

پیش‌بینی شاخه‌زایی و ظهور و پیری برگ در گیاه نخود رقم هاشم

یونس محمدنژاد، افشین سلطانی، فرامرز سیدی و ابراهیم زمینی

گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۳/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۶/۲۳

چکیده

به منظور تعیین اثر حرارت دما، طول روز و تراکم بوته بر شاخه‌زایی و تولید و زوال برگ نخود رقم هاشم آزمایشی به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در سال ۱۳۸۱ اجرا شد. تاریخ‌های کاشت (۱۵ آذر، ۳۰ دی و ۱۵ اسفند) و تراکم‌های بوته (۶۴، ۴۸، ۳۲ و ۱۶ بوته در مترمربع) به ترتیب کرت‌های اصلی و فرعی بودند. نتایج نشان داد که به طور متوسط در ۶/۷ روز بیولوژیک پس از کاشت تولید گره (برگ) در ساقه اصلی شروع می‌شود و با سرعت ۱ گره بر روز بیولوژیک ادامه می‌یابد و بعد از ۳۵ روز بیولوژیک زمانی که ساقه اصلی دارای حدود ۲۸/۵ گره است، متوقف می‌شود. زوال برگ در ساقه اصلی پس از ۱۶ تا ۲۰ روز بیولوژیک شروع شد و با سرعت ۰/۶۵ برگ بر روز بیولوژیک تا پیر شدن کلیه برگ‌ها در ساقه اصلی ادامه یافت. تولید برگ در بوته دارای دو مرحله بود و ارتباط نزدیکی با تولید گره در ساقه اصلی داشت. در مرحله اول به ازاء افزایش هر گره در ساقه اصلی، ۲/۹ برگ به کل برگ‌های بوته اضافه شد. با ایجاد چهارمین گره در ساقه اصلی مرحله دوم شروع شد و به ازاء افزایش هر گره در ساقه اصلی ۸ تا ۱۵ 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 مراحل اول و دوم به ازاء پیر شدن هر یک درصد از برگ‌های ساقه اصلی به ترتیب ۰/۵ و ۲ درصد از کل برگ‌های بوته پیر شدند. طول عمر متوسط هر برگ در بوته، حدود ۲۳ روز بیولوژیک بود. نتایج نشان داد شاخه‌زایی و تولید وزوال برگ در گیاه نخود را می‌توان در قالب معادلات مختلف به صورت کمی توصیف نمود.

واژه‌های کلیدی: سرعت ظهور برگ؛ سرعت زوال برگ؛ طول عمر برگ؛ شاخه‌زایی؛ نخود

مقدمه

در بسیاری از گیاهان سرعت رشد رویشی به تشعشع دریافت شده بستگی دارد. از آنجایی که برگ‌ها تشعشع خورشیدی را می‌گیرند و از طریق فتوسنتز کربوهیدرات تولید می‌کنند، بنابراین سرعت رشد رویشی به سرعت توسعه و اندازه نهایی برگ‌ها بستگی دارد (بیسکو و گالاگر، ۱۹۷۷؛ به نقل از لیتلتون و همکاران، ۱۹۷۹). هافسترا و همکاران (۱۹۷۷) به نقل از ناندا و همکاران،

(۱۹۸۷) توسعه سطح برگ در سویا را به صورت تابعی از سرعت ظهور برگ، سرعت گسترش سطح برگ، حداکثر سطح برگ و دوام سطح برگ تعریف نمودند. افزایش تعداد گره در ساقه اصلی نخود عکس‌العمل خطی نسبت به دما دارد (سینگ و ویرمانی، ۱۹۹۶). در بیشتر گیاهان مانند لپه هندی (رانگاناتان و همکاران، ۲۰۰۱)، خربزه (بیگر و ردی، ۲۰۰۱)، لویسا مخملی^۱

ترسیدن شاخه‌های اولیه به اندازه کامل خود و عدم تشکیل شاخه‌های ثانویه و ثالثیه نسبت دادند. تورپین و همکاران (۲۰۰۲) در باقلا مشاهده کردند با افزایش تراکم کاشت تعداد برگ در بوته و اندازه تک برگ در شاخه‌هایی که بعداً تشکیل می‌شود، کاهش می‌یابد.

قبل از گلدهی، پیری برگ در گیاهان بدون تنش خشکی در ارتباط با سن و سایه‌اندازی در برگ‌های پایین می‌باشد و بعد از گلدهی، پیری برگ در ارتباط با انتقال نیتروژن از برگ‌ها به دانه است (رانگاناتان و همکاران، ۲۰۰۱). در لوبیا چشم بلبلی زوال تجمعی سطح برگ در مقابل زمان به‌طور معمول یک دوره با شیب کند (به علت مرگ برگ‌های پایینی واقع در سایه) و یک وره با شیب تندتر دارد (لیتلتون، ۱۹۷۹). سینگ و ویرمانی (۱۹۹۶) مشاهده کردند که بیشتر برگ‌های نخود در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک زوال می‌یابند. مطالعات در گیاهان مختلف حاکی از آن است که تغییرات تعداد برگ، شاخه‌زایی و سطح برگ از الگوهای قابل پیش‌بینی تبعیت می‌کنند لذا به منظور تعیین معادلاتی برای توصیف نمو کنوبی در نخود رقم هاشمی این آزمایش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، واقع در عرض جغرافیایی ۱۶°، ۳۷° شمالی و طول جغرافیایی ۱۲°، ۵۵° شرقی، اجرا شد. این منطقه دارای آب و هوای مدیترانه‌ای با متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه به ترتیب ۴۵۳/۷ میلی‌متر و ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی، تاریخ کاشت (۱۵ آذر، ۳۰ دی و ۱۵ اسفند) و کرت‌های فرعی، تراکم بوته (۱۶، ۳۲، ۴۸ و ۶۴ بوته در مترمربع) بودند. در این بررسی از نخود رقم هاشم^۳ استفاده شد. ایم رقم دارای پدیدگری X81TH55/111c1920×11c2950 بوده و از نظر

