نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره چهارم، زمستان ۹۶
۱-۱۴
http://ejcp.gau.ac.ir

کمی‌کردن تولید و توزیع ماده خشک در اندام‌های مختلف ارقام گلرنگ

***بنیامین ترابی[۱]، حسن سعادت‌خواه[۲]، افشین سلطانی[۳] و بتول مهدوی[۴]**

[۱]استادیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، دانشگاه ولیعصر رفسنجان، [۳]استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار، گروه زراعت، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱٤

چکیده

سابقه هدف: مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی یک ابزار قوی برای بهبود مدیریت زراعی و مطالعه عوامل محدودکننده و کاهنده عملکرد هستند. برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاه زراعی نیاز به تخمین پارامترهای گیاهی مربوط به فنولوژی، سطح برگ و تولید و توزیع ماده خشک می‌باشد. بنابراین این پژوهش با هدف کمی‌کردن تولید ماده خشک و نیز محاسبه ضریب تخصیص ماده خشک به اندام‌های مختلف (برگ، ساقه و دانه) گیاه گلرنگ انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار با سه تاریخ کاشت (١٦ فروردین و ٦ و ٢٧ اردیبهشت) و چهار رقم (٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه) در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان انجام شد. نمونه‌گیری از دو هفته پس از کاشت تا انتهای فصل رشد با فاصله زمانی هر ۱۰-۵ روز انجام شد. در هر نمونه‌گیری وزن خشک اندام هوایی به تفکیک برگ، ساقه و دانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور توصیف روند تغییرات ماده خشک کل (W) در برابر زمان پس از کاشت (t) از مدل نمایی خطی بریده استفاده شد. ضریب تخصیص ماده خشک برای هر یک از اندام‌های گیاه با استفاده از برازش مدل رگرسیون خطی بین داده‌های وزن خشک اندام موردنظر در برابر وزن خشک کل به‌دست آمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد روند تغییرات ماده خشک در طی فصل رشد از منحنی نمایی بریده تبعیت می‌کند. مطابق این مدل حداکثر تجمع ماده خشک بین ارقام در تاریخ کاشت اول بین ۱۱۷۹-۹۷۲، در تاریخ کاشت دوم بین ٦١١-٥٧٦ و در تاریخ کاشت سوم بین ۲۷۷-۱۹۱ گرم بر مترمربع متغیر بود. ضریب تخصیص ماده خشک به برگ بین ۰/٤٥ تا ۰/٥١ در تاریخ کاشت اول، ۰/٥١ تا ۰/٦۰ در تاریخ کاشت دوم و ۰/٤٤ تا ۰/٦١ در تاریخ کاشت سوم متغیر بود و بین ارقام اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه برای ارقام در تاریخ کاشت اول تا سوم به‌ترتیب بین ۰/۳٥ تا ۰/٤۹، ۰/۲٤ تا ۰/٤٤ و ۰/۱٤ تا ۰/۲۳ متغیر بود. ضریب تخصیص ماده خشک به دانه در تاریخ کاشت اول بین ۰/۱٦ تا ۰/٤٤ بود که در تاریخ کاشت دوم در تمام ارقام نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت. ضریب تخصیص ماده خشک به دانه در تاریخ کاشت سوم بین ۰/۳٥ تا ۰/۷٦ متغیر بود و بین ارقام از این لحاظ اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

*مسئول مکاتبه: Ben-Torabi@yahoo.com

نتیجه‌گیری: با استفاده از نتایج تحقیق حاضر استنباط شد که روند تولید و توزیع ماده خشک تحت تأثیر شرایط محیطی (دما و تشعشع خورشیدی) و رقم قرار می‌گیرد. نتایج به‌دست آمده در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داد که با تأخیر در کاشت از میزان سرعت رشد گیاه و نیز تولید ماده خشک کاسته می‌شود. در چنین شرایطی سهم ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه کاهش و سهم ضریب تخصیص ماده خشک به برگ و به‌ویژه دانه افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، کمی کردن، گلرنگ، ماده خشک

مقدمه

تعیین پارامترهای مهم گیاهی مؤثر در تولید، از اهداف مورد اقبال محققان اکولوژی تولید در دهه‌های اخیر بوده است. تعیین این پارامترها به‌این دلیل دارای اهمیت است که کمی‌سازی تولید با هدف بهبود مدیریت‌های زراعی و مطالعه اثر عامل محدودکننده و کاهنده عملکرد و بهینه‌سازی سامانه‌های کشاورزی از ضروریات و اصول بنیادین رهیافت‌های سیستمی است. مدل‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی به‌عنوان یکی از این رهیافت‌ها، ابزاری مفید در تحقیقات علمی و مدیریت زراعی به‌شمار می‌رود (٦) و امکان پیش‌بینی سیستم‌های گیاهی و افزایش فهم درباره چگونگی عملکرد آن‌ها را فراهم می‌آورد (١٤). یکی از عوامل مهم در این مدل‌ها که به‌عنوان شاخص در تمام گیاهان به‌کار می‌رود، وزن خشک بوته می‌باشد (٤). تعیین روند تخصیص مواد بین برگ، ساقه و اندام زایشی امری کلیدی جهت کمی کردن تجمع بیوماس می‌باشد (٥، ٩ و ١٠). در گیاه نخود از سبز شدن تا مرحله رشد دانه، الگوی دو مرحله‌ای برای تخصیص ماده خشک بین برگ‌ها و ساقه‌ها مشاهده شد. در مقادیر کمتر وزن خشک کل، ٥٤ درصد ماده خشک تولید شده به برگ‌ها اختصاص یافت، اما در مقادیر بیشتر ماده خشک، به‌عبارت دیگر در شرایط مساعد و طولانی برای رشد رویشی، ٢٨ درصد ماده خشک تولید شده به برگ‌ها اختصاص یافت. در طول دوره شروع غلاف‌دهی تا شروع رشد دانه، به‌ترتیب ٦٠، ٢٧ و ١٣ درصد ماده‌خشک تولید شده به ساقه، غلاف و برگ‌ها تخصیص یافت. در طول دوره شروع رشد دانه تا رسیدگی، ٨٣ درصد ماده خشک به غلاف‌ها تخصیص داده شد (١٢).

