

ارزیابی روابط آلومتریک سطح برگ و صفات رویشی در ارقام گندم نان و دوروم Evaluation of allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in bread and durum wheat cultivars

اسماعیل بخشنده^۱، افشین سلطانی^۲، ابراهیم زینلی^۳، مهدی کلاته‌عربی^۴ و رحمن غدیریان^۵

چکیده

بخشنده، ا.، ا. سلطانی، ا. زینلی، م. کلاته‌عربی و ر. غدیریان. ۱۳۹۰. ارزیابی روابط آلومتریک سطح برگ و صفات رویشی در ارقام گندم نان و دوروم. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۶۴۲-۶۵۷).

این آزمایش به منظور شناخت روابط آلومتریک سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته)، وزن خشک کل اجزای رویشی (گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در ارقام گندم نان و دوروم انجام شد. بدین منظور آزمایشی با استفاده از هفت رقم گندم، شامل دو رقم دوروم (آریا و دنا) و پنج رقم گندم نان (دریا، کوهدهشت، شیروودی، تجن و زاگرس) در دو شرایط کشت آبی و دیم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا شد. نمونه‌برداری از مراحل ابتدای رشد (شروع پنجه‌زنی) تا پایان دوره رشد گیاه انجام شد. در هر نمونه‌برداری سطح برگ، تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک کل اجزای رویشی و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شدند. برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات ذکر شده از یک مدل رگرسیون غیرخطی دو تکه‌ای استفاده گردید. نتایج نشان داد که بین ارقام و دو محیط کشت از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، بنابراین یک معادله توأم است به خوبی روابط بین سطح برگ و سایر صفات را در کلیه ارقام و در هر دو شرایط کشت توجیه کند. سطح برگ در بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی ($R^2=0.92$)، وزن خشک برگ سبز ($R^2=0.96$)، وزن خشک کل اجزای رویشی ($R^2=0.95$) و ارتفاع بوته ($R^2=0.91$) رابطه معنی‌داری داشت که از این روابط می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی گندم و همچنین برای برآورد سریع و آسان سطح برگ در مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیستند، استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد برگ، روابط آلومتریک، سطح برگ، گندم و وزن خشک.

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: Bakhshandehesmail@yahoo.com)
- ۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۴- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
- ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مطالعات زراعی، اکولوژیکی و فیزیولوژیکی است. سطح برگ عامل تعیین کننده جذب تابش، فتوستتر، تجمع ماده خشک و انتقال انرژی توسط پوشش گیاهی است. همچنین، از نظر رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز نیز دارای اهمیت می‌باشد (Jonckheere *et al.*, 2004; Akram-Ghaderi and Soltani, 2007). بنابراین، اندازه گیری دقیق سطح برگ برای درک اثرات متقابل بین رشد و نمو گیاه و محیط ضروری است (De Jesus *et al.*, 2001).

یکی از روش‌های برآورد شاخص‌هایی که اندازه گیری آن‌ها در گیاهان مشکل است (مثل سطح برگ)، استفاده از روابط آلمتریک و به تعریف دیگر یافتن روابطی برای برآورد صفات (پارامترها) با استفاده از خصوصیات گیاهی اندازه گیری شده و یا شبیه‌سازی شده می‌باشد. از مهم‌ترین خصوصیات گیاهی مرتبط با سطح برگ، می‌توان به تعداد گره (برگ) در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه و برگ) و ارتفاع بوته اشاره نمود. روابط زیادی برای توصیف روابط آلمتریک ارائه شده است و از این روابط به طور موقیت‌آمیزی در گیاهان مختلف از قبیل بادام‌زمینی (Ma *et al.*, 1992), سویا (Lieth *et al.*, 1986; Reddy *et al.*, 1998; Romas *et al.*, 2010) یونجه (Sharrett and Baker, 1985)، ارزن (Akram-Ghaderi and Payne *et al.*, 1991) Rahemi *et al.*, 2007; Johnson, 1967)، نخود (Soltani, 2007; Pourreza *et al.*, 2006)، چغندر قند (Aase, 1987; Tsialtas and Maslaris, 2008) و گندم (Tsialtas and Maslaris, 2008) هدف از این آزمایش، یافتن روابط آلمتریک سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته)، وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه و برگ) است.

هدف از این آزمایش، یافتن روابط آلمتریک سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته)، وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه و برگ)

مقدمه

همبستگی رشد بین اندام‌های تشکیل دهنده گیاهان باعث می‌شود که آن‌ها شکل مخصوص به خود را کسب نمایند. روابط بین سرعت رشد اجزای منفرد یک اندام یا یک موجود آلمتری خوانده می‌شود (Gardner *et al.*, 1985). روابط آلمتریک در گیاهان تغییرات رشد و نمو و مشخصات نسبی یک بخش از گیاه در مقایسه با کل یا بخش‌های دیگر گیاه را نشان می‌دهد. این روابط در مقایسات درون گونه‌ای مبنای برای به دست آوردن اطلاعات از وضعیت رشد و نمو گیاهان هستند (Niklas, 1994). هنگامی که روابط آلمتریک برای یک گیاه ویژه ثابت باشد می‌توان از آن‌ها برای پیش‌بینی رشد رویشی گیاه استفاده نمود (Niklas, 1995).

نتایج آزمایش‌های متعددی نشان داده است که توانایی گیاهان در سازگاری با شرایط محیطی به ویژه در گیاهان یکساله می‌تواند روی روابط آلمتریک اثرگذار باشد (Reekie and Bazzaz, 1987; Marvel *et al.*, 1992; Weiner and Thomas, 1992) به علاوه، ممکن است بین ارقام یک گونه از نظر روابط آلمتریک نیز اختلاف وجود داشته باشد. اصلاحات ژنتیکی در گندم (Lenton and Heddon, 1978) و یولاف (Semchenko and Zobel, 2005) منجر به تغییراتی در روابط آلمتریک این گیاهان شده است. ردی و همکاران (Reddy *et al.*, 1998) بیان نمودند که روابط آلمتریک بین ارقام مختلف سویا که در شرایط محیطی یکسان یا شرایط محیطی مختلف رشد کرده بودند، متفاوت بوده و تشخیص آب می‌تواند یک عامل موثر و تغییردهنده این روابط باشد. به طور کلی، از روابط آلمتریک و اطلاعات حاصله از آن‌ها می‌توان برای بهبود مدیریت زراعی، افزایش کارایی به نژادی به دلیل درک بهتر از رشد گیاه و همچنین تجزیه و تحلیل و تفسیر رفتارهای رشد گیاه استفاده نمود.

