دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده علوم زراعی

پایان‌نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کشاورزی - زراعت

عنوان

مدل‌سازی اثر تراکم گیاهی بر تولید و پیر شدن برگ در گندم

پژوهش و نگارش

مجید جعفری مقدم

اساتید راهنما

دکتر افشین سلطانی

دکتر بهنام کامکار

استاد مشاور

مهندس ابراهیم زینلی

پاییز 1387

مدل‌سازی اثر تراکم گیاهی بر تولید و پیر شدن برگ در گندم

چکیده

اطلاعات کمّی زیادی در مورد توسعه سطح برگ در گیاه گندم وجود ندارد. به منظور کمی‌سازی تولید و زوال برگ در گیاه گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال 1385 اجرا گردید. تیمارهای این آزمایش شامل تراکم‌های کاشت (50، 100، 200، 300، 400 و 500 بوته در متر مربع) و ارقام (تجن و زاگرس) بودند. این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب انجام شد. تولید برگ در ساقه اصلی با دریافت 100 درجه- روز- رشد آغاز شد و به صورت خطی و با سرعت 0/01 برگ بر درجه- روز- رشد افزایش یافت و اتمام آن بعد از دریافت 925 درجه- روز- رشد (زمانی که بوته حدود 9 برگ در ساقه اصلی داشت) مشاهده شد. تراکم بوته بر ظهور برگ و فیلوکرون تأثیری نداشت. پیری برگ در ساقه اصلی وقتی شروع شد که ساقه اصلی حدود 5 تا 7 برگ داشت و به ازای هر واحد افزایش درجه- روز- رشد کسر برگ‌های پیر شده در ساقه اصلی 0/7 درصد افزایش یافت. تولید برگ در بوته در مقابل تعداد برگ روی ساقه اصلی در دو مرحله اتفاق افتاد. در مرحله اول تعداد برگ در بوته به آهسگی و مستقل از تراکم افزایش یافت (1/15 برگ در بوته به ازای افزایش هر برگ در ساقه اصلی) و در مرحله دو تولید برگ با سرعت بیشتری رخ داد و به تراکم بوته وابسته بود (16-2 برگ به ازای افزایش هر برگ در ساقه اصلی). رابطه نزدیکی بین کسر برگ‌های پیر در بوته و کسر برگ‌های پیر در ساقه اصلی مشاهده شد. طول عمر متوسط هر برگ در بوته با افزایش تراکم کاهش یافت و برای کمترین (50) و بیشترین(500) تراکم به ترتیب 790 و 630 درجه- روز- رشد بود. بررسی میانگین اندازه برگ در ساقه اصلی افزایش سطح هر برگ نسبت به برگ قبلی را نشان داد. اندازه برگ در ساقه اصلی برای چند برگ آخر به ثبات رسید. تراکم بوته بر سطح هر برگ در ساقه اصلی و طول عمر برگ تأثیر گذاشت. سطح برگ بوته به طور مستقیم از تعداد برگ روی ساقه اصلی قابل پیش‌بینی بود. روابط به دست آمده از این مطالعه را می‌توان در مدل‌های شبیه- سازی گیاه گندم استفاده کرد.

کلمات کلیدی: توسعه سطح برگ، پیری برگ، ظهور برگ، تراکم گیاهی؛ مدل‌های شبیه‌سازی.

Modeling the effect of plant density on leaf production and senescence in wheat

Abstract

Quantitative information regarding leaf area development in wheat (*Triticum aestivum*) is scarce. The experiment was a factorial on randomized complete block design with four replications. The experiment carried out at research farm of the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran in 2006. Treatments of this expriment were plant densities (50, 100, 200, 300, 400 and 500 plant in m^2) and cultivars (Tajan and Zagros). The experiment were conducted under well-watered conditions. Leaf production on main stem started with receiving 100 GDD and in line shape continued and increased with rating 0.01 leaf on GDD and showed ending after receiving 925 GDD (when the main stem had 9 leaves). Plant density had no effect on leaf appearance and phyllochron. Leaf senescence in the main stem started when the main stem had about 5-7 leaves and proceeded at a rate of 0.7 per unit increase in GDD. Leaf production per plant versus main stem leaf number occurred in two phases; phase 1 increased when plant leaf number with a slower and density-independent rate (1.15 leaves per leaf), and phase 2 increased with a higher and density-dependent rate of leaf production (2-16 leaves per leaf). A close relationship was find between the fraction of senesced leaves per plant and the same fraction on the main stem. leaf lifetime average decreased with increasing in density and for minimum (50) and maximum (500) of density was 790 and 630 GDD respectively. investigating of leaf size average in main stem showed increasing leaf area with previous leaf. Leaf size average on the main stem stabilized for last leaves. Plant density affected on leaf lifetime average and leaf size on the main stem. Plant leaf area was also predictable directly from main stem leaf number. The relationships found at this study can be used in simulation models of wheat.

