

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(۳): ۶۵۷-۶۴۲.

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 گندم دوروم (آریا و دنا) و پنج رقم گندم نان (دریا، کوه‌دشت، شیرودی، تجن و زاگرس) در دو شرایط کشت آبی و دیم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ 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 دوتکه‌ای استفاده گردید. نتایج نشان داد که بین ارقام و دو محیط کشت از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، بنابراین یک معادله توانست 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 کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه‌کننده)

(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 کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

همبستگی رشد بین اندام‌های تشکیل‌دهنده گیاهان باعث می‌شود که آن‌ها شکل مخصوص به خود را کسب نمایند. روابط بین سرعت رشد اجزای منفرد یک اندام یا یک موجود آلودتری خوانده می‌شود (Gardner *et al.*, 1985). روابط آلودتریکی 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 مبنایی برای به دست آوردن اطلاعات از وضعیت رشد و نمو گیاهان هستند (Niklas, 1994). هنگامی که روابط آلودتریکی برای یک گیاه ویژه ثابت باشند 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 آلودتریکی 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 آلودتریکی نیز اختلاف وجود داشته باشد. اصلاحات ژنتیکی در گندم (Lenton and Heddon, 1978) و یولاف (Semchenko and Zobel, 2005) منجر به تغییراتی در روابط آلودتریکی این گیاهان شده است. ردی و همکاران (Reddy *et al.*, 1998) بیان نمودند که روابط آلودتریکی بین ارقام مختلف سویا که در شرایط محیطی یکسان یا شرایط محیطی مختلف رشد کرده بودند، متفاوت بوده و تنش آب می‌تواند یک عامل موثر و تغییردهنده این روابط باشد. به طور کلی، از روابط آلودتریکی و اطلاعات حاصله از آن‌ها می‌توان برای بهبود مدیریت زراعی، افزایش کارایی به‌نژادی 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

مطالعات زراعی، اکولوژیکی و فیزیولوژیکی است. سطح برگ عامل تعیین‌کننده جذب تابش، فتوسنتز، 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، اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری آن‌ها در گیاهان مشکل است (مثل سطح برگ)، استفاده از روابط آلودتریکی و به تعریف دیگر یافتن روابطی برای برآورد صفات (پارامترها) با استفاده از خصوصیات گیاهی اندازه‌گیری 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 آلودتریکی ارائه شده است و از این روابط به طور موفقیت‌آمیزی در گیاهان مختلف از قبیل بادام‌زمینی (Ma *et al.*, 1992)، سویا (Lieth *et al.*, 1986; Reddy *et al.*, 1998; Romas *et al.*, 2010)، جو (Bakhshandeh *et al.*, 2010)، یونجه (Sharrett and Baker, 1985)، ارزن (Payne *et al.*, 1991)، پنبه (Akram-Ghaderi and Rahemi *et al.*, 1967; Johnson, 2007; Soltani, 2007)، نخود (Rahemi *et al.*, 2006; Pourreza *et al.*, 2007)، چغندر قند (Aase, 1987; Tsialtas and Maslaris, 2008) و گندم (Maddah-Yazdi *et al.*, 2008) استفاده شده است.

هدف از این آزمایش، یافتن روابط آلودتریکی 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 (سانتی متر) 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 ۸۸-۱۳۸۷ 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 لومی رسی سیلتی می‌باشد. تغییرات شرایط آب و هوایی در طول دوره آزمایش و آمار بلند مدت (۴۰ ساله) در

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، کوهدشت، 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 سانتی متر بود. تراکم، ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بذرها در تاریخ ۲۹ آذر ماه به صورت دستی و در عمق ۳ سانتی متر از سطح خاک کشت شدند. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم و در تابستان آیش بود.

جدول ۱- میانگین دمای حداکثر، حداقل و مجموع بارندگی ماهانه در دوره آزمایش در مقایسه با آمار بلند مدت ۴۰ ساله (۸۶-۱۳۴۶) 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	
		Minimum temp. (°C)		Maximum temp. (°C)		Total rainfall (mm)	
		دوره آزمایش	بلند مدت	دوره آزمایش	بلند مدت	دوره آزمایش	بلند مدت
Exp. duration	Long-term	Exp. Duration	Long-term	Exp. duration	Long-term		
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	فروردین	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 مواقع 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 کرت‌ها 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 سانتی متری)، 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

$$y = b_1x_0 + b_2(x - x_0) \quad \text{اگر} \quad x > x_0$$

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 شیب‌های 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 خطا (RMSE) استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطای پایین‌تر نشان‌دهنده دقت بالاتر معادله در توصیف روابط آلومتریک است.