در بیشتر مدل‌های رشد، توزیع ماده خشک بر اساس روابط تجربی و با توجه به تغییرات بیوماس کل گیاه به‌صورت تابعی از واحد زمان یا دما شرح داده می‌شود (٤). نمونه‌ای از کاربردهای مدل‌سازی، در شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان مختلف وجود دارد که از آن جمله می‌توان به نتایج تحقیق سلطانی و همکاران (٢٠١٣) که در ساخت مدل SSM از ضرایب توزیع ماده خشک برای شبیه‌سازی رشد اندام‌های مختلف و عملکرد دانه استفاده کردند اشاره نمود. در مدل SPASS نیز از همین روش برای مدل‌سازی توزیع ماده خشک استفاده می‌شود (١٥). بنابراین با توجه به اهمیت روند تولید و توزیع ماده خشک در عملکرد گیاه، تحقیق حاضر جهت بررسی و تعیین پارامترهای مذکور برای گیاه گلرنگ تحت تأثیر رقم و تاریخ کاشت‌های مختلف انجام شد. این پژوهش با اهداف (١) کمی کردن تولید ماده خشک و (٢) محاسبه ضریب توزیع ماده خشک برای اندام‌های مختلف (ساقه، برگ و دانه) گیاه گلرنگ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در فاصله زمانی اسفندماه ۱۳۹۰ تا مرداد ماه ۱۳۹۱ به‌منظور کمی کردن تولید و توزیع ماده خشک گلرنگ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۳ دقیقه و طول جغرافیایی ٥٦ درجه و با ارتفاع ١٤٦٩ متر از سطح دریا اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. آزمایش با دو عامل شامل تاریخ کاشت با سه سطح (١٦ فروردین، ٦ اردیبهشت و ۲۷ اردیبهشت) و ارقام در چهار سطح (رقم محلی‌اصفهان، سینا، ٤١١ و صفه) در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ابعاد ۲/۵×۲ مترمربع و حاوی پنج ردیف کاشت بود. زمین آزمایش در پاییز سال قبل شخم عمیق خورده و در بهار به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها دیسک زده شد. پس از دیسک زدن، جوی و پشته‌ها به‌وسیله دست با فاصله بین ردیف ٤٠ سانتی‌متر ایجاد شدند. خاک مزرعه موردنظر دارای بافت لومی بود و با توجه به نتایج تجزیه خاک محل آزمایش، کودهای فسفاته و پتاسه از هر کدام ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و مقدار ١٤٠ کیلوگرم در هکتار کود اوره بعد از کاشت در دو نوبت شروع ساقه‌دهی و آغاز طبق‌دهی به‌صورت سرک استفاده شد. عمق کاشت در حدود چهار سانتی‌متر در نظر گرفته شد و آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت و آبیاری دوم به فاصله یک هفته بعد صورت پذیرفت و مراحل بعدی آبیاری در طول فصل رشد به گونه‌ای صورت پذیرفت که هیچ‌گونه علایم تنش خشکی در گیاهان مشاهده نگردید. در مرحله چهار تا شش برگی برای رسیدن به تراکم مطلوب (٤٠ بوته در مترمربع) عمل تنک کردن بوته‌ها انجام و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. اندازه‌گیری‌ها و یادداشت‌برداری‌هایی در طول فصل شامل اندازه‌گیری‌های سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی به تفکیک هر اندام (برگ، ساقه و دانه) انجام شد. بدین منظور، از دو هفته پس از کاشت تا انتهای فصل رشد با فاصله زمانی هر ۱۰ (ابتدای رشد تا ساقه‌دهی) تا ٥ روز (ساقه‌دهی تا پایان رشد) ۷ بوته انتخاب و کف‌بر شدند و به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی به تفکیک هر اندام، به آزمایشگاه منتقل شدند. سطح برگ‌های سبز، با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج[1] اندازه‌گیری شد و شاخص سطح برگ سبز محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، برگ‌ها و ساقه‌ها را داخل پاکت قرار داده و سپس درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و بعد از خشک شدن، به وسیله ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، وزن خشک آن‌ها تعیین گردید و نهایتا به مقدار ماده خشک در مترمربع تبدیل شدند. به‌منظور توصیف روند تغییرات ماده خشک (W) در برابر زمان پس از کاشت (t)، مدل‌های رگرسیون غیرخطی مختلفی از جمله (مدل نمایی خطی بریده، مدل نمایی خطی متقارن، مدل لجستیک، مدل گمپرتز، مدل بتا ۱، مدل بتا ۲، مدل بتا ۳، مدل ریچاردز ۱ و مدل ریچاردز ۲) مورد بررسی قرار گرفتند که از بین این مدل‌ها، مدل نمایی خطی بریده بهترین مدل شناخته شد (نتایج نشان داده نشده است) که معادله آن عبارت است از (۳ و ١٦):

$$W=\begin{cases}\dfrac{c_m}{r_m}\ln\left[1+e^{r_m(t-t_m)}\right] & if \quad t<t_m+W_{max}/c_m\\ W_{max} & if \quad t\geq t_m+W_{max}/c_m\end{cases}$$

که در آن W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، c_m حداکثر سرعت رشد محصول در فاز خطی رشد، r_m حداکثر سرعت رشد نسبی در فاز نمایی رشد و t_m

1- Delta T Devices, Cambridge, UK

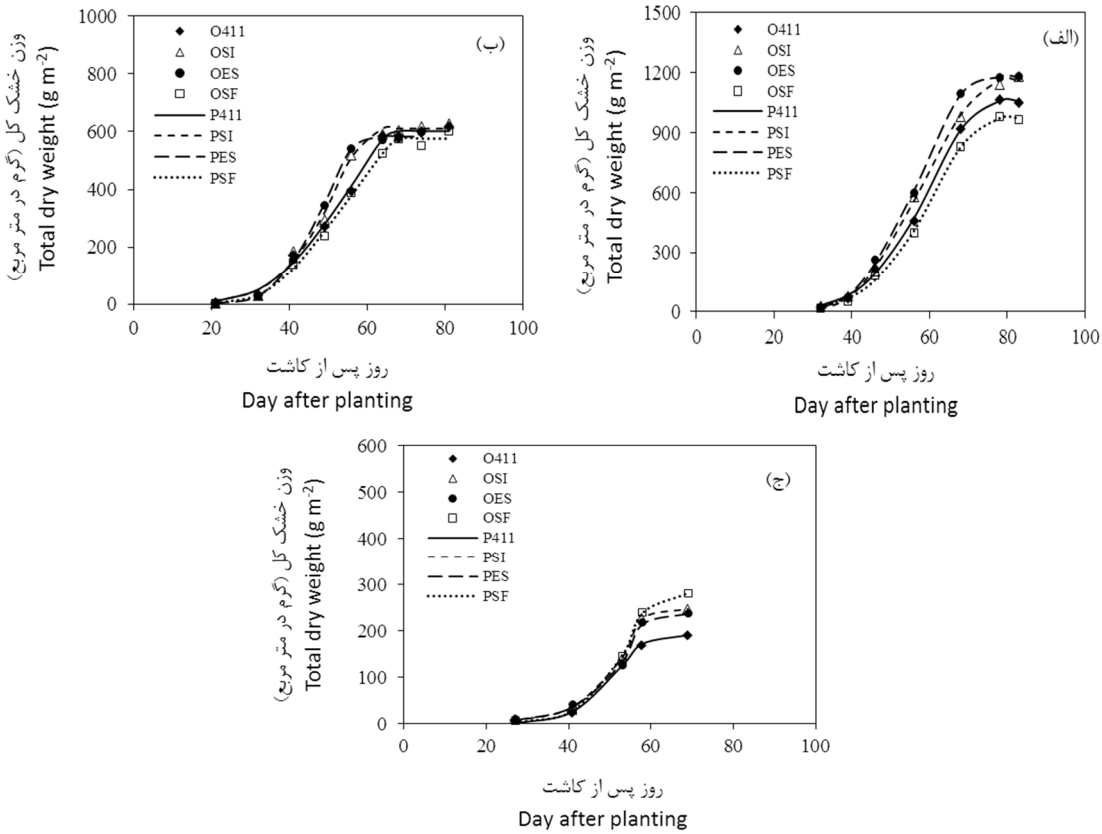
زمان تا شروع فاز خطی رشد می‌باشد. بر اساس این مدل در زمان t_m+W_{max}/c_m رشد گیاه به پایان می‌رسد (طول دوره رشد) و پس از آن رشد به‌طور ناگهانی وارد دوره عدم رشد (فاز پیری) می‌شود.