Keywords: Leaf area development, Leaf senescence, Leaf appearance, Plant density; Simulation models.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه و کلیات

1-1- کلیاتی درباره گندم و گیاه‌شناسی آن 1

1-2- اهمیت تراکم گیاهی و مدل‌سازی آن..... 2

1-3- اهداف 3

فصل دوم: بررسی منابع

2-1- مدل‌سازی در گیاهان زراعی 5

2-2- مدل‌سازی برگ..... 6

2-3- فنولوژی گندم 7

2-4- پنجه‌زنی..... 8

2-5- تولید برگ در ساقه اصلی 11

2-6- تولید برگ در کل بوته.....13

2-7- پیری برگ.....15

2-8- طول و عرض نهایی برگ در ساقه اصلی 18

2-9- روابط سطح برگ و تعداد برگ.....20

2-10- شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک 21

2-11- عملکرد و اجزای عملکرد 22

2-11-1- عملکرد در واحد سطح.....22

2-11-2- تعداد سنبله 23

2-11-3- تعداد دانه 23

2-11-4- وزن دانه.....24

فصل سوم: مواد و روش‌ها

3-1- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی محل اجرای آزمایش 25
3-2- مشخصات خاک مزرعه.....25
3-3- مشخصات طرح آزمایشی 25
3-4- آماده کردن زمین جهت اجرای آزمایش.....26
3-5- عملیات کاشت 26
3-6- عملیات داشت 27
3-7- نمونه برداری‌ها.....27
3-8- روش تجزیه و تحلیل آماری.....29
3-8-1- محاسبه درجه روز رشد 29

فصل چهارم: نتایج و بحث

4-1- وضعیت آب و هوایی.....30
4-2- فنولوژی.....30
4-3- مدل‌سازی تولید وزوال برگ 32
4-3-1- تولید برگ در ساقه اصلی 32
4-3-2- کسر برگ پیر در ساقه اصلی در برابر درجه-روز-رشد.....34
4-3-3- تعداد برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی.....35
4-3-4- کسر برگهای پیر شده در بوته در برابر کسر برگهای پیر شده در ساقه اصلی 37
4-3-5- تعداد پنجه در برابر برگ در ساقه اصلی.....38
4-3-6- طول عمر برگ 40
4-4- مساحت برگ در ساقه اصلی.....43
4-5- سطح برگ در بوته در برابر تعداد برگ سبز در بوته 45
4-6- سطح برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی.....46
4-7- تغییرات وزن خشک بوته، دانه و شاخص سطح برگ.....48
4-8- عملکرد و اجزای عملکرد دانه 49
4-8- 1- عملکرد بیولوژیک و اقتصادی.....49
4-8- 2- شاخص برداشت 49

4-8- 3- تعداد سنبله در بوته 50
4-8- 4- تعداد دانه در بوته 50
4-8- 5- تعداد دانه در سنبله 51
4-8- 6- وزن دانه 51
4-8- 7- عملکرد دانه در واحد سطح 52
4-9- نتیجه گیری 53
4-10- پیشنهادات 54
منابع مورد استفاده 55

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول 3-1- نتایج تجزیه خاک در عمق 0 تا 30 سانتی متری 66

جدول 4-1- میانگین دمای حداکثر،دمای حداقل، تشعشع و مجموع بارندگی در دوره رشد محصول در مقایسه با آمار بلند مدت در شرایط آب و هوایی در گرگان 67

جدول 4-2- تجزیه واریانس مراحل مهم فنولوژیکی.....68

جدول 4-3- مقایسه میانگین زمان رسیدن به مراحل مهم فنولوژیکی (روز) در تراکم های مختلف کاشت و ارقام تجن و زاگرس 69

جدول 4-4- تخمین پارامترها برای مدل دوتکه ای غیر خطی، توصیف کننده تغییرات تعداد برگ در ساقه اصلی و درجه-روز-رشد (مدل 1) برای تیمارهای مختلف آزمایش 70

جدول 4-5- ضرایب حاصل از برازش معادله [2] برای رابطه کسر برگ پیر در ساقه اصلی و درجه-روز-رشد برای تیمارهای مختلف آزمایش 71

جدول 4-6- ضرایب حاصل از برازش معادله [3] برای رابطه تعداد کل برگهای بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی برای تیمارهای مختلف آزمایش.....72

جدول 4-7- ضرایب حاصل از برازش معادله [4] برای رابطه کسر برگ های پیر شده در بوته در برابر کسر برگ های پیر شده در ساقه اصلی 73

جدول 4-8- ضرایب حاصل از برازش معادله [5] برای توصیف رابطه تعداد پنجه در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی، برای تیمارهای مختلف آزمایش 74

جدول 4-9- ضرایب حاصل از برازش معادله [6] برای رابطه تعداد کل برگهای بوته در برابر درجه-روز-رشد برای تیمارهای مختلف آزمایش 75

جدول 4-10- ضرایب حاصل از برازش معادله [6] برای رابطه تعداد کل برگهای پیر شده در بوته در برابر درجه-روز-رشد برای تیمارهای مختلف آزمایش.....76

جدول 4-11- طول عمر متوسط برگ در بوته بر حسب درجه-روز-رشد (GDD) بر اساس اختلاف بین ضرایب b جداول 4-10 و 4-9 77

جدول 4-12- ضرایب حاصل از برازش معادله [7] برای رابطه مساحت برگ در برابر شماره برگ در ساقه اصلی، برای تیمارهای مختلف آزمایش 78
جدول 4-13- ضرایب (a و b) معادله خطی ساده $Y=a+bx$ بین سطح برگ بوته (y) بر حسب سانتی متر مربع و تعداد برگ سبز در بوته (x) برای تیمارهای مختلف آزمایش (مدل 8 79
جدول 4-14- ضرایب (a و b) معادله $Y=axb$ و (b) معادله $y=xb$ بین سطح برگ بوته (y) بر حسب سانتی متر مربع و تعداد گره درساقه اصلی (x) برای تیمارهای مختلف آزمایش.....80
جدول 4-15- تجزیه واریانس عملکرد و اجزاء عملکرد 81
جدول 4-16- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر ارقام (تجن و زاگرس) و تراکم های مختلف کاشت. 82