(هارت کمپ و همکاران، ۲۰۰۲) و بادام زمینی (ماساو و همکاران، ۲۰۰۳) رگرسیون خطی به ارزش مناسبی برای تعداد گره در ساقه اصلی در برابر دمای تجمعی می‌باشد. ماساو و همکاران (۲۰۰۳) در بادام زمینی مشاهده کردند که سرعت ظهور گره بین حرارت‌های ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد به صورت خطی افزایش می‌یابد. کرافورد و همکاران (۱۹۹۷) گزارش نمودند که در تمامی ژنوتیپ‌های لوبیا چشم بلبلی با افزایش میانگین دما سرعت ظهور برگ (RLA¹) در ساقه اصلی بیشتر می‌شود. در بررسی آنها بین ژنوتیپ‌ها، فیلوکرون (شیب معادله) مشابه ولی حرارت پایه (T_b) متفاوت بود. هانگ و همکاران (۲۰۰۱) در گیاه خردل وحشی نتیجه گرفتند که حرارت پایه برای سرعت ظهور برگ نسبت به سرعت طولی شدن ساقه کمتر می‌باشد.

نتایج متفاوتی از اثر فتوپریود بر ظهور برگ در گیاهان گزارش شده است. در لوبیا چشم بلبلی (کرافورد و همکاران، ۱۹۹۷) و شبدر گل میخکی (باتلر و همکاران، ۲۰۰۲۹) فتوپریود بر سرعت ظهور برگ در بوته تأثیر ندارد. اما ناندا و ساینی (۱۹۸۷) در ماش سبز^۲ مشاهده کردند با وجود این که ظهور برگ‌های متوالی در ساقه اصلی به‌طور خطی با درجه روز رشد ارتباط دارد، تغییر در فتوپریود باعث تغییر در این رابطه می‌شود. به‌طوری که کل درجه روز رشد لازم برای ظهور برگ در طول روز بلندتر بیشتر از طول روز کوتاه‌تر است.

در لپه هندی رانگاناتان و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که شاخه‌های اولیه بعد از ظهور ۱۰-۸ گره در ساقه اصلی تولید می‌شوند و به دنبال آن شاخه‌های ثانویه و ثالثیه به وجود می‌آیند، در نتیجه تعداد برگ‌ها در بوته به صورت نمایشی افزایش می‌یابند. اگر ظهور برگ در بوته به عنوان تابعی از تعداد گره در ساقه اصلی باشد یک سرعت آهسته قبل از شاخه‌زایی و یک سرعت تندتر بعد از آن دارد. آنها همچنین مشاهده کردند تراکم بوته بیشتر برگ‌های کمتری در بوته تولید می‌کند که این امر را به

1- Rate of Leaf Appearance
2- Vigna radiata

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

این معادله برای به دست آوردن رابطه بین زوال برگ در ساقه اصلی در برابر روزهای بیولوژیک تجمعی استفاده شد که در آن X روزهای بیولوژیک تجمعی، y تعداد گره حاوی برگ پیر شده ساقه اصلی (در گیاه نخود هر گره حاوی یک برگ می باشد)، b سرعت زوال برگ و x_0 نقطه برحسب روز بیولوژیک که در آن زوال برگ در ساقه اصلی شروع می شود، است:

$$(3) \quad \begin{cases} y=b_1x & \text{اگر } x < x_0 \\ y=b_1x_0+b_2(x-x_0) & \text{اگر } x > x_0 \end{cases}$$

این معادله برای مدل سازی رابطه بین تعداد کل برگ های بوته در برابر تعداد گره در ساقه اصلی و کسر برگ های پیر شده در کل بوته در برابر کسر برگ های پیر شده در ساقه اصلی استفاده شد که در آن X تعداد گره ساقه اصلی برای مدل اول و کسر برگ های پیر در ساقه اصلی (حاصل تقسیم تعداد برگ های زوال یافته در ساقه اصلی بر تعداد کل برگ در ساقه اصلی) برای مدل دوم، y تعداد کل برگ در بوته (مدل اول) و کسر برگ های پیر در کل بوته (حاصل تقسیم برگ های زوال یافته در کل بوته بر تعداد کل برگ در بوته) برای مدل دوم، b_1 سرعت افزایش تعداد برگ در کل بوته (مدل اول) و سرعت افزایش کسر برگ های پیر در کل بوته (مدل دوم) در مرحله اول، x_0 نقطه چرخش منحنی یا محل زمان تغییر مرحله، b_2 سرعت افزایش تعداد برگ در کل بوته (مدل اول) و سرعت افزایش کسر برگ های پیر شده (مدل دوم) در مرحله دوم می باشد:

