



مجله پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد هفدهم، شماره دوم، ۱۳۸۹

www.gau.ac.ir/journal

تعیین پارامترهای مدل‌سازی عملکرد براساس شاخص برداشت در گیاه گندم

* راحله عرب‌عامری^۱، افشین سلطانی^۲، بهنام کامکار^۳، ابراهیم زینلی^۴ و فرهاد خاوری^۵
^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد
تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۲۵

چکیده

شاخص برداشت یکی از پارامترهای مهم در مدل‌های شبیه‌سازی جهت پیش‌بینی عملکرد دانه است. از آنجایی‌که این پارامتر تحت شرایط مختلف محیطی تغییر می‌یابد از این‌رو در این پژوهش سعی شده است تا روابطی برای برآورد آن، تهیه گردد. به این منظور آزمایشی به‌صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در گرگان در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل ۴ رقم منطقه (کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس) بود که در ۶ تاریخ کاشت (۲۳ آذر، ۳۰ دی، ۲ اسفند، ۲۹ اسفند، ۲۷ فروردین و ۲۸ فروردین) کشت گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر شیب خط شاخص برداشت در بین تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این تغییرات در شیب خط شاخص برداشت به میانگین دما، بیوماس تجمع‌یافته قبل از شروع پر شدن دانه و کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی نسبت داده شد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده و ارزیابی مدل‌های برآورد شده مشخص گردید که شبیه‌سازی dHI/dt و شاخص برداشت توسط f_G بهترین برآورد را دارد به‌طوری‌که RMSE به‌دست آمده از مجموع ارقام در مدل برآورد dHI/dt توسط f_G برابر ۰/۲۵ درصد در روز شد که نسبت به مدل‌های دیگر دارای مقدار کم‌تری بود. بنابراین از این رابطه‌ها می‌توان برای تخمین شیب خط شاخص برداشت استفاده کرد و یا آن‌ها را در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی برای مدل‌سازی عملکرد به‌کار برد.

واژه‌های کلیدی: گندم، شاخص برداشت، شیب خط شاخص برداشت، مدل‌سازی، عملکرد دانه

* مسئول مکاتبه: r_arabameri@yahoo.com

مقدمه

هدف اصلی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی، پیش‌بینی عملکرد است. در بیش‌تر مدل‌های شبیه‌سازی جهت پیش‌بینی عملکرد دانه از دو روش شبیه‌سازی اجزاء عملکرد (ویلابوس و همکاران، ۱۹۹۶) و شبیه‌سازی شاخص برداشت (ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۹؛ استوکلی و همکاران، ۱۹۹۴) استفاده می‌شود. به‌طور عموم در روش پیش‌بینی عملکرد دانه توسط اجزای عملکرد، از سرعت رشد دانه (SGR) استفاده می‌شود (گالاگر و همکاران، ۱۹۷۶؛ سوفید و همکاران، ۱۹۷۷). در این روش با استفاده از SGR تک‌دانه و تعداد دانه در گیاه، SGR کل بوته به‌دست می‌آید. اما استفاده از این روش مشکلاتی به همراه دارد. اول این‌که برآورد سرعت رشد تک‌دانه که نمایان‌گر کل گیاه باشد، مشکل است زیرا سرعت رشد در بین دانه‌های قرار گرفته در موقعیت‌های مختلف گیاه، مختلف می‌باشد (اسپیت و سینکلر، ۱۹۸۴) دوم این‌که، تخمین تعداد دانه نیز مشکل است (جیمسون و همکاران، ۱۹۹۱). اسپیت و سینکلر (۱۹۸۵) پی بردند که با استفاده از تغییرات شاخص برداشت در طول دوره پر شدن دانه می‌توان SGR را بهتر برآورد نمود و از طرفی دیگر می‌توان با برآورد دقیق شاخص برداشت پیش‌بینی مناسبی از عملکرد دانه داشت، به‌طوری‌که هم‌ر و ماچو (۱۹۹۴) و هم‌ر و بورد (۲۰۰۳) در گیاه سورگوم و سلطانی و همکاران (۲۰۰۴) در گندم بیان داشتند تغییرات کوچک در شاخص برداشت اثر مهمی بر روی پیش‌بینی عملکرد دانه دارد و از آنجایی‌که حداکثر شاخص برداشت در دو سوم زمان بین گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی رخ می‌دهد از این‌رو برآورد دقیق مقدار سرعت افزایش شاخص برداشت و زمان رسیدن به حداکثر شاخص برداشت مشکل است.

مقدار ثابت افزایش خطی شاخص برداشت این قابلیت را ایجاد می‌کند که با داشتن بیوماس گیاه در هر یک از مراحل رشد دانه، عملکرد دانه را برآورد نمود (موت و همکاران، ۱۹۹۵). اما در مطالعات وسیع توسط موت و همکاران (۱۹۹۶) در گندم، بینیدی و همکاران (۱۹۹۹) در گندم، آفتاب‌گردان و سویا، لکوئور و سینکلر (۲۰۰۱) در نخود بیان داشتند مقدار شیب خط شاخص برداشت در دامنه‌ای از شرایط مختلف محیطی مانند تنوع تاریخ کاشت، تیمارهای آبیاری و سطوح نیتروژن تغییر می‌کند. سلطانی و همکاران (۲۰۰۵) نیز در گیاه نخود بیان داشتند که شیب خط شاخص برداشت در دامنه ۱/۱۲ تا ۲/۱۹ درصد در روز در تراکم و تاریخ کاشت‌های مختلف تغییر می‌کند و علت این امر را به تغییرات بیوماس و میانگین دما قبل از شروع پر شدن دانه مربوط دانستند. هم‌ر و همکاران (۱۹۹۵) در گیاه بادام‌زمینی نیز علت تغییرات شیب خط شاخص برداشت را به اختلاف میانگین دما از کاشت تا