سطح برگ یکی از شاخص‌های مهم در بسیاری از

جدول یک ارائه شده است.
آزمایش در دو شرایط کشت آبی و دیم با استفاده از هفت رقم گندم، شامل دو رقم گندم دوروم (آریا و دنا) و پنج رقم گندم نان (دریا، کوهدهشت، شیرودی، تجن و زاگرس) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تجزیه داده‌ها به صورت مرکب انجام شد. هر کرت شامل ۱۰ ردیف به طول ۵ متر و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. تراکم، ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بذرها در تاریخ ۲۹ آذر ماه به صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متر از سطح خاک کشت شدند. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم و در تابستان آیش بود.

(گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در گیاه گندم بود. به علاوه اثر ارقام گندم و شرایط کشت بر این روابط مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۳ متری از سطح دریا، اجرا گردید. منطقه مورد آزمایش دارای خاکی با بافت لومنی رسی سیلتی می‌باشد. تغییرات شرایط آب و هوایی در طول دوره آزمایش و آمار بلند مدت (۴۰ ساله) در

جدول ۱- میانگین دمای حداکثر، حداقل و مجموع بارندگی ماهانه در دوره آزمایش در مقایسه با آمار بلند مدت ۴۰ ساله (۱۳۴۶-۸۶) گرگان

Table 1. Means of maximum and minimum temperature and total rainfall for monthly periods during the experiment compared with long-term statistics 40 years (1967-2007) at Gorgan weather condition.

Month	ماه	حداقل دما			حداکثر دما			مجموع بارندگی		
		Exp. duration	دوره آزمایش	بلند مدت	Exp. Duration	دوره آزمایش	بلند مدت	Exp. duration	دوره آزمایش	بلند مدت
December-January	دی	1.7	3.8		11.8	12.9		15.0	56.9	
January-February	بهمن	4.8	3.4		14.3	12.4		112.1	57.6	
February-March	اسفند	6.9	2.5		17.4	14.5		13.4	73.3	
March-April	فروردين	7.8	9.0		17.5	19.3		63.3	60.3	
April-May	اردیبهشت	13.4	13.8		24.2	24.9		29.8	47.2	
June- May	خرداد	18.8	18.4		29.8	29.6		13.1	35.7	

علف‌های هرز در موقع لازم صورت گرفت. ثبت مراحل فنولوژیک طی فصل رشد روی ۱۰ بوته مشخص، هر سه روز یکبار و براساس روش زادوکس (Zadoks *et al.*, 1974) انجام شد.

در این تحقیق صفات سطح برگ، تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری‌ها در تمام کرتهای از مرحله ابتدای رشد (شروع پنجه‌زنی) تا پایان دوره رشد گیاه در فاصله زمانی ۷ تا ۱۰ روز (بسته به شرایط آب و هوایی) انجام

بر اساس نتایج آزمایش خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)، قبل از کاشت ۶۹ کیلوگرم فسفر خالص (از منبع سوپر فسفات تریپل)، ۲۵ کیلوگرم پتاسیم خالص (از منبع سولفات پتاسیم) و نیز ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص (از منبع اوره) در سه مرحله کاشت، پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن (۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هر مرحله) به زمین اضافه شد. چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت عناصر غذایی، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شد، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و

$$y = b_1 x_0 + b_2 (x - x_0) \quad \text{اگر } x > x_0$$

که در آن y سطح برگ در بوته، x تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، اجزای رویشی و یا ارتفاع بوته، x_0 نقطه چرخش بین دو مرحله و b_1 و b_2 شبیه‌های خط (یعنی میزان افزایش در y به ازای هر واحد افزایش در x) هستند.

برازش رابطه ۴ و بررسی آن در چهار حالت: (۱) هر رقم در هر یک از شرایط (محیط)، (۲) هر رقم در هر دو شرایط یعنی ترکیب محیط‌ها، (۳) هر دو شرایط شامل همه ارقام و (۴) یک معادله کلی برای همه ارقام و دو شرایط دیم و آبی تا مرحله گرده‌افشانی انجام شد. برای ارزیابی روابط برآورد سطح برگ از طریق صفات رویشی گیاه از ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطای (RMSE) استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطای پایین تر نشان دهنده دقت بالاتر معادله در توصیف روابط آلومتریک است.

برازش معادله با استفاده از نرم‌افزار SAS و تخمین پارامترهای هر معادله با روش مطلوب‌سازی تکراری PROC NLIN (Iterative optimization) با کمک روش Soltani, 2007 مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین‌زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام گرفت که بهترین برآورد از پارامتر بدست آید.

نتایج و بحث

نتایج تعزیه واریانس حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار شرایط (دیم و آبی) بر شاخص سطح برگ ارقام مورد مطالعه بود. به عبارتی اختلاف معنی‌داری بین شاخص سطح برگ ارقام در دو شرایط وجود نداشت (جدول ۲). اما در شرایط آبی دوام برگ‌ها (سطح زیر منحنی) اندکی بیشتر از شرایط دیم بود (شکل ۱). بین ارقام از نظر حداقل شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی در سطح احتمال یک درصد

شد. تمام اندازه‌گیری‌ها روی یک نمونه گیاهی مشتمل بر ۱۰ بوته صورت گرفت که از یک نمونه بزرگ‌تر ۱۵ تا ۳۰ تا برابر انتخاب شده بودند. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (DeltaT Device, UK) و برای شمارش تعداد برگ سبز در ساقه اصلی از روش هان (Hun, 1973) استفاده گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک در هر نمونه برداری، برگ‌های سبز، زرد و ساقه‌ها به صورت جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آون خشکانده شده، سپس با استفاده از ترازویی با دقیقه ۰/۰۱ گرم توزین شدند. در طول آزمایش ارتفاع بوته از محل طوقه گیاه تا بالاترین بخش گیاه (نوک سنبله و یا نوک برگ پرچم) با استفاده از خط کش با دقیقه ۱/۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

برای توصیف روابط آلومتریک معمولاً به صورت گسترده از معادله توانی (رابطه ۱) استفاده می‌شود که در آن a عبارت از مقدار y وقتی $x = 1$ و b ضریب آلومتریک می‌باشد. گاهی از معادله توانی مذکور به صورت تبدیل شده خطی نیز برای توصیف روابط آلومتریک استفاده می‌شود (رابطه ۲). اگر در رابطه ۱ مقدار a برابر یک فرض شود، معادله به صورت رابطه ۳ ساده خواهد شد.

$$y = aX^b \quad (1)$$

$$\ln y = \ln a + b \ln x \quad (2)$$

$$y = X^b \quad (3)$$

در این آزمایش برای توصیف روابط آلومتریک سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته)، وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه و برگ) (گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) از معادله دو تکه‌ای (رابطه ۴) که ساده شده رابطه آلومتریک است، استفاده شد.

$$y = b_1 x \quad \text{اگر } x \leq x_0 \quad (4)$$

جدول ۲- مقادیر حداقل، میانگین، حداکثر و انحراف معیار صفات شاخص سطح برگ، سطح برگ، تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک کل اجزای رویشی و ارتفاع بوته از میان کل داده‌ها و مقادیر F محاسباتی برای ارقام و دو شرایط (داده‌ها مربوط به مرحله گرددهافشانی می‌باشند).