برازش مدل‌ها بر داده‌های تجمع ماده خشک و تخمین پارامترهای مدل با روش مطلوب‌سازی تکراری با کمک رویه PROC NLIN نرم‌افزار SAS صورت گرفت (۱۱). در روش مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام گرفت که بهترین برآورد از پارامتر به‌دست آید.

ضریب تخصیص ماده خشک برای هر یک از اندام‌های گیاه با استفاده از برازش مدل رگرسیون خطی بین داده‌های وزن خشک اندام موردنظر در برابر وزن خشک کل به‌دست آمد. مقایسه پارامترهای مدل‌های تولید و توزیع ماده خشک در بین ارقام بر اساس حدود اطمینان ۹۵ درصد تخمین پارامترها صورت گرفت.

نتایج و بحث

تولید ماده خشک: شکل (۱) روند تغییرات تجمع ماده خشک کل را برای مدل نمایی خطی بریده در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد. روند تغییرات تجمع ماده خشک در گیاه گلرنگ به‌دلیل داشتن مرحله روزت در مراحل اولیه، رشد کندی داشته و افزایش وزن خشک در این دوره نسبت به زمان ناچیز است. در این دوره فعالیت گیاه منحصربه تولید برگ و افزایش وزن خشک در برگ‌ها بوده است. نتایج نشان داد در تاریخ کاشت اول بین ارقام مختلف بین ٤٠/٥ تا ٤٧ روز پس از کاشت، فاز خطی رشد (t_m) شروع شد که بین زمان لازم برای شروع فاز خطی رشد (t_m) در بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در تاریخ کاشت دوم بین ارقام مختلف بین ۳۵/۲ تا ٤٠/٧ روز پس از کاشت فاز خطی رشد شروع شد که بین t_m در بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول زمان شروع فاز خطی رشد در تمام ارقام به‌دلیل افزایش دما و طول روز کاهش یافت که این نیز باعث کاهش طول دوره رشد رویشی می‌شود. در تاریخ کاشت سوم به‌دلیل عدم برازش مدل بر داده‌ها، t_m به‌طور ثابت برای ارقام در نظر گرفته شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که حداکثر سرعت رشد نسبی در فاز نمایی رشد (r_m) در بین ارقام مختلف بین ۰/۱٤۹ تا ۰/۲٦۸ گرم بر گرم در روز برای تاریخ کاشت اول، ۰/۱۵۲ تا ۰/۲۵۹ گرم بر گرم در روز برای تاریخ کاشت دوم و ۰/۱۱۹ تا ۰/۳۱٦ گرم بر گرم در روز برای تاریخ کاشت سوم بود که از این لحاظ بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱).



شکل ١- روند تغییرات تجمع ماده خشک در ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج) توسط مدل نمـایی خطی بریده. علائم اختصاری ٤١١، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه هستند. همچنین علامت O نشان دهنده داده‌های مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بین این داده‌ها توسط مدل می‌باشد.

Figure 1. The trend of dry matter accumulation in different cultivars on the first (a), second (b) and third (c) planting dates by the truncated expolinear model. Abbreviations of 411, SI, ES and SF show the 411, Sina, Local Isfahan and Sofeh cultivars, respectively. The symbol O represents the observed data, and P is the fitted line by the model.

جدول ١- تخمین ضرایب مدل نمایی خطی بریده که در آن t_m زمان از دست رفته تا شروع فاز خطی، r_m حدکثر سرعت رشد نسبی در فاز نمایی رشد، c_m حداکثر سرعت رشد محصول در فاز خطی رشد و W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک می‌باشد. اعداد داخل پرانتز ثابت در نظر گرفته شدند. ارقام عبارتند از ٤١١، سینا (SI)، محلی اصفهان (ES)، صفه (SF).

Table 1. Estimate the coefficients of truncated expolinear model. t_m time to linear phase, r_m maximum relative growth rate in the exponential growth phase, c_m maximum crop growth rate in linear growth phase and W_{max} is the maximum amount of dry matter. Numbers in parentheses were fixed. The Cultivars are included 411, Sina (SI), Local Isfahan (ES), general (SF).

W_{max}±SE	c_m±SE	r_m±SE	t_m±SE	رقم Cultivar	تاریخ کاشت Planting date
1058.6 ± 14.58	39.9 ± 4.81	0.154 ± 0.0313	45.3 ± 2.76	411	اول
1161.8 ± 18.83	36.0 ± 2.83	0.260 ± 0.1069	40.5 ± 1.73	SI	(First)
1179.1 ± 8.91	40.3 ± 1.46	0.240 ± 0.3540	40.9 ± 0.81	ES	
971.7 ± 13.84	38.9 ± 5.52	0.149 ± 0.0308	47.0 ± 3.15	SF	
602.1 ± 12.03	20.6 ± 2.91	0.166 ± 0.0622	36.1 ± 3.49	411	دوم
611.1 ± 12.21	31.2 ± 12.92	0.150 ± 0.0622	40.7 ± 7.47	SI	(Second)
583.2 ± 6.20	27.9 ± 2.23	0.259 ± 0.0650	36.6 ± 1.38	ES	
576.1 ± 10.89	18.2 ± 1.94	0.220 ± 0.1089	35.2 ± 2.45	SF	
191.2 ± 6.55	9.57 ± 0.29	0.316 ± 0.1010	(40)	411	سوم
247.5 ± 2.93	33.0 ± 1.05	0.130 ± 0.0046	(55)	SI	(Third)
237.2 ± 7.81	44.3 ± 5.32	0.119 ± 0.0102	(60)	ES	
277.3 ± 3.27	25.7 ± 0.58	0.170 ± 0.0069	(50)	SF	