پایان رشد برگ بیان نمودند. بنگ و همکاران (۱۹۹۸) در آفتاب‌گردان و همر و بورد (۲۰۰۳) در سورگوم نیز پی بردند که با کاهش دما، شیب خط شاخص برداشت کاهش می‌یابد. هدف از این پژوهش برآورد پارامترهای مدل‌سازی عملکرد براساس شاخص برداشت برای ارقام گندم منطقه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۸۵-۱۳۸۴ اجرا گردید. شهرستان گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه ۶۰۷ میلی‌متر و دامنه نوسان دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تیمار مورد آزمایش شامل ۴ رقم گندم بهاره (کوه‌دشت، شیرودی، تجن، زاگرس) که در ۶ تاریخ کاشت (۲۳ آذر، ۳۰ دی، ۲ اسفند، ۲۹ اسفند، ۲۷ فروردین و ۳۱ اردیبهشت) کشت گردید. مقدار بذر براساس تراکم مطلوب ۳۳۳ بوته در مترمربع محاسبه و کاشت در خطوطی با فاصله ۱۵ سانتی‌متر انجام گرفت. متوسط فاصله بذرها در هر خط کاشت ۲ سانتی‌متر و بین ارقام در هر کرت ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. میزان کود توصیه شده قبل از کاشت ۱۶۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، ۱۶۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود و همچنین، کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله پنجه‌زنی و در مرحله گرده‌افشانی به صورت سرک به خاک اضافه شد. نمونه‌گیری از مرحله گرده‌افشانی به بعد به مدت هر ۷ روز یک‌بار تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی صورت گرفت (۱۰ بوته به طور تصادفی از میانگین کرت‌ها انتخاب شد) و سپس دانه از بوته جدا شده و بقیه اندام‌ها رویشی به همراه بقایای خوشه در آون ۷۰ درجه تا زمانی که وزن آن ثابت شود، قرار گرفتند. شاخص برداشت از تقسیم وزن خشک دانه به وزن خشک کل اندام رویشی و زایشی محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه آماری و برنامه EXCEL به اندازه‌گیری پارامترهای زیر پرداخته شد: استفاده شد:

$$\begin{aligned} y &= a + bx & \text{if } x < x_0 \\ y &= a + bx_0 & \text{if } x \geq x_0 \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن Y : شاخص برداشت، x : روز بعد از گلدهی، b : سرعت افزایش شاخص برداشت در مقابل زمان، a : عرض از مبدا، x_0 : زمان پایان افزایش خطی در شاخص برداشت می‌باشد. برای توصیف اثر تغییرات کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی بر روی شاخص برداشت از معادله کماتیان و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد:

$$HI = HI_x - (HI_x - HI_0) \exp(-k \cdot f_G) \quad (2)$$

HI_x : حداکثر شاخص برداشت قابل حصول، HI_0 : حداقل شاخص برداشت در شرایطی که بعد از گرده‌افشانی هیچ ماده خشکی تولید نشود، K : ضریب ثابت، f_G : کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی که از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$f_G = \frac{(TDM_{ph} - TDM_{ant})}{TDM_{ph}} \quad (3)$$

TDM_{ph} : وزن خشک کل در رسیدگی فیزیولوژیکی (گرم بر مترمربع)، TDM_{ant} : وزن خشک کل در گرده‌افشانی (گرم بر مترمربع). با وجود این که از نظر فیزیولوژیکی محاسبه شاخص برداشت با معادله بالا معنی دار می‌شود ولی می‌بایست شاخص برداشت از حد پتانسیل واقعی آن کم‌تر باشد از این رو با جایگزینی مقدار ثابت k تصحیح گردید (کمانیان و همکاران، ۲۰۰۷)؛

$$k \leq \frac{1 - HI_0}{HI_x - HI_0} \quad (4)$$

برای پی بردن به عوامل مؤثر بر روی شیب خط شاخص برداشت به بررسی آن در مقابل عوامل زیر پرداخته شد: شیب خط شاخص برداشت در مقابل ماده خشک در گرده‌افشانی و کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی از رابطه درجه دو استفاده شد.

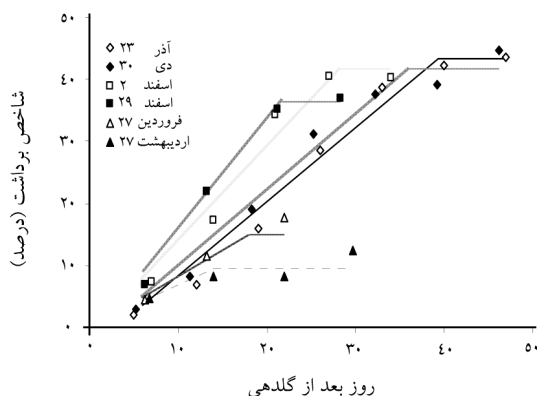
جدول ۱- میانگین پارامترهای به‌دست آمده از ارقام مختلف گندم در تاریخ‌های کاشت. dHI/dt (شیب خط شاخص برداشت) درصد در روز؛ X_0 (زمان خاتمه فاز خطی شاخص برداشت)، روز؛ HI_{ph} (شاخص برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی)، درصد.

HI_{ph}	X_0	dHI/dt	میانگین دما از شروع پر شدن دانه تا رسیدگی برداشت (سانتی‌متر)	میانگین دما از کاشت تا شروع پر شدن دانه (سانتی‌متر)	کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی (گرم بر گرم)	کل ماده خشک در گرده‌افشانی (گرم بر مترمربع)	تاریخ کاشت
۴۳/۴	۳۹	۱/۲۰	۲۰/۸۲	۱۰/۶	۰/۱۳۱	۱۱۶۸/۹	۲۳ آذر
۴۱/۹	۳۶	۱/۲۴	۲۴/۴۴	۱۴/۸	۰/۳۰۲	۷۸۹/۹	۳۰ دی
۴۱/۸	۲۸	۱/۵۳	۲۶/۱۷	۱۴/۸	۰/۳۱۲	۷۹۹/۵	۲ اسفند
۳۶/۵	۲۲	۱/۷۵	۲۷/۸۱	۱۷/۳	۰/۳۱۲	۶۵۰/۳	۲۹ اسفند
۱۵/۴	۱۸	۰/۸۵	۲۸/۲۶	۲۰/۹	۰/۰۴۰	۳۷۲/۹	۲۷ فروردین
۹/۴	۱۴	۰/۶۶	۲۹/۲۱	۲۶/۶	۰/۱۴۵	۱۹۷/۷	۲۷ اردیبهشت