برازش معادله با استفاده از نرم‌افزار SAS و تخمین پارامترهای هر معادله با روش مطلوب‌سازی تکراری (Iterative optimization) با کمک رویه PROC NLIN صورت گرفت (Soltani, 2007). 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 بدست آید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه 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 حداکثر 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 تایی 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 دقت 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 دقت ۰/۱ 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 می‌باشند. 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.

$$y = b_1x \quad \text{اگر} \quad x \leq x_0 \quad (4)$$

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 گرده‌افشانی 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).

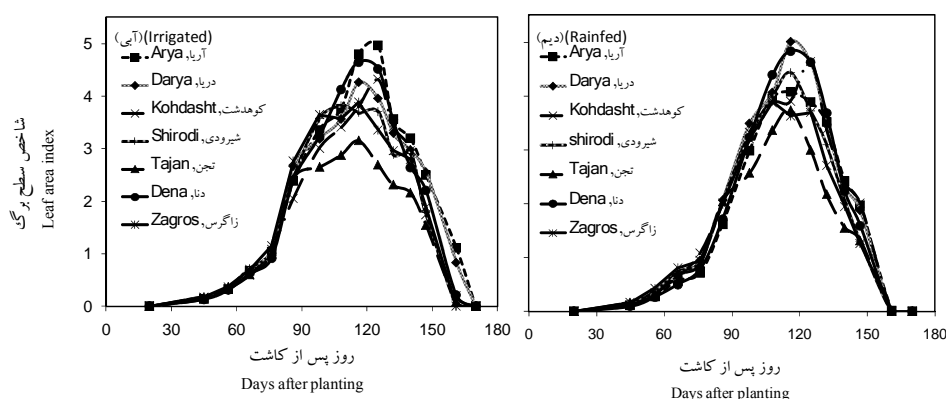
Plant characteristics	صفات گیاهی	تعداد مشاهدات No. of observations	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Avg.	انحراف معیار Sd.	محاسباتی F		
							رقم گندم Wheat cultivar	شرایط کشت Planting condition	رقم × شرایط کشت Planting × Cultivar
Leaf area index (anthesis)	شاخص سطح برگ (گرده‌افشانی)	56	2.25	5.69	3.98	0.86	8.83 **	0.19 ^{ns}	1.67 ^{ns}
Leaf area (cm ² .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 (g.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) (g.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