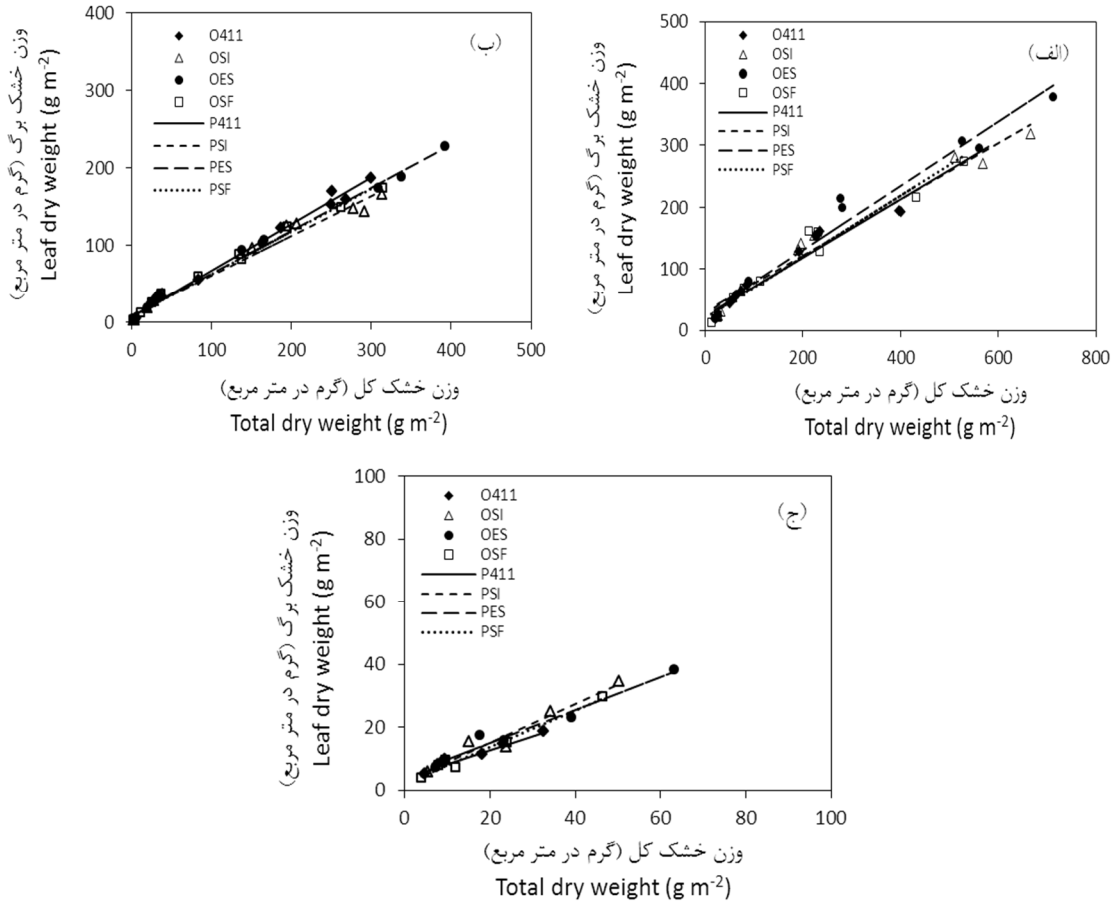
نتایج نشان داد در تاریخ کاشت اول حداکثر سرعت رشد گیاه در فاز خطی (c_m) در بین ارقام مختلف بین ۳۶ تا ۴۰/۳ گرم در مترمربع در روز بود و در تاریخ کاشت دوم بین ۱۸/۲ تا ۳۲/۲ گرم در مترمربع در روز بود که در هر دو تاریخ کاشت بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در تاریخ کاشت سوم از لحاظ سرعت رشد گیاه در فاز خطی در بین بعضی از ارقام اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در این تاریخ کاشت ژنوتیپ ٤١١ با ۹/۵ گرم در مترمربع در روز کمترین سرعت رشد در فاز خطی را داشت که از این نظر با ارقام دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). سرعت رشد در فاز خطی برای رقم صفه نیز برابر با ۲۵/۷ گرم در مترمربع در روز بود که با سینا با سرعت رشد ۳۳ گرم در مترمربع در روز اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). بین رقم محلی‌اصفهان و سینا از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کاهش سرعت رشد محصول در فاز خطی رشد با تأخیر در کاشت، احتمالا به‌دلیل افزایش درجه حرارت و در نتیجه کاهش طول دوره رشد می‌باشد که باعث می‌شود شاخص سطح برگ کم و جذب نور کاهش یابد در نتیجه سرعت تولید ماده خشک نیز کاهش یافت. با توجه به پارامترهای مدل، در تاریخ کاشت اول از لحاظ حداکثر تجمع ماده خشک (W_{max}) بین بعضی از ارقام اختلاف معنی‌داری وجود داشت. رقم محلی‌اصفهان با ۱۱۷۹/۱ گرم در مترمربع دارای بیشترین تجمع ماده خشک بود که اختلاف معنی‌داری با رقم سینا با حداکثر تجمع ماده خشک ۱۱٦۱/۸ گرم در مترمربع نشان نداد (جدول ۱). نتایج نشان داد بین رقم محلی‌اصفهان با ارقام ٤١١ با حداکثر تجمع ماده خشک ۱۰۵۸/٦ و رقم صفه با ۹۷۱/۷ گرم در مترمربع اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). رقم صفه دارای کمترین تجمع ماده خشک در این تاریخ کاشت بود که فقط با ژنوتیپ ٤١١ اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد تولید ماده خشک بیشتر در ارقام به شاخص سطح برگ و طول دوره رشد رویشی بیشتر مربوط می‌شود. نتایج نشان داد در تاریخ کاشت دوم حداکثر تجمع ماده خشک بین ٥٧٦/١ تا ٦١١/١ گرم در مترمربع بود که بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در تاریخ کاشت سوم از لحاظ حداکثر تجمع ماده خشک در بین بعضی از ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در این تاریخ کاشت رقم صفه با ۲۷۷/۳ گرم در مترمربع بیشترین تجمع ماده خشک را دارا بود که از این نظر فقط با رقم محلی‌اصفهان اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). حداکثر تجمع ماده خشک در رقم سینا ۲٤۷/۵ گرم در مترمربع بود که با رقم محلی‌اصفهان با حداکثر تجمع ماده خشک ۲۳۷/۲ گرم در مترمربع اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). غدیریان و همکاران (۲۰۱۲) جهت بررسی تغییرات وزن خشک در مقابل زمان پس از کاشت از مدل‌های مختلف (لجستیک، ریچاردز، گمپرتز، ویبول، نمایی خطی بریده، نمایی خطی متقارن، بتا ۱ و بتا ۲) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تمام مدل‌های مورد استفاده به‌خوبی روند تغییرات وزن خشک و سطح برگ را در برابر زمان (روز پس از کاشت) توصیف کردند و از این مدل‌ها می‌توان در مطالعات آنالیز رشد استفاده کرد (۲). در تحقیق دیگری مدل بتا با ٦ معادله دیگر (لجستیک، ریچاردز، گمپرتز، ویبول و دو معادله نمایی خطی بریده و متقارن) مقایسه شدند و هر کدام از مدل‌ها را به داده‌های تجمع وزن خشک دانه (در شش ژنوتیپ گندم)، تجمع وزن خشک تک بوته (ذرت) و همچنین تجمع وزن خشک کل در واحد سطح (نخود فرنگی و گندم) برازش داده شدند که تمام معادلات به‌درستی تغییرات سیگموییدی پر شدن دانه، رشد گیاه و تولید ماده خشک گیاه را توصیف کردند (١٦). در مطالعه ین و همکاران (۲۰۰۳) مدل نمایی خطی بریده و مدل

بتا نسبت به سایر مدل‌ها برازش مناسب‌تری داشتند (١٦).