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل4-1- برازش مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه ای (مدل 1) برای تعداد برگ ساقه اصلی در برابر درجه روز رشد تجمعی. 83

شکل4-2- برازش مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه ای (مدل 2) برای کسر برگ های پیر در ساقه اصلی در برابر درجه روز رشد تجمعی. 83

شکل 4-3- برازش معادله خطی برای نشان دادن واکنش ضرایب مدل دوتکه ای بین کسر برگ پیر در ساقه اصلی و درجه- روز- رشد، در تراکم های مختلف 84

شکل 4-4- برازش معادله دوتکه ای (مدل 3) بین تعداد برگ در کل بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی 84

شکل 4-5- برازش معادله دوتکه ای برای نشان دادن واکنش ضرایب معادله (3) بین تعداد برگ در کل بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی.....85

شکل 4-6- برازش معادله خطی برای نشان دادن واکنش ضریب x0 مدل دوتکه ای، بین تعداد برگ در کل بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی.....85

شکل 4-7- برازش معادله دوتکه ای (مدل 4) بین کسر برگهای پیر شده در بوته و کسر برگهای پیر شده در ساقه اصلی.....86

شکل 4-8- برازش معادلات خطی برای نشان دادن واکنش ضریب b2 مدل دوتکه ای بین کسر برگ پیر در بوته و کسر برگ پیر در ساقه اصلی 86

شکل 4-9- برازش مدل دوتکه ای (مدل 5) بین تعداد پنجه در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی 87

شکل 4-10- برازش معادلات دوتکه ای برای نشان دادن واکنش ضرایب مدل مربوط به تعداد پنجه در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی (مدل 5).....87

شکل 4-11- برازش معادله لجستیک بین تعداد کل برگ در بوته در برابر درجه-روز-رشد تجمعی (مدل 6) 88

شکل 4-12- برازش معادلات خطی برای نشان دادن واکنش ضرایب مدل لجستیک بین تعداد کل برگ در بوته در برابر درجه-روز-رشد تجمعی 88

شکل 4-13- برازش معادله لجستیک بین تعداد برگ های پیر در بوته در برابر درجه- روز-رشد تجمعی.....89
شکل 4-14- برازش معادلات خطی برای نشان دادن واکنش ضرایب مدل لجستیک بین تعداد برگ های پیر در بوته در برابر درجه-روز-رشد تجمعی 89
شکل 4-15- برازش معادله ساده خطی برای نشان دادن واکنش طول عمر تک برگ به تراکم های مختلف 89
شکل 4-16- برازش معادله لجستیک بین شماره برگ در ساقه اصلی و مساحت هر برگ (مدل 7) 90
شکل 4-17- برازش معادله ساده خطی برای نشان دادن ضرایب مدل لجستیک بین شماره برگ در ساقه اصلی و مساحت هر برگ 90
شکل 4-18- رابطه خطی ساده بین سطح برگ در بوته در برابر تعداد برگهای سبز گیاه (مدل 8) 91
شکل 4-19- برازش معادله خطی برای نشان دادن واکنش ضریب b2 مدل (8) بین سطح برگ در بوته در برابر تعداد برگهای سبز گیاه 91
شکل 4-20- برازش معادله نمایی بدون عرض از مبدأ بین سطح برگ در بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی (مدل 9) 92
شکل 4-21- برازش معادله خطی ساده برای نشان دادن واکنش ضریب b در مدل نمایی بدون عرض از مبدأ بین سطح برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی (مدل 9).....92
شکل 4-22- برازش معادله نمایی دارای عرض از مبدأ بین سطح برگ در بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی (مدل 10) 93
شکل 4-23- برازش معادله خطی ساده برای نشان دادن واکنش ضریب b در مدل نمایی دارای عرض از مبدأ بین سطح برگ در بوته در برابر تعداد برگ در ساقه اصلی (مدل 10) 93
شکل 4-24- تغییرات وزن خشک کل گیاه و دانه بر حسب گرم نسبت به روزهای پس از کاشت 94
شکل 4-25- تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت.....94

۱-۱- کلیاتی درباره گندم و گیاهشناسی آن

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی جهان است که برای تولید عملکردی مناسب، پایدار و برنامه ریزی شده در آن جنبه های مختلفی نیاز به بررسی دارند (سینکلر و جامیئسون، ۲۰۰٦؛ امانولا و همکاران ۲۰۰۷، اسلافر و همکاران، ۱۹۹۵). گندم یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی جهان است که در تمامی قاره ها و فصول کشت می‌شود (بوکان و مالسویک، ۲۰۰٤). گندم نان بین تمام گیاهان زراعی بیشترین سطح زیر کشت را در جهان به خود اختصاص داده است و تقریباً یک ششم از کل زمین‌های زراعی دنیا زیر کشت گندم است (بوکان و مالسویک،۲۰۰٤؛ مک مستر و همکاران، ۲۰۰۳). امروزه حدود ۷۰ درصد ساکنان زمین از آرد گندم استفاده می‌کنند (بوکان و مالسویک، ۲۰۰٤). میزان تولید گندم در ایران در سال ۲۰۰۵ میلادی ۱٤/۵ میلیون تن، سطح زیر کشت آن ٦/۵ میلیون هکتار و متوسط عملکرد آن ۲۲۳۰/۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (فائو، ۲۰۰۵).

گندم گیاهی یک ساله، تک لپه، روز بلند، سرمادوست و رشد محدود با ساقه‌ای ماشوره‌ای است. گندم بر اساس خصوصیات ژنتیکی به سه دسته دیپلوئید (۱٤ کروموزومی)، تتراپلوئید (۲۸ کروموزومی) و هگزاپلوئید (٤۲ کروموزومی) تقسیم بندی شده‌است (بیلت آنو و همکاران، ۱۹۸۳). این گیاه استراتژیک از خانواده گندمیان[1] و از جنس *Triticum* است و دارای ریشه‌ای افشان و ریشه های بذری و ثانویه‌ای که از گره انشعاب و یا طوقه رشد می‌کنند است (جامیسون و همکاران، ۲۰۰۷؛ بانکل، ۲۰۰۷). تعداد برگ در گندم ثابت نیست اما حدود ۱۰ عدد می باشد. هر برگ دارای دو قسمت پهنک و غلاف است (ربتزکه و همکاران، ۲۰۰٤؛ ایشاگ و همکاران، ۱۹۹۸؛ کربی، ۱۹۹۵).

[1] Gramineae

گندم معمولاً از یک تا چند پنجه تشکیل می دهد که پنجه ها از محور هر برگ با ساقه اصلی ایجاد می‌شوند و خصوصیاتی همانند گیاه اصلی دارند (آپاریسیو و همکاران، ۲۰۰۲؛ کربی، ۱۹۹۸؛ میرالس و ریچاردز، ۲۰۰۰). گل آذین گندم از نوع سنبله است که در انتهای محور خوشه[1] تشکیل می شود و دارای گل های دو جنسی همراه با سه پرچم و یک مادگی با کلاله پرمانند است که پس از باروری تبدیل به میوه (دانه) شده و مراحل رسیدگی خود را طی می‌کند. میوه گندم از حیث گیاه‌شناسی از نوع گندمه می‌باشد (اسلافر و ساتوره، ۱۳۸٦).

۱-۲- اهمیت تراکم گیاهی و مدل‌سازی آن

رقم، عملیات زراعی و شرایط محیطی و اثرات آن ها بر هم، برای تعیین عملکرد یک محصول زراعی تأثیر گذارند. در بین عوامل زراعی تراکم گیاهی به علت موثر بودن بر رشد، نمو و عملکرد محصولات زراعی مهم به شمار میرود (الهانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ چائوول وهمکاران، ۲۰۰۵). تراکم گیاهی تعداد بوته در واحد سطح است و میزان مناسب آن برای محصولات مختلف، متفاوت است (استفن و همکاران، ۲۰۰۵؛ لافارج و همکاران، ۲۰۰۲ الف و ب). تراکم گیاهی مناسب با تغییر عواملی نظیر محل، تاریخ کاشت، شرایط اقلیمی (به ویژه توزیع بارش)، نوع خاک و رقم تغییر می‌کند (الهانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ جامیئسون و سمینوف، ۲۰۰۰).

هیلتبرونر و همکاران (۲۰۰۷) تراکم‌های کاشت مطلوب در گندم را کلیدی برای رسیدن به حداکثر عملکرد می‌دانند. میزان بذر مصرفی و فاصله ردیف بشدت استفاده از منابع محیطی به وسیله گندم را تحت تأثیر قرار می-دهد، که این به وسیله ایجاد رقابت درون و برون گیاهی بر سر نور، آب و مواد غذایی در طول نمو محصول است (آردوینی و همکاران، ۲۰۰٦).

میزان تشعشع دریافت شده توسط محصول زراعی به وسیله شاخص سطح برگ (LAI)، ضریب خاموشی نور (K) و تشعشع غیر مستقیم تعیین می شود. این ها می‌توانند به وسیله تراکم‌های مختلف بوته تحت تأثیر قرار گیرند و با توجه به تأثیرگذاری جذب تشعشع در تولید، بررسی تراکم گیاهی اهمیت دارد (لافارج و هامر، ۲۰۰۲ ب). مادونی و اوتگوی (۱۹۹٦) در کنار تاریخ کاشت و رژیم آبیاری، تراکم بوته را از عوامل مهم موثر در ساختار کنوپی و در نتیجه نور دریافتی و عملکرد می‌دانند. سلطانی (۱۳۸۵) با تأکید بر اهمیت تراکم گیاهی در محصولات

[1] Rachiz

زراعی به مدل‌سازی در گیاه نخود پرداخته است. وی با ایجاد معادلات رگرسیونی در مورد جنبه های مختلف رشد و نمو نخود، عوامل زیادی هم چون تراکم گیاهی بر تولید و پیر شدن برگ در این گیاه را بررسی کرده است.

پیش بینی سرعت ظهور برگ نیز بخش مهمی از مدل‌های شبیه‌سازی محصولات است و بررسی تعداد برگ-های ظاهر شده در ساقه اصلی معیاری مناسب برای قضاوت در مورد گیاه می باشد (استرک و همکاران، ۲۰۰۳؛ جیم و همکاران، ۱۹۹۸ و استرک، ۲۰۰٦؛ میلر و همکاران، ۱۹۹۲).

در برخی از مدل‌های رشد غلات حتی پنجه‌زنی گیاه بر اساس سرعت ظهور برگ‌ها در ساقه اصلی محاسبه می‌شود (بس و نئوتبوم، ۱۹۹۸؛ ولی و همکاران، ۲۰۰٤). لافارج و هامر (۲۰۰۲ ب) نقش پنجه ها در غلات را با توجه به رقم و تراکم گیاهی از ۵ تا ۸۰ درصد می دانند و اذعان دارند که سرعت ظهور پنجه بستگی به سرعت ظهور برگ دارد. کورسی و همکاران (۲۰۰۷) پیش‌بینی سرعت ظهور برگ در غلات را برای سنجش گسترش سطح برگ نیز بسیار مناسب می‌دانند.

امانولا و همکاران (۲۰۰۷) جمعیت‌های بالای گیاهی در ذرت را باعث اثر منفی بر فتوسنتز می‌دانند و علت آن را کاهش نفوذ نور در جامعه گیاهی عنوان می کنند. در این شرایط افزایش رقابت بین گیاهان بر سر مواد غذایی اثرات مضری بر رشد و نمو گیاه در پی دارد و عملکرد کاهش می‌یابد. بوکان و مالسویک (۲۰۰٤) با تأیید این مطلب در گندم، تراکم‌های گیاهی پایین‌تر از حد مطلوب را نیز نامناسب می دانند. آن ها عنوان می‌دارند تراکم‌های پایین مشکلاتی هم چون اتلاف شدیدآب، گرم شدن بیش از حد خاک، استفاده نا مناسب از عناصر غذایی، هجوم علف های هرز و ... را در پی دارند. هیلتبرونر و همکاران (۲۰۰۵) نیز توزیع مناسب گیاهی را عاملی تأثیرگذار به منظور بهینه کردن کیفیت و عملکرد دانه گندم می‌دانند. در مجموع باید گفت ایجاد ارقام جدید گندم این نیاز را ایجاد می کند که واکنش‌های مختلف آن ها به تراکم گیاهی در مکان‌های مختلف، با میکروکلیماهای مختلف و واکنش‌های متفاوت محیطی بررسی شود (بوکان و مالسویک، ۲۰۰٤).

۱-۳- اهداف

۱-کمی‌سازی اثر تراکم گیاهی بر نمو برگ گندم در ساقه اصلی در مقابل زمان حرارتی

۲-ایجاد معادلاتی برای تغییرات تعداد پنجه ها و تعداد کل برگ‌های جوان و پیر این پنجه هـا، در مقابـل GDD و اثری که تراکم گیاهی بر این‌ها دارد.

۳-استفاده از معادلات به دست آمده در ایجاد ارتباط بین زمان شروع، طول دوره، سرعت و زمـان پیـری بـرگ در ساقه اصلی و پنجه ها، و تبیین اثر تراکم و رقم در این ها، با استفاده از معادلات ایجاد شده

۲-۱- مدل‌سازی در گیاهان زراعی

مدل یک گیاه زراعی نمایش ساده‌ای از آن گیاه است که برای مطالعه و تخمین واکنش رشد آن به محیط استفاده می‌شود (سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦ پ). مدل می‌تواند به عنوان ابزاری مفید ما را در تفسیر و درک دنیایی که در آن زندگی می‌کنیم یاری کند. متخصصین در رشته‌های مختلف از انواع مدل‌ها برای درک بهتر پدیده‌ها استفاده می‌کنند. مدل ریاضی، معادله یا مجموعه‌ای از معادلات است که رفتار هر سیستم را به طور کمی توصیف می‌کنند (ترابی، ۱۳۸۳، سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦ الف). از مدل‌ها می توان در بهبود مدیریت تولید گیاهان زراعی، برای پیش‌بینی تاریخ‌های احتمالی برداشت، پیش‌بینی عملکرد نهایی، زمان وقوع حوادث فنولوژیکی به منظور اعمال مدیریت‌هایی هم چون دادن نهاده‌ها به مزرعه، استفاده نمود (جامیسون و همکاران، ۲۰۰۷). پیش‌بینی مراحل مختلف نموی در گیاهان اهمیت بسزایی دارد و به عنوان مثال بیماری فوزاریوم سنبله در مرحله گرده‌افشانی اتفاق می‌افتد که با پیش‌بینی مناسب زمان وقوع آن می‌توان دست به کنترل بیماری زد (لاولس و سمینوف، ۲۰۰۵؛ لاولس و همکاران، ۲۰۰۵). هم‌چنین مدل می‌تواند به عنوان وسیله‌ای برای ارزیابی خطرات موجود در تولید استفاده شود که با بررسی واکنش مدل، به آمار درازمدت اقلیمی یک منطقه صورت می پذیرد (جامیسون و همکاران، ۲۰۰۰؛ بروکز و همکاران، ۲۰۰۱). به منظور پیش‌بینی رشد و عملکرد محصول زراعی از طریق مدل‌های شبیه‌سازی، بررسی اقلیم و آب و هوای روزانه به علت اثرات بارزش بر مسائل مذکور، نهاده‌ای مهم است (لاولس و سمینوف، ۲۰۰۵). به دنبال استفاده مناسب از مدل بهترین تاریخ کاشت، تراکم گیاهی، فاصله ردیف، رقم زراعی و غیره تعیین می شود. استفاده از مدل‌های گیاهان زراعی در بررسی اثر عوامل زراعی و غیر زراعی بر مسائل به‌نژادی، تعیین پتانسیل عملکرد منطقه، کمک به مدیریت آبیاری و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم نیز پرکاربرد و مفید است (مادونی و اوتگوی، ۱۹۹٦). در مجموع روابط آماری و مدل‌های ایجاد شده برای پیش‌بینی و بیان رشد و نمو و زمان وقوع رخدادهای

فنولوژیکی در طول عمر گیاه می‌باشد اما مکانیسم‌ها و چگونگی این اتفاقات را بیان نمی‌کند (ریکمن و همکاران، ۱۹۹٦؛ جامیئسون و اورت، ۱۹۹۹).

۲-۲- مدل‌سازی برگ

در بسیاری از گیاهان سرعت رشد رویشی به تشعشع دریافت شده توسط اندام‌های گیاهی بستگی دارد. از آن-جایی که برگ ها عمده تشعشع خورشیدی را گرفته و از طریق فتوسنتز کربوهیدرات تولید می‌کنند، بنابراین سرعت رشد رویشی به سرعت توسعه و اندازه نهایی برگ‌ها بستگی دارد (لیتلون و همکاران، ۱۹۷۹).

میزان تجمع بیوماس در محصولات زراعی به جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط کنوپی گیاهی بستگی دارد. گستردگی و دوام سطح برگ در این تشعشع جذب شده توسط محصول زراعی اهمیت دارد و خصوصاً عملکرد دانه در زمان گرده‌افشانی به این دریافت نور مربوط می‌شود (لیزازو و همکاران، ۲۰۰۳؛ وان دلدن و همکاران، ۲۰۰۱). مادونی و همکاران (۱۹۹٦) نیز فتوسنتز و تولید بیوماس در محصولات زراعی را به طور مستقیم با دریافت نور توسط کنوپی گیاهی در ارتباط می‌دانند و بیان می‌دارند که به طور کلی دریافت نور در یک محصول زراعی به چگونگی نمو و شاخص سطح برگ (**LAI**) مربوط می‌شود.

در شرایط مزرعه توسعه سطح برگ تأثیر زیادی بر تولید بیوماس و عملکرد دارد (چاپمن و همکاران، ۱۹۹۳) و سطح برگ گیاه کلیدی تعیین کننده برای توازن کربن در طول نمو رویشی گیاه است (لافارج و همکاران، ۲۰۰۲؛ فرانک و بائر ۱۹۹۵ و۱۹۹۷). در بسیاری از گیاهان زراعی هم‌چون گندم، جو، آفتابگردان و کلزا نیز همبستگی مثبتی بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه اثبات شده‌است (ناندا و همکاران، ۱۹۹۵)

جامیئسون و همکاران (۱۹۹۵) اذعان دارند که اگر شاخص سطح برگ قابل تخمین باشد، سرعت ذخیره بیوماس پیش بینی می شود و نیز اگر زمان شروع و انتهایی رشد دانه معلوم باشد، محاسبه اختصاص بیوماس به سمت دانه چندان سخت نیست. پس نمو برگ به شدت بر رشد محصول، تجمع بیوماس، عملکرد دانه، جذب تشعشع و وقوع مراحل فنولوژیکی در گیاه اثرگذار است و بررسی آن در مدل‌های شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (برچ و همکاران، ۲۰۰۳؛ لیزازو و همکاران، ۲۰۰۳؛ مادونی و همکاران ۱۹۹٦ و جیم و همکاران، ۱۹۹۸).

فیلوکرون نیز واژه‌ای است برای بیان فاصله بین ظهور دو برگ متوالی که عکس سرعت ظهـور بـرگ قلمـداد می‌شود (مک مستر و ویلهلم، ۱۹۹۵؛ وانز و همکاران، ۱۹۹۷؛ استرک و همکاران، ۲۰۰٦). فیلوکرون به طور گسترده توسط مدل‌سازان به عنوان شاخصی مناسب برای پیش‌بینی نمو گیاه پذیرفته شده‌است و می‌تواند به عنـوان تعیـین-کننده زمان مناسب مدیریت‌هایی هم چون کوددهی و کاربرد آفت کش‌ها از طرف تولیدکنندگان مهم باشد (فرانـک و بائوئر، ۱۹۹۵؛ جیم و همکاران، ۱۹۹۸، جاسـکیو و همکـاران، ۲۰۰۱؛ اسـترک و همکـاران، ۲۰۰۳؛ جامیئـسون و همکاران، ۱۹۹۸الف و ب).

۲-۳- فنولوژی گندم

نمو محصول زراعی توالی وقایع فنولوژیکی است که به وسیله اثرات متقابل بین رقم و عوامل محیطـی تنظـیم می‌شود (آبلدو و همکاران، ۲۰۰٤) و طبق نظر جاسکیو و همکاران (۲۰۰۱) فنولوژی توسعه و گسترش یک گیـاه از طریق طی کردن مراحل مختلف رشد اسـت. شـناخت مراحـل نمـو فنولـوژیکی مهـم هـم‌چـون گـرده‌افـشانی، در محصولات زراعی بشدت مورد توجه فیزیولوژیست‌ها، اصـلاح‌کننـدگان و متخصـصین زراعـت قـرار گرفتـه‌اسـت (جامیئسون و همکاران، ۲۰۰۷ و ۱۹۹۸پ).

نمو گیاه از جوانه‌زنی تا بلوغ می تواند به صورت یک‌سری از دوره های زمانی منقطع بررسـی شـود کـه هـر دوره به وسیله یک فرایند در شکل، اندازه و یا وزن اندام ویژه‌ای مشخص می‌شود (اسلافر و ساتوره، ۱۳۸٦). گیـاه علاوه بر رشد که با افزایش وزن خشک مفهوم می‌یابد، اندام‌های جدیدی تولید می‌کند که تولید برگ ، گـل و میـوه از این دست هستند (میرداوردوست، ۱۳۸٦). غلات دو مرحله رویشی و زایشی در رشد و نمو خود دارند که رشـد رویشی شامل جوانه‌زنی، سبز شدن، تشکیل ریشه‌ها و پنجه‌زنی و مراحل زایشی شـامل سـاقه‌رفـتن، ظهـور سـنبله، گرده‌افشانی، دانه‌بندی و رسیدن دانه‌هاست (جامیئسون و همکاران، ۲۰۰۷؛ اسـلافر و سـاتوره، ۱۳۸٦). در ابتـدا بـا جذب آب پس از طی مراحلی، ۳ تا ۵ عدد ریشه چه از بذر خارج می‌شوند و بعد کلئوپتیل که پوششی برای جوانـه اولیه یا ژمول است رشد کرده و در سطح خاک ظاهر می‌شود. با خروج کلئوپتیل نقش ریشه‌های بـذری کمرنـگ و ریشه‌های تاجی از ناحیه طوقه منشأ می‌گیرند. نوک ساقه در هنگام خروج گیاهچه، دارای ۵ تا ۷ آغازه بـرگ اسـت.

آغازش برگ‌ها به ترتیب از نوک گنبدی شکل ساقه که در حال طویل شدن است صورت گرفته و تا زمان ظهور گل‌آذین ادامه می‌یابد (اسلافر و ساتوره، ۱۳۸٦).

در محل طوقه گندم برگ‌هایی وجود دارد که تولید پنجه می‌کنند و این پنجه معمولاً پس از تشکیل سه برگ در گندم، و از زاویه بین برگ و ساقه اصلی تشکیل می‌شوند. مرحله پنجه‌زنی به شدت تحت اثر تراکم گیاهی است و با آن رابطه معکوسی دارد. با اتمام پنجه‌زنی فاز زایشی با ساقه‌رفتن آغاز شده و با ایجاد برگ، فواصل بین برگ‌ها افزایش یافته و گل‌آذین در انتهای آن تشکیل خواهد شد. در واقع گل‌آذین ازغلاف آخرین برگ یعنی برگ پرچم ظاهر می‌شود و با انجام گرده‌افشانی که از سنبلچه‌های میانی به سمت طرفین رخ می‌دهد باروری صورت می‌پذیرد. بلافاصله بعد از باروری دانه‌ها فوراً تشکیل شده و رشد می‌کنند که مهم‌ترین مراحل دانه‌بندی شیری‌شدن، خمیری-شدن و رسیدگی سخت دانه است. رسیدگی نهایی دانه زمانی رخ می‌دهد که بذور گندم دارای حدوداً ٪۱٤ رطوبت باشند.

عوامل مختلفی بر طول دوره مراحل فنولوژیکی در گندم اثرگذارند اما بدون تردید دما مهم‌ترین عامل اثرگذار بر فنولوژی گندم است. تامی و ایوانس (۱۹۹۲) اثر دما بر طول رشد رویشی و زمان آغازش گل‌ها و تعداد برگ‌های ساقه اصلی را به شدت موثر می‌دانند. استرک و همکاران (۲۰۰۳) اثر غالب دما بر سرعت نمو در گندم زمستانه را بیان می‌دارند و ولکای و هانت (۱۹۹۹) با تأیید این مطلب دما را تنها به مقداری جزئی توسط بشر قابل کنترل می-دانند. از عوامل دیگر تأثیر گذار در فنولوژی و طول مراحل نموی در گندم، می‌توان به تاریخ کاشت، عناصر غذایی، قابلیت دسترسی آب ، تشعشع، غلظت CO_2 و تراکم گیاهی اشاره کرد (دورو و دوروک، ۲۰۰۰؛ جامیئسون و همکاران، ۱۹۹۵؛ کربی، ۱۹۸۸؛ اسلافر و ساتوره، ۱۳۸٦).

۲-٤- پنجه‌زنی

پنجه‌زنی در غلات اگرچه یک عامل ژنتیکی است، ولی تا حد زیادی تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی از قبیل نور (میرالس و همکاران، ۲۰۰۰)، درجه حرارت (کائو و موس، ۱۹۸۹)، عوامل هورمونی (آبدلو و همکاران، ۲۰۰٤)، رطوبت (سونگو و همکاران، ۲۰۰۰)، شوری و هم‌چنین مدیریت‌های مختلف زراعی نظیر تراکم کاشت (ولی و همکاران، ۲۰۰٤)، کود ازته (ویلهلم و همکاران، ۱۹۹۳)، عمق کاشت (کربی، ۱۹۹۳) قرار می‌گیرد.

در محل طوقه‌ی گندم برگ‌هایی وجود دارد که تولید پنجه می‌نمایند. این برگ‌ها در عمق ۱ تا ۲ سانتیمتر و به تعداد ٤ تا ۷ عدد می‌باشند. جوانه پنجه کلئوپتیلی و پنجه یک، در چنین بذر بالغ دیده می‌شوند ولی معمولاً وقتی ۳ برگ روی ساقه اصلی کاملاً توسعه یافته و برگ چهارم شروع به تشکیل شدن کرد، پنجه ظاهر می‌شود (کربی و اپلیارد، ۱۹۸۹). هر یک از این پنجه‌ها که جوانه‌های جانبی آن‌ها در مجاورت جوانه مرتبط با هر سیستم اصلی نوک ساقه نمو می‌یابند دارای پتانسیلی برای تبدیل پنجه‌های برگ دار می‌باشند (اسلافر و ساتوره، ١٣٨٦). ظهور پنجه‌ها از محور برگ‌ها صورت می‌گیرد، بطوری که اولین پنجه در محور اولین برگ و دومین پنجه در محور دومین برگ و به همین ترتیب پنجه‌های بعدی تشکیل می‌شوند (قبادی و همکاران، ۱۳۷۹). ظهور پنجه‌ها با ظهور برگ‌ها معمولاً در ارتباطند و پس از ظهور سه برگ در گندم، معمولاً همزمان با ظهور برگ چهارم و به عبارتی سه فیلوکرون پس از سبز شدن گیاهچه پنجه ظاهر می‌شود (اسلافر و ساتوره ، ١٣٨٦). آبلدو و همکاران (٢٠٠٤) نیز ظهور پنجه را به ظهور برگ مربوط می‌دانند و معتقدند پنجه زنی فرآیند نموی مهمی است که با ظرفیت محصول برای دریافت تشعشع خورشیدی که عمده عامل تعیین رشد و عملکرد دانه است در ارتباط می‌باشد.

تراکم گیاهی می تواند بخشی مکمل در افزایش عملکرد محصولات گندم داشته باشد. ارقامی با ظرفیت بالا پنجه‌زنی باید در تراکم پایین کشت شوند و بالعکس ارقامی که توانایی کمی در تولید پنجه دارند باید با تراکم بالاتری کشت شوند. البته تراکم گیاهی مناسب با تغییر عواملی نظیر تفاوت منطقه، تاریخ کاشت، شرایط اقلیمی (بویژه توزیع بارش)، نوع خاک و ارقام فرق می‌کند (الهانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ دلکیما و همکاران، ۲۰۰٤؛ بیکر و همکاران، ۱۹۸۰).

پنجه‌زنی در غلات و بویژه گندم یک جنبه‌ی اقتصادی مهم برای زارعین دارد و آن کاهش هزینه به خاطر کاهش نیاز به بذر مصرفی هنگام کاشت است. در گندم زمستانه در تراکم پایین کاشت، به علت قابلیت جبران اجزاء عملکرد از طریق پنجه‌زنی، جبران مافات صورت می‌پذیرد (اسپینگ و همکاران، ۲۰۰۰). در شرایط معمولی ارقام پر پنجه‌تر عملکرد بهتری دارند و در شرایط تنش خشکی، ارقامی که ژن توقف پنجه زنی را دریافت کرده بودند عملکرد بیشتری نسبت به ارقام معمولی داشتند که این به در دسترس بودن منابعی همچون آب، مواد غذایی و نور بر می‌گردد (دوگان و همکاران، ۲۰۰۵). دورو و دوکروک (۲۰۰۰) ویژگی‌های اصلی پنجه هم‌چون طول، سن، سطح

برگ، تعداد برگ در پنجه و ساختار آن را به پارامترهایی نظیر سرعت گسترش و ظهور برگ، دوره‌ی رشد برگ و کل طول دوره‌ی زندگی گیاه نسبت می‌دهند.

در شرایطی که پنجه‌های زیادی تشکیل می‌گردد و به خصوص در تراکم‌های بالا، درصد کمی از پنجه‌های تشکیل شده بارور شده و به سنبله منتهی می‌شوند و درصد زیادی از پنجه‌ها در طی مراحل رشد و نمو گیاه از بین رفته و یا سنبله‌های غیربارووری را تشکیل می‌دهند که تولید کننده‌ی دانه نیستند. این پدیده مرگ و میر پنجه‌ها[1] نام دارد و اجتناب ناپذیر بوده و در ارقام پر پنجه و یا در شرایطی که پنجه زیادی تولید شود معمولاً اتلاف انرژی شایانی را به دنبال دارد (قبادی و همکاران، ۱۳۷۹).

کوچکی و همکاران (۱۳۷۸) با افزایش میزان بذر از ۵۰ به ۱۵۰ کیلوگرم هر هکتار عنوان کردند که تعداد پنجه در هر گیاه کاهش می‌یابد که البته این امر افزایش تعداد سنبله در واحد سطح را به دنبال داشت. شدت تغییر این دو کمیت بسته به میزان بارش متفاوت بوده و در سال پر باران، کاهش پنجه کمتر و افزایش سنبله بیش از سال خشک بود. در آزمایشی دیگر تاثیر تراکم گیاهی بر تعداد کل پنجه و تعداد پنجه‌ی زنده در مرحله‌ی گرده افشانی معنی‌دار بوده و مطابق انتظار افزایش تراکم موجب کاهش این دو متغیر در هر ۲ منطقه مورد مطالعه (مشهد و شیروان) شد (شریفی و رحیمیان مشهدی، ۱۳۸۰). در آزمایش نامبردگان تعداد کل پنجه در بین دو رقم مورد استفاده (سرداری و سبلان) تفاوت معنی‌داری نداشت و این امر به تشابه قدرت پنجه زنی دو رقم در شرایط مطلوب نسبت داده شد.

راهنما و همکاران (۱۳۷۷) اعلام کردند که با افزایش تراکم بر میانگین حداکثر تعداد پنجه در واحد سطح افزوده می‌شود و در عین حال به سبب افزایش رقابت بین و درون گیاهی درصد تلفات پنجه نیز افزایش می‌یابد به نحوی که بیش از ۸۰ درصد پنجه‌های تولیدی در تراکم حداکثر (۵۰۰ دانه در متر مربع) بدون آنکه سنبله تولید نمایند از بین رفتند. میلر(۱۹۹۱) نیز به افزایش تعداد پنجه در واحد سطح به علت افزایش تراکم گیاهی در برنج اشاره کرد. افزایش تعداد پنجه در واحد سطح در تراکم‌های بالاتر گندم (۳۰۰)، نسبت به تراکم ۱۵۰ دانه در متر مربع نیز اثبات شد (ولی و همکاران، ۲۰۰٤ به نقل از ساتوره و همکاران، ۱۹۹۳).

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، از پتانسیل پنجه‌زنی گندم کاسته می‌شود و در این شرایط درصد زیادی از پنجه‌های گندم به بلوغ نرسیده و در طی دوره ساقه‌دهی تا گل‌دهی تلف می‌شوند. حتی مقایسه‌ی ماده خشک هر

[1] Tillers mortality