Table 2. Minimum, average, maximum and standard deviations of leaf area index, leaf area, numbers of leaves on main stem, green leaf dry weight, total dry weight of vegetative components and plant height from all data (all cultivars and conditions), and calculated F (data are related to anthesis stage).

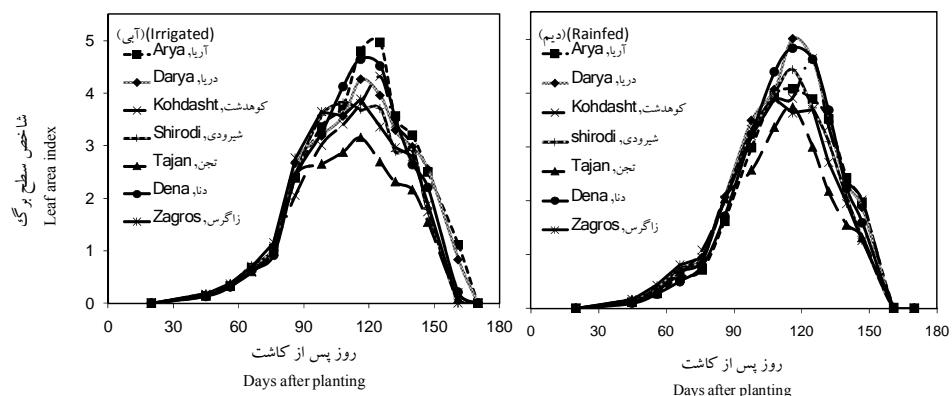
Plant characteristics	صفات گیاهی	تعداد مشاهدات No. of observations	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Avg.	انحراف معیار Sd.	رقم گندم Wheat cultivar	Calculated F		محاسباتی F رقم × شرایط کشت Planting condition
								شرایط کشت Planting condition	رقم × شرایط کشت Planting × Cultivar	
Leaf area index (anthesis)	شاخص سطح برگ (گرددهافشانی)	56	2.25	5.69	3.98	0.86	8.83 **	0.19 ns	1.67 ns	
Leaf area ($\text{cm}^2 \cdot \text{plant}^{-1}$)	سطح برگ	392	2.53	206.15	67.62	56.23	11.8 **	0.01 ns	1.48 ns	
No. of leaves on main stem	تعداد برگ در ساقه اصلی	392	2.28	10.00	5.96	2.15	38.3 **	1.41 ns	1.12 ns	
Green leaf dry weight ($\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$)	وزن خشک برگ سبز	392	0.01	0.89	0.30	0.26	11.3 **	0.87 ns	1.74 ns	
Total dry weight (vegetative) ($\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$)	وزن خشک کل اجزای رویشی	392	0.02	2.61	0.57	0.65	1.94 **	0.09 ns	1.19 ns	
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	336	9.66	67.50	30.33	16.92	92.1 **	0.16 ns	1.18 ns	

ns: Not significant

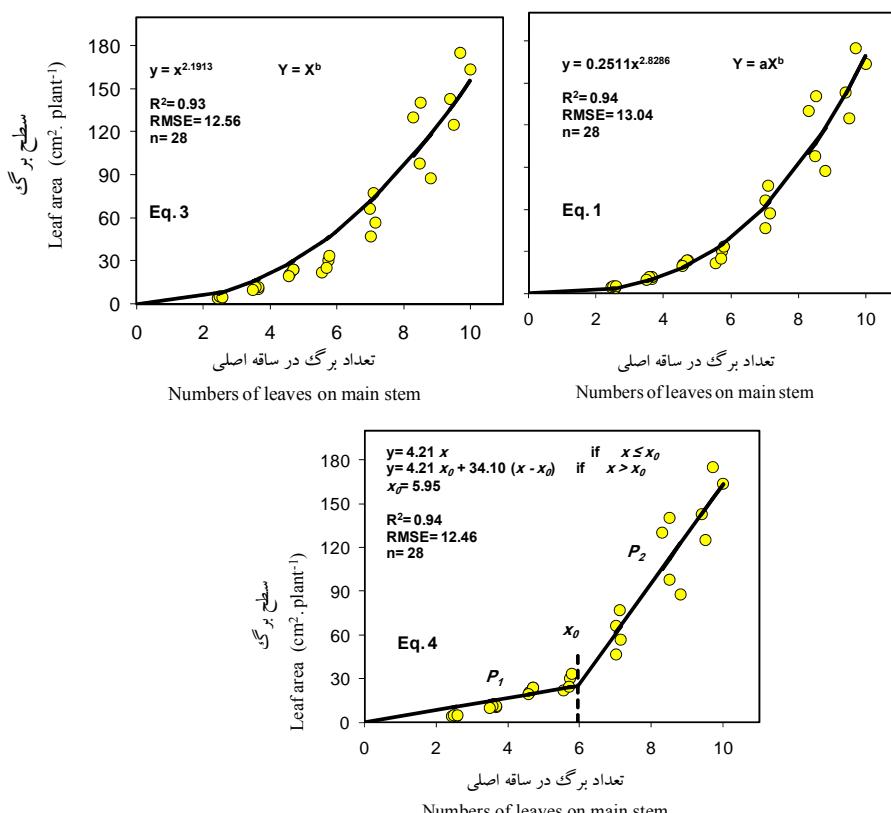
ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار، در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل زمان (روز پس از کاشت) برای ارقام گندم در هر دو شرایط آبی و دیم
Fig. 1. Variation of leaf area index in terms of days after planting for wheat cultivars in irrigated and rainfed conditions



شکل ۲- مقایسه سه رابطه آلمتریک، رابطه ۱ ($y = aX^b$)، رابطه ۳ ($y = X^b$) و ساده شده رابطه آلمتریک، رابطه ۴ (دوتکه‌ای) برای توصیف رابطه بین سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی (داده‌ها متعلق به رقم آریا و شرایط دیم می‌باشند)

Fig. 2. Comparison of two allometric equations, Eq. 1 ($y = aX^b$), Eq. 3 ($y = X^b$) and simplified of allometric equation, Eq. 4 (segmented) for describing the relationship between leaf area and the numbers of leaves on main stem (data are related to cv. Arya, in rainfed condition)

بزرگ‌ترین (۴/۵۷) شاخص سطح برگ را در بین ارقام گندم دارا بودند.

اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که رقم تجن کوچک‌ترین (۳/۸۴) و رقم دنا

مربع در بوته، نشان دهنده وجود رابطه مناسب بین سطح برگ بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی می باشد (داده ها ارائه نشده است). بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب نشان داد که بین ارقام و دو شرایط کشت از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی داری وجود نداشت. بنابراین یک معادله (رابطه ۵) براساس میانگین ضرایب حاصل از ارقام و دو شرایط کشت به صورت زیر به دست آمد که به خوبی توانست رابطه بین سطح برگ بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی را توجیه کند (شکل ۳).

$$y = \frac{406}{535}x \quad \text{اگر } x \leq 535 \quad (5)$$

$$y = \frac{535}{406}x - \frac{535}{406} \quad \text{اگر } x > 535$$

با توجه به نتایج این آزمایش در گندم از مرحله سبزشدن تا مرحله $5/35$ برگی که مصادف با مرحله پنجه زنی (50 تا 65 روز پس از کاشت) می باشد، به ازای تولید هر برگ در ساقه اصلی، سطح برگ $406/535$ سانتی متر مربع در بوته افزایش و بعد از آن تا پایان مرحله رشد برگ (مرحله گرده افشاری) سطح برگ با سرعت حدود 8 برابر سرعت اولیه (معادل $32/78$ سانتی متر مربع در بوته) به ازای تولید هر برگ در ساقه اصلی، گسترش یافت (شکل ۳). افزایش سریع تر سطح برگ در مرحله دوم را می توان به رشد پنجه ها نسبت داد. این نتیجه با گزارش مداخیزدی و همکاران (Maddah-Yazdi *et al.*, 2008) در مورد گندم مطابقت دارد. سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2006) و راحمی و همکاران (Rahemi *et al.*, 2006) در مورد نخود و مداخیزدی و همکاران (Maddah-Yazdi *et al.*, 2008) در مورد نخود و گندم گزارش کردند که سطح برگ در بوته ارتباطی قوی با تعداد گره (برگ) در ساقه اصلی دارد. سینکلر (Sinclair, 1984) در مورد سویا و وهبی و سینکلر (Wahabi and Sinclair, 2005) در مورد گندم و جو از یک معادله نمایی برای توصیف سطح برگ از طریق تعداد گره در ساقه اصلی استفاده کردند. راحمی و

مقادیر حداکثر، میانگین و انحراف معیار برای کلیه صفات مورد مطالعه و نتایج تجزیه واریانس حاصل از آنالیز داده ها به صورت تجزیه مرکب در مرحله گرده افشاری در جدول ۲ ارائه شده است. در تمامی صفات بین ارقام اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. هیچ یک از صفات مورد بررسی تحت تأثیر شرایط کشت و اثر متقابل رقم و شرایط کشت قرار نگرفتند.

مقایسه معادله های توصیف روابط آلومتریک

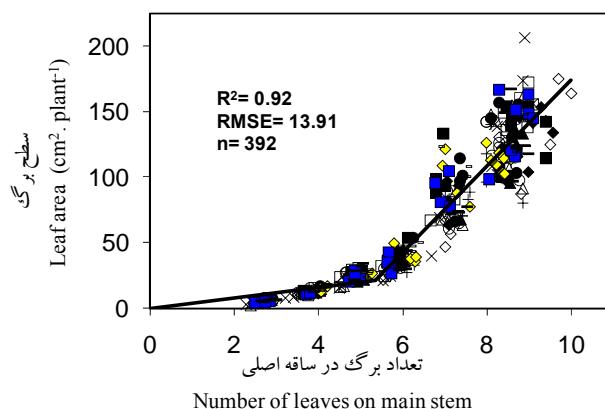
برای توصیف توانایی مدل رگرسیون دو تکه ای (رابطه ۴)، برازش سه معادله آلومتریک ۱، ۳ و ۴ به داده های سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی رقم آریا در شرایط دیم انجام شد (شکل ۲). همان طور که ملاحظه می شود هر سه رابطه ۱، ۳ و ۴ به خوبی رابطه بین سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی را توصیف کردند. در ضمن، به دلیل اینکه برازش رابطه ۲ قابل مقایسه با برازش رابطه های ۱، ۳ و ۴ نبود، از ارائه شکل آن صرف نظر شد. با توجه به شکل ۲، به نظر می رسد که برازش رابطه ۴ به دلیل ساده سازی، قابلیت در کمی بیشتر و در کمی بهتر مفهوم پارامترهای معادله (بسط مفهوم فیزیولوژیکی به پارامترهای معادله) به خوبی می تواند جایگزین معادله های آلومتریک قدیمی گردد. بر همین اساس، در این آزمایش برای توصیف روابط آلومتریک سطح برگ با صفات رویشی گندم از رابطه ۴ استفاده شد.

رابطه سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی

در طول دوره آزمایش، تغییرات سطح برگ از $2/53$ تا $206/1$ سانتی متر مربع در بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی از $2/28$ تا 10 برگ متغیر بود (جدول ۲). برای تعیین رابطه سطح برگ با تعداد برگ در ساقه اصلی برازش رابطه ۴ به طور جداگانه برای هر یک از حالت انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از $0/90$ و جذر میانگین مربعات خطای بین $16/35$ تا $8/09$ سانتی متر

سطح برگ از طریق تعداد گره در ساقه اصلی استفاده کردند. همچنین، این رابطه (رابطه ۳) به خوبی توانست سطح برگ بوته را به عنوان تابعی از شاخص پلاستوکرون در ماش پیش‌بینی کند (Pengelly *et al.*, 1999).

همکاران (Rahemi *et al.*, 2006) برای نخود مداده‌یزدی و همکاران (Maddah-Yazdi *et al.*, 2008) برای گندم و نخود نیز از معادله‌ای مشابه رابطه ۱ و همر و همکاران (Hemmer *et al.*, 1993) برای سورگوم دانه‌ای و سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2006) برای نخود نیز از معادله‌ای مشابه رابطه ۳، برآورد



شکل ۳- برآذش مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه‌ای بین سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی در ارقام مختلف گندم و دو شرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده‌های کل آزمایش). خط پیوسته نشان‌دهنده برآذش رابطه ۵ به داده‌های کل آزمایش می‌باشد

Fig. 3. Fitting the segmented regression model between leaf area and the numbers of leaves on main stem in wheat cultivars and rainfed (1) and irrigated (2) conditions (total data of the experiments). Solid line represents regression model (Eq. 5) to total data of the experiments

بین ارقام و شرایط دیم و آبی از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین در این آزمایش یک معادله براساس میانگین ضرایب حاصل از ارقام و دو شرایط به شکل زیر بدست آمد.

