴ | ۱۵/۷ | ۷/۴ | ۹/۹ | ۱۱۷/۱ | ۸۴/۴ | ۱۱۷/۱ | ۸۴/۴ |
| دی | ۱۴/۳ | ۱۵/۹ | ۶/۹ | ۷/۰ | ۴۳/۴ | ۸۳/۲ | ۴۳/۴ | ۸۳/۲ |
| بهمن | ۲۰/۸ | ۲۰/۹ | ۱۱/۲ | ۹/۰ | ۱۴/۷ | ۵۳/۰ | ۱۴/۷ | ۵۳/۰ |
| اسفند | ۳۱/۶ | ۲۴/۰ | ۱۳/۰ | ۱۶/۱ | ۲۱/۴ | ۴۲/۵ | ۲۱/۴ | ۴۲/۵ |
| فروردین | ۳۵/۵ | ۳۱/۵ | ۱۹/۸ | ۲۰/۷ | ۱۸/۵ | ۲۰/۸ | ۳۴/۹ | ۳۴/۹ |
| اردیبهشت | ۴۰/۷ | ۴۱/۳ | ۲۶/۱ | ۲۵/۹ | ۲۵/۷ | ۱/۵ | ۰ | ۱/۵ |

به زراعی کشاورزی

ساقه‌رفتن (۸۳ روز)، ظهور برگ پرچم (۹۰ روز)، سنبه‌رفتن (۱۰۳ روز)، شروع گرده‌افشانی (۱۰۵ روز)، تکمیل گرده‌افشانی (۱۱۳ روز) و رسیدگی فیزیولوژیک (۱۴۰ روز) تعداد برگ‌های سبز؛ زرد و پیرشده برای هر رقم در هر سال اندازه‌گیری شدند. تمام اندازه‌گیری‌ها روی نمونه گیاهی شامل ۱۰ بوته که از یک نمونه بزرگ‌تر ۲۰ تایی انتخاب شده بودند، صورت گرفت. یک برگ زمانی زرد و پیرشده در نظر گرفته می‌شد که ۵۰ درصد یا بیشتر از سطح آن زرد شده باشد.

علاوه بر تعیین تعداد برگ، تغییرات تولید برگ بوته با استفاده از مدل رگرسیون غیر خطی شکسته دوتکه‌ای زیر توصیف شد:

(رابطه ۲)

$$y = b_1x \quad \text{اگر } x \leq x_0$$

$$y = b_1x_0 + b_2(x - x_0) \quad \text{اگر } x > x_0$$

که در آن y تعداد کل برگ در بوته (سبز+ پیر)، x تعداد برگ روی ساقه اصلی، x_0 نقطه چرخش بین دو مرحله تولید برگ، b_1 سرعت افزایش تعداد برگ در مرحله یک و b_2 سرعت افزایش تولید برگ در مرحله دو می‌باشد.

به‌منظور بررسی پیری برگ در بوته، کسر برگ پیر در بوته در مقابل کسر برگ پیر شده در ساقه اصلی بر اساس معادله زیر برازش داده شد:

(رابطه ۳)

$$y = b_1x \quad \text{اگر } x \leq x_0$$

$$y = b_1x_0 + b_2(x - x_0) \quad \text{اگر } x > x_0$$

که در آن y کسر برگ‌های پیر در بوته (حاصل تقسیم برگ‌های زوال یافته در بوته بر تعداد کل برگ در بوته)، x کسر برگ‌های پیر در ساقه اصلی (حاصل تقسیم برگ‌های زوال یافته در ساقه اصلی بر تعداد کل برگ در ساقه اصلی)، b_1 سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر در بوته در

طول کرت‌های آزمایش شش متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و هر کرت شامل شش ردیف خط کاشت بود. فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر اعمال گردید. همه کرت‌ها در یک تراکم ثابت ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شدند. قبل از کاشت بذرها، با سم کربوکسی تیرام به میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. کاشت بذر به‌صورت دستی انجام شد. تاریخ کاشت در سال اول نهم آذر ماه و در سال دوم چهارم آذر ماه بود. چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی، آفات و علف‌های هرز انجام می‌شد، در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم آبیاری انجام شد.

ثبت مراحل فنولوژیک به روش زادوکس [۲۶] هر سه روز یک بار انجام شد. برای ثبت مراحل فنولوژیک از هر رقم در هر کرت، ۱۰ بوته به‌عنوان شاخص ثبت مراحل فنولوژیک تعیین و علامت گذاری شدند. در هر کرت و رقم، تاریخی که در آن مراحل فنولوژیک مورد نظر در بیش از ۵۰ درصد بوته‌های علامت گذاری شده مشاهده شد؛ به‌عنوان زمان وقوع آن مرحله فنولوژیک برای آن رقم ثبت شد. واحدهای حرارتی روزانه (درجه-روز رشد، GDD^1) از دمای حداکثر (T_{MAX}) و دمای حداقل روزانه (T_{MIN}) به صورت زیر تعیین شدند:

$$GDD = ((T_{MIN} + T_{MAX}) / 2) - T_{base} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این پژوهش T_{base} دمای پایه یا حداقل گندم برای جوانه زنی است و مقدار آن چهار درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. در این فرمول در صورتی که دمای حداکثر روزانه بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد برابر با ۳۰ و در صورتی که دمای حداقل روزانه از چهار درجه سانتی‌گراد کمتر باشد برابر با صفر در فرمول قرار داده می‌شود.

به‌منظور تعیین تعداد برگ‌های سبز، زرد و پیرشده روی ساقه اصلی و کل بوته در مراحل^۲ پنجه‌زنی (۴۱ روز)،

1. Growing Degree Days

۲. اعداد داخل پرانتز متوسط روز از کاشت تا مرحله مورد نظر در دو سال آزمایش هستند.

تفاوت دو تیمار یا دو گروه از تیمارها را بررسی کرد. رسم نمودارها با برنامه Excel صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. تولید برگ در بوته

تولید و پیری برگ در بوته با تولید و پیر شدن برگ روی ساقه اصلی ارتباط دارد [۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۱، ۲۳]. ارزیابی داده‌های به‌دست آمده از سال اول و سال دوم در ارقام گندم نشان داد که تولید برگ در بوته از مدل شکسته‌ای دوتکه‌ای تبعیت کرد، که تولید برگ در بوته را به دو مرحله کاملاً مجزا تقسیم می‌کند، در مرحله اول تعداد برگ در بوته با شیب کمتری افزایش یافت و در مرحله دوم تولید برگ در بوته با سرعت بیشتری انجام شد (معادله ۲).