نتایج و بحث

الف) تغییرات صفات اندازه‌گیری شده: در شکل ۱ رابطه شاخص برداشت در مقابل روز بعد از گلدهی که از یک مدل دوتکه‌ای تبعیت کرد، ارایه شده است. در این رابطه برای زمان پایان افزایش خطی شاخص برداشت (X_0) در بین ارقام اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد اما مابین تاریخ‌های کاشت از نظر این پارامترها اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای وجود داشت (جدول ۲). در تاریخ کاشت‌های تاخیری به‌دلیل گرم‌تر شدن هوا، زمان شروع و خاتمه فاز خطی زودتر اتفاق افتاد زیرا میانگین دما از شروع تا پایان دوره پر شدن دانه از ۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد به ۲۹/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت که این افزایش دما سبب کاهش در طول دوره فاز خطی از تقریباً ۳۹ به ۱۵ روز شد (جدول ۱).

از نظر شیب خط شاخص برداشت (dHI/dt) نیز در بین تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت و دامنه تغییرات آن بین ۱/۷۵-۰/۶۶ درصد در روز بود. هم‌و همکاران (۱۹۹۵) و سلطانی و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان داشتند میانگین دما قبل از شروع پر شدن دانه بیش‌ترین تأثیر را بر روی تغییرات dHI/dt دارد.



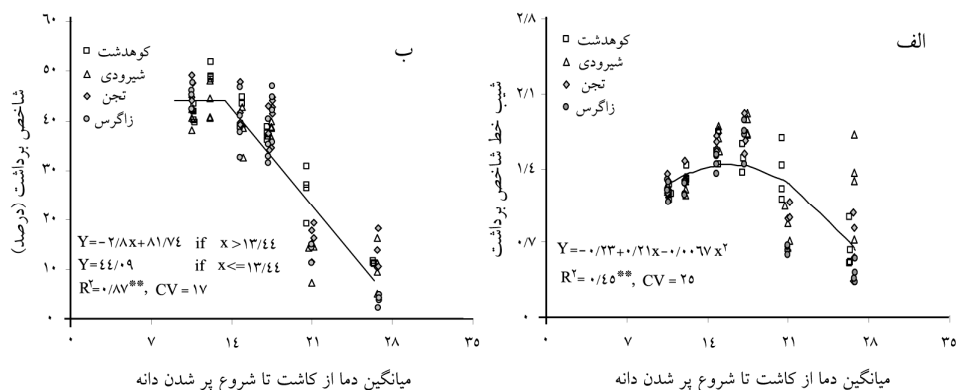
شکل ۱- تغییرات شاخص برداشت در برابر زمان بعد از گرده‌افشانی در تاریخ‌های کاشت مختلف. نقاط و خط به ترتیب داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده با مدل خطی در ارقام مختلف گندم می‌باشد.

ب) رابطه dHI/dt و شاخص برداشت با میانگین دما قبل از گرده‌افشانی: رابطه بین dHI/dt در مقابل میانگین دما از کاشت تا شروع پر شدن دانه از یک مدل درجه دوم تبعیت کرد. نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل نشان داد رقم کوه‌دشت دارای R^2 بالاتر (۰/۸۳) و CV کم‌تری (۱۲) نسبت به دیگر ارقام را دارد و کمترین R^2 (۰/۰۹) و بیش‌ترین CV (۲۸) مربوط به رقم شیرودی بود (جدول ۳). با بررسی ضرایب به‌دست آمده در این مدل مشخص گردید که بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد از این‌رو یک معادله از مجموع ارقام استخراج گردید (شکل ۲- الف). با توجه به معادله به‌دست آمده از مجموع ارقام مشخص شد که تقریباً در میانگین دمای ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد مقدار dHI/dt (۰/۰۱۴ در روز) به حداکثر خود می‌رسد و سپس با افزایش میانگین دما، مقدار dHI/dt کاهش می‌یابد (شکل ۲- الف). هم‌ر و همکاران (۱۹۹۵) در گیاه نخود به این نتیجه رسیدند که افزایش دما بعد از ۲۷ درجه سانتی‌گراد، مقدار dHI/dt به‌شدت کاهش می‌یابد. در حالی‌که، سلطانی و همکاران (۲۰۰۵) در گیاه نخود دریافتند که افزایش دما تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش در dHI/dt می‌شود و با افزایش دما بعد از این مقدار dHI/dt ثابت می‌ماند. رابطه بین شاخص برداشت با میانگین دما قبل از شروع پر شدن دانه از یک مدل دوتکه‌ای تبعیت کرد. نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل در همگی ارقام R^2 بالا و CV کم را نشان داد (جدول ۴). با بررسی ضرایب به‌دست آمده در این مدل مشخص گردید بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد از این‌رو یک معادله از مجموع ارقام استخراج گردید (شکل ۲- ب). با توجه به معادله به‌دست آمده از مجموع ارقام مشخص شد که افزایش دما تا ۱۳/۴۴ درجه سانتی‌گراد تغییری در درصد شاخص برداشت به‌دست نمی‌آید ولی با افزایش دما بعد از این مقدار شاخص برداشت با افزایش یک درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲/۸ درصد کاهش می‌یابد (جدول ۴).