توزیع ماده خشک به اندام‌های مختلف

برگ: تعیین روند تخصیص مواد بین برگ، ساقه و اندام زایشی امری کلیدی جهت کمی کردن تجمع بیوماس می‌باشد. به‌طورکلی در گیاهان رشد محدود، کسر تخصیص آسیمیلات‌ها به برگ‌ها در مراحل اولیه فصل رشد بالاست و در ادامه و با شروع به ساقه رفتن و طویل شدن ساقه کاهش می‌یابد و در انتهای مرحله رشد برگ به صفر می‌رسد. نحوه توزیع ماده خشک در گیاهان زراعی تعیین‌کننده عملکرد گیاه می‌باشد. توانایی پیش‌بینی پتانسیل عملکرد دانه با استفاده از محاسبه سرعت تجمع ماده خشک و توزیع آن در اندام‌های مختلف امکان‌پذیر است (١). شکل ٢ روند تخصیص ماده خشک به برگ نسبت به ماده خشک کل در طول فصل رشد را برای ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد. جدول ٢ ضریب تخصیص ماده خشک به برگ از سبز شدن تا گلدهی (زمانی‌که تجمع ماده خشک برگ به حداکثر می‌رسد) را نشان می‌دهد. نتایج مربوط به معادله خطی نشان داد ضریب تخصیص ماده خشک به برگ‌ها در تاریخ کاشت اول بین ٠/٤٥ تا ٠/٥١ می‌باشد که بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٢). درصورتی‌که رقم محلی‌اصفهان از سبز شدن تا گلدهی (٦٢ روز پس از کاشت) به‌طور میانگین ٠/٥١ از ماده خشک تولید شده را به برگ تخصیص داد. ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در ارقام صفه، ٤١١ و سینا به‌ترتیب برابر با ٠/٤٩، ٠/٤٧ و ٠/٤٥ بود. با این حال که رقم صفه دارای ضریب تخصیص ٠/٤٩ می‌باشد ولی به‌دلیل این‌که دارای ماده خشک کل کمتری نسبت به سایر ارقام می‌باشد (جدول ١) شاخص سطح برگ آن نیز نسبت به ارقام دیگر کمتر است. با تأخیر در کاشت ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در تمام ارقام در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت. نتایج نشان داد کمترین ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در تاریخ کاشت دوم با ٠/٥١ مربوط به رقم سینا بود که اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ ٤١١ داشت (جدول ٢). ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در ژنوتیپ ٤١١ با ١٣ درصد افزایش نسبت به تاریخ کاشت اول به ٠/٦٠ در تاریخ کاشت دوم رسید که اختلاف معنی‌داری با ارقام صفه و محلی‌اصفهان نداشت (جدول ٢). در این تاریخ کاشت رقم سینا و صفه نیز با ٦ درصد افزایش ضریب تخصیص ماده خشک به برگ آن‌ها نسبت به تاریخ کاشت اول، به‌ترتیب به ٠/٥١ و ٠/٥٥ رسیدند. رقم محلی‌اصفهان با ٤ درصد افزایش ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در آن نسبت به تاریخ کاشت اول، به ٠/٥٥ رسید (جدول ٢). ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در تاریخ کاشت سوم بین ٠/٤٤ تا ٠/٦١ بود که بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٢). با تأخیر در کاشت ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در ارقام سینا و صفه نسبت به تاریخ کاشت دوم به‌ترتیب با ١٠ و ٣ درصد افزایش به ٠/٦١ و ٠/٥٨ در تاریخ کاشت سوم رسید ولی ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در ارقام ٤١١ و محلی‌اصفهان با تأخیر در کاشت به‌ترتیب با ١٦ و ٣ درصد کاهش به ٠/٤٤ و ٠/٥٢ در تاریخ کاشت سوم رسید (جدول ٢). در هر سه تاریخ کاشت رقم‌های سینا و صفه با تأخیر در کاشت، ضریب تخصیص ماده خشک آن‌ها به برگ افزایش یافت. می‌توان بیان نمود که ضریب تخصیص ماده خشک به برگ در رقم محلی‌اصفهان ثبات بیشتری داشت که این نیز می‌تواند به‌این دلیل باشد که چون این رقم بومی کشور ایران است کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (٧) و در نتیجه با ثبات بیشتری ماده خشک به برگ منتقل شد. در صورتی نیز می‌توان گفت که ژنوتیپ ٤١١ دارای بیشترین تغییر

ضریب تخصیص ماده خشک به برگ می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل حساس بودن این رقم به شرایط آب و هوایی منطقه باشد که با تأخیر در کاشت و افزایش دما، این رقم بیشتر ماده خشک تولید شده را برای حفظ بقای نسل به سمت قسمت‌های زایشی تخصیص می‌دهد. اگرچه سهم برگ در ارقام با تأخیر در کاشت افزایش یافته، اما این به‌این معنی نیست که گیاه در این تاریخ‌های کاشت از سطح برگ بیشتری برخوردار بوده است، بلکه علت آن کوتاه شدن ساقه‌ها و کاهش سهم آن‌ها از کل ماده خشک تولید شده است. نتایج این آزمایش با نتایج احمد امینی (۲۰۱۱) همخوانی دارد (۱). مداح یزدی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در گیاه نخود و گندم در سطوح پایین مقدار ماده خشک کل، سهم بیشتری از ماده خشک به برگ‌ها اختصاص می‌یابد. طبق گزارش ایشان و همکاران متوسط نسبت ماده خشک توزیع شده بین برگ و ساقه در طول مرحله رویشی در رقم زاگرس و تجن حدود ۳۰:۷۰ و در گیاه نخود این نسبت حدود ۵۰:۵۰ به‌دست آمد(۸).



شکل ۲- روند تخصیص ماده خشک به برگ در طول فصل رشد برای ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب)، سوم (ج). علائم اختصاری ۴۱۱، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ۴۱۱، سینا، محلی‌اصفهان و صفه هستند. همچنین علامت O نشان دهنده داده‌های مشاهده شده و P نشان دهنده خط برازش یافته بین این داده‌ها توسط مدل می‌باشد.

Figure 2. The trend of dry matter partitioning to leaves during the growing season in different cultivars on the first (a), second (b) and third (c) planting dates by the truncated expolinear model. Abbreviations of 411, SI, ES and SF show the 411, Sina, Local Isfahan and Sofeh cultivars, respectively. The symbol O represents the observed data, and P is the fitted line by the model.

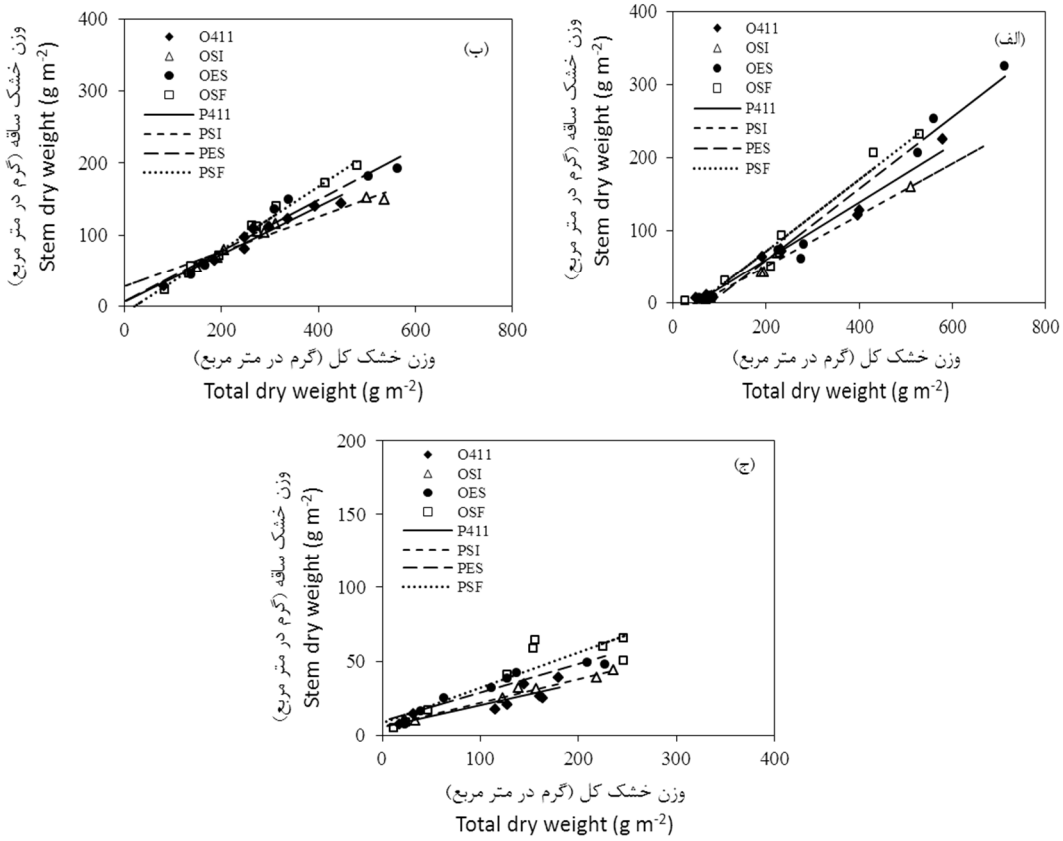
جدول ٢- ضرایب معادله خطی توصیف کننده توزیع ماده خشک به برگ. R^2 ضریب تبیین، RMSD جذر میانگین مربع انحرافات، b ضریب تخصیص ماده خشک به برگ و a عرض از مبدأ می‌باشد. ارقام عبارتند از ٤١١، سینا (SI)، محلی اصفهان (ES)، صفه (SF).

Table 2. Coefficients of the linear equation describing dry matter partitioning to leaves. R^2 is coefficient of determination, RMSD root mean square deviations, *b* coefficient of dry matter partitioning to leaves and *a* the intercept. The Cultivars are included 411, Sina (SI), Local Isfahan (ES), Sofeh (SF).

RMSD	R^2	*a*± *SE*	*b*± *SE*	رقم Cultivar	تاریخ کاشت Planting date
17.6	0.94	23.9 ± 8.0	0.47 ± 0.038	411	اول
17.0	0.97	31.1 ± 6.9	0.45 ± 0.022	SI	(First)
21.3	0.97	26.8 ± 8.8	0.51 ± 0.026	ES	
17.8	0.96	20.3 ± 7.2	0.49 ± 0.031	SF	
6.6	0.99	7.1 ± 2.8	0.60 ± 0.016	411	دوم
10.3	0.97	9.5 ± 4.3	0.51 ± 0.020	SI	(Second)
6.7	0.99	7.9 ± 2.7	0.55 ± 0.014	ES	
6.6	0.98	7.7 ± 2.7	0.55 ± 0.018	SF	
1.1	0.96	3.9 ± 0.8	0.44 ± 0.045	411	سوم
2.6	0.95	2.8 ± 1.9	0.61 ± 0.068	SI	(Third)
2.3	0.96	4.6 ± 1.5	0.52 ± 0.047	ES	
1.6	0.97	2.2 ± 1.0	0.58 ± 0.044	SF	

ساقه: شکل (٣) روند تخصیص ماده خشک به ساقه نسبت به ماده خشک کل در طول فصل رشد را برای ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در تاریخ کاشت اول ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه در ارقام محلی‌اصفهان و صفه ٠/٤٩ می‌باشد که با ارقام سینا و ٤١١ به‌ترتیب با ضریب تخصیص ٠/٣٥ و ٠/٣٩ تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ٣). از این لحاظ بین ارقام سینا و ٤١١ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٣). با تأخیر در کاشت ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه در تمام ارقام در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش یافت (جدول ٣). به‌این صورت که ارقام ٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه به‌ترتیب با ٦، ١١، ١٤ و ٥ درصد کاهش ضریب تخصیص ماده خشک آن‌ها به ٠/٣٣، ٠/٢٤، ٠/٣٥ و ٠/٤٤ در تاریخ کاشت دوم رسید (جدول ٣). در این تاریخ کاشت بیشترین و کمترین ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه به‌ترتیب مربوط به رقم صفه و سینا بود که با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ٣). با تأخیر بیشتر در کاشت ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه در تمام ارقام نیز کاهش یافت به‌این صورت که ارقام ٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه به‌ترتیب با ١٩، ٨، ١٦ و ٢١ درصد کاهش ضریب تخصیص ماده خشک آن‌ها به ٠/١٤، ٠/١٦، ٠/١٩ و ٠/٢٣ درصد در تاریخ کاشت سوم رسید (جدول ٣). در بین ارقام مختلف از لحاظ ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه در تاریخ کاشت سوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٣). ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه عکس تخصیص ماده خشک به برگ قرار گرفت. با تأخیر در کاشت این ضریب در برگ افزایش ولی در ساقه کاهش یافت که این امر به‌دلیل کاهش ارتفاع گیاه با تأخیر در کاشت می‌باشد. در هر سه تاریخ کاشت تمام ارقام با تأخیر در کاشت، ضریب تخصیص ماده خشک آن‌ها به ساقه کاهش یافت (جدول ٤). به‌نظر می‌رسد در شرایط مناسب محیطی (دمای پایین‌تر در تاریخ کاشت اول

نسبت به تاریخ کاشت تأخیری) که تولید ماده خشک بیشتر باشد گیاه، ماده خشک بیشتری به ساقه اختصاص داده تا بتواند گیاه را محکم و استوار برای رشد رویشی نگه دارد. مداح یزدی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در گیاه نخود و گندم در سطوح بالاتر ماده کل ماده خشک (در صورت وجود شرایط محیطی مطلوب برای رشد رویشی) مقدار ماده خشک بیشتری به ساقه اختصاص می‌یابد (۸).



شکل ۳- روند تخصیص ماده خشک به ساقه در طول فصل رشد برای ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج). علائم اختصاری ٤١١، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه هستند. همچنین علامت O نشان دهنده داده‌های مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بین این داده‌ها توسط مدل می‌باشد.

Figure 3. The trend of dry matter partitioning to stem during the growing season in different cultivars on the first (a), second (b) and third (c) planting dates by the truncated expolinear model. Abbreviations of 411, SI, ES and SF show the 411, Sina, Local Isfahan and Sofeh cultivars, respectively. The symbol O represents the observed data, and P is the fitted line by the model.

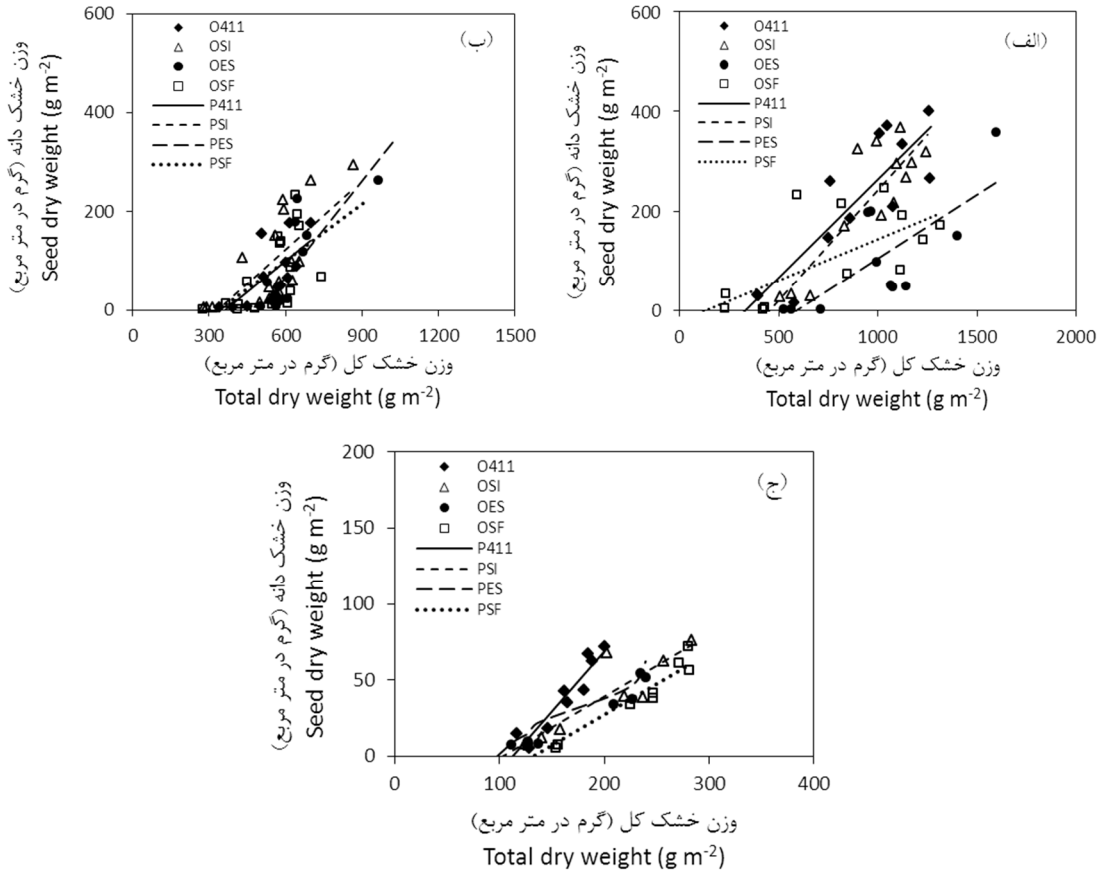
جدول ٣- ضرایب معادله خطی توصیف کننده تخصیص ماده خشک به ساقه. b ضریب تخصیص ماده خشک بـه سـاقه، a عـرض از مبدا، R^2 ضریب تبیین و RMSD جذر میانگین مربع انحرافات می‌باشد. ارقام عبارتند از ٤١١، سینا (SI)، محلی اصـفهان (ES)، صـفه (SF).

Table 3. Coefficients of the linear equation describing dry matter partitioning to stem. R^2 is coefficient of determination, RMSD root mean square deviations, *b* coefficient of dry matter partitioning to stem and *a* the intercept. The Cultivars are included 411, Sina (SI), Local Isfahan (ES), Sofeh (SF).

RMSD	R^2	*a*± *SE*	*b*± *SE*	رقم Cultivar	تاریخ کاشت Planting date
10.4	0.98	-19.4 ± 6.2	0.39 ± 0.02	411	اول
6.1	0.99	-20.1 ± 3.9	0.35 ± 0.01	SI	(First)
19.5	0.97	-39.5 ± 11.1	0.49 ± 0.02	ES	
15.9	0.96	-27.2 ± 8.8	0.49 ± 0.03	SF	
8.9	0.95	6.3 ± 8.6	0.33 ± 0.02	411	دوم
8.5	0.94	28.0 ± 7.9	0.24 ± 0.02	SI	(Second)
15.9	9.94	6.8 ± 13.3	0.35 ± 0.03	ES	
6.6	0.98	-9.2 ± 4.9	0.44 ± 0.01	SF	
5.3	0.79	5.5 ± 3.5	0.14 ± 0.02	411	سوم
2.1	0.97	5.9 ± 1.6	0.16 ± 0.01	SI	(Third)
4.9	0.90	9.5 ± 3.4	0.19 ± 0.02	ES	
11.2	0.81	8.2 ± 7.0	0.23 ± 0.04	SF	

دانه: شکل (٤) روند تخصیص ماده خشک به دانه را برای ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج نشان داد ضریب تخصیص ماده خشک به دانه در تاریخ کاشت اول بین ٠/١٦ تا ٠/٤٤ بود که در بین ارقام اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). ضریب تخصیص ماده خشک به دانه در ارقام سینا، ٤١١، محلی‌اصفهان و صفه به‌ترتیب ٠/٤٤، ٠/٣٩، ٠/٢٥ و ٠/١٦ بود. با این حال‌که رقم محلی‌اصفهان دارای بیشترین تجمع ماده خشک کل در طول فصل رشد نسبت به سایر ارقام (جدول ١) می‌باشد ولی به‌دلیل این‌که ضریب تخصیص ماده خشک به دانه در این رقم نسبت به ارقام سینا و ٤١١ کمتر بود تجمع ماده خشک دانه هم در این رقم کمتر است. نتایج نشان داد ضریب تخصیص ماده خشک در تاریخ کاشت دوم بین ٣٨ تا ٦٤ درصد بود که بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی با تأخیر در کاشت ضریب تخصیص ماده خشک به دانه در تمام ارقام در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش یافت. به‌این صورت که ارقام ٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه به‌ترتیب با ٣، ٢، ٣٤ و ١٨ درصد افزایش به ٠/٤٢، ٠/٤٦، ٠/٦٤ و ٠/٣٨ در تاریخ کاشت دوم رسیدند (جدول ٤). افزایش تخصیص ماده خشک به دانه با تأخیر در کاشت می‌تواند به‌این دلیل باشد که با کوتاه شدن دوره رشد، گیاه مقدار بیشتری از ماده خشک تولید شده را به دانه تخصیص می‌دهد. ضریب تخصیص ماده خشک به دانه با تأخیر بیشتری در کاشت در ارقام ٤١١ و صفه با ٣٤ و ٢ درصد افزایش به ٠/٧٦ و ٠/٤٠ در تاریخ کاشت سوم رسید (جدول ٤). این مقدار در ارقام محلی‌اصفهان و سینا با تأخیر بیشتر در کاشت با ٢٩ و ٦ درصد کاهش به ٠/٣٥ و ٠/٤٠ در تاریخ کاشت سوم رسید. از لحاظ ضریب تخصیص ماده خشک به دانه بین ژنوتیپ ٤١١ با ارقام محلی‌اصفهان و صفه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ٤). تغییرات ضریب تخصیص

ماده خشک به اندام زایشی در ارقام در تاریخ کاشت سوم از روند مشخصی تبعیت نکرد و بیانگر اهمیت تغییر تاریخ کاشت بر نحوه توزیع ماده خشک به اندام زایشی است. ذکر این نکته لازم است که ضریب تخصیص بالاتر به اندام زایشی به معنی عملکرد بالاتر نیست. در تاریخ کاشت‌های مطلوب، سهم بالاتر اندام رویشی که سبب غنای منبع می‌شود سبب حمایت بیشتر از تولید اندام‌های زایشی نیز می‌شود. نتایج این آزمایش با نتایج احمد امینی و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد (۱).