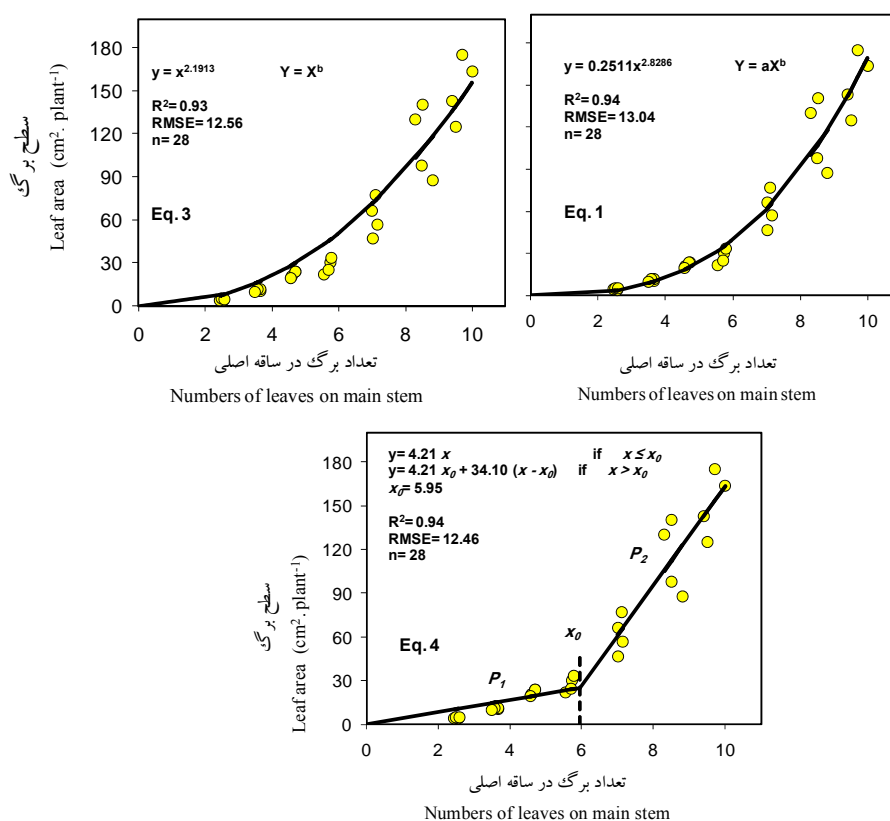
ns: غیر معنی‌دار

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

* و **: به ترتیب معنی‌دار، 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 آلومتریک، رابطه ۱ ($y = aX^b$)، رابطه ۳ ($y = X^b$) و ساده شده رابطه آلومتریک، 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 تاجن کوچک‌ترین (۳/۸۴) و رقم دنا

مربع در بوته، نشان‌دهنده وجود رابطه مناسب بین سطح برگ بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی می‌باشد (داده‌ها ارائه نشده است). بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب نشان داد که بین ارقام و دو شرایط کشت از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری 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).

$$y = 4/06x \quad \text{اگر} \quad x \leq 5/35 \quad (5)$$

$$y = (4/06 \times 5/35) + 32/78(x - 5/35) \quad \text{اگر} \quad x > 5/35$$

با توجه به نتایج این آزمایش در گندم از مرحله سبز شدن تا مرحله ۵/۳۵ برگگی که مصادف با مرحله پنجه‌زنی (۵۰ تا ۶۵ روز پس از کاشت) می‌باشد، به ازای تولید هر برگ در ساقه اصلی، سطح برگ ۴/۰۶ سانتی‌متر مربع در بوته افزایش و بعد از آن تا پایان مرحله رشد برگ (مرحله گرده‌افشانی) سطح برگ با سرعت حدود ۸ برابر سرعت اولیه (معادل ۳۲/۷۸ سانتی‌متر مربع در بوته) به ازای تولید هر برگ در ساقه اصلی، گسترش یافت (شکل ۳). افزایش سریع‌تر سطح برگ در مرحله دوم را می‌توان به رشد پنجه‌ها نسبت داد. این نتیجه با گزارش مداح‌یزدی 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 مداح‌یزدی 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 حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار برای کلیه صفات مورد مطالعه و نتایج تجزیه واریانس حاصل از آنالیز داده‌ها به صورت تجزیه مرکب در مرحله گرده‌افشانی در جدول ۲ ارائه شده است. در تمامی صفات بین ارقام اختلاف معنی‌داری 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 معادله‌های توصیف روابط آلومتریکی

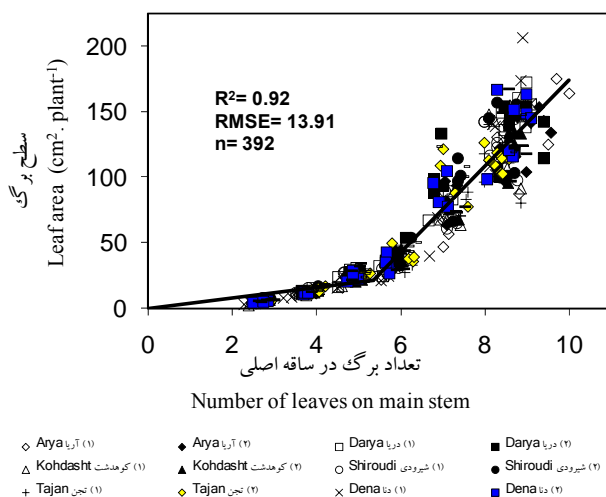
برای توصیف توانایی مدل رگرسیون دو تکه‌ای (رابطه ۴)، برازش سه معادله آلومتریکی ۱، ۳ و ۴ به داده‌های سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی رقم آریا در شرایط دیم انجام شد (شکل ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر سه رابطه ۱، ۳ و ۴ به خوبی رابطه بین سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی را توصیف کردند. در ضمن، به دلیل اینکه برازش رابطه ۲ قابل مقایسه با برازش رابطه‌های ۱، ۳ و ۴ نبود، از ارائه شکل آن صرف نظر شد. با توجه به شکل ۲، به نظر می‌رسد که برازش رابطه ۴ به دلیل ساده‌سازی، قابلیت درک بیشتر و درک بهتر مفهوم پارامترهای معادله (بسط مفهوم فیزیولوژیکی به پارامترهای معادله) به خوبی می‌تواند جایگزین معادله‌های آلومتریکی قدیمی گردد. بر همین اساس، در این آزمایش برای توصیف روابط آلومتریکی 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 ۲/۵۳ تا ۲۰۶/۱ سانتی‌متر مربع در بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی از ۲/۲۸ تا ۱۰ 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 ۰/۹۰ و جذر میانگین مربعات خطا بین ۸/۰۹ تا ۱۶/۳۵ سانتی‌متر

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



شکل ۳- برازش مدل رگرسیون غیرخطی دو تکه‌ای 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 برازش 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 به دست آمد.

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

$$y = (314/1 \times 0/05) + 209/9(x - 0/05) \quad \text{اگر} \quad x > 0/05$$

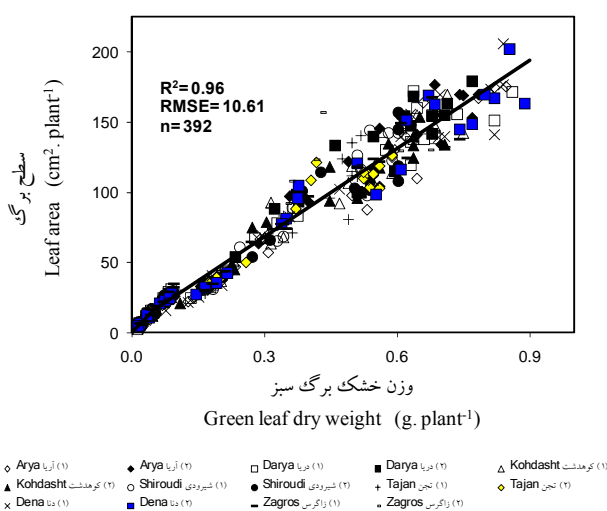
نتایج نشان داد که در مرحله اولیه رشد گندم تا رسیدن وزن خشک برگ سبز به ۰/۰۵ گرم در بوته، که مصادف با مرحله پنجه‌زنی گندم (۵۰ تا ۶۵ روز پس از کاشت) می‌باشد، به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک برگ سبز، سطح برگ با سرعت بیشتری (معادل ۳۱۴/۱ سانتی‌متر مربع در بوته)

رابطه سطح برگ و وزن خشک برگ سبز

با توجه به داده‌های تمامی ارقام، تغییرات وزن خشک برگ سبز از ۰/۰۱ تا ۰/۸۹ گرم در بوته متغیر بود (جدول ۲). برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز، برازش معادله ۴ به‌طور جداگانه در هر چهار حالت انجام شد. مقدار ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۴ و مقدار جذر میانگین مربعات خطا بین ۸/۶۰ تا ۱۲/۴۴ سانتی‌متر مربع در بوته، نشان‌دهنده وجود رابطه بسیار خوب بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز بر مبنای معادله دو تکه‌ای (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 سبز شدن می‌باشد و با گذشت زمان از مقدار آن کاسته می‌شود. همچنین، به ازای افزایش هر مول کوانتوم تابش (بر مترمربع در روز)، میزان سطح ویژه برگ گندم تقریباً

در حال افزایش بوده و پس از آن تا مرحله گرده‌افشانی سرعت گسترش سطح برگ در حدود ۱/۵ برابر کمتر از سرعت اولیه (۲۰۹/۹ سانتی‌متر مربع در بوته) افزایش یافت (شکل ۴). علت افزایش سریع‌تر 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. گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که



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

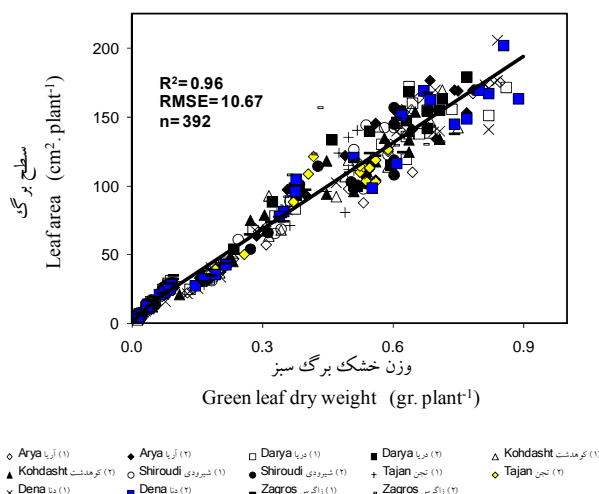
ارقام و شرایط دیم و آبی از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (داده‌ها ارائه نشده است). بنابراین، برای کلیه ارقام در هر دو شرایط به خوبی می‌توان از رابطه ۷ استفاده نمود.

$$y = 3/91 + 212/27 x \quad (7)$$

به‌طور کلی، به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک برگ سبز، سطح برگ به میزان ۲۱۲/۲۷ سانتی‌متر مربع در بوته گسترش می‌یابد (شکل ۵).

۴ سانتی‌متر 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- برازش 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 برازش 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

استفاده نمود:

$$y = 137x \quad \text{اگر} \quad x \leq 0.078 \quad (8)$$

$$y = (137 \times 0.078) + 28.51(x - 0.078) \quad \text{اگر} \quad x > 0.078$$

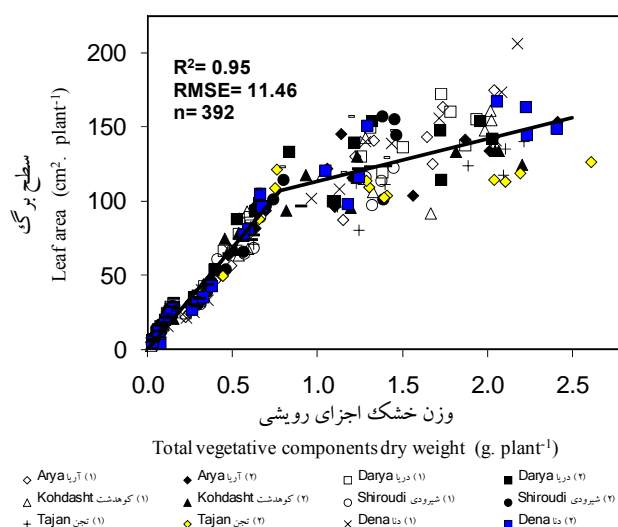
طبق نتایج این آزمایش در مرحله اول یعنی از مرحله سبز شدن گیاهچه تا زمان رسیدگی، وزن خشک کل اجزای رویشی به 0.078 گرم در بوته که مصادف با مرحله پنجه‌زنی (50 تا 65 روز پس از کاشت) در گندم است، به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک کل اجزای رویشی، سطح برگ در گندم با سرعت بیشتری (معادل 137 سانتی‌متر مربع در بوته) افزایش یافت، حال آنکه در مرحله دوم به ازای هر گرم افزایش در وزن خشک کل اجزای رویشی تا مرحله گرده‌افشانی، سطح برگ با سرعت کمتری (حدود $4/8$ برابر کمتر از سرعت اولیه، معادل $28/61$ سانتی‌متر مربع در بوته) گسترش یافت (شکل ۶). علت افزایش سریع تر سطح برگ در مرحله اول را می‌توان به رشد سریع برگ‌های گندم در مراحل اولیه رشد گیاه نسبت 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 $2/61$ 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 برازش معادله و بررسی در هر چهار حالت انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از 0.95 و جذر میانگین مربعات خطا از $5/79$ تا $11/91$ سانتی‌متر 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 به‌جای 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 می توان به زوال برگ های پایینی گندم در مرحله دوم (بعد از مرحله پنجه زنی) نسبت داد. خاوری و همکاران (Khavari *et al.*, 2008) بیان نمودند که زوال برگ در گندم از مرحله پنجه زنی (۴۷۵ روز- درجه رشد) آغاز شده و با رشد گیاه، زوال برگ در بوته افزایش می یابد.

تشکیل می دهند، همچنین، علت افزایش آهسته تر سطح برگ در مرحله دوم را می توان به رشد پنجه ها و شروع مرحله ساقه رفتن و افزایش سریع ماده خشک کل در گندم نسبت داد، زیرا در این مرحله عمده وزن خشک کل را وزن ساقه ها تشکیل می دهند. در ضمن با توجه به شکل ۶، مشاهده گردید که پراکندگی نقاط در اطراف خط رگرسیون در مرحله دوم، بیشتر



شکل ۶- برازش مدل رگرسیون دو تکه ای بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی در ارقام گندم و دو شرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده های کل آزمایش). خط پیوسته نشان دهنده برازش رابطه ۸ به داده های کل آزمایش می باشد

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 سبز و یا وزن خشک کل اجزای رویشی با سطح برگ استفاده کردند که از جمله آن ها می توان به نتایج راحمی و همکاران (Rahemi *et al.*, 2006) در نخود، اکرم قادری و سلطانی (Akram-Ghaderi and Soltani, 2007) در پنبه، پین و همکاران (Payne *et al.*, 1991) در ارزن، شارت و بیکر (Sharrett and Baker, 1985) در یونجه، راموز و همکاران (Romas *et al.*, 1983) در جو، زراست و همکاران (Zrust *et al.*, 1974) در سیب زمینی، شین و همکاران (Shin *et al.*, 1981) در سورگوم شیرین، لایت

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 غیر خطی، همبستگی بسیار بالایی بین وزن خشک برگ و سطح برگ گزارش نمودند. بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2010) در سویا، تسیالتاس و ماسلاریس (Tsialtas and Maslaris, 2008) در چغندر و رتا و همکاران (Retta *et al.*, 2000) در چند گونه گراس نیز از معادله خطی و تعداد زیادی از محققان از معادله های غیر خطی 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 شرایط 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 شرایط کشت به صورت زیر توانست به خوبی رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته را توصیف کند.

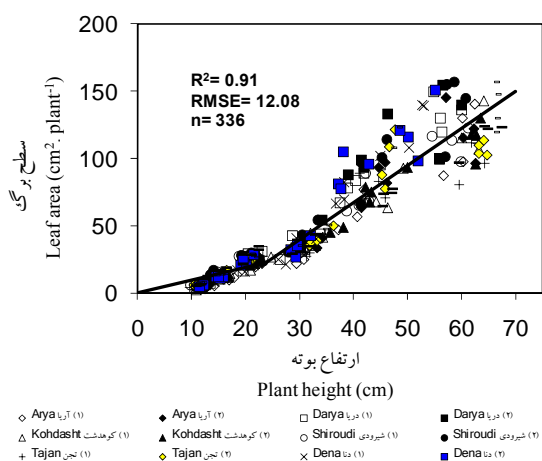
$$y = 0.96x \quad \text{اگر} \quad x \leq 23.96 \quad (9)$$

$$y = (0.96 \times 23.96) + 2.76(x - 23.96) \quad \text{اگر} \quad x > 23.96$$

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 برازش رابطه ۴ در هر چهار حالت انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۱ و دامنه جذر میانگین مربعات خطا بین ۶/۷۷ تا ۱۲/۶۵ سانتی‌متر مربع در بوته، نشان‌دهنده وجود رابطه معنی‌داری بین سطح برگ و



شکل ۷- برازش مدل رگرسیون دو تکه‌ای بین سطح برگ و ارتفاع بوته در ارقام گندم و دو شرایط دیم (۱) و آبی (۲) (داده‌های کل آزمایش). خط پیوسته نشان‌دهنده برازش 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 پنجه‌ها در گندم نسبت داد. راحمی و همکاران (Rahemi *et al.*, 2006) در نخود، اکرم‌قادری و سلطانی (Akram-Ghadery 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 سبز شدن 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، ۰/۹۵ و ۰/۹۱). 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 مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیستند، استفاده کرد.

غیرخطی و دوایر 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 آلومتریکی 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, trifoliate 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. Heddton. 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. Beyrouthy 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 stem. *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 allocation 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 plasticity in 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 soybeans. *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.
- Zrůst, 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