راخله عرب‌عامری و همکاران

جدول ۲- ضریب b و مقدر a و x_0 در مدل رگرسیون تکه‌ای بین شاخص برداشت در مقابل روز پس از گلدهی در ارقام مختلف گندم و تاریخ کاشت‌های مختلف. n تعداد نمونه، CV ضریب تغییرات، $RMSE$ جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

R^2	RMSE	CV	HI_{max}	x_0	$b \pm se$	$a \pm se$	رقم	تاریخ کاشت
۰/۹۷	۲/۹۷	۱۵	۴۱/۳	$۳۸/۸ \pm ۱/۸۳$	$۱/۱۳ \pm ۰/۰۹$	$-۲/۸ \pm ۱/۸۳$	کوهدشت	۱۳۸۴/۹/۲۳
۰/۹۸	۲/۶۶	۱۲	۴۱/۴	$۳۷/۶ \pm ۲/۴۵$	$۱/۱۹ \pm ۰/۰۹$	$-۳/۳۴ \pm ۱/۱۹$	شیرودی	
۰/۹۷	۳/۶۴	۱۵	۴۵/۲	$۳۹/۱ \pm ۳/۲۳$	$۱/۲۷ \pm ۰/۱۳$	$-۴/۵۴ \pm ۲/۵۸$	تجن	
۰/۹۷	۳/۶۱	۱۶	۴۴/۸	$۴۰/۴ \pm ۳/۴۲$	$۱/۲۲ \pm ۰/۱۳$	$-۴/۷۲ \pm ۲/۵۷$	زاگرس	
۰/۹۷	۳/۹۷	۱۸	۴۴/۲	$۳۶/۴ \pm ۳/۶۹$	$۱/۲۸ \pm ۰/۱۵$	$-۲/۶۹ \pm ۲/۶۱$	کوهدشت	۱۳۸۴/۱۰/۳۰
۰/۹۸	۲/۵۷	۱۱	۴۰/۵	$۳۴/۶ \pm ۲/۲۶$	$۱/۲۳ \pm ۰/۰۹$	$-۲/۳۱ \pm ۱/۷۷$	شیرودی	
۰/۹۸	۲/۸۸	۱۲	۴۱/۴	$۳۳/۴ \pm ۲/۳۱$	$۱/۳۱ \pm ۰/۱۱$	$-۲/۳۱ \pm ۱/۹۸$	تجن	
۰/۹۸	۲/۸۸	۱۲	۴۱/۵	$۳۸/۳ \pm ۲/۶۲$	$۱/۱۷ \pm ۰/۰۹$	$-۳/۵۸ \pm ۲/۰۹$	زاگرس	
۰/۹۸	۳/۱۷	۱۴	۴۱/۴	$۲۸/۷ \pm ۲/۶۵$	$۱/۵۵ \pm ۰/۱۵$	$-۳/۱۶ \pm ۲/۴۸$	کوهدشت	۱۳۸۴/۱۲/۲
۰/۹۹	۲/۳۶	۱۰	۳۹/۸	$۲۳/۰ \pm ۲/۰۵$	$۱/۶۸ \pm ۰/۱۸$	$۱/۰۵ \pm ۱/۷۹$	شیرودی	
۰/۹۷	۴/۱۳	۱۷	۴۲/۶	$۲۹/۰ \pm ۳/۲۳$	$۱/۵۹ \pm ۰/۱۸$	$-۳/۷۳ \pm ۳/۳۵$	تجن	
۰/۹۸	۳/۱۸	۱۳	۴۰/۱	$۲۹/۰ \pm ۲/۸۸$	$۱/۴۷ \pm ۰/۱۹$	$-۲/۴۲ \pm ۲/۷۵$	زاگرس	
۰/۹۹	۱/۶۱	۸	۳۷/۳	$۲۴/۶ \pm ۱/۴۱$	$۱/۵۵ \pm ۰/۰۹$	$-۱/۰۷ \pm ۱/۳۵$	کوهدشت	۱۳۸۴/۱۲/۲۹
۰/۹۸	۱/۳۶	۷	۳۸/۵	$۲۱/۶ \pm ۱/۰۲$	$۱/۸۳ \pm ۰/۰۹$	$-۱/۱۳ \pm ۱/۰۷$	شیرودی	
۰/۹۹	۱/۴۶	۷	۳۷/۳	$۲۱/۷ \pm ۱/۱۵$	$۱/۷۶ \pm ۰/۰۹$	$-۰/۸۸ \pm ۱/۱۵$	تجن	
۰/۹۸	۳/۴۷	۱۸	۳۴/۹	$۲۲ \pm ۲/۶۹$	$۱/۶۹ \pm ۰/۲۱$	$-۲/۲۹ \pm ۲/۸۷$	زاگرس	
۰/۹۷	۲/۶۳	۲۶	۲۳/۲	$۱۷/۸ \pm ۳/۷۵$	$۱/۳۰ \pm ۰/۳۳$	$-۰/۰۰۲ \pm ۲/۲۶$	کوهدشت	۱۳۸۵/۱/۲۷
۰/۹۳	۲/۵۵	۲۶	۱۲/۸	$۱۸/۴ \pm ۴/۴۹$	$۰/۸۴ \pm ۰/۲۶$	$-۰/۰۱ \pm ۲/۳۳$	شیرودی	
۰/۹۷	۲/۴۷	۳۱	۱۶/۴	$۱۹/۴ \pm ۴/۷۳$	$۰/۸۹ \pm ۰/۲۵$	$-۱/۰۱ \pm ۲/۲۵$	تجن	
۰/۹۹	۰/۴۹	۷	۱۳/۷	$۲۲ \pm ۱/۰۸$	$۰/۵۹ \pm ۰/۰۳$	$-۰/۳۸ \pm ۰/۴۰$	زاگرس	
۰/۹۹	۰/۱۹	۳	۱۱/۶	$۱۶/۹ \pm ۰/۴۴$	$۰/۶۹ \pm ۰/۰۲$	$-۰/۰۹ \pm ۰/۱۸$	کوهدشت	۱۳۸۵/۲/۲۷
۰/۸۲	۲/۲۴	۳۲	۹/۵	$۱۲/۱ \pm ۳/۷۹$	$۰/۷۲ \pm ۰/۲۸$	$۰/۸۱ \pm ۱/۹۲$	شیرودی	
۰/۹۹	۰/۴۹	۶	۱۳/۱	$۲۰/۵ \pm ۱/۲۱$	$۰/۶۲ \pm ۰/۰۵$	$۰/۲۶ \pm ۰/۴۶$	تجن	
۰/۹۰	۱/۲۹	۳۹	۴/۸	$۱۲/۱ \pm ۵/۰۵$	$۰/۳۹ \pm ۰/۰۲$	$۰ \pm ۱/۲۸$	زاگرس	
۰/۹۷	۲/۹۲	۱۱	۴۳/۴	$۳۹/۳ \pm ۱/۳۸$	$۱/۲ \pm ۰/۰۵$	$-۳/۷ \pm ۰/۹۹$	کوهدشت	۱۳۸۴/۹/۲۳
۰/۹۷	۲/۹۷	۱۱	۴۱/۹	$۳۵/۹ \pm ۱/۳۳$	$۱/۲۴ \pm ۰/۰۵$	$-۲/۵۵ \pm ۱/۰۳$	کوهدشت	۱۳۸۴/۱۰/۳۰
۰/۹۵	۳/۸۲	۱۴	۴۱/۸	$۲۸/۲ \pm ۱/۵۸$	$۱/۵۳ \pm ۰/۱۰$	$-۱/۴۷ \pm ۱/۵۲$	کوهدشت	۱۳۸۴/۱۲/۲
۰/۹۸	۲/۰۷	۸	۳۶/۵	$۲۱/۷ \pm ۰/۸۴$	$۱/۷۵ \pm ۰/۰۹$	$۱/۴۷ \pm ۰/۸۷$	کوهدشت	۱۳۸۴/۱۲/۲۹
۰/۸۵	۲/۷۷	۲۲	۱۵/۴	$۱۸/۰ \pm ۲/۵۳$	$۰/۸۵ \pm ۰/۱۵$	$۰/۰۰۱ \pm ۱/۲۴$	کوهدشت	۱۳۸۵/۱/۲۷
۰/۹۱	۲/۵۱	۳۰	۹/۴	$۱۴/۱ \pm ۲/۸۰$	$۰/۶۶ \pm ۰/۱۶$	$-۰/۲۱ \pm ۱/۱۵$	کوهدشت	۱۳۸۵/۲/۲۷