$$y = 314/1 \times \text{اگر } x \leq 0/05 \quad (6)$$

$$y = (314/1 \times 0/05) + 20.9/9 \times \text{اگر } x > 0/05$$

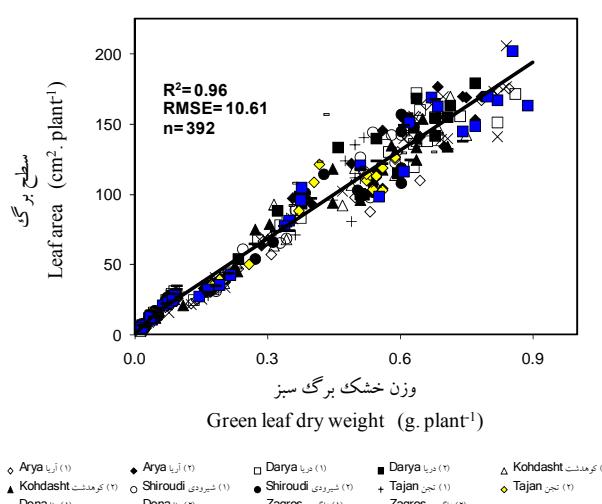
نتایج نشان داد که در مرحله اولیه رشد گندم تا رسیدن وزن خشک برگ سبز به $0/05$ گرم در بوته، که مصادف با مرحله پنج‌هزاری گندم (۵۰) تا ۶۵ روز پس از کاشت) می‌باشد، به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک برگ سبز، سطح برگ با سرعت بیشتری (معادل $314/1$ سانتی‌متر مربع در بوته)

رابطه سطح برگ و وزن خشک برگ سبز

با توجه به داده‌های تمامی ارقام، تغییرات وزن خشک برگ سبز از $0/01$ تا $0/09$ گرم در بوته متغیر بود (جدول ۲). برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز، برآذش معادله ۴ به طور جداگانه در هر چهار حالت انجام شد. مقدار ضریب تبیین بالاتر از $0/94$ و مقدار جذر میانگین مربعات خطای $8/60$ تا $12/44$ سانتی‌متر مربع در بوته، نشان‌دهنده وجود رابطه بسیار خوب بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز بر مبنای معادله دوتکه‌ای (رابطه ۴) در کلیه ارقام و دو شرایط می‌باشد (داده‌ها ارائه نشده است). پس از بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب معادله، از آنجا که

مورفولوژی، سن، سرعت رشد نسبی برگ، دما و میزان آب برگ بر سطح ویژه برگ اثرگذار هستند (Rawson *et al.*, 1987; Vendramini *et al.*, 2002) راوسون و همکاران (Rawson *et al.*, 1987) و کاتینگ و همکاران (Keating *et al.*, 2001) اظهار داشتند که حداکثر سطح ویژه برگ گندم در مرحله سبزشدن میباشد و با گذشت زمان از مقدار آن کاسته میشود. همچنین، به ازای افزایش هر مول کواتسوم تابش (بر مترمربع در روز)، میزان سطح ویژه برگ گندم تقریباً

در حال افزایش بوده و پس از آن تا مرحله گردافشانی سرعت گسترش سطح برگ در حدود ۱/۵ برابر کمتر از سرعت اولیه (۲۰۹/۹ سانتی متر مربع در بوته) افزایش یافت (شکل ۴). علت افزایش سریع تر سطح برگ در مرحله اول را میتوان به نازکتر بودن برگها (سطح ویژه برگ بیشتر) به دلیل سن کمتر برگها، پایین بودن کل تابش رسیده به سطح زمین و آب فراوان در مراحل اولیه رشد گندم نسبت به مراحل بعدی رشد بیان نمود. گزارش های مختلف حاکی از آن است که



شکل ۴- برآذش مدل رگرسیون دوتکه‌ای بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز در ارقام گندم و دو شرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده‌های کل آزمایش). خط پیوسته نشان‌دهنده برآذش رابطه ۶ به داده‌های کل آزمایش می‌باشد

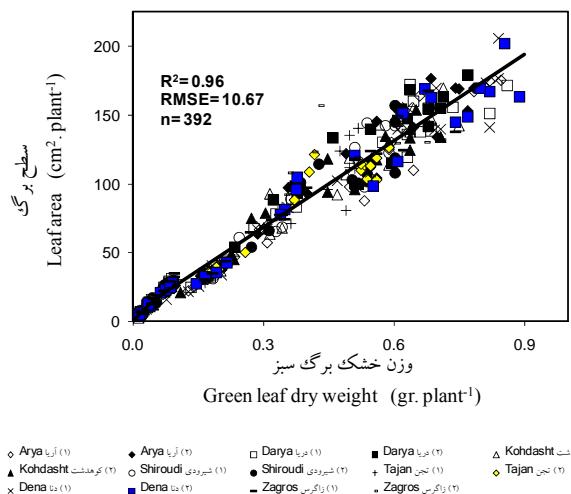
Fig. 4. Fitting the segmented regression model between leaf area and green leaf dry weight in wheat cultivars and rainfed (1) and irrigated (2) conditions (total data of the experiments). Solid line represents regression model (Eq. 6) to total data of the experiments

ارقام و شرایط دیم و آبی از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (داده‌ها ارائه نشده است). بنابراین، برای کلیه ارقام در هر دو شرایط به خوبی می‌توان از رابطه ۷ استفاده نمود.

$$y = ۳/۹۱ + ۲۱۲/۲۷ x \quad (7)$$

به طور کلی، به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک برگ سبز، سطح برگ به میزان ۲۱۲/۲۷ سانتی متر مربع در بوته گسترش می‌باید (شکل ۵).

۴ سانتی متر مربع در گرم کاهش می‌یابد. پس از بررسی پراکنش داده‌های سطح برگ در مقابل وزن خشک برگ سبز مشاهده شد که علاوه بر معادله رگرسیون غیرخطی (رابطه ۴)، معادله رگرسیون ساده خطی ($y = a + bx$) با داشتن مقدار ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۴ توانست به خوبی رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز را توصیف کند. پس از بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب مشخص شد که بین



شکل ۵- برآذش مدل رگرسیون ساده خطی ($y = a + bx$) بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز در ارقام گندم و دو شرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده‌های کل آزمایش) خط پیوسته نشان‌دهنده برآذش رابطه ۷ به داده‌های کل آزمایش می‌باشد

Fig. 5. Fitting the linear regression model ($y = a + bx$) between leaf area and green leaf dry weight in wheat cultivars and rainfed (1) and irrigated (2) conditions (total data of the experiments). Solid line represents regression model (Eq. 7) to total data of the experiments

$$\text{استفاده نمود:} \\ \begin{aligned} y &= 137x & x \leq 0.78 & \text{اگر} \\ y &= (137 \times 0.78) + 28/51 & x > 0.78 & \text{اگر} \end{aligned} \quad (8)$$