$$(4) \quad y=a \cdot \exp(b \cdot x)$$

از این معادله برای به دست آوردن رابطه بین تعداد کل شاخه ها (اولیه، ثانویه و ثالثیه) در برابر تعداد گره در ساقه اصلی استفاده شد که در آن X تعداد گره در ساقه اصلی، y تعداد کل شاخه ها در بوته، a عرض از مبدأ و b نیز سرعت نسبی افزایش شاخه ها است:

$$(5) \quad y= \max_{nn} / \{1+\exp[-a(x-b)]\}$$

گسترده گی (خواهیدگی) بوته، تیپ ایستاده می باشد (صباغ پور، ۱۳۷۶). هر کرت آزمایش شامل ۷ ردیف کاشت به طول ۳/۵ متر و فواصل ردیف ۲۵ سانتی متر بود. در طی اجرای آزمایش اندازه گیری های زیر به صورت هر ۷ تا ۱۰ روز (فاصله نمونه برداری در طی زمستان ۱۰ و در بهار ۷ روز بود) از ۵ بوته که به صورت تصادفی داخل هر کرت انتخاب شده بودند، انجام شد:

- ۱- تعداد شاخه اولیه، ثانویه و ثالثیه در بوته.
- ۲- تعداد گره در ساقه اصلی و شاخه ها (وقتی یک گره محسوب می شد که برگ روی آن باز شده بود).
- ۳- تعداد برگ سبز باز شده در ساقه اصلی و شاخه ها (وقتی یک برگ محسوب می شود که لبه های برگچه ها از هم جدا شده بودند).
- ۴- تعداد برگ زرد شده (برگ زرد شده برگگی است که ۵۰ درصد یا بیشتر آن زرد شده باشد) و افتاده در ساقه اصلی و شاخه ها در بوته.

پس از جمع آوری داده ها تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار SAS^1 (سلطانی، ۱۳۷۷۹ انجام شدند و از معادلات رگرسیون خطی و غیرخطی (لجستیک؛ تکه ای و نمایی) زیر استفاده شدند:

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

$$x > x_0 \quad \text{اگر} \quad y=a+bx_0$$

این معادله برای مدل سازی تعداد گره در ساقه اصلی در برابر روز بیولوژیک (در آخر مواد و روش ها توضیح داده شده است) استفاده شد که در آن X روزهای بیولوژیک تجمعی پس از کاشت، y تعداد گره در ساقه اصلی، a عرض از مبدأ، b سرعت تولید گره برحسب تعداد بر روز بیولوژیک و x_0 روز بیولوژیک بعد از کاشت که در آن گره دهی در ساقه اصلی متوقف می شود، است. هم چنین با قرار دادن $y=0$ در معادله $y=a+bx$ تعداد روز بیولوژیک بعد از کاشت که در آن گره دهی در ساقه اصلی شروع می شود به صورت $(-a/b)$ محاسبه شد:

$$(2) \quad x < x_0 \quad \text{اگر} \quad y=0$$

(۷)

$$f(T) = \begin{cases} (T-T_b)/(T_{01}-T_b) & \text{if } T_b < T < T_{01} \\ 1 & \text{if } T_{01} < T < T_{02} \\ (T_c-T)/(T_c-T_{02}) & \text{if } T_{02} < T < T_c \\ 0 & \text{if } T_c < T \text{ or } T < T_b \end{cases}$$

که در آن T میانگین دمای روزانه، T_b دمای پایه، T_{01} دمای مطلوب تحتانی، T_{02} دمای مطلوب فوقانی و T_c دمای سقف بودند. دماهای کاردینال در جدول ۱ نشان داده شده است.

مقدار فاکتور طول روز نیز به صورت زیر محاسبه شد:

(۸)

$$f(PP) = \begin{cases} 1 & \text{if } PP > CPP \\ 1 - ppsen (CPP - PP)^2 & \text{if } PP < CPP \end{cases}$$

که در آن PP طول روز، CPP طول روز بحرانی و $ppsen$ ضریب حساسیت به طول روز می باشد. طول روز بحرانی (CPP) و ضریب حساسیت به طول روز ($ppsen$) نیز برای مرحله سبز شدن تا گلدهی به ترتیب برابر $۲/۲۲$ و $۰/۰۰۷$ در نظر گرفته شدند (ترابی و همکاران، ۱۳۸۳). با فرض این که مرحله سبز شدن و مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک به طول روز واکنش نشان نمی دهند، مقدار فاکتور حساسیت به طول روز $f(PP)$ برای این مراحل برابر یک در نظر گرفته شد.