شکل ٤- روند تخصیص ماده خشک به دانه برای ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج). علائم اختصاری ٤١١، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی‌اصفهان و صفه هستند. همچنین علامت O نشان‌دهنده داده‌های مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بین این داده‌ها توسط مدل می‌باشد.

Figure 4. The trend of dry matter partitioning to grain during the growing season in different cultivars on the first (a), second (b) and third (c) planting dates by the truncated expolinear model. Abbreviations of 411, SI, ES and SF show the 411, Sina, Local Isfahan and Sofeh cultivars, respectively. The symbol O represents the observed data, and P is the fitted line by the model.

جدول ٤- ضرایب معادله خطی توصیف کننده تخصیص ماده خشک به دانه که از برازش ماده خشک دانه در مقابل ماده خشک کل گیاه حاصل شده‌اند. R^2 ضریب تبیین، RMSD جذر میانگین مربع انحرافات، b ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه و a عرض از مبدا می‌باشد. ارقام عبارتند از ٤١١، سینا (SI)، محلی اصفهان (ES)، صفه (SF).

Table 2. Coefficients of the linear equation describing dry matter partitioning to grain. R^2 is coefficient of determination, RMSD root mean square deviations, *b* coefficient of dry matter partitioning to grain and *a* the intercept. The Cultivars are included 411, Sina (SI), Local Isfahan (ES), Sofeh (SF).

RMSD	R^2	*a*± *SE*	*b*± *SE*	رقم Cultivar	تاریخ کاشت Planting date
71.4	0.75	-131.3 ± 65.3	0.39 ± 0.070	411	اول
65.2	0.74	-202.3 ± 76.9	0.44 ± 0.078	SI	(First)
78.9	0.55	-151.9 ± 80.5	0.25 ± 0.076	ES	
78.9	0.40	-22.4 ± 59.3	0.16 ± 0.067	SF	
46.7	0.50	-152.9 ± 73.2	0.42 ± 0.130	411	دوم
66.6	0.53	-153.4 ± 62.3	0.46 ± 0.110	SI	(Second)
52.6	0.66	-321.1 ± 79.6	0.64 ± 0.130	ES	
63.6	0.36	-128.8 ± 71.7	0.38 ± 0.300	SF	
8.6	0.88	-88.3 ± 17.7	0.76 ± 0.110	411	سوم
13.5	0.77	-41.6 ± 18.7	0.40 ± 0.090	SI	(Third)
5.9	0.93	-36.5 ± 7.7	0.35 ± 0.040	ES	
7.4	0.92	-53.1 ± 10.1	0.40 ± 0.044	SF	

نتیجه‌گیری کلی

مطابق مدل نمایی خطی بریده حداکثر تجمع ماده خشک بین ارقام در تاریخ کاشت اول بین ٩٧٢ تا ١١٧٩ در تاریخ کاشت دوم بین ٥٧٦ تا ٦١١ و در تاریخ کاشت سوم بین ١٩١ تا ٢٧٧ گرم بر مترمربع متغیر بود. نتایج نشان داد در تاریخ کاشت اول حداکثر سرعت رشد گیاه در فاز خطی (c_m) در بین ارقام مختلف بین ٣٦ تا ٤٠/٣ گرم در مترمربع در روز و در تاریخ کاشت دوم بین ١٨/٢ تا ٣٢/٢ گرم در مترمربع در روز بود که در هر دو تاریخ کاشت بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تاریخ کاشت سوم ژنوتیپ ٤١١ با ٩/٥ گرم در مترمربع در روز کمترین سرعت رشد و رقم سینا با سرعت رشد ٣٣ گرم در مترمربع در روز بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد بین تاریخ کاشت‌ها و ارقام مختلف، دامنه تغییرات ضریب تخصیص ماده خشک به برگ از ٠/٤٤ تا ٠/٦١، ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه ٠/١٤ تا ٠/٤٩ و ضریب تخصیص ماده خشک به دانه بین ٠/١٦ تا ٠/٧٦ متغیر بود. روند تغییرات پارامترهای به‌دست آمده در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داد که با تأخیر در کاشت از میزان سرعت رشد گیاه و نیز تولید ماده خشک گیاه کاسته می‌شود. بنابراین برای افزایش عملکرد اقتصادی گیاه، میزان ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه کاهش و ضریب تخصیص ماده خشک به برگ و به‌ویژه دانه افزایش می‌یابد.

منابع

1. Ahmad-Amini, T., Kamkar, B., and Soltani, A. 2011. The effect of planting date on the allocation coefficients of dry matter in different wheat varieties. J. Crop Prod., 4(1): 150-131. (In Persian)
2. Ghadirian, R., Soltani, A., Zeinali, A., Kalate-Arabi, M., and Bakhshandeh, A. 2012. Evaluation of non-linear regression models for analysis of wheat. J. Crop Prod., 4(3): 77-55. (In Persian)
3. Guadriaan, J., and Monteith, J.L. 1990. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. Ann. Bot., 66: 695-701.
4. Gutierrez Colomer, R.P., Gonzalez-Real, M.M., and Baille, A. 2006. Dry matter production in rose (*Rosa hybrida*) flower shoots. Scientia Hort., 107: 284-291.
5. Hassan, F.U., Leitch, M.H., and Ahmad, S. 1999. Dry Matter Partitioning in linseed (*Linumusitatissimum* L.). J. Agron. Crop Sci., 183: 213-216.
6. Inman-Bamber, N.G., Muchow, R.C., and Robertson, M.J. 2002. Dry matter partitioning of sugarcane in Australia and South Africa. Field Crops Res., 76: 71-84.
7. Khajehpour, M.R. 2005. Industrial Plants. JDE Press. 580p. (In Persian)
8. Madah-Yazdi, V., Soltani, A., Kamkar, B., and Zeinali, A. 2008. Comparative physiology of wheat and chickpea production and decay of leaves. J. Agric. Sci. Natu. Resou., 15(4): 72-63. (In Persian)
9. Nasiri-Mahalati, M. 2000. Processes Growth Crop Potential Modelling. JDM Press., Pp: 280. (In Persian)
10. Robertson, M.J., Silim, S., Chauhan, Y.S., and Ranganathan, R. 2001. Predicting growth and development of pigeonpea: biomass accumulation and partitioning. Field Crops Res. 70: 89-100.
11. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis.JDM Press. 182p. (In Persian)
12. Soltani, A., and Torabi, B. 2009. Crop Modeling: Case studies. JDM Press. 232p. (In Persian)
13. Soltani, A., Maddah, V., and Sinclair, T.R. 2013. SSM-Wheat: a simulation model for wheat development, growth and yield. Int. J. Plant Prod., 7(4): 711-740.
14. 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.
15. Wang, E., and Engel, T. 2002. Simulation of growth, water and nitrogen uptake of a wheat crop using the SPASS model. Environ. Model Software., 17: 387-402.
16. Yin, X., Gouadriaan, J., Latinga, E.A., Vos, J., and Spiertz, J.H. 2003. A flexible sigmoid growth function determinate of growth Ann. Bot., 91: 361-371.