



مدل سازی تولید و زوال برگ در گیاه گندم

*فرهاد خاوری^۱، افشین سلطانی^۲، فرشید اکرم قادری^۳،
غلامعلی گزانچیان^۴ و راحله عرب عامری^۵

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ^۲استاد گروه زراعت دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳دانشجوی دکتری دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی، ^۵دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۵/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۸

چکیده

به منظور کمی سازی تولید و زوال برگ در گیاه گندم، آزمایشی به صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۸۴ اجرا گردید. در این تحقیق جهت ایجاد شرایط مختلف محیطی، تاریخ کاشت به عنوان محیط تلقی گردید لذا تیمارهای این آزمایش شامل تاریخ های کاشت (۱۳۸۴/۰۹/۲۳، ۱۳۸۴/۱۰/۳۰ و ۱۳۸۴/۱۲/۰۲) و ارقام (آریا، اترک، کوهدشت، شیرودی، تجن، تارو و زاگرس) بودند. نتایج نشان داد که در بین ارقام از نظر شروع برگ دهی، سرعت ظهور برگ و زمان خاتمه تولید برگ در ساقه اصلی اختلاف معنی داری وجود ندارد اما سرعت تولید برگ در ساقه اصلی گیاه گندم در بین تاریخ های کاشت ۰/۰۱ برگ بر درجه روز رشد بود. زوال برگ در ساقه اصلی به طور متوسط بعد از ۴۷۵ درجه روز رشد شروع شد و با افزایش یک درجه روز رشد ۰/۰۷ درصد از برگ های ساقه اصلی زوال یافت. تولید برگ در بوته دارای دو مرحله بود و ارتباط نزدیکی با تولید برگ در ساقه اصلی داشت. در مرحله اول به ازای افزایش هر برگ در ساقه اصلی، یک برگ به کل

* مسئول مکاتبه: farhad_kh1251@yahoo.com

برگ‌های بوته اضافه شد اما بعد از تولید سه برگ در ساقه اصلی مرحله دوم شروع شد و به ازای افزایش هر برگ در ساقه اصلی ۲/۷ برگ به برگ‌های کل بوته اضافه گشت. زوال برگ در کل بوته ارتباط بسیار نزدیکی با زوال برگ در ساقه اصلی داشت و دارای دو مرحله بود. در مرحله اول و دوم به ازای پیر شدن هر یک درصد از برگ‌های ساقه اصلی به ترتیب ۰/۸۳ و ۱/۰۳ درصد از کل برگ‌های بوته پیر شدند. طول عمر متوسط هر برگ در بوته، حدود ۶۱۶ درجه روز رشد بود. نتایج نشان داد که تولید و زوال برگ در گیاه گندم را می‌توان در قالب معادلات مختلف به صورت کمی توصیف نمود.

واژه‌های کلیدی: گندم، تولید برگ، زوال برگ، رقم، تاریخ کاشت

مقدمه

مدل‌های گیاهان زراعی از بخش‌های مهم مدل‌های اکولوژیک می‌باشند (جورجینسن، ۱۹۹۷) زیرا این مدل‌ها امکان پیش‌بینی سیستم‌های گیاهی و افزایش فهم درباره چگونگی عملکرد آنها را فراهم می‌آورند (سینکلر و سیلمن، ۲۰۰۰؛ وان ایترسام و دوناتلی، ۲۰۰۳).

پیش‌بینی ظهور برگ، قسمت مهم و حیاتی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است زیرا ظهور برگ نه تنها به زمان خاصی از دوره فنولوژیک مربوط نیست بلکه در گسترش سطح برگ، انباشتگی وزن خشک و عملکرد دانه اهمیت دارد (ریچی و نسیت، ۱۹۹۱؛ کاتفورت و همکاران، ۱۹۹۲؛ مک مستر، ۱۹۹۷).

دمای محیط از عوامل اصلی تعیین کننده سرعت ظهور برگ (کنیری، ۱۹۹۱؛ ریچی و نسیت، ۱۹۹۱؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶) و سرعت زوال برگ (کرافورد و همکاران، ۱۹۹۷) در گیاهان است. بیشتر مطالعات نشان داده است که افزایش تعداد برگ در ساقه اصلی گیاه گندم نسبت به دما از یک رابطه خطی پیروی می‌کند (باکر و همکاران، ۱۹۸۰؛ مک مستر و همکاران، ۱۹۹۲؛ ریچی، ۱۹۹۱) که مقدار شیب این خط برابر سرعت ظهور برگ می‌باشد.

تولن‌آر و همکاران (۱۹۷۹) فیلوکرون (طول دوره‌ی بین ظهور نوک دو برگ متوالی) را به صورت عکس سرعت ظهور برگ تعریف کرده‌اند. اساسا فیلوکرون مقدار درجه حرارت دریافت شده بین ظهور دو برگ متوالی می‌باشد (فرانک و بایر، ۱۹۹۵). فیلوکرون در بسیاری از مدل‌های رشد و نمو گیاهان مانند: CERES-WHEAT (ریچی، ۱۹۹۱)، CERES-MAZE (کنری، ۱۹۹۱)،

SHOOTGRO (مک مستر و همکاران، ۱۹۹۲؛ ویلهلم و همکاران، ۱۹۹۳؛ زالود و همکاران، ۲۰۰۳)، MODWHT (ریکمن و همکاران، ۱۹۹۶)، SIRIUS (جامیسون، ۱۹۹۸) و GRAAL (درویت و پیجز، ۲۰۰۳) استفاده می شود.

معمولا فیلوکرون‌های اندازه‌گیری شده (برحسب درجه روز رشد) تا ظهور برگ پرچم روند ثابتی دارند و مقادیر آنها در دامنه ۱۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد روز است (دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد) که با رقم، عرض جغرافیایی و فصل تغییر می‌یابد (باکر و همکاران، ۱۹۸۶؛ فرانک و بائر، ۱۹۹۵؛ مساعد و همکاران، ۱۹۹۵)، البته ژیر و همکاران (۲۰۰۴) نیز مشاهده کردند که فیلوکرون در بین ارقام تفاوتی ندارد.

تولید و پیری برگ در گیاه معمولا به تولید و پیری برگ در ساقه اصلی مربوط می‌شود (همر و همکاران، ۱۹۹۳؛ رابرتسون و همکاران، ۲۰۰۲). سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) در گیاه نخود، رابطه بین کل برگ‌های گیاه و تعداد برگ در ساقه اصلی را با یک مدل شکسته دو تکه‌ای توصیف کردند که در فاز اول تعداد برگ در بوته با شیب کمتری افزایش می‌یابد و در فاز دوم تولید برگ با سرعت بیشتری انجام می‌شود، بنابراین این‌طور فرض کردند که در فاز اول کل برگ‌های گیاه مربوط به ساقه اصلی است و علت افزایش شیب خط در فاز دوم را به شروع شاخه‌زایی در گیاه نسبت دادند.

محمدنژاد و همکاران (۲۰۰۶) نیز کسر برگ‌های پیر شده در گیاه نخود را توسط کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی با یک مدل شکسته دو تکه‌ای پیش‌بینی نمودند. در لوبیا چشم بلبلی نیز زوال سطح برگ در مقابل زمان به‌طور معمول با یک دوره‌ی شیب کند (به‌علت مرگ برگ‌های پایینی واقع در سایه) و یک دوره‌ی شیب تندتر صورت می‌گیرد (لیتلتون و همکاران، ۱۹۷۹).

در باره دوره‌ی زمانی مسن شدن برگ‌های گندم در مزرعه، اطلاعات بسیار اندکی وجود دارد و بیشتر برآوردهای طول عمر برگ به این مشاهده مربوط است که ساقه اصلی گیاه گندم سه یا چهار برگ سبز را حداقل تا زمان گرده‌افشانی نگه می‌دارد (برای نمونه ویگان و همکاران، ۱۹۸۱؛ هی و تانیکلف ویلسون، ۱۹۸۲).

مطالعات در گیاهان مختلف حاکی از آن است که تغییرات تعداد برگ (ظهور و زوال برگ) از الگوهای قابل پیش‌بینی تبعیت می‌کنند بنابراین به‌منظور تعیین معادلاتی برای توصیف نمو کنوپی در ارقام گندم تحت تاریخ‌های مختلف کاشت این آزمایش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۲۰ متر از سطح دریا با متوسط بارندگی ۶۰۷ میلی‌متر، میانگین دمای ۱۳ درجه و نوسان دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد اجرا گردید. آزمایش به صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل ۷ رقم گندم بهاره (آریا، اترک، کوهدشت، شیرودی، تجن، تارو، زاگرس) و ۳ تاریخ کاشت (۲۳ آذر (تاریخ کاشت مطلوب منطقه) و ۳۰ دی و ۲ اسفند) بودند. برای رسیدن به تراکم مطلوب ۳۳۳ بوته در متر مربع، فاصله‌های ۱۵ سانتی‌متر بین خطوط، ۲ سانتی‌متر روی خط و ۴۰ سانتی‌متر بین ارقام در نظر گرفته شد. پس از انجام عملیات شخم به منظور خرد کردن کلوخه‌ها، دو دیسک عمود بر هم زده شد. در زمان کاشت ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به زمین داده شد، همچنین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو نوبت هر کدام به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مراحل پنجه‌زنی و گرده‌افشانی داده شد. این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی و کنترل کامل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شد.

در طی انجام آزمایش اندازه‌گیری‌های زیر به صورت هر ۷ تا ۱۰ روز از ۱۰ بوته که به طور تصادفی برای هر رقم در داخل هر کرت انتخاب شده بودند، انجام شد: شمارش تعداد برگ سبز در ساقه اصلی براساس روش هان (۱۹۷۳) و پنجه‌ها براساس روش زادوکس (۱۹۷۴).

شمارش تعداد برگ زرد شده (برگ زرد شده برگ است که ۵۰ درصد یا بیشتر آن زرد شده باشد) و افتاده در ساقه اصلی و پنجه‌ها.

پس از جمع‌آوری داده‌ها تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شدند (سلطانی، ۲۰۰۷) و از معادلات رگرسیون زیر استفاده گردید:

$$y = a + bx \quad \text{if} \quad x < x_0 \quad (1)$$

$$x \geq x_0 \quad \text{if} \quad y = a + bx_0$$

معادله (۱) برای مدل‌سازی + داد برگ در ساقه اصلی در برابر درجه روز رشد استفاده شد که در آن X درجه روز رشد تجمعی پس از کاشت، y تعداد برگ در ساقه اصلی، a عرض از مبدأ، b سرعت تولید برگ و x_0 درجه روز رشد تجمعی پس از کاشت که در آن تولید برگ در ساقه اصلی متوقف می‌شود، است، همچنین با قرار دادن $y = 0$ در معادله $y = a+bx$ مقدار درجه روز رشد پس از کاشت که در آن تولید برگ در ساقه اصلی شروع می‌شود به صورت $(-a/b)$ محاسبه شد.

$$y = 0 \quad \text{if} \quad x \leq x_0 \quad (2)$$

$$y = b(x - x_0) \quad \text{if} \quad x > x_0$$

معادله (۲) برای مدل‌سازی آوردن رابطه بین زوال برگ در ساقه اصلی در برابر درجه روز رشد تجمعی استفاده شد که در آن X درجه روز رشد تجمعی، y تعداد برگ پیر شده در ساقه اصلی، b سرعت زوال برگ و x_0 نقطه چرخش منحنی بر حسب درجه روز رشد که در آن زوال برگ در ساقه اصلی شروع می‌شود، است.

$$y = b_1x \quad \text{if} \quad x \leq x_0 \quad (3)$$

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

معادله (۳) برای مدل‌سازی رابطه بین تعداد کل برگ‌های بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی و کسر برگ‌های پیر شده در کل بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی استفاده شد که در آن X تعداد برگ ساقه اصلی برای مدل اول و کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی (حاصل تقسیم تعداد برگ‌های زوال یافته در ساقه اصلی بر تعداد کل برگ در ساقه اصلی) برای مدل دوم، y تعداد کل برگ در بوته برای مدل اول و کسر برگ‌های پیر در کل بوته (حاصل تقسیم برگ‌های زوال یافته در کل بوته بر تعداد کل برگ در بوته) برای مدل دوم، b_1 سرعت افزایش تعداد برگ در کل بوته در مدل اول و سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر در کل بوته در مدل دوم در مرحله اول، x_0 نقطه چرخش منحنی، b_2 سرعت افزایش تعداد برگ در کل بوته در مدل اول و سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مدل دوم می‌باشند.

$$y = \max \ln / (1 + \exp(-\alpha(x - b))) \quad (4)$$

معادله (۴) برای مدل‌سازی رابطه بین تولید برگ در بوته (تعداد کل برگ‌ها) و رابطه بین زوال برگ در بوته (تعداد کل برگ‌های پیر شده) در برابر درجه روز رشد جهت محاسبه طول عمر برگ^۱ استفاده شد که در آن X درجه روز رشد تجمعی، Y تعداد کل برگ در بوته یا تعداد برگ زوال یافته در بوته، $\max \ln$ حداکثر تعداد برگ در بوته یا حداکثر تعداد برگ پیر شده در بوته (در مدل زوال برگ، حداکثر تعداد برگ پیر شده در بوته برابر با حداکثر تعداد برگ در بوته بود)، a شیب خط و b مقدار درجه روز رشد تجمعی که در آن تعداد کل برگ‌ها در بوته یا تعداد کل برگ‌های پیر شده در بوته به نصف حداکثر خود می‌رسند، می‌باشند. به لحاظ عددی طول عمر تک برگ از اختلاف بین درجه روز رشد لازم برای رسیدن تعداد کل برگ در بوته به نصف حداکثر خود و درجه روز رشد لازم برای رسیدن تعداد کل برگ پیر شده در بوته به نصف حداکثر خود محاسبه می‌شود. محاسبه درجه روز رشد: درجه روز رشد برای فاصله سبز شدن تا برداشت با استفاده از مدل زیر محاسبه شد:

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} \right) - T_b \right) \quad (5)$$

که در آن T_{\max} و T_{\min} به ترتیب دمای حداکثر و حداقل روزانه، T_b دمای پایه و n تعداد روز از یک مرحله نمودی تا مرحله دیگر در نظر گرفته شد. در روش رایج برای گندم T_{\max} بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۲۵ درجه سانتی‌گراد و T_{\min} پایین‌تر از دمای پایه، برابر با دمای پایه در نظر گرفته شد. دمای پایه برای ارقام گندم صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (باکر و همکاران، ۱۹۸۶؛ کائو و موس، ۱۹۸۹؛ فرانک و بایر، ۱۹۹۷؛ مک مستر و ویلهلم، ۱۹۹۸؛ ژبو و همکاران، ۲۰۰۴).