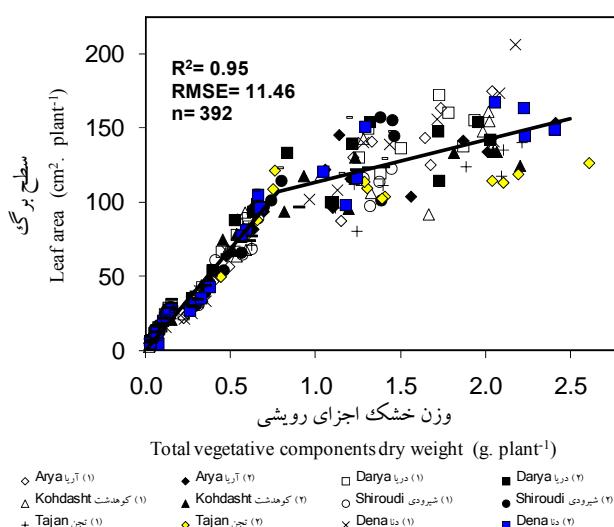
طبق نتایج این آزمایش در مرحله اول یعنی از مرحله سبزشدن گیاهچه تا زمان رسیدگی، وزن خشک کل اجزای رویشی به 0.78 گرم در بوته که مصادف با مرحله پنجهزنی (50 تا 65 روز پس از کاشت) در گندم است، به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک کل اجزای رویشی، سطح برگ در گندم با سرعت بیشتری (معادل 137 سانتی متر مربع در بوته) افزایش یافت، حال آنکه در مرحله دوم به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک کل اجزای رویشی تا مرحله گردافشانی، سطح برگ با سرعت کمتری (حدود $4/8$ برابر کمتر از سرعت اولیه، معادل $28/61$ سانتی متر مربع در بوته) گسترش یافت (شکل ۶). علت افزایش سریع‌تر سطح برگ در مرحله اول را می‌توان به رشد سریع برگ‌های گندم در مراحل اولیه رشد گیاه رشد داد. چون در اوایل دوره رشد عمده وزن خشک کل را وزن برگ‌ها

رابطه سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی

در طول دوره آزمایش، وزن خشک کل اجزای رویشی در محدوده‌ای از 0.02 تا 0.61 گرم در بوته متغیر بود (جدول ۲). برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی (برگ و ساقه) از رابطه ۴ استفاده گردید و برآذش معادله و بررسی در هر چهار حالت انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از $11/91$ و جذر میانگین مربعات خطأ از $5/79$ تا 0.95 سانتی متر مربع در بوته، نشان‌دهنده وجود رابطه بسیار خوب بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی در گندم می‌باشد (داده‌ها ارائه نشده است). بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب نشان داد که بین ارقام و شرایط دیم و آبی از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، در نتیجه می‌توان به جای استفاده از معادله‌های جداگانه برای هر یک از ارقام و یا شرایط، از یک معادله (رابطه ۸) برای مجموع ارقام و در هر دو شرایط جهت توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی (برگ و ساقه)

از مرحله اول معادله است. علت این موضوع را می‌توان به زوال برگ‌های پایینی گندم در مرحله دوم (بعد از مرحله پنجه‌زنی) نسبت داد. خاوری و همکاران (Khavari *et al.*, 2008) بیان نمودند که زوال برگ در گندم از مرحله پنجه‌زنی (روز-درجه رشد) آغاز شده و بارشد گیاه، زوال برگ در بوته افزایش می‌یابد.

تشکیل می‌دهند، همچنین، علت افزایش آهسته‌تر سطح برگ در مرحله دوم را می‌توان به رشد پنجه‌ها و شروع مرحله ساقه‌رفتن و افزایش سریع ماده خشک کل در گندم نسبت داد، زیرا در این مرحله عمده وزن خشک کل را وزن ساقه‌ها تشکیل می‌دهند. در ضمن با توجه به شکل ۶، مشاهده گردید که پراکندگی نقاط در اطراف خط رگرسیون در مرحله دوم، بیشتر



شکل ۶- برآنش مدل رگرسیون دو تکه‌ای بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی در ارقام گندم و دو شرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده‌های کل آزمایش). خط پیوسته نشان‌دهنده برآنش رابطه ۸ به داده‌های کل آزمایش می‌باشد

Fig. 6. Fitting the segmented regression model between leaf area and total dry weight of vegetative components in wheat cultivars and rainfed (1) and irrigated (2) conditions (total data of the experiments).

Solid line represents regression model (Eq. 8) to total data of the experiments

برگ سیز و یا وزن خشک کل اجزای رویشی با سطح برگ استفاده کردند که از جمله آن‌ها می‌توان به نتایج راحمی و همکاران (Rahemi *et al.*, 2006) در نخود، اکرم قادri و سلطانی (Akram-Ghaderi and Soltani, 2007) در پنبه، پین و همکاران (1991) در ارزن، شارت و بیکر (Payne *et al.*, 1991) در یونجه، Sharrett and Baker, 1985) در یونجه، راموز و همکاران (1983) در جو، زراست و همکاران (Zrust *et al.*, 1974) در سیب‌زمینی، شین و همکاران (Shin *et al.*, 1981) در سورگوم شیرین، لابت

وال و همکاران (Awal *et al.*, 2004) در نخل روغنی و ما و همکاران (Ma *et al.*, 1992) در بادام زمینی با استفاده از معادلات رگرسیون خطی و غیرخطی، همبستگی بسیار بالایی بین وزن خشک برگ و سطح برگ گزارش نمودند. بخشندۀ و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2010) در سویا، Tsialtas and Maslaris, 2008) در چغندر و ماسلاریس (Retta *et al.*, 2000) در چند گونه رتا و همکاران (Retta *et al.*, 2000) در چند گونه گراس نیز از معادله خطی و تعداد زیادی از محققان از معادله‌های غیرخطی برای توصیف روابط وزن خشک

ارتفاع بوته بود (داده‌ها ارائه نشده است). بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب نشان داد که بین ارقام و ضرایط دیم و آبی از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در نتیجه یک معادله (رابطه ۹) براساس میانگین ضرایب حاصل از ارقام و دو ضرایط کشت به صورت زیر توانست به خوبی رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته را توصیف کند.

$$y = 0.96x \quad \text{اگر } x \leq 23/96 \quad (9)$$

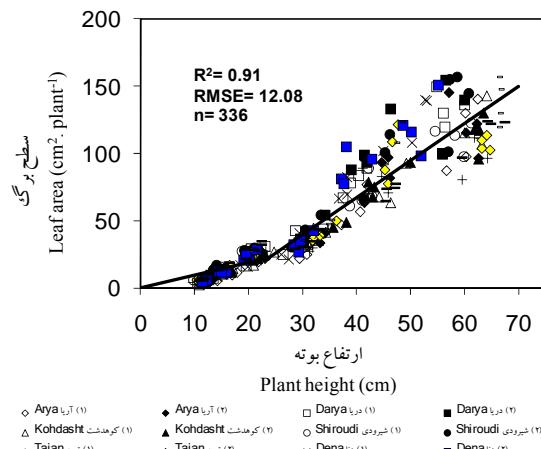
$$y = (0.96 \times 23/96) + 276/x \quad \text{اگر } x > 23/96$$

و همکاران (Lieth *et al.*, 1986) در سویا و آسه

(Aase, 1978) در گندم اشاره کرد.