از این معادله برای به دست آوردن رابطه بین تولید برگ در بوته (تعداد کل برگ‌ها) و رابطه بین زوال برگ در بوته (تعداد کل برگ‌های پیر شده) در برابر روز بیولوژیک استفاده شد که در آن x روزهای بیولوژیک تجمعی، y تعداد کل برگ در بوته یا تعداد برگ زوال یافته در بوته، $maxnn$ کل تعداد برگ در بوته، a شیب خط و b روز بیولوژیم تجمعی که در آن تعداد کل برگ‌ها در بوته (مدل اول) یا تعداد کل برگ‌های پیر شده در بوته (مدل دوم) به نصب حداکثر خود می‌رسند، می‌باشد.

در صورت لزوم، تأثیر تراکم بوته بر پارامترهای معادلات مورد استفاده جداگانه مدل‌سازی شدند. مدل‌سازی فقط برای پارامترهایی که به طور معنی‌دار تحت تراکم (با توجه به خطای استاندارد) قرار گرفته بودند، صورت گرفت.

محاسبه تعداد روز بیولوژیک: تعداد روز بیولوژیک از کاشت تا رسیدگی با استفاده از مدل زیر محاسبه شد:

$$CBD = \sum_{i=1}^n (f(T) \cdot f(PP)) \quad (۶)$$

که در آن CBD تعداد روز بیولوژیک تجمعی برای مرحله نمودی مورد نظر، $f(T)$ فاکتور دما، $f(PP)$ فاکتور طول روز و n تعداد روز تقویمی از یک مرحله نمودی تا مرحله دیگر است. مقدار فاکتور دما به صورت زیر تعیین شد:

جدول ۱- دمای پایه (T_b)، دمای مطلوب تحتانی (T_{01})، دمای فوقانی (T_{02}) و دمای سقف (T_c) مورد استفاده برای محاسبه روز بیولوژیک در مراحل سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی بریا رقم هاشم (به نقل از ترابی و همکاران، ۱۳۸۳).

مراحل	T_b	T_{01}	T_{02}	T_c
کاشت - سبز شدن	۳/۹	۲۱/۱	۲۹/۰	۳۹/۰
سبز شدن تا گلدهی	۰	۲۲/۳	۳۳/۴	۳۹
گلدهی تا رسیدگی	۰	۲۲/۳	۳۳/۴	۳۹

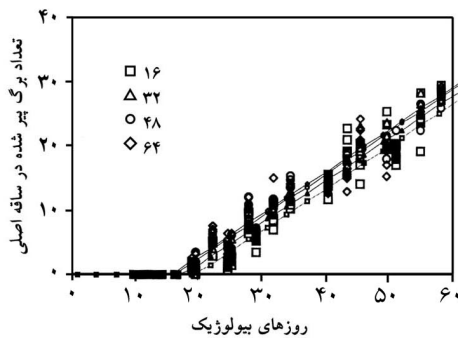
نتایج و بحث

تعداد گره ساقه اصلی در برابر روزهای بیولوژیک
تجمعی^۱: بین تاریخ‌ها و تراکم‌های کاشت از نظر شروع گره‌دهی، سرعت ظهور گره و نقطه خاتمه گره دهی ساقه اصلی برحسب روز بیولوژیک اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد. در گیاهان لپه هندی (رانگاناتان و همکاران، ۲۰۰۱)، بادام زمینی (ماساو و همکاران، ۲۰۰۳) و نخود فرنگی (ویلسون و رابسون، ۱۹۹۶) رگرسیون خطی به ارزش مناسبی بین تعداد گره در ساقه اصلی و حرارت تجمعی می‌باشد که این امر در هماهنگی با نتیجه بالاست. از آنجایی که نتایج سایر محققین (رانگاناتان و همکاران، ۲۰۰۱؛ تورپین و همکاران، ۲۰۰۲) حاکی از عدم تأثیر تراکم کاشت بر سرعت ظهور گره در ساقه اصلی می‌باشد در این آزمایش یک معادله براساس میانگین ضرایب حاصل از تراکم‌های مختلف بوته استخراج گردید که عبارت بود از:

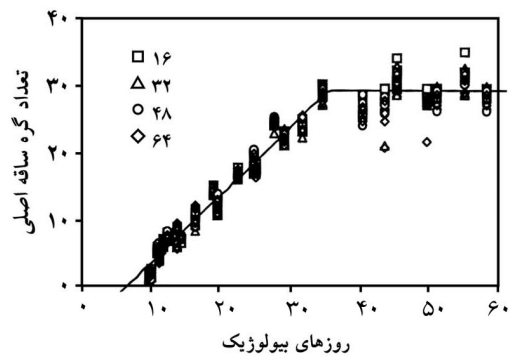
$$(9) \quad \begin{aligned} & \text{اگر } x < 35 & y = -6.79 + 1.01x \\ & \text{اگر } x > 35 & y = 28.5 \end{aligned}$$

براساس این معادله، تولید گره در ساقه اصلی در ۶۷ روز بیولوژیک پس از کاشت شروع می‌شود. با سرعت ۱/۰۱ گره بر روز بیولوژیک ادامه می‌یابد و بعد از ۳۵ روز بیولوژیک زمانی که ساقه اصلی دارای ۲۸/۵ گره است، متوقف می‌گردد (شکل ۱).