شکل ۲- رابطه بین میانگین دما از زمان کاشت تا شروع پر شدن دانه با شیب خط شاخص برداشت (الف) و شاخص برداشت (ب) در ارقام مختلف گندم.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند تغییرات در dHI/dt و شاخص برداشت به تغییرات کل بیوماس و طول دوره قبل از شروع رشد دانه وابسته است.

(ج) رابطه dHI/dt و شاخص برداشت با تجمع بیوماس قبل از گرده‌افشانی: رابطه dHI/dt در مقابل کل ماده خشک در زمان پر شدن دانه از یک مدل درجه دوم تبعیت کرد. نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل نشان داد رقم زاگرس دارای R^2 بالاتر (۰/۷۹) نسبت به دیگر ارقام را دارد و کم‌ترین R^2 (۰/۰۹) مربوط به رقم شیروودی بود (جدول ۳). با بررسی ضرایب به‌دست آمده در این مدل مشخص گردید که بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد از این‌رو یک معادله از مجموع ارقام استخراج گردید. با توجه به معادله به‌دست آمده از مجموع ارقام مشخص شد که با افزایش تجمع ماده خشک تا ۸۷۸ گرم بر مترمربع مقدار dHI/dt به حداکثر خود رسید و سپس کاهش یافت (شکل ۳-الف).

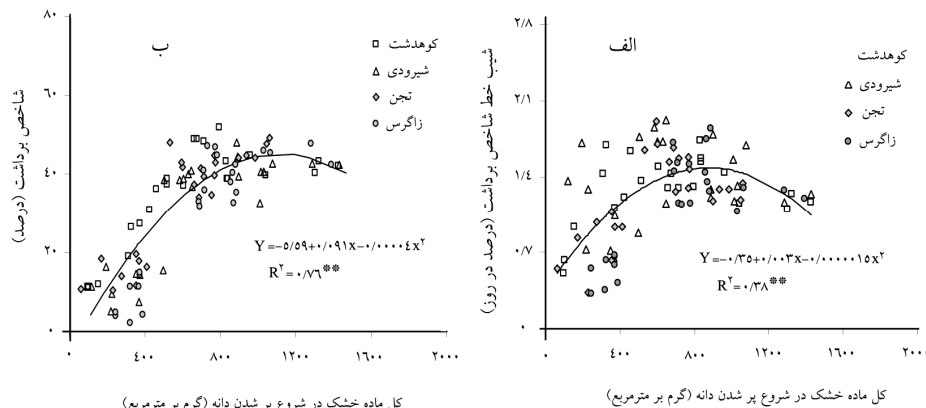
رابطه بین شاخص برداشت در مقابل کل ماده خشک در زمان پر شدن دانه از یک مدل درجه دوم تبعیت کرد. نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل R^2 بالا را در همگی ارقام نشان داد (جدول ۴). با بررسی ضرایب به‌دست آمده در این مدل مشخص گردید بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد از این‌رو یک معادله از مجموع ارقام استخراج گردید (شکل ۳-ب). با توجه به معادله به‌دست آمده از مجموع ارقام مشخص شد که با افزایش تجمع ماده خشک تا ۱۱۲۱ گرم بر مترمربع در شروع پر شدن دانه شاخص برداشت به حداکثر خود رسید و سپس کاهش یافت (جدول ۴). این ارتباط نشان داد که

برای تنظیم شیب خط شاخص برداشت دانستن شرایط رشد قبل از شروع رشد دانه ضروری است زیرا طول این دوره و بیوماس در این دوره متغیر بوده و به شرایط رشد وابسته است.

د) رابطه dHI/dt و شاخص برداشت با کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی: علاوه بر اهمیت شرایط رشد قبل از شروع پرشدن دانه که در بالا به آن اشاره شد اما نمی‌توان از نقش شرایط رشد بعد از پر شدن دانه چشم‌پوشی کرد، چرا که این نظریه وجود دارد که اغلب مواد فتوسنتزی قبل از پر شدن دانه در رشد رویشی یا گلدهی مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که در طول پر شدن دانه اغلب مواد فتوسنتزی به فرآیند پر شدن دانه اختصاص می‌یابد، از این رو احتمالاً کسر ماده خشک تولید شده در بعد به قبل از گرده‌افشانی (f_G) نیز در پیش‌بینی شاخص برداشت تأثیرگذار است. با مطالعه f_G در بین تاریخ‌های کاشت مشاهده گردید که مقدار آن در دامنه $0/04$ تا $0/31$ (گرم بر گرم) متغیر بود به طوری که وقتی گیاه در شرایط گلدهی زود هنگام قرار گرفت f_G افزایش یافت (جدول ۱). لویز - کاستاندا و ریچاردز (۱۹۹۴) نیز بیان داشتند که گلدهی زود هنگام به گیاه این اجازه را می‌دهد تا قبل از این که دما افزایش یابد، پر شدن دانه اتفاق افتد که در این صورت افزایش f_G امکان‌پذیر است. همچنین نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که ارتباط بین dHI/dt با f_G مثبت و بیش‌تر از ماده خشک تولید شده قبل از شروع پر شدن دانه است (به ترتیب $0/49$ و $-0/43$).