رابطه سطح برگ و ارتفاع بوته

تغییرات ارتفاع بوته از زمان شروع نمونه‌برداری تا مرحله گرده‌افشانی بین ۹/۶۶ و ۶۷/۵ سانتی‌متر متغیر بود (جدول ۲). برای تعیین رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته برآش رابطه ۴ در هر چهار حالت انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۱ و دامنه جذر میانگین مربعات خطای بین ۱۲/۶۵ تا ۶/۷۷ سانتی‌متر مربع در بوته، نشان‌دهنده وجود رابطه معنی‌داری بین سطح برگ و



شکل ۷- برآش مدل رگرسیون دو تکه‌ای بین سطح برگ و ارتفاع بوته در ارقام گندم و دو ضرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده‌های کل آزمایش). خط پیوسته نشان‌دهنده برآش رابطه ۸ به داده‌های کل آزمایش می‌باشد

Fig. 7. Fitting the segmented regression model between leaf area and plant height in wheat cultivars and rainfed (1) and irrigated (2) conditions (total data of the experiments). Solid line represents regression model (Eq. 8) to total data

بوته، سطح برگ با سرعت بیشتری، حدود ۳ برابر سرعت اولیه (معادل ۲/۷۶ سانتی‌متر مربع در بوته) افزایش یافت (شکل ۷). علت افزایش سریع سطح برگ در مرحله دوم را می‌توان به رشد پنجه‌های در گندم نسبت داد. راحمی و همکاران (Rahemi *et al.*, 2006) در نخود، اکرم‌ قادری و سلطانی (Akram-Ghaderi and Soltani, 2007) در پنبه و لایت و همکاران (Lieth *et al.*, 1986) در سویا از معادلات

نتایج نشان داد که در مرحله اول یعنی از مرحله سبزشدن گیاهچه تا زمان رسیدگی، ارتفاع بوته به ۲۳/۹۶ سانتی‌متر که مصادف با مرحله پنجه‌زنی (۵۰ تا ۶۵ روز پس از کاشت) در گندم می‌باشد، به ازای هر سانتی‌متر افزایش در ارتفاع بوته، سطح برگ با سرعت کمتری (معادل ۰/۹۶ سانتی‌متر مربع در بوته) افزایش یافت، حال آنکه در مرحله دوم تا مرحله گرده‌افشانی، به ازای هر سانتی‌متر افزایش در ارتفاع

دارد (به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۲، ۰/۹۶ و ۰/۹۵). مشاهده شد که این روابط در ارقام گندم ثابت و پایدار بوده و تحت تأثیر رقم و شرایط کشت قرار نگرفت. به عبارت دیگر، استفاده از یک معادله برای کلیه ارقام در هر دو شرایط کشت برای هر یک از صفات کافی بود. از این روابط می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی گندم و همچنین برآورد سریع و آسان سطح برگ در موقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیستند، استفاده کرد.

غیرخطی و دوازیر و همکاران (Dwyer *et al.*, 1992) در ذرت از معادله درجه سوم برای توصیف روابط بین سطح برگ و ارتفاع بوته استفاده کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که سطح برگ بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک کل اجزای رویشی (برگ و ساقه) و ارتفاع بوته روابط آلومتریک بسیار بالایی تا مرحله گرده‌افشانی

References

منابع مورد استفاده

- Aase, J. K. 1987.** Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70: 563-565.
- Akram-Ghaderi, F. and A. Soltani. 2007.** Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton (*Gossypium hirsutum*, L.) grown in a temperate sub-humid environment. *Int. J. Plant Product.* 1: 63-71.
- Awal, M. A., W. Ishak, J. Endar and M. Haniff. 2004.** Determination of specific leaf area and leaf area-leaf mass relationship in oil palm plantation. *Asian J. Plant Sci.* 3: 264-268.
- Bakhshandeh, E., R. Ghadiryan and B. Kamkar. 2010.** A rapid and non-destructive method to determine the leaflet, trifoliolate and total leaf area of soybean. *Asian. Aust. J. Plant. Sci. Biotechnol.* 4: 19-23.
- De Jesus, W. C., F. X. R. Dovale and L. C. Costa. 2001.** Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. *Agron. J.* 93: 989-991.
- Dwyer, L. M., D. W. Stewart, R. I. Hamilton, and L. Houwing. 1992.** Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. *Agron. J.* 84: 430-438.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 1985.** Physiology of crop plants. Iowa State Univ. Press, Ames, USA.
- Hammer G. L., P. S. Carberry and R. C. Muchow. 1993.** Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. *Field Crops Res.* 33: 293-310.
- Hun, J. R. 1973.** Visual qualification of wheat development. *Agron. J.* 65: 116-119.
- Johnson, R. E. 1967.** Comparison of methods for estimating cotton leaf area. *Agron. J.* 59: 493-494.
- Jonckheere, I., S. Fleck, K. Nackaerts, B. Muys, P. Coppin, M. Weiss and F. Baret. 2004.** Review of methods for *in situ* leaf area index determination. I: Theories, sensors and hemispherical photography. *Agric. For. Meteorol.* 121: 19-35.
- Keating, B. A., H. Meinke, M. E. Probert, N. I. Huth and I. Hills. 2001.** NWheat: Documentation and performance of a wheat module for APSIM. Trop. Agric.Tech. Memo 9. CSIRO, Indooroopilly, QLD, Australia.