زوال برگ در ساقه اصلی: نتایج نشان داد که زوال برگ در ساقه اصلی در طی دوره رشد نخود در یک روز بیولوژیک معین شروع شده و با سرعت معینی ادامه می‌یابد (شکل ۲). از نظر سرعت زوال برگ در ساقه اصلی در بین تاریخ‌ها و تراکم‌های کاشت اختلاف آماری قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت. به‌طور متوسط برگ‌ها در ساقه اصلی با سرعت ۰/۶۵ برگ بر روز بیولوژیک زوال یافتند. رانگاناتان و همکاران (۲۰۰۱) نیز در گیاه لپه هندی بین تراکم‌های کاشت ۴ و ۳۳ بوته در مترمربع اختلافی در سرعت زوال برگ در برابر حرارت تجمعی مشاهده نکردند.



شکل ۲- رابطه زوال برگ در ساقه اصلی در مقابل روز بیولوژیک تجمعی از کاشت. اعداد داخل شکل تراکم بوته را نشان می‌دهد.

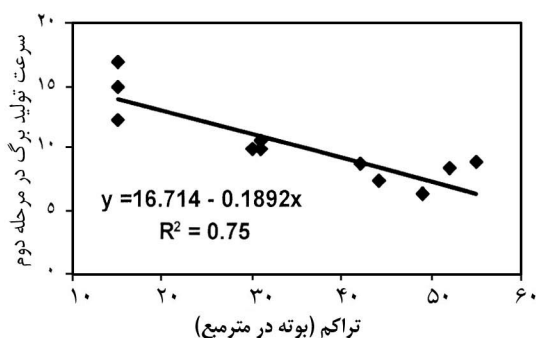


شکل ۱- رابطه تولید گره در ساقه اصلی در مقابل روز بیولوژیک تجمعی از کاشت. اعداد داخل شکل تراکم بوته را نشان می‌دهد.

بوته) ادامه داشت، تولید برگ در ساقه اصلی متوقف شده و تنها زوال برگ ادامه یافت.

تعداد برگ در بوته در برابر تعداد گره در ساقه اصلی: افزایش تعداد برگ در بوته در برابر تعداد گره ساقه اصلی دارای دو مرحله بود. در مرحله اول با سرعت کندتر و در مرحله دوم با سرعت تندتری (به علت شاخه دهی) بر تعداد برگ‌ها در بوته افزوده شد (شکل ۳). بین تاریخ‌های کاشت از نظر سرعت تولید برگ در مرحله اول، نقطه چرخش منحنی و سرعت تولید برگ در مرحله دوم اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت. لیتلتون و همکاران (۱۹۷۹) در لوبیا چشم بلبلی بین سرعت ظهور برگ و میانگین حرارت، رابطه $RLA=0.0334(T-T_b)$ (حرارت پایه ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد) را به دست آوردند و گزارش نمودند تاریخ کاشت اثری بر آن ندارد. نتایج مشابهی در آزمایش باتلر و همکاران (۲۰۰۲) نیز به دست آمده است.

در بین تراکم‌های کاشت (شکل ۳) از نظر سرعت تولید برگ در مرحله اول، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در کلیه تراکم‌ها به ازاء افزایش یک گره در ساقه اصلی به‌طور متوسط ۲/۹ برگ به برگ‌های بوته اضافه شد. از نظر نقطه چرخش منحنی نیز بین تراکم‌های کاشت اختلافی مشاهده نشد. می‌توان گفت بعد از تشکیل



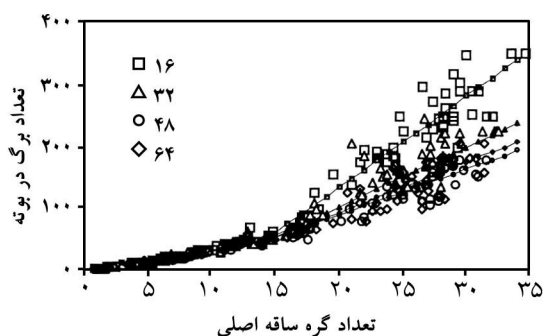
شکل ۴- وابستگی سرعت تولید برگ در بوته در مرحله دوم به تراکم بوته.

از نظر شروع زوال برگ در ساقه اصلی بین تراکم‌های کاشت اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود داشت. در شکل ۲ خطوط برآورد شده و پراکنش داده‌ها برای تراکم‌های مختلف ارائه شده است و مشاهده شد برای تراکم‌های مختلف ارائه شده است و مشاهده شد که با افزایش تراکم، شروع زوال برگ در ساقه اصلی زودتر آغاز می‌گردد. پیری زودتر برگ‌ها در تراکم‌های کاشت بالا را می‌توان به رقابت درون گیاهی و سایه‌اندازی بیشتر نسبت داد.