رابطه بین dHI/dt با f_G نیز از یک مدل درجه دوم تبعیت کرد (جدول ۴). نتایج به دست آمده نشان داد که رقم شیرودی R^2 (۶۳ درصد) بالاتری نسبت به دیگر ارقام دارد و از طرفی دیگر رقم کوهدشت دارای R^2 (۲۴ درصد) کم‌تری نسبت به دیگر ارقام را به خود اختصاص داد. با بررسی ضرایب به دست آمده از مدل در ارقام مختلف مشخص شد که بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین یک معادله از مجموع ارقام استخراج گردید.

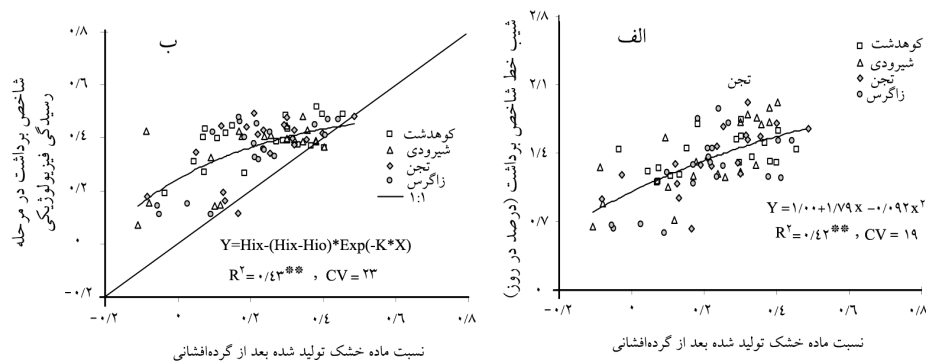
نتایج رابطه به دست آمده از مجموع ارقام مشخص کرد که f_G ۴۵ درصد از تغییرات dHI/dt را حادث می‌شود. به طوری که در این رابطه با افزایش f_G تا ۹۷ درصد در طول دوره پر شدن دانه، شیب خط شاخص برداشت به حداکثر خود (۱/۸۹ درصد در روز) رسید (شکل ۴).



کل ماده خشک در شروع پر شدن دانه (گرم بر مترمربع)

نسبت ماده خشک در شروع پر شدن دانه (گرم بر مترمربع)

شکل ۳- رابطه بین شاخص برداشت و شیب خط شاخص برداشت با روز تا شروع پر شدن دانه و کل بیوماس در گرده‌افشانی.



شکل ۴- تغییرات شاخص برداشت در برابر نسبت ماده خشک تولید شده در طول دوره پر شدن دانه (الف). تغییرات شیب خط شاخص برداشت در برابر نسبت ماده خشک تولید شده در طول دوره پر شدن دانه (ب).

رابطه بین شاخص برداشت در برابر f_G از یک مدل نمایی تبعیت کرد به طوری که با افزایش در f_G ، شاخص برداشت نیز افزایش یافت. نتایج به دست آمده از پارامترهای این مدل نشان داد که بین ارقام اختلاف معنی داری وجود ندارد. بنابراین از یک معادله کلی برای توصیف این ارتباط استفاده شد (جدول ۴). در شکل (۴) منحنی شاخص برداشت در مقابل f_G آمده است با توجه به ضرایب به دست آمده مشخص گردید زمانی که هیچ نوع ماده خشکی بعد از گرده‌افشانی تولید نشد و با توجه به منابع قبل از گرده‌افشانی، مقدار شاخص برداشت به ۲۶ درصد رسید و در جایی که f_G (۵۲ درصد) خط ۱:۱، منحنی شاخص برداشت را قطع کرد برای پر شدن دانه نیازی به استفاده از ذخایر قبل از

گرده افشانی نیست و فتوستتز جاری سبب پرشدن دانه شد. با افزایش مقدار f_G بعد از این مقدار درصد شاخص برداشت نیز افزایش می یابد به طوری که وقتی به حداکثر درصد شاخص برداشت (۵۳ درصد) رسید با افزایش در f_G تغییری در درصد شاخص برداشت حادث نشد.

جدول ۳- ضرایب و مقادیر a ، b و c در مدل خطی $y = ax^2 + bx + c$ بین شیب خط شاخص برداشت در مقابل عوامل مؤثر بر آن ارقام گندم. $RMSE$ جذر میانگین مربعات خطا، CV ضریب تغییرات و R^2 ضریب تبیین هستند.

R^2	CV	RMSE	c±se	b±se	a±se	رقم	dHI/dt
۰/۸۳**	۱۲	۰/۱۵	-۱/۱۴±۰/۴۰	۰/۳۲±۰/۰۵	-۰/۰۰۹±۰/۰۰۱	کوهدشت	
۰/۰۹ ^{ns}	۲۸	۰/۳۸	۰/۳۸±۰/۹۴	۰/۱۲±۰/۱۱	-۰/۰۰۴±۰/۰۰۳	شیرودی	میانگین دما قبل از شروع پر شدن دانه
۰/۶۱**	۲۲	۰/۲۶	-۰/۰۹±۰/۶۷	۰/۲۰±۰/۰۸	-۰/۰۰۷±۰/۰۰۲	تجن	
۰/۶۶**	۲۶	۰/۲۸	-۰/۱۷±۰/۷۰	۰/۲۱±۰/۰۸	-۰/۰۰۷±۰/۰۰۲	زاگرس	
۰/۴۵**	۲۵	۰/۳۰	-۰/۲۳±۰/۳۸	۰/۲۱±۰/۰۴	-۰/۰۰۷±۰/۰۰۱	کل ارقام	
۰/۶۴**	۱۷	۰/۲۲	۰/۵۱±۰/۱۳	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۲±۲/۷۹ ^v	کوهدشت	ماده خشک تجمعی
۰/۱۱ ^{ns}	۲۸	۰/۳۸	۰/۸۹±۰/۲۹	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۹	-۰/۰۰۰۰۰۰۸±۷/۰۶	شیرودی	قبل از شروع پر شدن دانه
۰/۶۴**	۲۱	۰/۲۵	۰/۰۲±۰/۲۲	۰/۰۰۴±۰/۰۰۰۸	-۰/۰۰۰۰۰۰۳±۶/۷۰	تجن	
۰/۷۹**	۲۱	۰/۲۲	-۰/۶۲±۰/۲۲	۰/۰۰۴±۰/۰۰۰۶	-۰/۰۰۰۰۰۰۲±۴/۱۰	زاگرس	
۰/۳۹**	۲۶	۰/۳۲	۰/۳۷±۰/۱۲	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۱±۲/۵۲	کل ارقام	
۰/۲۴ ^{ns}	۱۳	۰/۱۸	۱/۲۰±۰/۱۰۳	۱/۱۸±۱/۱۲	-۱/۲۸±۲/۴۸	کوهدشت	
۰/۶۳**	۱۹	۰/۲۵	۰/۹۶±۰/۰۵۵	۰/۵۷±۰/۸۴	۳/۹۹±۲/۵۲	شیرودی	f_G
۰/۴۹**	۱۸	۰/۲۴	۱/۱±۰/۱۱۵	۱/۰۱±۰/۹۵	-۱/۴۹±۲/۲۰	تجن	
۰/۵۷**	۲۱	۰/۲۶	۰/۷۶±۰/۱۱۵	۴/۲۲±۱/۰۶	-۶/۴۹±۲/۴۹	زاگرس	
۰/۴۶**	۱۹	۰/۲۵	۱/۰۰±۰/۰۵۵	۱/۷۹±۰/۴۹	-۰/۹۲±۱/۲۲	کل ارقام	

بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده و ارزیابی مدل های برآورد شده مشخص گردید که شبیه سازی dHI/dt و شاخص برداشت توسط f_G بهترین برآورد را دارد به طوری که $RMSE$ به دست آمده از مجموع ارقام در مدل برآورد dHI/dt توسط f_G برابر ۰/۲۵ درصد در روز شد که نسبت به مدل های دیگر دارای مقدار کمتری بود (شکل ۴). اگرچه برآورد شاخص برداشت توسط f_G دارای جذر میانگین مربعات خطای کمتری نسبت به دیگر مدل های برآورد شده بود از این رو می توان این معادله را به عنوان معادله برتر در این شرایط تعریف نمود از طرفی با مقایسه R^2 مدل های به دست آمده متوجه می شویم که بیشترین R^2 (۸۷ درصد) مربوط به معادله بین شاخص برداشت با میانگین دما قبل از شروع پر شدن دانه بود.

جدول ۴- مقادیر ضرایب در مدل‌های دوتکه‌ای، درجه دو و نمایی بین شاخص برداشت در مقابل عوامل مؤثر بر آن ارقام گندم. RMSE جذر میانگین مربعات خطا، CV ضریب تغییرات و R^2 ضریب تبیین هستند.

R ²	CV	RMSE	x ₀ ±se	b±se	a±se	رقم	شاخص برداشت
۰/۹۲**	۱۱	۳/۶۱	۱۳/۵۸ ±۰/۷۵	-۲/۶۸±۰/۲۱	۸۱/۷۲±۴/۱۹	کوهدشت	
۰/۸۱**	۲۰	۶/۲۵	۱۳/۶۶ ±۱/۳۰	-۲/۷۱±۰/۳۵	۷۹/۱۸±۷/۲۶	شیرودی	میانگین دما
۰/۸۷**	۱۶	۵/۲۸	۱۳/۱۷ ±۱/۱۶	-۲/۶۱±۰/۲۹	۷۹/۲۵±۶/۰۱	تجن	قبل از شروع پر
۰/۹۲**	۱۷	۴/۹۹	۱۳/۲۷ ±۰/۸۹	-۳/۱۶±۰/۲۸	۸۵/۸۶±۵/۶۳	زاگرس	شدن دانه
۰/۸۷**	۱۷	۵/۲۹	۱۳/۴۴±۰/۵۳	-۲/۸۰±۰/۱۵	۸۱/۷۴±۳/۰۳	کل ارقام	
R ²	CV	RMSE	c±se	b±se	a±se	رقم	
۰/۸۹**	۱۳	۴/۴۸	۱/۵۹ ±۲/۷۷	۰/۰۹ ±۰/۰۱	-۰/۰۰۰۰۵±۰/۰۰۰۰۱	کوهدشت	ماده خشک
۰/۷۸**	۲۴	۷/۱۸	-۷/۰۸ ±۵/۵۸	۰/۰۹ ±۰/۰۲	-۰/۰۰۰۰۳±۰/۰۰۰۰۱	شیرودی	تجمعی قبل از
۰/۸۱**	۱۹	۶/۴۱	-۰/۵۹ ±۵/۴۵	۰/۰۷ ±۰/۰۲	-۰/۰۰۰۰۳±۰/۰۰۰۰۲	تجن	شروع پر شدن
۰/۹۱**	۱۸	۵/۲۹	-۲۶/۸۸±۵/۱۳	۰/۱۳ ±۰/۰۲	-۰/۰۰۰۰۶±۰/۰۰۰۰۱	زاگرس	دانه
۰/۷۶**	۲۲	۷/۱۴	-۵/۵۹ ±۲/۶۷	۰/۰۹ ±۰/۰۱	-۰/۰۰۰۰۴±۰/۰۰۰۰۱	کل ارقام	
R ²	CV	RMSE	K±se	Hi ₀ ±se	Hi _x ±se	رقم	
۰/۳۹**	۱۸	۰/۰۷	۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۰۰۹	۰/۲۹±۰/۰۳۳	۰/۵۲±۰/۰۰۴	کوهدشت	f_G (نسبت ماده
۰/۴۳**	۲۸	۰/۱۱	۱/۰۵ ±۴/۱۱	۰/۲۵±۰/۰۳۸	۰/۷۷±۱/۷۸	شیرودی	خشک) تولید شده
۰/۳۶**	۲۷	۰/۰۹	۱/۳۸ ±۳/۵۹	۰/۲۴±۰/۰۵۴	۰/۷۴±۱/۰۲	تجن	در طول دوره پر
۰/۶۱**	۲۲	۰/۰۸	۰/۰۰۲۲±۰/۰۰۲۶	۰/۱۹ ±۰/۰۳۴	۰/۶۰±۰/۰۰۵	زاگرس	شدن دانه)
۰/۴۳**	۲۳	۰/۰۸	۲/۷۶ ±۱/۶۷	۰/۲۴ ±۰/۰۱۸	۰/۵۳±۰/۱۱	کل ارقام	

منابع

- Bang, M.P., Hammer, G.L. and Rickert, K.G. 1998. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. *Agron. J.* 90: 324-328.
- Bindi, M., Sinclair, T.R. and Harrison, J. 1999. Analysis of seed growth by linear increase in harvest index. *Crop Sci.* 39: 486-493.
- Gallagher, J.N., Biscoe, P.V. and Scott, R.K. 1976. Barley and pts environment. VI. Growth and development in relation to yield. *J. Appl. Ecol.* 13: 563-583.
- Hammer, G.L. and Broad, I.J. 2003. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. *Agron. J.* 95: 199-206.
- Hammer, G.L. and Muchow, R.C. 1994. Assessing climatic risk to sorghum production in water-limited subtropical environments. I. Development and testing of a simulation model. *Field Crops Res.* 36: 221-234.

6. Hammer, G.L., Sinclair, T.R., Boote, K.J. Wright, G.C. Meinke, H. and Bell, M.J. 1995. A peanut simulation model: I. Model development and testing. *Agron. J.* 87: 1085-1093.
7. Jamieson, P.D., Porter, J.R. and Wilson, D.R. 1991. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crops Res.* 27: 337-350.
8. Kemanian, A.R., Stockle, C.O., Huggins, D.R. and Viega, L.M. 2007. A simple method to estimate harvest index in grain crops. *Field Crops Res.* 103: 208-216.
9. Lecoeur, J. and Sinclair, T.R. 2001. Harvest index increase during seed growth of field pea. *Eur. J. Agron.* 14: 173-180.
10. López-Castañeda, C. and Richards, R.A. 1994. Variation in temperate cereals in rainfed environments. I. Grain yield, biomass and agronomic characteristics. *Field Crops Res.* 37: 51-62.
11. Moot, D.J., Jamieson, P.D., Henderson, A.L., Ford, M.A. and Porter, J.R. 1996. Rate of change in harvest index during grain filling of wheat. *J. Agric. Sci.* 126: 387-395.
12. Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. 1989. Growth development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 473-487.
13. Sinebo, W. 2002. Yield relationships of barley grown in a tropical highland environment. *Crop Sci.* 42: 428-437.
14. Spaeth, S.C. and Sinclair, T.R. 1984. Soybean seed growth. II. Individual seed mass and component compensation. *Agron. J.* 76: 128-133.
15. Spaeth, S.C. and Sinclair, T.R. 1985. Linear increase in soybean harvest index during seed-filling. *Agron. J.* 77: 207-211.
16. Sofield, I.F., Wardlaw, L., Evans, T. and Zee, S.Y. 1977. Nitrogen phosphorus and water contents during grain development and maturation in water, *Aust. J. Plant Ph.* 4: 799-810.
17. Soltani, A., Torabi, B. and Zarei, H. 2005. Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: application in chickpea, *Field crops research.* 91: 273-285.
18. Stöckle, C.O., Martin, S.A. and Campbell, G.S. 1994. CropSyst, a cropping systems simulation model: water/nitrogen budgets and crop yield. *Agric. Sys.* 46: 335-359.
19. Villalobos, F.J., Hall, A.J., Rithchie, J.T. and Orgaz, F. 1996. OILCROP-SUN: a development, growth, and yield model of the sunflower crop. *Agron. J.* 88: 403-415.
20. Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R. and Spaniel, D.A. 1989. The EPIC crop growth model. *Trans. ASAE.* 32: 497-511.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 17(2), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Determination parameters simulation yield by harvest index in wheat

***R. Arabameri¹, A. Soltani², B. Kamkar³, E. Zainali⁴ and F. Khavari⁵**

¹M.Sc. Graduated, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁵M.Sc. Graduated, Dept. of Agronomy, Islamic Azad University, Bojnord Branch

Received: 17,6,2009 ; Accepted: 15,5,2010

Abstract

Harvest index is one of the important parameters in estimation of modules of seed yield prediction. Since, this parameter undergoes changes under various conditions. Therefore, this research was aimed to prepare relations to estimate it. for this purpose, a compound analysis experiment with randomized complete block design with four replications was conducted at the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources University Research Farm in 2005. The treatments were four wheat varieties (Koohdasht, Shirudi, Tajan, Zagros) and six different sowing dates (14 December, 20 Jan, 20 Feb, 20 March, 16 Apr, 17 May). The results indicated that a significant difference was obvious in different sowing dates in respect to the slope of Harvest Index line (dHI/dt). These changes were attributed to mean temperature, pre-Grain filling accumulated biomass, and fraction of post-anthesis (f_G) produced dry matter. Therefore, based on obtained results and evaluated models, f_G was the best option for simulation of dHI/dt and Harvest Index, in this respect, RMSE of dHI/dt for all varieties by f_G was 0.25 percentage per day which was the lowest one. Therefore, these relations can be used to evaluate the slope of Harvest Index line, or to model grain yield in crop simulation models.

Keywords: Wheat, Harvest index, Harvest index line, Modeling, Grain yield

* Corresponding Author; Email: r_arabameri@yahoo.com