پارامترهای برآورد شده معادله (۲) برای سال اول و دوم پژوهش در جدول (۲) ارائه شده است. ضرایب به‌دست آمده از معادله (۲) در سال اول نشان داد که بین ارقام اختلاف معنی‌داری از نظر کلیه پارامترها وجود نداشت. متوسط سرعت افزایش تعداد برگ در فاز اول (b_1)، $1/28$ برگ به‌ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی و در فاز دوم افزایش تولید برگ (b_2)، متوسط سرعت افزایش تعداد برگ $6/7$ برگ به‌ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی بود. نقطه چرخش (x_0) بین مرحله یک و مرحله دو تولید برگ، که در واقع مرحله برگی ساقه اصلی (تعداد برگ در ساقه اصلی) را که در آن سرعت افزایش تولید برگ در فاز دوم (b_2) شروع به افزایش می‌کند را نشان می‌دهد، در سال اول تحقیق حدود $5/5$ بود (شکل ۱-الف). همچنین، براساس این نتایج با توجه به حدود اطمینان ۹۵ درصد مشخص شد که مقدار b_1 ، b_2 ، x_0 در سال دوم آزمایش به ترتیب $1/48$ ، $6/3$ و $5/6$ بود (جدول ۲ و شکل ۱-ب).

مرحله اول، b_2 سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر در بوته در مرحله دوم و x_0 نقطه چرخش منحنی است.

تجزیه و تحلیل آماری بر اساس توابع ریاضی بین متغیرهای محیطی و پارامترهای تولید و زوال برگ با استفاده از روش PROC NLIN در برنامه آماری SAS 9.1 [۳] انجام شدند. در مواقع ضروری، از روابط و توابع مناسب برگرفته از گزارش‌های تحقیقاتی منتشر شده استفاده شد [۱، ۴]، زمانی که رابطه مناسبی وجود نداشت، رابطه مورد نظر از طریق زیر به‌دست آمد:

(۱) مشاهده منحنی پراکنش بین دو متغیر مورد نظر، (۲) برازش توابع امیدبخش به داده‌ها، و (۳) انتخاب مناسب‌ترین تابع بر اساس سادگی و معیارهای آماری از قبیل ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE^1$). در صورت امکان، به جای اینکه به تک تک تیمارها معادله جداگانه‌ای برازش داده شود، به کل داده‌ها یا بخشی از داده‌ها یک معادله برازش داده شد. برای برآورد تفاوت میانگین یک تیمار با تیمار دیگر یا میانگین کل تیمارها از آماره‌ی خطای معیار (SE^2) استفاده شد. طبق نظریه احتمالات در ۹۵ درصد نمونه‌ها میانگین جمعیت در محدوده‌ی $\pm 1/96$ واحد خطای معیار ($SE \pm 1/96$) از میانگین نمونه قرار دارد. به‌عبارت دیگر به احتمال ۹۵ درصد میانگین جمعیت در محدوده‌ی $\pm 1/96$ خطای معیار از میانگین نمونه‌ها قرار دارد. عددی که برای خطای معیار به‌دست می‌آید، همواره برحسب واحد متغیر مورد بررسی است. بنابراین، مقدار برآورد شده SE در جداول ارائه شده در این پژوهش (جداول ۲ و ۳) را اگر در عدد $1/96$ ضرب کرده و با مقدار پارامترهای مورد بررسی برای هر تیمار جمع و تفریق شود یک فاصله اطمینان در سطح ۹۵ درصد احتمال ایجاد می‌کند که بر این اساس می‌توان

1. Root Mean Squares Error
2. Standard Error

جدول ۲. ضرایب حاصل از برآزش معادله (۲) برای رابطه تعداد کل برگهای بوته (Y) در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی (X) در ارقام مختلف گندم در سالهای اول، دوم و متوسط دادههای دو سال پژوهش.

| nb | سال دوم | | | | سال اول | | | | مقادیر مربوط به دادههای ادغام شده | | | | |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|------|-------|----------------|-----|
| | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | X ₀ ±SE | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | X ₀ ±SE | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | X ₀ ±SE | RMSE | CV% | R ² | n |
| اترک | ۱/۲۴±۰/۸۸ | ۱/۳۷±۰/۳۳ | ۵/۹۰±۱/۳۷ | ۱/۲۶±۰/۸۷ | ۱/۲۳±۰/۵۲ | ۶/۷۸±۰/۵۸ | ۱/۲۶±۰/۸۷ | ۱/۲۳±۰/۵۲ | ۵/۹۰±۱/۳۷ | ۴/۲۵ | ۲۳/۵۳ | ۰/۹۸ | ۱۲ |
| بیات | ۱/۲۴±۱/۱۰ | ۱/۴۹±۰/۱۶ | ۵/۳۹±۰/۳۳ | ۱/۴۳±۰/۸۵ | ۱/۰۳±۰/۸۵ | ۶/۷۴±۰/۴۷ | ۱/۰۳±۰/۸۵ | ۱/۰۳±۰/۸۵ | ۶/۷۴±۰/۴۷ | ۴/۱۷ | ۲۵/۲۹ | ۰/۹۷ | ۱۲ |
| چمران | ۱/۲۴±۰/۶۵ | ۱/۳۷±۰/۸۷ | ۵/۵۵±۰/۴۰ | ۱/۲۶±۰/۸۷ | ۱/۲۶±۰/۴۴ | ۶/۷۷±۰/۴۴ | ۱/۲۶±۰/۸۷ | ۱/۲۶±۰/۴۴ | ۶/۷۷±۰/۴۴ | ۳/۳۳ | ۱۷/۶۸ | ۰/۹۹ | ۱۲ |
| چناب | ۱/۲۵±۰/۸۴ | ۱/۴۴±۰/۶۷ | ۵/۲۵±۰/۳۳ | ۱/۲۵±۰/۸۵ | ۵/۳۳±۰/۹۲ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۲۵±۰/۸۵ | ۵/۳۳±۰/۹۲ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۴/۰۷ | ۲۱/۰۴ | ۰/۹۸ | ۱۲ |
| در | ۱/۲۴±۰/۸۳ | ۱/۴۰±۰/۳۵ | ۵/۵۳±۰/۳۵ | ۱/۲۹±۰/۸۳ | ۱/۲۹±۰/۸۳ | ۶/۷۰±۰/۴۵ | ۱/۲۹±۰/۸۳ | ۱/۲۹±۰/۸۳ | ۶/۷۰±۰/۴۵ | ۳/۶۸ | ۲۰/۲۹ | ۰/۹۸ | ۱۲ |
| ایشیاه | ۱/۳۳±۰/۶۸ | ۱/۶۰±۰/۳۸ | ۵/۵۷±۰/۳۵ | ۱/۳۲±۰/۶۸ | ۱/۳۲±۰/۶۸ | ۶/۹۰±۰/۳۳ | ۱/۳۲±۰/۶۸ | ۱/۳۲±۰/۶۸ | ۶/۹۰±۰/۳۳ | ۴/۲۰ | ۱۶/۱۰ | ۰/۹۹ | ۱۲ |
| کمبر | ۱/۴۰±۱/۱۰ | ۱/۵۵±۰/۵۰ | ۵/۲۲±۰/۳۰ | ۱/۴۱±۰/۸۲ | ۱/۴۱±۰/۸۲ | ۶/۸۶±۰/۴۳ | ۱/۴۱±۰/۸۲ | ۱/۴۱±۰/۸۲ | ۶/۸۶±۰/۴۳ | ۳/۶۰ | ۲۱/۲۲ | ۰/۹۸ | ۱۲ |
| مرویش | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۱/۳۳±۰/۶۸ | ۵/۵۵±۰/۳۵ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۶/۹۰±۰/۳۰ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۶/۹۰±۰/۳۰ | ۵/۲۱ | ۲۷/۱۲ | ۰/۹۷ | ۱۲ |
| S78-18 | ۱/۳۵±۰/۴۵ | ۱/۳۳±۰/۶۸ | ۵/۵۵±۰/۳۵ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۶/۹۰±۰/۳۰ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۱/۳۵±۰/۹۷ | ۶/۹۰±۰/۳۰ | ۴/۶۳ | ۲۲/۸۲ | ۰/۹۸ | ۱۲ |
| شیراز | ۱/۳۶±۰/۷۰ | ۱/۳۹±۰/۷۳ | ۵/۳۳±۰/۳۳ | ۱/۳۶±۰/۷۰ | ۱/۳۶±۰/۷۰ | ۶/۸۶±۰/۴۳ | ۱/۳۶±۰/۷۰ | ۱/۳۶±۰/۷۰ | ۶/۸۶±۰/۴۳ | ۴/۶۱ | ۱۷/۳۳ | ۰/۹۹ | ۱۲ |
| شوا | ۱/۳۵±۰/۷۰ | ۱/۴۱±۰/۵۱ | ۵/۹۷±۰/۴۰ | ۱/۳۵±۰/۷۰ | ۱/۳۵±۰/۷۰ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۳۵±۰/۷۰ | ۱/۳۵±۰/۷۰ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۳/۷۴ | ۱۴/۲۷ | ۰/۹۹ | ۱۲ |
| استار | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۴۳±۰/۶۵ | ۵/۴۷±۰/۳۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۳/۵۸ | ۱۷/۳۸ | ۰/۹۹ | ۱۲ |
| ویریناک | ۱/۳۳±۰/۵۰ | ۱/۳۳±۰/۶۵ | ۵/۴۷±۰/۳۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۴/۰۹ | ۲۲/۶۶ | ۰/۹۸ | ۱۲ |
| یاوزروس | ۱/۳۳±۰/۵۰ | ۱/۳۳±۰/۶۵ | ۵/۴۷±۰/۳۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۲/۳۳ | ۱۳/۰۵ | ۰/۹۹ | ۱۲ |
| زاگرس | ۱/۳۳±۰/۳۱ | ۱/۳۳±۰/۶۵ | ۵/۴۷±۰/۳۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۴/۳۳ | ۲۲/۹۸ | ۰/۹۷ | ۱۲ |
| مجموع دادهها | ۱/۳۳±۰/۱۷ | ۱/۳۳±۰/۵۳ | ۵/۴۷±۰/۳۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۱/۳۳±۰/۸۳ | ۶/۸۳±۰/۴۲ | ۳/۲۲ | ۱۷/۷۸ | ۰/۹۷ | ۱۸۰ |

b₁ سرعت افزایش تعداد برگ در بوته در فاز اول، X₀ نقطه چرخش منحنی، b₀ سرعت افزایش تعداد برگ در بوته در فاز دوم، n تعداد مشاهدات، R² ضریب تبیین، RMSE جذر میانگین مربعات خطا، SE خطای معیار و CV ضریب تغییرات هستند.

یک مدل از میانگین ارقام و سال‌های پژوهش استخراج گردید که به صورت زیر است (شکل ۱-ج):

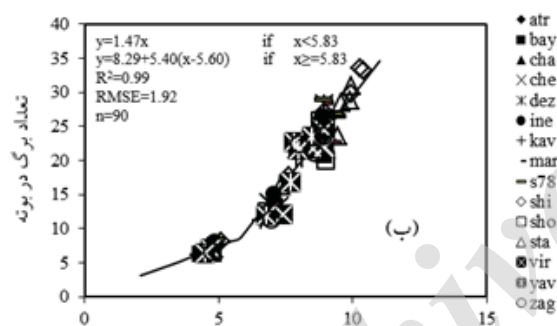
(رابطه ۴)

$$y = 1/38 \quad \text{اگر} \quad x \leq 5/10$$

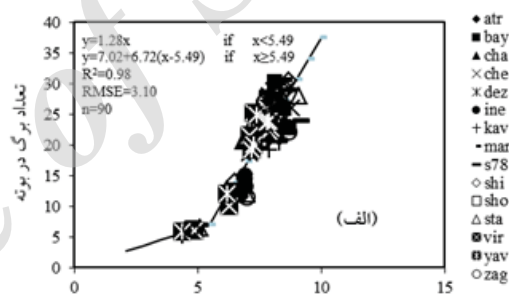
$$y = 7/04 + 4/99(x - 5/10) \quad \text{اگر} \quad x > 5/10$$

بر اساس رابطه ۴ به ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی، ۱/۳۲ برگ به برگ‌های بوته در مرحله اول اضافه شد، اما بعد از تشکیل پنج برگ در ساقه اصلی (X_0) و شروع پنجه‌زنی در گیاه، به ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی تقریباً پنج برگ به برگ‌های بوته در مرحله دوم افزوده شد (شکل ۱-ج).

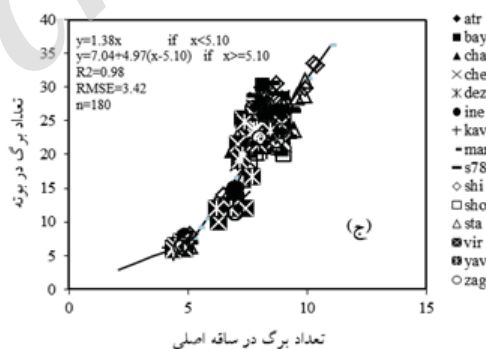
اختلاف معنی‌داری بین ارقام در سال اول و دوم پژوهش از نظر سرعت افزایش برگ در فاز اول و دوم تولید برگ در بوته و همچنین نقطه چرخش بین دو فاز (X_0) مشاهده نشد. با برازش معادله فوق دامنه مقدار CV ، R^2 و $RMSE$ به ترتیب برای همه ترکیبات (سال‌های پژوهش و ارقام)، ۶-۲۸، ۰/۹۹-۰/۹۶ و ۰/۹۷-۰/۹۸، ۱۵-۱۸، ۳/۰۹-۳/۲ و ۰/۹۷-۰/۹۸، ۱۳/۰۵-۲۷/۱۲ بود (داده‌ها نشان داده نشدند). در نهایت، با برازش معادله فوق به کل داده‌ها (ادغام سال‌های پژوهش و ارقام) مقدار CV ، R^2 و $RMSE$ به ترتیب ۱۷/۱۸، ۰/۹۷ و ۳/۴۲ حاصل شد (جدول ۲) که با توجه به برازش مناسب معادله به کل داده‌ها



تعداد برگ در ساقه اصلی



تعداد برگ در ساقه اصلی



تعداد برگ در ساقه اصلی

شکل ۱. تغییرات تعداد کل برگ بوته به عنوان تابعی از تعداد برگ در ساقه اصلی (مدل ۲) برای ارقام مختلف گندم (atr: اترک، bay: بیات، cha: چمران، che: چناب، dez: دز، ine: اینیپا، kav: کویر، mar: مرودشت، S78: لاین S78-18، shi: شیراز، sho: شوا مالد (کرخه)، sta: استار، vir: ویریناک، yav: یواروس و zag: زاگرس) در سال اول پژوهش (الف)، سال دوم پژوهش (ب) و متوسط ارقام مختلف در ۲ سال پژوهش (ج).

به زراعی کشاورزی

ارقام از نظر سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مرحله اول (b_1)، نقطه چرخش منحنی (x_0) و سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مرحله دوم (b_2) اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). متوسط ضرایب به‌دست آمده در سال اول b_1 ، x_0 و b_2 به ترتیب $0/76$ ، $0/28$ و $1/20$ بود. بر اساس این معادله در سال اول، در مرحله اول به‌ازای زوال یک برگ در ساقه اصلی، $0/76$ برگ در بوته زوال یافت و در نقطه چرخش منحنی، زمانی که کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی به $0/28$ می‌رسید (یعنی ۲۸ درصد برگ‌های ساقه اصلی پیر شدند)، ۲۱ درصد برگ‌ها در بوته زوال یافتند. همچنین، در مرحله دوم به‌ازای زوال یک برگ در ساقه اصلی، $1/20$ برگ در بوته زوال یافت (شکل ۲-الف). علت بالاتر بودن ضریب b_2 نسبت به b_1 به دلیل افزایش سرعت پیری بعد از مرحله گلدهی و افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها و نیز زرد شدن برگ‌های مسن‌تر است.

متوسط ضرایب معادله برای کلیه ارقام در سال دوم برای b_1 ، x_0 و b_2 به ترتیب $0/68$ ، $0/30$ و $1/16$ بود (جدول ۳). بر این اساس، در سال دوم در مرحله اول به‌ازای یک برگ در ساقه اصلی، $0/68$ برگ بوته زوال پیدا کرد و در نقطه چرخش منحنی، زمانی که کسر برگ‌های پیر شده ساقه اصلی به $0/30$ می‌رسید (یعنی ۳۰ درصد برگ‌های ساقه اصلی پیر می‌شوند)، ۲۰ درصد برگ‌ها در بوته زوال یافتند، همچنین در مرحله دوم به‌ازای زوال یک برگ در ساقه اصلی، $1/16$ برگ در بوته زوال یافت (شکل ۲-ب).

با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین سال‌های پژوهش و ارقام از نظر سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر در بوته در مرحله اول، نقطه چرخش منحنی و سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مرحله دوم با برازش معادله فوق به کل داده‌ها (ادغام سال‌های پژوهش و ارقام) مقدار CV،

علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار بین ارقام در دو سال پژوهش از نظر b_1 و b_2 و x_0 ، مقدار b_1 در سال اول کمتر از سال دوم، و مقدار b_2 در سال اول بیشتر از سال دوم پژوهش بود. این اختلاف احتمالاً به دلیل شرایط وقوع دماهای پائین در ابتدای فصل رشد در سال اول پژوهش و وقوع دماهای بالا در اواسط فصل رشد به بعد در سال دوم پژوهش بود که احتمالاً کمبود آسیمیلات را برای رشد برگ به همراه داشته است. سرعت زیاد تولید برگ در مرحله دو ناشی از پنجه‌زنی و ظهور پنجه‌های جدید در بوته است. x_0 نقطه‌ای است که در آن پنجه‌ها تولید شده و برگ‌های آن به برگ‌های کل بوته اضافه می‌شوند، و از آنجا که تولید پنجه در گندم در اواخر تولید برگ سوم آغاز می‌شود و کمی زمان لازم است تا پنجه‌ها تولید برگ نمایند، داده‌های مربوط به x_0 در این پژوهش منطقی به نظر می‌رسد. در مطالعه‌ای برای نشان دادن رابطه بین برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی از مدل دو تکه‌ای استفاده شد [۲]، در آزمایش مذکور پارامترهای مورد بررسی رابطه ۲ تحت تأثیر تراکم قرار گرفتند.

۲.۳. پیری برگ

پراکنش داده‌ها نشان داد که کسر برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی از رابطه (۳)، که معادله‌ای دو تکه‌ای است، تبعیت کرد. بر طبق این مدل کسر برگ‌های پیر بوته در برابر کسر برگ‌های پیر در ساقه اصلی دارای دو مرحله بود، به طوری که سرعت پیری برگ در مرحله اول کندتر و در مرحله دوم تندتر بود (شکل ۲).

در شکل (۲) تغییرات برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی در سال‌های اول و دوم پژوهش را نشان داده است. ضرایب به‌دست آمده از رابطه (۳) نشان داد که در بین سال‌های پژوهش و

تحقیقات دیگر، محققان به منظور مدل‌سازی پیر شدن سطح برگ گیاه ذرت از تابع نمایی استفاده کردند [۱۷]. مقدار بیشتر b_2 در مقایسه با b_1 به دلیل سرعت افزایش پیری پس از مرحله x_0 است که حدوداً پس از مرحله ظهور برگ پرچم اتفاق می‌افتد و بعد از این مرحله به دلیل پوشش کامل کانوپی و افزایش سایه‌اندازی سرعت زرد شدن برگ‌های بوته افزایش می‌یابد. پیری برگ‌ها در نتیجه فرآیندهای بیولوژیک پیر شدن اتفاق می‌افتد، ولی اثرات کمبود آب، کمبود مواد غذایی، کمبود نور، آفات و خسارت‌های فیزیکی به‌طور برجسته‌ای می‌توانند طول عمر برگ را کاهش دهند. گزارش شده است که در گیاهان زراعی تابستانه مثل سورگوم، ذرت و آفتابگردان پیری برگ‌ها قبل از آنکه سطح برگ بوته توسعه پیدا کند و سایه‌انداز بسته شود (یعنی قبل از گلدهی) شروع شده و پس از مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با سرعت بیشتری افزایش یافت [۷، ۱۷، ۲۲].

۴. نتیجه‌گیری

پارامترهای مربوط به پیری و زوال برگ در ارقام گندم مورد بررسی به استثناء زمان توقف تولید برگ در بوته و تعداد کل برگ بوته تفاوت معنی‌دار نداشتند. پتانسیل سطح برگ بوته می‌تواند از حاصل ضرب ظهور و پیری برگ و حداکثر اندازه برگ‌ها یا به‌طور مستقیم از تعداد برگ در ساقه اصلی، تعداد برگ سبز در بوته و وزن خشک برگ پیش‌بینی شود. این مطالعه تولید و پیری برگ را تحت شرایط آبیاری مطلوب توصیف می‌کند و همچنین این روابط اثرات میزان دسترسی به کربن و نیتروژن و انتقال مجدد را نشان نمی‌دهد، بنابراین روابط دیگری برای پیش‌بینی این اثرات مورد نیاز هستند تا ثبات و پویایی این پارامترها را تحت شرایط مختلف محیطی مشخص نمایند.

R^2 و RMSE به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۹۹ و ۰/۰۳ به دست آمد که، با توجه به برازش مناسب معادله به کل داده‌ها یک مدل از میانگین ضرایب ارقام و سال‌های پژوهش به صورت زیر آمده است (جدول ۳ و شکل ۲-ج).

$$\text{(رابطه ۵)} \quad x \leq 0/28 \quad \text{اگر} \quad y = 0/71x$$

$$\text{اگر} \quad x > 0/28 \quad y = 0/20 + 1/16(x - 0/28)$$

بر اساس این مدل، در مرحله اول، کسر برگ‌های پیر در بوته به‌ازای هر یک درصد افزایش در کسر برگ‌های پیر روی ساقه اصلی ۰/۷۱ درصد افزایش نشان می‌دهد. این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که این نسبت مساوی یا کمتر از ۰/۲۸ باشد (معادل با ۸۹۳ درجه-روز رشد پس از کاشت، پس از مرحله فنولوژیک ظهور برگ پرچم). بعد از این در مرحله دوم، هر یک واحد افزایش در کسر برگ‌های پیر روی ساقه اصلی باعث ۱/۱۶ واحد افزایش در میزان برگ‌های پیر در بوته می‌شود (شکل ۲-ج).

گزارش‌هایی وجود دارد که پیری برگ‌ها در گیاه معمولاً با پیری در ساقه اصلی ارتباط دارد [۱۱، ۲۳]. مطالعاتی روی گیاهان نخود و لوبیا سبز وجود دارد که زوال تجمعی برگ در بوته، یک دوره شیب کند (به علت مرگ برگ‌های پائینی) و دوره‌ای شیب تند داشت [۱۶، ۲۳]. به نظر می‌رسد افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها بر یکدیگر پس از مرحله ظهور برگ پرچم و گلدهی، زرد و پیر شدن برگ‌های جامعه گیاهی، کاهش نفوذ نور به بخش‌های پایین جامعه گیاهی و نیز شرایط تشدید دماهای بالای آخر فصل رشد در شرایط خوزستان باعث افزایش سرعت پیری در مرحله دوم پیری برگ در کل بوته بوده است. که این نتایج، با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. بر اساس گزارشی درجه حرارت از عوامل اصلی تعیین کننده سرعت زوال برگ در گیاهان است [۱۱]. در گیاه نخود نشان دادند که بعد از گرده افشانی، زوال برگ در ساقه اصلی در برابر زمان حرارتی از یک رابطه خطی پیروی کرد [۲۱]. در

جدول ۳. ضرایب حاصل از برازش معادله (۳) برای رابطه کسر برگ‌های کسر شده در پوت (Y) در برابر کسر برگ‌های کسر شده در ساقه اصلی (X) در ارقام مختلف گندم در سال اول، دوم و متوسط داده‌های دو سال پژوهش.

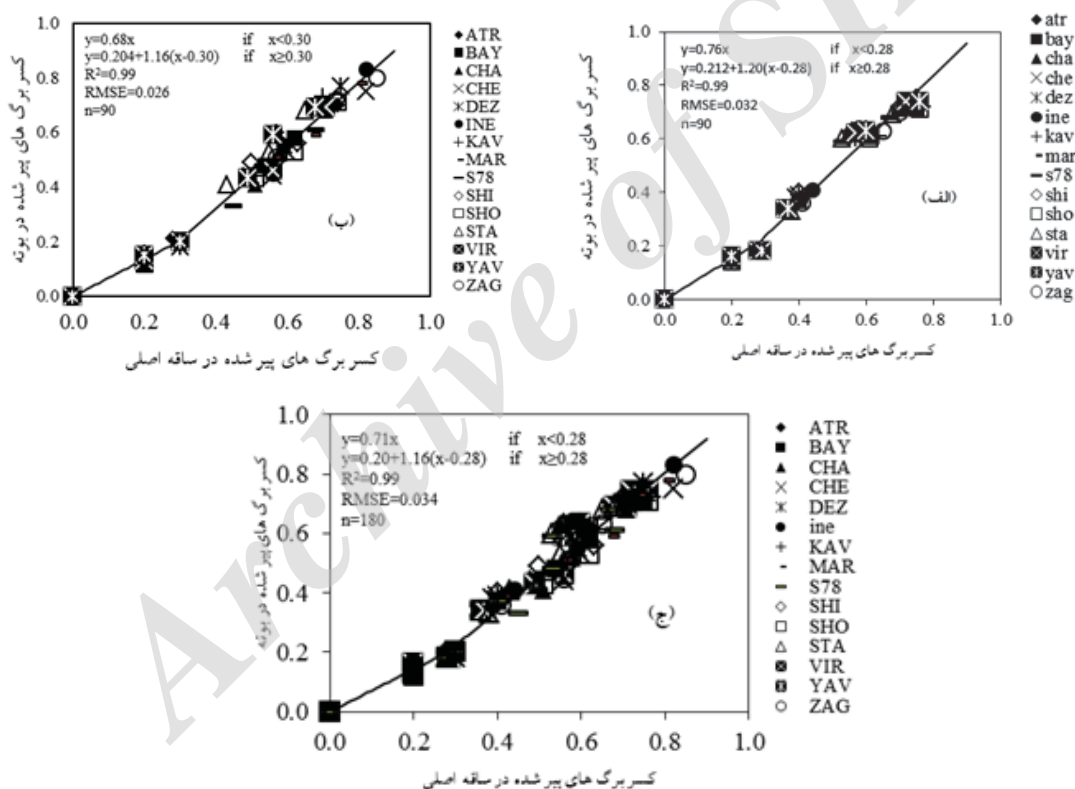
| ارقام | سال اول | | سال دوم | | مقادیر مربوط به داده‌های انجام شده در سال | | مقادیر مربوط به داده‌های انجام شده در سال | | R ² | CV% | RMSE | X ₀ ±SE | b ₀ ±SE | n |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|----------------|-------|------|--------------------|--------------------|-----|
| | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | b ₀ ±SE | b ₁ ±SE | | | | | | |
| اترک | ۰/۰۷±۰/۰۱۶ | ۱/۲۵±۰/۰۹ | ۰/۰۷±۰/۰۱۰ | ۱/۱۶±۰/۱۰ | ۰/۰۸±۰/۰۷ | ۱/۱۷±۰/۰۸ | ۰/۲۸±۰/۰۷ | ۰/۳۸±۰/۰۸ | ۰/۹۹ | ۹/۳۸ | ۰/۰۳ | ۰/۲۸±۰/۰۷ | ۱/۱۷±۰/۰۸ | ۱۲ |
| بیات | ۰/۰۷±۰/۰۱۶ | ۱/۱۳±۰/۰۹ | ۰/۰۸±۰/۰۱۳ | ۱/۲۹±۰/۱۳ | ۰/۰۷±۰/۰۵ | ۱/۱۴±۰/۰۵ | ۰/۲۸±۰/۰۵ | ۰/۳۶±۰/۰۲ | ۰/۹۹ | ۵/۸۸ | ۰/۰۲ | ۰/۲۸±۰/۰۵ | ۱/۱۴±۰/۰۵ | ۱۲ |
| چمران | ۰/۰۷±۰/۰۱۵ | ۱/۲۸±۰/۱۳ | ۰/۰۸±۰/۰۱۶ | ۱/۳۵±۰/۱۶ | ۰/۰۷±۰/۰۷ | ۱/۲۰±۰/۱۱ | ۰/۲۸±۰/۱۱ | ۰/۳۸±۰/۰۳ | ۰/۹۹ | ۹/۱۰ | ۰/۰۲ | ۰/۲۸±۰/۱۱ | ۱/۲۰±۰/۱۱ | ۱۲ |
| چناب | ۰/۰۷±۰/۰۱۸ | ۱/۱۸±۰/۱۰ | ۰/۰۸±۰/۰۱۱ | ۱/۲۳±۰/۰۹ | ۰/۰۷±۰/۰۵ | ۱/۱۰±۰/۰۸ | ۰/۳۷±۰/۰۳ | ۰/۳۷±۰/۰۳ | ۰/۹۹ | ۱۱/۷۶ | ۰/۰۴ | ۰/۳۷±۰/۰۳ | ۱/۱۰±۰/۰۸ | ۱۲ |
| دز | ۰/۰۷±۰/۰۲۰ | ۱/۲۰±۰/۱۲ | ۰/۰۷±۰/۰۱۲ | ۱/۳۳±۰/۱۳ | ۰/۰۸±۰/۱۱ | ۱/۲۳±۰/۰۶ | ۰/۲۸±۰/۰۶ | ۰/۳۳±۰/۰۲ | ۰/۹۹ | ۸/۸۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۸±۰/۰۶ | ۱/۲۳±۰/۰۶ | ۱۲ |
| ایبیا | ۰/۰۷±۰/۰۱۳ | ۱/۲۳±۰/۱۲ | ۰/۰۸±۰/۰۱۷ | ۱/۳۳±۰/۱۷ | ۰/۰۷±۰/۰۸ | ۱/۲۰±۰/۰۸ | ۰/۳۳±۰/۰۲ | ۰/۳۳±۰/۰۲ | ۰/۹۹ | ۸/۳۳ | ۰/۰۳ | ۰/۳۳±۰/۰۲ | ۱/۲۰±۰/۰۸ | ۱۲ |
| کونیر | ۰/۰۷±۰/۰۱۸ | ۱/۱۰±۰/۰۹ | ۰/۰۸±۰/۰۱۸ | ۱/۲۶±۰/۱۸ | ۰/۰۳±۰/۰۹ | ۱/۱۷±۰/۱۳ | ۰/۲۸±۰/۰۹ | ۰/۳۵±۰/۰۹ | ۰/۹۹ | ۱۱/۴۳ | ۰/۰۴ | ۰/۲۸±۰/۰۹ | ۱/۱۷±۰/۱۳ | ۱۲ |
| مروغشت | ۰/۰۷±۰/۰۱۸ | ۱/۲۰±۰/۱۰ | ۰/۰۸±۰/۰۱۱ | ۱/۲۴±۰/۱۱ | ۰/۰۷±۰/۱۲ | ۱/۱۴±۰/۱۲ | ۰/۲۷±۰/۱۲ | ۰/۳۱±۰/۱۰ | ۰/۹۹ | ۸/۸۳ | ۰/۰۳ | ۰/۲۷±۰/۱۲ | ۱/۱۴±۰/۱۲ | ۱۲ |
| S78-18 | ۰/۰۷±۰/۰۲۱ | ۱/۳۰±۰/۱۴ | ۰/۰۸±۰/۱۲ | ۱/۱۶±۰/۱۵ | ۰/۰۹±۰/۱۷ | ۱/۱۹±۰/۱۲ | ۰/۳۳±۰/۰۸ | ۰/۳۳±۰/۰۸ | ۰/۹۹ | ۱۲/۹۰ | ۰/۰۴ | ۰/۳۳±۰/۰۸ | ۱/۱۹±۰/۱۲ | ۱۲ |
| شیراز | ۰/۰۷±۰/۰۳۳ | ۱/۲۹±۰/۱۴ | ۰/۰۷±۰/۱۵ | ۱/۲۴±۰/۱۰ | ۰/۰۵±۰/۱۶ | ۱/۱۸±۰/۱۰ | ۰/۲۸±۰/۱۳ | ۰/۲۸±۰/۱۳ | ۰/۹۹ | ۱۱/۴۳ | ۰/۰۴ | ۰/۲۸±۰/۱۳ | ۱/۱۸±۰/۱۰ | ۱۲ |
| شوا | ۰/۰۷±۰/۰۱۸ | ۱/۱۰±۰/۰۹ | ۰/۰۵±۰/۱۴ | ۱/۲۲±۰/۱۰ | ۰/۰۵±۰/۱۰ | ۱/۱۰±۰/۰۶ | ۰/۲۸±۰/۰۶ | ۰/۲۸±۰/۰۶ | ۰/۹۹ | ۹/۰۹ | ۰/۰۳ | ۰/۲۸±۰/۰۶ | ۱/۱۰±۰/۰۶ | ۱۲ |
| استار | ۰/۰۷±۰/۰۱۴ | ۱/۲۸±۰/۱۳ | ۰/۰۷±۰/۱۴ | ۱/۳۳±۰/۱۷ | ۰/۰۵±۰/۰۵ | ۱/۳۰±۰/۰۹ | ۰/۳۰±۰/۰۵ | ۰/۳۰±۰/۰۵ | ۰/۹۹ | ۹/۰۹ | ۰/۰۳ | ۰/۳۰±۰/۰۵ | ۱/۳۰±۰/۰۹ | ۱۲ |
| ویریناگ | ۰/۰۷±۰/۰۱۱ | ۱/۲۵±۰/۱۵ | ۰/۰۸±۰/۱۷ | ۱/۲۸±۰/۱۵ | ۰/۰۷±۰/۱۵ | ۱/۱۹±۰/۰۹ | ۰/۲۸±۰/۰۸ | ۰/۲۸±۰/۰۸ | ۰/۹۹ | ۱۲/۱۲ | ۰/۰۴ | ۰/۲۸±۰/۰۸ | ۱/۱۹±۰/۰۹ | ۱۲ |
| پاروس | ۰/۰۷±۰/۰۲۱ | ۱/۱۶±۰/۱۱ | ۰/۰۹±۰/۱۸ | ۱/۳۱±۰/۲۳ | ۰/۰۴±۰/۱۱ | ۱/۲۲±۰/۰۸ | ۰/۲۴±۰/۰۸ | ۰/۲۴±۰/۰۸ | ۰/۹۹ | ۸/۸۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۴±۰/۰۸ | ۱/۲۲±۰/۰۸ | ۱۲ |
| زاگرس | ۰/۰۷±۰/۰۱۳ | ۱/۱۹±۰/۱۱ | ۰/۰۸±۰/۱۰ | ۱/۱۳±۰/۰۹ | ۰/۰۷±۰/۰۷ | ۱/۱۲±۰/۰۶ | ۰/۲۹±۰/۰۸ | ۰/۲۹±۰/۰۸ | ۰/۹۹ | ۸/۸۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۹±۰/۰۸ | ۱/۱۲±۰/۰۶ | ۱۲ |
| مجموع داده‌ها | ۰/۰۷±۰/۰۰۵ | ۱/۲۰±۰/۰۳ | ۰/۰۸±۰/۰۴ | ۱/۱۶±۰/۰۲ | ۰/۰۷±۰/۰۳ | ۱/۱۶±۰/۰۲ | ۰/۲۸±۰/۰۲ | ۰/۲۸±۰/۰۲ | ۰/۹۹ | ۸/۸۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۸±۰/۰۲ | ۱/۱۶±۰/۰۲ | ۱۸۰ |

b₁ سرعت افزایش کسر برگ‌های کسر شده در پوت در فاز اول، X₀ نقطه چرخش منحنی، b₀ سرعت افزایش کسر برگ‌های کسر شده در پوت در فاز دوم، n تعداد مشاهدات، R² ضریب تبیین، RMSE جدار میانگین مربعات خطا، se خطای معیار و CV ضریب تغییرات هستند.

کمی سازی نمو برگ در ارقام مختلف گندم: II- تولید و زوال برگ در بوته در شرایط مزرعه

آن پیدا شده است. از این رو، در هر مدل پویای رشد و نمو گندم یک روش برای پیش‌بینی نمو سطح برگ لازم است و اطلاع از خصوصیات سطح برگ و تغییرات آن در بین ژنوتیپ‌ها می‌تواند در اصلاح نباتات، مدیریت گیاهان زراعی و مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی مفید باشد. بنابراین، روابط به‌دست آمده از این مطالعه را می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی گندم به‌ویژه در ارقام بهاره و شرایط محیط‌های گرمسیری استفاده کرد.

همچنین، بیشتر مطالعات پیرامون مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی و بررسی فرایندهای رشد دخیل در آن‌ها در عرض‌های جغرافیایی بالا و محیط‌های سرد صورت گرفته است. این مهم نیز در گندم بیشتر در ارقام زمستانه انجام شده است. تحقیقات گسترده در محیط‌های گرمسیری و ارقام بهاره در این زمینه اندک بوده است. در گیاهان زراعی نمو سطح برگ اثر مهمی روی تولید زیست توده و عملکرد دانه دارد، به‌ویژه در گندم که رابطه قوی بین حداکثر سطح برگ سبز و عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های



شکل ۲. کسر تعداد برگ‌های پیر شده در بوته در مقابل کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی (مدل ۴-۸) برای ارقام مختلف گندم (atr: اترک، bay: بیات، cha: چمران، che: چناب، dez: دز، ine: اینیاء، kav: کویر، mar: مروشت، S78: لاین 18-S78، shi: شیراز، sho: شوا مالد (کرخه)، sta: استار، vir: ویریناک، yav: یاواروس و zag: زاگرس) در سال اول تحقیق (الف)، سال دوم تحقیق (ب) و متوسط ارقام مختلف در ۲ سال تحقیق (ج).

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶

۳۵۷

9. Evans LT (1987) Short day induction of inflorescence initiation in some winter wheat varieties. *Australian Journal of Plant Physiology*. 14: 277-286.
10. Goudriaan J and Van Laar HH (1994) Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 238 p.
11. Hammer GL, Carberry PS and Muchow RC (1993) Modelling genotypic and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. *Field Crops Research*. 33: 293-310.
12. Hofstra G, Hesketh JD and Myhre DL (1977) A plastochron model for soybean leaf and stem growth. *Canadian Journal of Plant Science*. 57: 167-175.
13. Horie T, De Wit CT, Goudriaan J, Bensink J (1979) A formal template for the development of cucumber in its vegetative stage I. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Series C* 82: 433-448.
14. Ishag HM, Mohamed BA and Ishag KHM (1998) Leaf development of spring wheat cultivars in an irrigated heat-stressed environment. *Field Crops Research*. 58: 167-175.
15. Leong SK and Ong CK (1983) The influence of temperature and soil water deficit on development and morphology of groundnut. *Journal of Experimental Botany*. 34: 1551-1561.
16. Littelton EJ, Dennett MD, Monteith JL and Elston J (1979) The growth and development of cowpeas (*Vigna unguiculata*) under tropical conditions. *Journal of Agricultural Science*. 93(2): 291-307.
- منابع
۱. ترابی ب و سلطانی ا (۱۳۹۱) کمی کردن واکنش سبز شدن نخود نسبت به دما. *مجله‌ی تولید و فراوری زراعی*، ۲ (۶): ۱۱۹-۱۰۹.
۲. جعفری م (۱۳۸۷) مدل‌سازی اثر تراکم بر تولید و زوال برگ در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۹۴ صفحه.
۳. سلطانی ا (۱۳۸۶) کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۶ صفحه.
۴. قادری فر ف، سلطانی ا و صادقی‌پورح (۱۳۸۸) ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی در کمی‌سازی جوانه‌زنی کدوی تخم کاغذی، براگر و سیاه دانه به دما. *مجله‌ی پژوهش‌های گیاهی*، ۴ (۱۶): ۱۹-۱.
5. Abeledo LG, Calderini DF and Slafer GA (2004) Leaf appearance, tillering and their coordination in old and modern barleys from Argentina. *Field Crops Research*. 86: 23-32.
6. Benbella M, and Paulsen GM (1998) Efficacy of treatments for delaying senescence of wheat leaves: II. Senescence and grain yield under field conditions. *Agronomy Journal*. 90: 332-338.
7. Birch CJ, Hammer GL and Rickert K (1998) Improved methods for predicting individual leaf area and leaf senescence in maize (*Zea mays*). *Australian Journal of Agricultural Research*. 49: 249-462.
8. Borrás L, Maddonni GA and Otegui ME (2003) Leaf senescence in maize hybrids: plant populations, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research*. 82: 13-26.

17. Muchow RC and Carberry PS (1989) Environmental control of phenology and leaf growth in a tropical adapted maize. *Field Crops Research*. 20: 221-236.
18. Penning de Vries, FWT, Jansen DM, TenBerge HFM and Bakema A (1989) Simulation of ecophysiological processes of several annual crops. *Simulation Monographs* 29, Pudoc, Wageningen and International Rice Research Institute, Manila.
19. Ranganathan R, Chamhan YS, flower DJ, Robertson MJ, Sanetra C, and Silim SN (2001) Predicting growth and development of pigeonpea: leaf area development. *Field Crops Research*. 69: 163-127.
20. Reddy YR, Acock B, Baker DN and Acock M (1989) Seasonal leaf area-leaf weight relationships in the cotton canopy. *Agronomy Journal*. 81: 1-4.
21. Robertson MJ, Carberry PS, Huth NR, Turpin JE, Probert ME, Poulton PL, Bell M, Wright GE, Yeates SJ and Brinsmead RB (2002) Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. *Australian Journal of Agricultural Research*. 53: 429-446.
22. Sadras VO, Echarte L and Andrade F (2000) Profile of leaf senescence during reproductive growth of sunflower and maize. *Annals of Botany*. 85:187-195.
23. Soltani A, Robertson MJ, Mohammad-Nejad Y and Rahemi-Karizaki A (2006) Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. *Field Crops Research*. 99: 14-23.
24. Whisler FD, Acock B, Baker DN, Fye RE, Hodges HF, Lambert GR, Lemon HE, McKinion JM and Reddy VR (1986) Crop simulation models in agronomic systems. *Advance in Agronomy*. 40: 141-208.
25. Yoshida H, Horie T, Katsura K and Shiraiwa T (2007) A model explaining genotypic and environmental variation in leaf area development of rice based on biomass growth and leaf N accumulation. *Field Crops Research*. 102: 228-238.
26. Zadoks JC, Chang TT and Konzak CF (1974) Decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14: 415-422.