نتایج و بحث

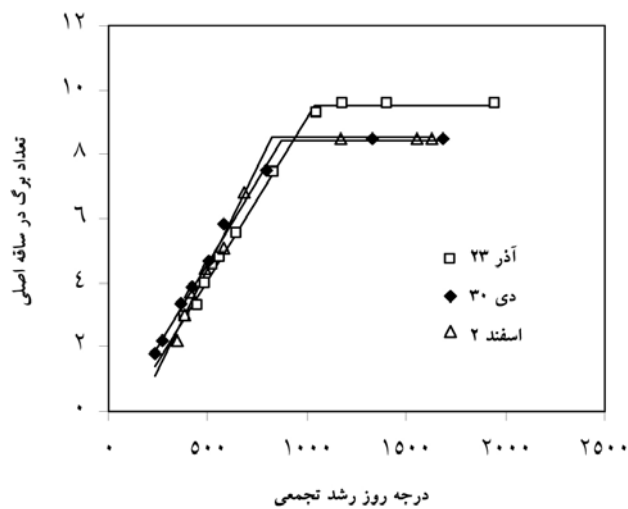
ظهور و زوال برگ در ساقه اصلی: تغییرات تعداد برگ در ساقه اصلی در مقابل درجه روز رشد تجمعی با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه‌ای (۱) توصیف شد. مدل دو تکه‌ای حاوی دو خط متقاطع است که شیب خط در تکه اول نشان‌دهنده افزایش در تعداد برگ و خط افقی نشان‌دهنده حداکثر تعداد برگ بر روی ساقه اصلی می‌باشند (شکل ۱).

1- Leaf Longevity

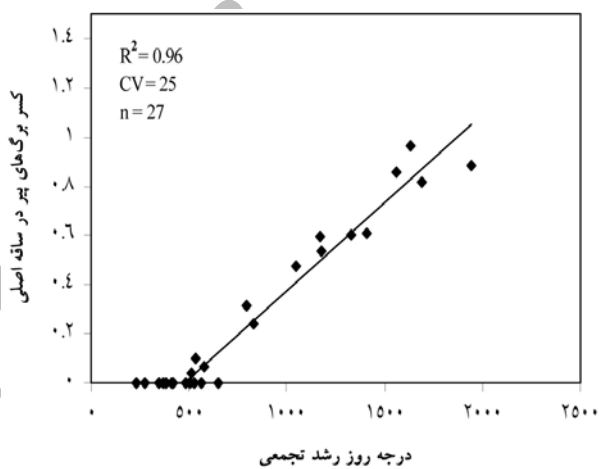
در بین تاریخ‌های کاشت و ارقام از نظر سرعت ظهور برگ در ساقه اصلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد به طوری که مقدار متوسط آن ۰/۰۱ برگ بر درجه روز رشد بود از این رو مقدار فیلوکرون نیز ۱۰۰ درجه روز رشد بود. از لحاظ شروع برگ‌دهی و زمان خاتمه تولید برگ در ساقه اصلی مابین تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به طوری که برای تاریخ‌های ۲۳ آذر، ۳۰ دی و ۲ اسفند به ترتیب مقدار متوسط شروع برگ‌دهی ۹۶، ۵۱، ۱۴۷ درجه روز رشد و زمان خاتمه تولید برگ ۱۰۳۶، ۸۷۱، ۸۲۳ درجه روز رشد بودند، همچنین تعداد نهایی برگ در ساقه اصلی ۹/۵، ۸/۴۵ و ۸/۵ برگ بود. بنابراین تأخیر در کاشت موجب افزایش سرعت ظهور برگ و کاهش دوره موثر تولید برگ (زمان لازم از سبز شدن تا خاتمه تولید برگ) گردید و از تعداد نهایی برگ در ساقه اصلی کاسته شد.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای گیاه نخود مابین تاریخ‌های کاشت از نظر سرعت ظهور برگ در ساقه اصلی اختلاف قابل ملاحظه‌ای مشاهده نکردند. اختلاف در شروع برگ‌دهی در ساقه اصلی احتمالاً به علت استفاده از دمای هوا و عدم استفاده از دمای خاک ناشی گردید. درباره زمان خاتمه تولید برگ در ساقه اصلی نیز محققان اذعان داشتند که تغییرات فتوپریود تحت تاثیر تاریخ کاشت از طریق تعیین تعداد نهایی برگ در ساقه اصلی، بر زمان خاتمه تولید برگ (زمان گلدهی) در گندم تاثیر می‌گذارد (کربی، ۱۹۹۰؛ هی و کربی، ۱۹۹۱)، همچنین سلطانی و همکاران (۲۰۰۶)، برای گیاه نخود عوامل اصلی تاثیرگذار بر دوره موثر تولید برگ (زمان خاتمه تولید برگ) را درجه حرارت و فتوپریود گزارش نمودند.

از لحاظ شروع برگ‌دهی و زمان خاتمه تولید برگ در ساقه اصلی در میان ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). ژبو و همکاران (۲۰۰۴) و مک مستر و همکاران (۱۹۹۲) نیز مشاهده کردند که از نظر سرعت ظهور برگ در بین ارقام گندم تفاوتی وجود ندارد.



شکل ۱- برازش مدل رگرسیون غیرخطی دو تکه‌ای برای تعداد برگ ساقه اصلی در برابر درجه روز رشد تجمعی.



شکل ۲- برازش مدل رگرسیون غیرخطی دو تکه‌ای برای کسر برگ‌های پیر ساقه اصلی در برابر درجه روز رشد تجمعی.

در گیاهان نخود (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶)، لپه هندی (رانگاناتان و همکاران، ۲۰۰۱)، بادام زمینی (ماساو و همکاران، ۲۰۰۵) و نخود فرنگی (ویلسون و رابسون، ۱۹۹۶) نیز رگرسیون خطی برازش مناسبی بین تعداد برگ در ساقه اصلی و حرارت تجمعی بود.

نتایج نشان داد که زوال برگ در ساقه اصلی در طی دوره رشد گندم در یک درجه روز رشد معین شروع شده و با سرعت ثابتی ادامه می‌یابد (شکل ۲). در بین تاریخ‌های کاشت و ارقام از نظر شروع و سرعت زوال برگ در ساقه اصلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد از این‌رو در این آزمایش یک معادله براساس میانگین ضرایب حاصل از ارقام و تاریخ‌های کاشت استخراج گردید که عبارت بود از:

$$y=0 \quad \text{اگر} \quad x \leq 475$$

$$y=0.0007(x-475) \quad \text{اگر} \quad x > 475$$

براساس این معادله، زوال برگ در ساقه اصلی در بین ارقام و تاریخ‌های کاشت به‌طور متوسط بعد از ۴۷۵ درجه روز رشد شروع شد و با افزایش یک درجه روز رشد ۰/۰۷ درصد از برگ‌های ساقه اصلی زوال یافت.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) نیز دریافتند که در گیاه نخود زمان شروع و سرعت زوال برگ در ساقه اصلی در بین تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری ندارند. رابرتسون و همکاران (۲۰۰۲) نیز دریافتند که در گیاه نخود بعد از مرحله گلدهی، پیر شدن برگ‌ها در ساقه اصلی در برابر زمان حرارتی از یک تابع خطی پیروی می‌کند و زوال هر گره بعد از دریافت ۴۷ درجه سانتی‌گراد، در گیاه رخ می‌دهد.

با مقایسه معادلات ظهور و زوال برگ در ساقه اصلی می‌توان گفت که این دو فرآیند در سه مرحله انجام می‌گیرد بطوری‌که بعد از ۹۶، ۵۱ و ۱۴۷ درجه روز رشد تولید برگ در ساقه اصلی به‌ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۲۳ آذر، ۳۰ دی و ۲ اسفند شروع شد و تا ۴۷۵ درجه روز رشد ادامه یافت. در مرحله دوم تولید و زوال برگ همزمان با هم صورت گرفتند و از ۴۷۵ درجه روز رشد تا ۱۰۳۶، ۸۷۱ و ۸۲۳ درجه روز رشد به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۲۳ آذر، ۳۰ دی و ۲ اسفند ادامه یافت به‌طوری‌که زوال برگ در ساقه اصلی با سرعتی کمتر از سرعت تولید برگ انجام شد. در مرحله سوم که به‌ترتیب برای تاریخ کاشت‌های ۲۳ آذر، ۳۰ دی و ۲ اسفند بعد از ۱۰۳۶، ۸۷۱ و ۸۲۳ درجه روز رشد آغاز شد و تا ۱۹۴۴ درجه روز رشد (پیری تمام برگ‌ها در ساقه اصلی) ادامه داشت، تولید برگ در ساقه اصلی متوقف شده و تنها زوال برگ ادامه یافت.

تولید و زوال برگ در بوته: افزایش تعداد برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی دارای دو مرحله بود. در مرحله اول با سرعت کندتر و در مرحله دوم با سرعت تندتر بر تعداد برگ‌ها در بوته افزوده شد (شکل ۳). در بین تاریخ‌های کاشت و ارقام از نظر سرعت تولید برگ در مرحله اول، نقطه چرخش منحنی و سرعت تولید برگ در مرحله دوم اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت.

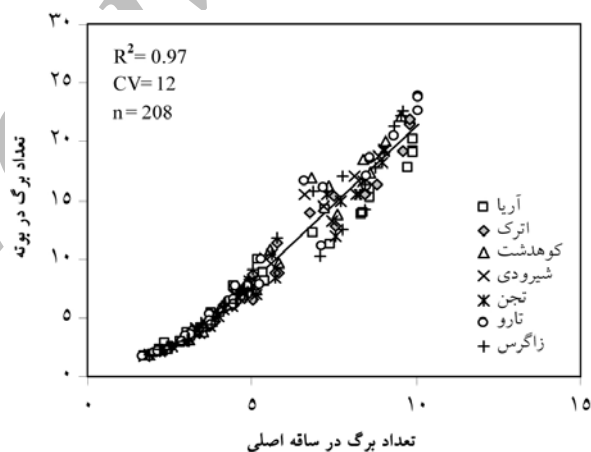
سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش نمودند که در گیاه نخود، تاریخ کاشت و ژنوتیپ تأثیری بر سرعت تولید برگ در مرحله اول، نقطه چرخش منحنی و سرعت تولید برگ در مرحله دوم نمی‌گذارد و علت افزایش در سرعت تولید برگ در مرحله دوم را به شروع شاخه‌زایی در گیاه نسبت دادند.

بنابراین در این آزمایش یک معادله براساس میانگین ضرایب حاصل از ارقام و تاریخ‌های کاشت استخراج گردید که عبارت بود از:

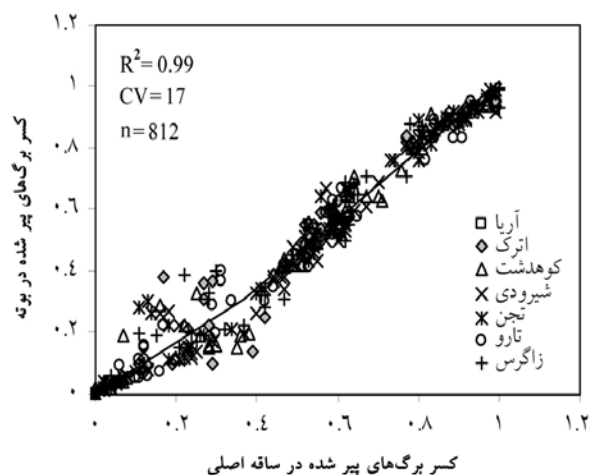
$$y = 1/0.4x \quad \text{اگر} \quad x \leq 3/24$$

$$y = 3/37 + 2/65(x - 3/24) \quad \text{اگر} \quad x > 3/24$$

براساس این معادله، به ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی به‌طور متوسط ۱/۰۴ برگ به برگ‌های بوته در مرحله اول اضافه شد، اما بعد از ظهور ۳/۲۴ برگ در ساقه اصلی و شروع پنجه‌زنی در گیاه، به ازای افزایش یک برگ در ساقه اصلی ۲/۶۵ برگ به برگ‌های بوته در مرحله دوم افزوده شد.



شکل ۳- رابطه تعداد برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی.



شکل ۴- رابطه کسر برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی.

بررسی پراکنش نقاط نشان داد کسر برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی دارای دو مرحله است به طوری که مرحله اول با سرعت کندتر و مرحله دوم با سرعت تندتری افزایش یافت (شکل ۴). در بین تاریخ‌های کاشت و ژنوتیپ‌ها از نظر سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مرحله اول، نقطه چرخش منحنی و سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مرحله دوم اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد از این‌رو در این آزمایش یک معادله بر اساس میانگین ضرایب حاصل از ارقام و تاریخ‌های کاشت استخراج گردید که عبارت بود از:

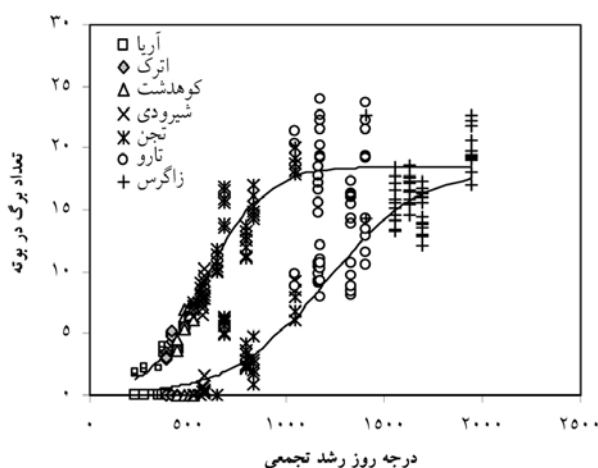
$$Y = 0.83X \quad \text{اگر} \quad X \leq 0.37$$

$$Y = 0.31 + 1/0.3(X - 0.37) \quad \text{اگر} \quad X > 0.37$$

براساس این معادله، در مرحله اول به ازای زوال یک برگ در ساقه اصلی، ۰/۸۳ برگ بوته زوال یافت و در نقطه چرخش منحنی، زمانی که کسر برگ‌های پیر شده ساقه اصلی به ۰/۳۷ (یعنی ۳۷ درصد برگ‌های ساقه اصلی پیر شدند) می‌رسد، ۳۱ درصد برگ‌ها در بوته زوال یافتند، همچنین در مرحله دوم به ازای زوال یک برگ در ساقه اصلی، ۱/۰۳ برگ بوته زوال یافت.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) و لیتلتون و همکاران (۱۹۷۹) در گیاهان نخود و لوبیا سبز تحت تاریخ‌های مختلف کاشت مشاهده کردند که زوال تجمعی برگ در بوته یک دوره با شیب کند (به

علت مرگ برگ‌های پایینی) و دوره‌ای با شیب تند داشته است که این گزارشات با نتایج ما مطابقت داشت.



شکل ۵- طول عمر برگ‌های بوته در برابر درجه روز رشد تجمعی.

طول عمر برگ: برای کمی کردن طول عمر برگ، پراکنش تعداد برگ در بوته و تعداد برگ پیر شده در بوته در مقابل درجه روز رشد از معادله (۴) استفاده شد. ضرایب حاصل از برازش معادلات تولید و زوال برگ نشان دادند که در بین تاریخ‌های کاشت و ارقام از نظر درجه روز رشد لازم برای رسیدن به نصف حداکثر تعداد برگ در بوته و نصف حداکثر تعداد برگ پیر شده در بوته، سرعت تولید برگ در بوته، سرعت زوال برگ در بوته و حداکثر تعداد برگ در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵)، بنابراین متوسط طول عمر برگ در گیاه گندم ۶۱۶ درجه روز رشد بود. محمدنژاد و همکاران (۱۳۸۵) در بین تاریخ‌های کاشت برای گیاه نخود و آرکین و همکاران (۱۹۸۳) در بین ارقام مختلف سورگوم گزارش کردند که طول عمر برگ اختلاف قابل ملاحظه‌ای ندارد.

یافته‌های این مطالعه حاکی از آن است که تولید و زوال برگ در گیاه گندم را می‌توان در قالب معادلات مختلف به صورت کمی توصیف کرد و از این معادلات و پارامترهای آنها در شبیه‌سازی کنوپی گیاه گندم استفاده نمود.

فهرست منابع

- Arkin, G.F., Rosenthal, W.D, and Jordan, W.R. 1983. A sorghum leaf area model. Am. Soc. Agric. Eng. Tech. No. 83-2098.
- Baker, C.K., Gallagher, J.N, and Monteith, J.L. 1980. Daylength change and leaf appearance in winter wheat. Plant Cell Environ. 3: 285-287.
- Baker, C.K., Pinter, P.J., Reginato, R.J, and Kanemasu, E.T. 1986. Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. Agron. J. 78: 605-613.
- Cao, W., and Moss, D.N. 1989. Temperature effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. Crop Sci. 29: 1018-1021.
- Craufurd, P.Q., Subedi, M., and Summerfield, R.J. 1997. Leaf appearance in cowpea: effects of temperature and photoperiod. Crop Sci. 37: 167-171.
- Cutforth, H.W., Jame, Y.W., and Jefferson, P.G. 1992. Effect of temperature, vernalization and water stress on phyllochron and final leaf number of HY320 and Neepawa spring wheats. Can. J. Plant Sci. 72: 1141-1151.
- Drouet, J.L., and Pages, L. 2003. GRAAL: a model of growth, architecture and carbon allocation during the vegetative phase of whole maize plant. Model description and parameterization. Ecol. Model. 165: 147-173.
- Frank, A.B., and Bauer, A. 1995. Phyllochron differences in wheat, barley, and forage grasses. Crop Sci. 35: 19-23.
- Frank, A.B., and Bauer, A. 1997. Temperature effects prior to double ridge on apex development and phyllochron in spring barley. Crop Sci. 37: 1527-1531.
- Hammer, G.L., Carberry, P.S., and Muchow, R.C. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. Field Crops Res. 33: 293-310.
- Haun, J.R. 1973. Visual qualification of wheat development. Agron J. 65:116-119.
- Hay, R.K.M., and Kirby, E.J.M. 1991. Convergence and synchrony- a review of the coordination of development in wheat. Aust. J. Agric. Res. 42: 661-700.
- Hay, R.K.M., and Tuncliffe Wilson, G. 1982. Leaf appearance and extension in field-grown winter wheat plants: the importance of soil temperature during vegetative growth. J. Agric. Sci (Camb). 99: 403-410.
- Jamieson, P.D., Brooking, I.R., Semenov, M.A., and Porter, J.P. 1998. Making sense of wheat development: a critique of methodology. Field Crops Res. 55, 117-127.
- Jorgensen, S.E. 1997. Ecological modeling by Ecological modeling. Ecol. Model. 100: 5-10.
- Kiniry, J.R. 1991. Maize phasic development. In: Hanks, R.J., Ritchie, J.T. (Eds), Modeling Plant and Soil Systems. ASA, CSSA, and SSSA, Madisom, WI, pp: 55-69.

- Kirby, E.J.M. 1990. Co-ordination of leaf emergence and leaf and spikelete primordium initiation in wheat. *Field Crops Research*. 25: 253-264.
- Littleton, E.J., Dennett, M.D., Elston, J., and Monteith, J.L. 1979. The growth and development of cowpeas (*Vigna unguiculata*) under tropical field conditions. *J. Agric. Sci. (Cam)*. 93: 291-307.
- Massawe, F.J., Azam, S.N., and Roberts, A. 2005. The impact of temperature on leaf appearance in bambara groundnut landraces. *Crop Sci*. 43:1357-1379.
- McMaster, G.S. 1997. Phenology, development, and growth of the wheat shoots apex, a review. *Adv. Agron*. 59:63-118.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., and Morgan, J.A., 1992. Simulating winter wheat shoot apex phenology. *J. Agric. Sci.* 119:1-12.
- McMaster, G.S., and Wilhelm, W.W. 1998. Is using soil temperature better than air temperature for predicting winter wheat phenology? *Agron. J.* 90: 602-607.
- Mohamad-nejad, Y., Soltani, A., Seyedi, F., and Zeinali, E. 2006. Predicting branching and leaf appearance and senescence in chickpea var. Hashem. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 13:39-48.
- Mosaad, M.G., Ortiz-Ferrara, G., Mahalakshmi, V., and Fischer, R.A. 1995. Phyllochron response to vernalization and photoperiod in spring wheat. *Crop Sci*. 35: 168-171.
- Ranganathan, R., Chauhan, Y.S., Flower, D.J., Robertson, M.J., Sanetea, C., and Silim, S.N. 2001. Predicting growth and development of pigeon pea: Leaf area development. *Field Crops Res.* 69: 163-172.
- Rickman, R.W., Waldman, S.E., and Klepper, B., 1996. MODWht3: a development-driven wheat growth simulation. *Agron. J.* 88:176-185.
- Ritchie, J.T. 1991. Wheat phasic development. In *Modellelling Plant and Soil Systems* (Eds. J. Hanks and J.T. Ritchie). American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp. 31-54.
- Ritchie, J.T., and NeSmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. In *Modellelling Plant and Soil Systems* (Eds. J. Hanks and J.T. Ritchie). American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp. 5-29.
- Robertson, M.J., Carberry, P.S., Huth, N.I., Turpin, J.E., Probert, M.E., Poulton, P.L., Bell, M., Wright, G.C., Yeates, S.J., and Brinsmead, R.B. 2002. Simulation of growth and development of diverse legumes species in APSIM. *Aust. J. Agric. Res.* 53: 429-446.
- SAS Institute. SAS/STAT software: Usage and reference. Windows version 5.1.2600. (copyright © 1999-2001 by SAS institute Inc). SAS Inst., Cary, NC.
- Sinclair, T.R., and Seligman, N.G. 2000. Criteria for publishing paper on crop modeling. *Field Crops Res.* 68: 165-172.
- Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. Ferdowsi Uni of Mashhad. Iran.

- Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y, and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Res.* 99, 14-23.
- Tollenaar, M., Daynard, T.B., and Hunter, R.B. 1979. The effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.* 19: 363-366.
- Van Ittersum, M.K., and Donatelli, M. 2003. Modelling cropping systems highlights of the symposium and preface to the special issues. *Eur. J. Agron.* 18: 187-197.
- Weigand, C.L., Gerbermann, A.H., and Cuellar, J.A. 1981. Development and yield of hard red winter wheats under semitropical conditions. *Agron. J.* 73: 29-37.
- Wilhelm, W.W., McMaster, G.S., Rickman, R.W., and Klepper, B. 1993. Above-ground vegetative development and growth of winter wheat as influenced by nitrogen and water availability. *Ecol. Model.* 68: 183-203.
- Wilson, D.R., and Robson, M. 1996. Pea phenology responses to temperature and photo period. 8th Australian Agronomy Conference. Toowoomba. 1996.
- Xue, Q., Weiss, A. and Baenziger, P.S. 2004. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating liner and non-liner models. *Ecological Modelling.* 175: 261-270.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Zalud, Z., McMaster, G.S., and Wilhelm, W.W. 2003. Evaluating SHOOTGRO 4.0 as a potential winter wheat management tool in the Czech Republic. *Eur. J. Agron.* 19: 495-507.



Modeling leaf production and senescence in wheat

* F. Khavari¹, A. Soltani², F. Akram Ghaderi³,
GH. Gazanchian⁴ and R. Arabameri⁵

¹Bojnourd Unit, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran, ²Professor of Agronomy Dept, Gorgan Univ. of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ³PhD. Student, Dept. of Agronomy, Gorgan Univ. of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ⁴Khorasan Agriculture Research Center, Mashhad, Iran

Abstract

This experiment was conducted to quantify leaf production and senescence in wheat. The experiment was carried out at Research farm of the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran in 2005 using a Randomized Complete Design considering sowing dates as environment. Treatments were sowing date (14 December, 20 Jan and 21 Feb, 2005) and cultivars (Aria, Atrak, Koohdasht, Shirodi, Tajan, Taro and Zagros). The results revealed that the start of leaf production, leaf appearance rate and time of cessation of leaf production on main stem aren't different in between cultivars but leaf production rate on main stem for sowing dates was 0.01 leaf day⁻¹. Leaf senescence on main stem commenced after 475 growth degree day (GDD) and it continued at 0.07% per GDD. Production of leaves in plant consisted of two phases and that were closely related to the leaf production on main stem. At the first phase, one leaf were added to the whole plant leaves by each leaf increase on the main stem. The second phase started when there were three leaves on main stem. At this phase, 2.7 leaves were added to the leaves of the whole plant by each leaf increase on main stem. Leaf death on whole plant was closely related to leaf senescence on the main stem, and it had two phases. With each percent of leaves death on main stem 0.83 and 1.03 percent of whole plant leaves died at first and second phases, respectively. Mean leaf longevity was about 616 GDD. The results suggest that leaf production and senescence in wheat could be quantified using different equations.

Keywords: Wheat; Leaf production; Leaf senescence; Cultivar; Sowing date.

* - Corresponding Author; Email: farhad_kh1251@yahoo.com