بین زمان شروع زوال برگ و تراکم‌های مختلف رابطه زیر به دست آمد:

$$y = 21/23 - 0/1004 x \quad (10)$$

با مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ می‌توان گفت که تولید و زوال برگ در ساقه اصلی در سه مرحله انجام گرفت که بعد از ۶/۷ روز بیولوژیک شروع شده تا ۱۶ و ۱۹/۶ روز بیولوژیک بسته به تراکم‌های بوته ادامه یافت. در مرحله دوم تولید و زوال برگ با هم صورت گرفتند و از ۱۶ و ۱۹/۶ روز بیولوژیک تا ۳۵ روز بیولوژیک ادامه یافت به‌طوری که پیر شدن برگ‌ها در ساقه اصلی با سرعتی (۰/۶۵ برگ پیر شده برای هر روز بیولوژیک) کمتر از سرعت تولید برگ (۱/۰۱ برگ برای هر روز بیولوژیک) انجام شد. در مرحله سوم که بعد از ۳۵ روز بیولوژیک آغاز شد و تا ۶۴ روز بیولوژیک (پیری تمام برگ‌ها در



شکل ۳- رابطه افزایش تعداد برگ در بوته در برابر تعداد گره ساقه اصلی در تراکم‌های مختلف، اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم‌های بوته می‌باشند.

گره چهاردهم در ساقه اصلی که زمان شاخه‌زنی فعال می‌باشد گیاه وارد مرحله بعدی می‌شود.

بین تراکم‌های کاشت از نظر سرعت تولید برگ در مرحله دوم اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود داشت. خطوط برآورده شده و پراکنش داده‌ها برای تراکم‌های مختلف در شکل ۳ ارایه شده است. می‌توان گفت سرعت تولید برگ بیشتر در این مرحله باعث افزایش تعداد برگ در بوته تراکم‌های پایین می‌شود. بیشترین سرعت تولید برگ در مرحله دوم مربوط به تراکم ۱۶ بوته در مترمربع بود که به ازاء افزایش هر گره در ساقه اصلی ۱۴/۸ برگ به برگ‌های بوته اضافه شد. کمترین سرعت تولید برگ در مرحله دوم نیز مربوط به تراکم‌های ۴۸ و ۶۴ بوته در مترمربع (به ترتیب با ۷/۶ و ۸/۳ برگ به ازاء هر گره ساقه اصلی) بود و بین این دو تراکم، اختلاف آماری وجود نداشت. سرعت تولید برگ در مرحله دوم تابعی از تراکم کاشت بود (شکل ۴) رابطه زیر بین آنها وجود داشت:

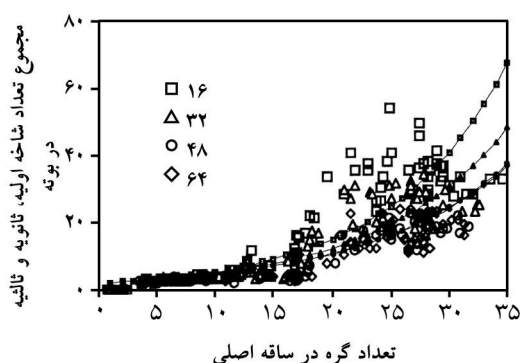
$$y = 16/714 - 1/1892 x \quad (11)$$

کسر برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی: بررسی پراکنش داده‌ها نشان داد کسر برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی دارای دو مرحله است که در مرحله اول با سرعت کندتر و در مرحله دوم با سرعت تندتری

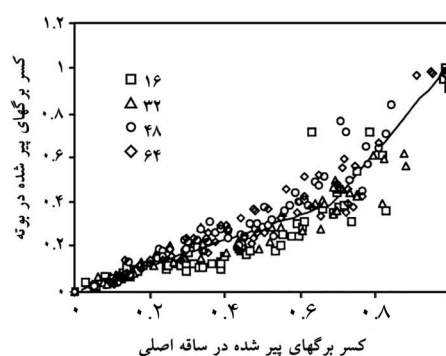
افزایش می‌یابد (شکل ۵). در بین تاریخ‌ها و تراکم‌های کاشت از نظر سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر در بوته در مرحله اول، نقطه چرخش منحنی و سرعت افزایش کسر برگ‌های پیر شده در مرحله دوم اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت. بنابراین برای تمام داده‌ها یک مدل از میانگین ضرایب تراکم‌های بوته به دست آمد (شکل ۵).

$$\begin{cases} y = 0/57 x & \text{اگر } x < 0/68 \\ y = (0/57 \times 0/68) + 2/038 (x - 0/68) & \text{اگر } x > 0/68 \end{cases} \quad (12)$$

در شکل ۵، خط برآورد شده و پراکنش کل داده‌ها ارائه شده است که نشان می‌دهد در نقطه چرخش زمانی که کسر برگ‌های پیر شده ساقه اصلی به ۰/۶۸ می‌رسد (یعنی ۶۸ درصد برگ‌های ساقه اصلی پیر شدند) تنها ۳۸ درصد برگ‌ها در بوته زوال می‌یابند. کسر برگ‌های پیر شده در بوته در مرحله اول با سرعت کندتری که حدوداً نصف سرعت پیر شدن برگ‌ها در ساقه اصلی می‌باشد، ادامه یافته است. اما بعد از نقطه چرخش کسر زوال برگ در بوته سرعتی بیش (تقریباً دو برابر) از سرعت زوال برگ در ساقه اصلی داشت. در گیاه لوبیا چشم بلبلی (لیتلتون، ۱۹۷۹) نیز زوال تجمعی سطوح برگ در بوته در برابر زمان، یک دوره با شیب کند (به علت مرگ برگ‌های پایینی) و دوره‌ای با شیب تند داشته است.



شکل ۶- رابطه تولید شاخه (شاخه‌زنی) در بوته با تولید گره در ساقه اصلی. اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم‌های بوته می‌باشند.



شکل ۵- رابطه کسر برگ‌های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی. اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم‌های بوته می‌باشند.

رابطه افزایش تعداد شاخه اولیه، ثانویه و ثالثیه در برابر تعداد گره در ساقه اصلی: روند افزایش تعداد شاخه‌ها در برابر تعداد گره در ساقه اصلی به صورت نمایی (شکل ۶) بود. از نظر سرعت نسبی تولید شاخه بین تراکم‌های بوته اختلاف معنی داری وجود داشت و در تراکم‌های ۱۶، ۳۲، ۴۸ و ۶۴ بوته در مترمربع به ترتیب برابر با ۰/۰۱، ۰/۰۹، ۰/۰۸ و ۰/۰۸ شاخه بر شاخه در گره ساقه اصلی بود. ملاحظه شد که با افزودن تراکم از سرعت نسبی تولید شاخه کاسته می‌شود (شکل ۶). همچنین روند کاهش سرعت نسبی تولید شاخه با تغییر تراکم بوته نشان داد که بین آنها رابطه زیر وجود دارد:

$$y = 0/107 - 0/0004 X \quad (13)$$

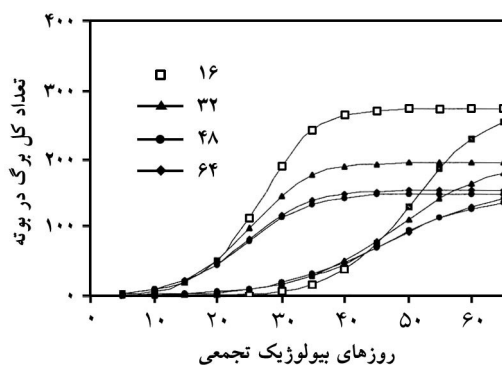
طول عمر برگ: برای کمی کردن طول عمر برگ، پراکنش تعداد کل برگ در بوته و تعداد کل برگ پیر شده در بوته در مقابل روز بیولوژیک از معادله (۵) استفاده شد. ضرایب حاصل از به ارزش معادلات تولید و زوال برگ نشان دادند که در بین تاریخ‌ها و تراکم‌های کاشت از نظر سرعت تولید برگ در بوته و سرعت زوال برگ در بوته برحسب روز بیولوژیک لازم برای رسیدن به نصف حداکثر تعداد برگ در بوته (معادله تولید برگ) و نصب حداکثر تعداد برگ زوال یافته در بوته (معادله زوال برگ) اختلاف معنی داری وجود ندارد. اما از نظر حداکثر تعداد برگ در بوته (به دلیل این که حداکثر تعداد برگ در بوته ثابت می‌باشد برای معادله زوال برگ نیز برابر حداکثر تعداد برگ در بوته به دست آمده در معادله تولید برگ، احاط شد) اختلاف معنی داری مشاهده شد به طوری که در بین تاریخ‌های کاشت بیشترین تعداد برگ مربوط به تاریخ

کاشت‌های دوم و سوم دارای ۱۷۸ و ۱۷۹ برگ بودند. ناندا و همکاران (۱۹۸۷) نیز مشاهده کردند که حداکثر تعداد برگ در بوته با تأخیر در کاشت به همراه کاهش یافتن زمان بین کاشت تا ظهور اولین گل کاهش می‌یابد. حداکثر تعداد برگ در بوته با افزایش تراکم کاهش یافت. تراکم‌های ۱۶، ۳۲، ۴۸ و ۶۴ بوته در مترمربع به ترتیب دارای ۲۷۵، ۱۹۷، ۱۴۹ و ۱۵۳ برگ بودند. بین حداکثر تعداد برگ در بوته با تراکم بوته با تراکم بوته رابطه زیر به دست آمد:

$$y = 308/53 - 3/3194x \quad (14)$$

رانگاناتان و همکاران (۲۰۰۱) در گیاه لپه هندی مشاهده کردند که تراکم ۴/۴ بوته در مترمربع سرعت تولید برگ (۰/۴ برگ برای هر چه درجه سانتی گراد روز) بیشتری نسبت به تراکم ۳۳ بوته در مترمربع (۰/۰۷ برگ برای هر چه درجه سانتی گراد روز) دارد. همچنین مشاهده کردند حداکثر تعداد برگ تابعی از تراکم‌های کاشت می‌باشد.

منحنی‌های به دست آمده مربوط به تولید و زوال برگ (سطح محور بین دو منحنی) طول عمر برگ در بوته برحسب روز بیولوژیک را نشان می‌دهد (شکل ۷). به لحاظ عددی طول عمر تک برگ عبارت از اختلاف بین روز بیولوژیک لازم برای رسیدن تعداد کل برگ در بوته به نصف حداکثر خود و روز بیولوژیک لازم برای رسیدن تعداد کل برگ پیر شده در بوته به نصف حداکثر خود و روز بیولوژیک لازم برای رسیدن تعداد کل برگ پیر شده در بوته به نصف حداکثر خود می‌باشد.



شکل ۷- طول عمر برگ‌های بوته در برابر روز بیولوژیک تجمعی. اعداد داخل شکل نشان‌دهنده تراکم‌های بوته می‌باشد.

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

از نظر متوسط طول عمر تک برگ در بین تاریخ‌ها و تراکم‌های کاشت اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت (شکل ۷) و متوسط طول عمر برگ در گیاه نخود ۲۳ روز بیولوژیک بود.

منابع

۱. ترابی، ح.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، و سرپرست، ر. ۱۳۸۳. پیش‌بینی نمو فنولوژیکی در گیاه نخود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده علوم زراعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲. سلطانی، ا. ۱۳۷۷. کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ۱۶۶ صفحه.
۳. صباغ‌پور، ح. ۱۳۷۶. بررسی و تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته و تاریخ کاشت جهت رقم نخود هاشم در گرگان و گنبد. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه.
4. Baker, J.T., and Reddy, V.R. 2001. Temperature effect on phenological development and yield of muskmelon. *Annals Botany*. 87: 605.
5. Butler, T.J., Evers, G.W., Hussey, M.A., and Ringer, L.J. 2002. Rate of leaf appearance in crimson clover. *Crop Science*, 42:237-241.
6. Craufurd, P.Q., Subedi, M., and Summerfield, R.J. 1997. Leaf appearance in cowpea: Effect of temperature and photoperiod *Crop Science* 37: 167-171.
7. Hartkamp, A.D., Hoogenboom, G., and White, J.W. 2002. Adaptation of the Crop Growth model to velvet bean (*Mucuna pruriens*), I. Model development. *Field Crops Research*. 78: 9-25.
8. Huang, J.Z., Shrestha, A., Tollenaar, M., Deen, W., Rajcan, I., Rahimian, H., and Swanton, C.J. 2001. Effect of temperature and photoperiod on the phenological development of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Field Crops Research*. 70: 75-86.
9. Littleton, E.J., Dennett, M.D., Elston, J., and Monteith, J.L. 1979. The growth and development of cowpea (*vigna unguiculata*) under tropical field conditions. *J. Agric. Sci., Camb.* 93: 291-307.
10. Massawe, F.J., Azam, S.N., and Roberts, A. 2005. The impact of temperature on leaf appearance in bambara groundnut landraces. *Crop Science* 43: 1375-1379.
11. Nanda, R., and Saini, A.D. 1987. Effect of temperature, day-length and humidity on the leaf appearance in greengram. *Indian-Journal-of Agricultural-Sciences*. 57: 645-650.
12. Ranganathan, R., Chauhan, Y.S., Flower, D.J., Robertson, M.J., Sanetra, C., and Silim, S.N. 2001. Predicting growth and development of pigeon pea: Leaf area development. *Field Crops Research*. 69: 163-172.
13. Singh, P., and Virmani, S.M. 1996. Modeling growth and yield of chickpea. *Field Crops Research*. 46:41-59.
14. Turpin, J.E., Robertson, M.J., Hillcoat, N.S., and Herridge, D.F. 2002. Faba bean (*Vicia faba*) in Australia's northern grains belt: Canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. *Australian J. Agric. Res.* 53: 227-237.
15. Wilson, D.R., and Robson, M. 1996. Pea phenology responses to temperature and photo period. 8th Australian Agronomy Conference. Toowoomba. 1996.

Predicting branching and leaf appearance and senescence in chickpea var. Hashem

Y. Mohamad-nejad, A. Soltani, F. Seyedi and E. Zamini

Dept. of Agronomy and Plant breeding college of crop sciences, Gorgan Univ. of Agricultural sciences and natural resources

Abstract

This experiment was conducted to determine the effects of temperature and photoperiod (day length) and various planting densities on branching and leaf appearance and senescence in chickpea (*Cicer arietinum* L.) var. Hashem. The experiment was carried out at Agricultural Research Station of Gonbad, Iran in 2002 in a Randomized Complete Block Design in a split plot arrangement with four replications. Main plots consisted of three planting dates (5 December, 20 January and 5 March). Four planting densities of 16, 32, 48 and 65 plants per square meters were designated as subplots. The results revealed that node (leaf) appearance on the main stem begins at 6.7 Biological Days (BD) after planting and continues at the rate of 1 node day⁻¹ but no further leaves were produced after 35 BD when main stems had approximately 28.5 nodes. Leaf senescence on the main stem commenced after 16 to 20 BD and it continued at 0.65 leaf BD⁻¹ until all leaves on the main stem died. Appearance of leaves on the plant consisted of two phases and they were closely related to the node appearance. At the first phase, 2.9 leaves were added to the whole plant leaves with each increase in node on the main stem. The second phase started when there were fourteen nodes on the main stem. At this phase, 8 to 15 leaves were added to the leaves of the whole plant with each increase in node on the main stem. Leaf deaths on whole plant were closely related to leaf senescence on the main stem, and it had two phases. With each percent of leaves death on the main stem 0.5 and 2 percent of whole plant leaves died at first and second phases, respectively. Mean leaf life was about 23 BD. The results suggest that leaf and branch appearance and senescence in chickpea could be quantified using different equations.

Keywords: Leaf Appearance Rate; Leaf Senescence Rate; Leaf Life; Branching; Chickpea