- Khavari, F., A. Soltani, F. Akram-Ghaderi, GH. Gazanchian, and R. Arabameri.** 2008. Modeling leaf production and senescence in wheat. *Electronic J. Crop Prod.* 1: 17-32. (In Persian with English abstract).
- Lenton, J. R. and P. G. Heddon.** 1978. Gibberellins Insensitivity and Development in Wheat-Consequences for Development. In: Hoad, C. V., J. R. Lenton, M. B. Jackson, and R. K. Atkins. (Eds.) *Hormone Action in Plant Development*. P: Butterworth, London 145-160.
- Lieth, J. H., J. F. Reynolds and H. H. Rogers.** 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. *Field Crops Res.* 13: 193-203.
- Ma, L., F. P. Gardener and A. Selamat.** 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. *Crop Sci.* 32: 461-471.
- Maddah-Yazdi, V., A. Soltani, B. Kamkar and E. Zeinali.** 2008. Comparative physiology of wheat and chickpea: leaves production and senescence. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 15: 36-44. (In Persian with English abstract).
- Marvel, J. N., C. A. Beyrouty and E. E. Gbur.** 1992. Response of soybean growth to root and canopy competition. *Crop Sci.* 32: 797-801.
- Niklas, K. J.** 1994. *Plant allometry: The scaling of form and process*. University of Chicago Press. 81: 339-344.
- Niklas, K. J.** 1995. Plant height and the properties of some herbaceous steam. *Ann. Bot.* 75: 133-142.
- Payne, W. A., C. W. Went, L. R. Hossner and C. E. Gates.** 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agron. J.* 83: 937-941.
- Pengelly, B. C., F. P. C. Blamey and R. C. Nuchow.** 1999. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. *Field Crops Res.* 63: 99-112.
- Pourreza, J., A. Soltani, A. Rahemi, S. Galeshi and E. Zainali.** 2007. Allometric relation between plant height and vegetative characteristics in chickpea (*Cicer arietinum*, L.). *J. Agric. Sci. Natur. Resour. Special Issue, Agronomy and Plant Breeding* 14: 191-199. (In Persian with English abstract).
- Rahemi, A., A. Soltani, J. Purreza, E. Zainali and R. Sarparast.** 2006. Allometric relationship between leaf area and vegetative characteristics in field-grown chickpea. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 13: 49-59. (In Persian with English abstract).
- Rawson, H. M., P. A. Gardner and M. J. Long.** 1987. Sources of variation in specific leaf area in wheat grown at high temperature. *Aust. J. Plant Physiol.* 1: 287-298.
- Reddy, V. R., Y. A. Pachepsky and F. D. Whislers.** 1998. Allometric relationships in field-grown soybean. *Ann. Bot.* 82: 125-131.
- Reekie, E. G. and F. A. Bazzaz.** 1987. Reproductive effort in plants. I: Carbon allocatin to reproduction. *Am. Natur.* 129: 876-896.
- Retta, A., D. V. Armbrust, L. J. Hagen and E. L. Skidmore,** 2000. Leaf and stem area relationship to masses and their height distributions in native grasses. *Agron. J.* 92: 225-230.

- Romas, J. M., L. F. Garciadel-Moral and L. Reclade.** 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barley. Agron. J. 75: 308-310.
- Semchenko, M. and K. Zobel.** 2005. The effect of breeding on allometry and phenotypic plasticityin four varieties of oat (*Avena sativa* L.). Field Crops Res. 93: 151-168.
- Sharrett, B. S. and D. G. Baker.** 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Sci. 26: 1040-1042.
- Shih, S. F., G. J. Gascho and G. S. Rahi.** 1981. Modeling biomass production of sweet sorghum. Agron. J. 73: 1027-1032.
- Sinclair, T. R.** 1984. Leaf area development in field-grown soybens. Agron. J. 76: 141-146.
- Soltani, A.** 2007. Application of SAS in Statistical Analysis, JMD Press, Mashhad, Iran, 182 p. (In Persian).
- Soltani, A., M. J. Robertson, Y. Mohammad-Nejad and A. Rahemi-Karizaki.** 2006. Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. Field Crops Res. 138: 14-23.
- Tsialtas J. T. and N. Maslaris.** 2008. Leaf allometry and prediction of specific leaf area (SLA) in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Photosynthetica, 46: 351-355.
- Vendramini, F., S. Diaz, D. E. Gurvich, P. J. Wilson, K. Thompson and J. G. Hodgson.** 2002. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. New Phytol. 154: 147-157.
- Wahabi, A. and T. R. Sinclair.** 2005. Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate. Field Crops Res. 91: 287-296.
- Weiner, J. and S. C. Thomas.** 1992. Competition and allometry in three species of annual plants. J. Ecol. 73: 648-656.
- Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak.** 1974. A decimal code for the growth of Cereals. Weed Res. 14: 415-421.
- Zrust, J., E. Partyková and J. Nečaz.** 1974. Relationships of leaf area to leaf weight and length in potato plants. Photosynthetica, 8: 118-124.

Evaluation of allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in bread and durum wheat cultivars

Bakhshandeh, E.¹, A. Soltani², E. Zeinali³, M. Kalateh Arabi⁴ and R. Ghadiryan¹

ABSTRACT

Bakhshandeh, E., A. Soltani, E. Zeinali, M. Kalateh-Arabi and R. Ghadiryan. 2012. Evaluation of allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in bread and durum wheat cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(4): 642-657. (In Persian).

Prediction of leaf area is essential in crop simulation models. The objective of this study was to find relationships between leaf area (LA) $\text{cm}^2 \cdot \text{plant}^{-1}$ and numbers of leaves on main stem (NLMS), leaf dry weight (LDW) $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$, total dry weight of vegetative organs (leaf and stem) (TDWV) $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ and plant height (PH) cm, in wheat. For this purpose, an experiment was conducted using seven wheat cultivars including two durum wheat (*Triticum durum*) cultivars (Arya and Dena) and five bread wheat (*Triticum aestivum L.*) cultivars (Darya, Kuhdasht, Shiroudi, Tajan and Zagros) under irrigated and rainfed conditions at research farm of the Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran, in 2008-2009 cropping season. The experimental design was randomized complete block with four replications. Sampling was performed during the whole growing season. In each sampling; LA, NLMS, LDW, TDWV and PH, were measured and recorded. Segmented nonlinear regression model was used to describe allometric relationships between LA and the vegetative characteristics. Results showed that there was no significant difference between cultivars and the two conditions in respect to coefficients of allometric relationships. Therefore, one equation was used for all cultivars under both conditions. Significant relationships were found between LA and NLMS ($R^2 = 0.92$), LDW ($R^2 = 0.96$), TDWV ($R^2 = 0.95$) and PH ($R^2 = 0.91$). These equations can be used in simulation models of wheat as well as for the fast and easy estimation of leaf area, especially where there is no necessary equipments available.

Keywords: Allometric relationships, Dry weight, Leaf area, Leaf number, Plant height and Wheat.

Received: August, 2010 Accepted: May, 2011

1- M.Sc. Student, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran
(Corresponding author) (Email: Bakhshandehesmail@yahoo.com)

2- Professor, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran

3- Assistant Prof., Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Iran

4- Faculty member, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Gorgan, Iran

5- M.Sc. Student, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran