Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۹۷-۲۸۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 2, Summer. 2017, p. 286-297

تأثیر تراکم بوته بر روابط آلومتریک بین ارتفاع بوته و صفات رویشی در گندم

بهزاد ظفری قلعه رودخانی[1*]- افشین سلطانی[2]- ابراهیم زینلی[3]- بهنام کامکار[4]- محمد فیروزفرد[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

چکیده

تراکم بوته از عوامل مدیریتی مهم و مؤثر بر عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. به‌منظور کمی‌سازی ارتفاع بوته و صفات رویشی در گندم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال زراعی۹۲-۱۳۹۱ با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تراکم بوته (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۵۰، ۸۰۰ بذر در متر مربع) و ارقام (کوهدشت و مروارید) بودند. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بین ارتفاع بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل اجزای رویشی به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۳، ۰/۹۷ و ۰/۹۶ رابطه معنی‌داری وجود داشت. همچنین بررسی اثر تراکم بر روی روابط آلومتریک بین صفات نتایج نشان دادند که برای صفات ارتفاع در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت و برای ارتفاع در مقابل وزن خشک ساقه و وزن خشک کل اجزای رویشی اثر معنی‌داری مشاهده نشد. از روابط به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گندم استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آلومتریک، ارتفاع بوته، تراکم بوته، رقم، صفات‌رویشی

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین گیاهان غذایی و اقتصادی در جهان محسوب می‌شود. مدل‌های گیاهان زراعی از بخش‌ها مهم مدل‌های اکولوژیک می‌باشند. این مدل‌ها امکان پیش‌بینی سیستم‌های گیاهی و افزایش درک درباره چگونگی عملکرد آنها را فراهم می‌آورند (Van Ittersum and Donatelli, 2003). روابط آلومتریک در گیاهان تغییرات رشد و نمو و مشخصات نسبی یک بخش از گیاه را در مقایسه با کل یا بخش‌های دیگر گیاه آشکار می‌سازد (Niklas, 1994). تعیین تراکم بوته مناسب برای کشت، در گیاهان زراعی خصوصاً گندم از اهمیت بالای برخوردار است که بر روی صفاتی از قبیل عملکرد و اجزای عملکرد بسیار تأثیرگذار می‌باشد. این تأثیرگذاری در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه متفاوت است. پیش‌بینی ارتفاع بوته به‌خصوص در مباحث مربوط به تراکم، دارای اهمیت می‌باشد (Porreza *et al*., 2007). همچنین، روابط بین ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه و برگ می‌تواند به مدیران مزرعه کمک کند تا مقدار بیوماس انباشته شده در سطح خاک را تخمین بزنند. تراکم زیاد باعث افزایش ارتفاع گیاه زنیان می‌شود (Bromandrezazadeh *et al.,* 2005). بخشنده و همکاران (Bakhshandeh, 2011) در بررسی رابطه آلومتریک بین ارتفاع بوته و صفات رویشی در گیاه گندم با استفاده از معادله $y = ax^b$ نشان دادند که بین ارتفاع بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک ساقه و وزن خشک اجزای رویشی روابط آلومتریک بسیار قوی تا مرحله گرده‌افشانی وجود داشت (به‌ترتیب دارای ضریب تبیین ۰/۹۴، ۰/۹۵، ۰/۹۵) و اینکه این روابط در گندم ثابت و پایدارند و تحت تأثیر رقم و شرایط کشت قرار نداشتند. پوررضا و همکاران (Porreza *et al*., 2007) روابط آلومتریک میان ارتفاع بوته و صفات رویشی در نخود (*Chickpea*) را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند بین ارتفاع بوته با تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک ساقه و وزن خشک اجزای رویشی روابطی وجود دارد. برای توصیف از معادله $y = ax^b$ به‌صورت تبدیل شده خطی معادله $Ln(y)= Lna + bLn(x)$ استفاده شد. نتیجه اینکه بین ارتفاع بوته با تعداد گره در ساقه اصلی و وزن خشک اجزای رویشی رابطه معنی‌داری وجود داشت. همچنین متوسط ضرایب توزیع ماده خشک در برگ و ساقه تا مرحله غلاف‌دهی در تراکم‌های مختلف اختلاف معنی‌دار را نشان دادند.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استاد، استادیار و دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: behzadzafari@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i2.46029

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش شده است برای توصیف ارتفاع بوته در گیاه سویا از وزن خشک ساقه و یا وزن خشک اجزای رویشی از مدل رگرسیونی غیرخطی به‌صورت تبدیل شده خطی از معادله (۱) می‌توان استفاده کرد و با افزایش وزن خشک ساقه یا وزن خشک اجزای رویشی ارتفاع بوته سویا افزایش خواهد یافت (Reddy *et al.*, 1998).

$$\text{Log PH} = a + b\text{Log H} \qquad (۱)$$

رحمانی و همکاران (Rahmani *et al*., 2007) اثر تراکم بوته بر ذرت سالادی رقم ksc403su (در ۳ سطح تاریخ کاشت و ۳ سطح تراکم) را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تراکم مختلف بوته، ارتفاع بوته را در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار داد. نوش‌کام و همکاران (Nshkam *et al*., 2009) در مطالعه‌ای تأثیر تراکم بوته را در شبدر مصری مورد بررسی قرار دادند. برای این کار از ۳ سطح تکرار و ۴ سطح تراکم استفاده شد. پس از تجزیه واریانس نتایج مشخص شد که اثر تراکم بوته بر روی ارتفاع بوته معنی‌دار بود.

در گیاه آفتابگردان افزایش تراکم بر ارتفاع بوته معنی‌دار بوده و با افزایش زمان، میزان واحد دمایی بیشتری برای اتفاق افتادن حداکثر ارتفاع نیاز است (Nazarigolshan *et al*., 2010). پرتو کاظمی و همکاران (Parvkazemi *et al*., 2011) بر روی گیاه ذرت به این نتیجه رسیدند که تراکم بوته بر ارتفاع بوته تأثیرگذار و در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۶۰۷ میلی‌متر و میانگین دمای حداکثر ۲۲/۷ و دمای حداقل ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد با دامنه نوسان ۱۰ درجه سانتی‌گراد می باشد(۱). منطقه مورد نظر از نظر آب و هوایی جزء معتدل نیمه‌مرطوب می‌باشد(Parvkazemi. *et. al*. 2003). نتایج آزمایش خاک در جدول شماره یک نشان داده شده است و بافت خاک لومی‌رسی سیلتی[1] می‌باشد (جدول ۱).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل ۲ رقم گندم (کوهدشت و مروارید) و ۷ تراکم بوته (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۵۰ و ۸۰۰ بذر در مترمربع) بودند.

زمینی که طرح مورد نظر در آن انجام شد در سال قبل زیر کشت گندم و در فصل تابستان آیش بود. پس از انجام عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار در اوایل آذرماه ۱۳۹۱، زمین در دو نوبت به‌صورت عمود برهم دیسک زده شد. بذرها در تاریخ ۱۹ آذرماه ۱۳۹۱ پس از ضدعفونی کردن، به‌صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شدند.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 1- Test the soil profile (zero to 30 cm depth)

مشخصات	مقدار
درصد اشباع Saturation	51.5
هدایت الکتریکی Electrically conductive (dS m^{-1})	0.6
اسیدیته گل اشباع Mud acidity saturation	7.9
درصد مواد خنثی شونده The percentage of neutralizing	25
کربن آلی Organic carbon (%)	1.30
نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	0.1
فسفر قابل جذب Available phosphorous(ppm)	9.5
پتاسیم قابل جذب Available potassium(ppm)	200
رس Clay(%)	36
سیلت Silt (%)	54
شن Sand (%)	10

براساس داده‌های حاصل از آزمایش خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح، قبل از کاشت، کوددهی زمین کشت انجام شد که برای کود اوره مرحله اول ۲۰ روز بعد از کاشت (اوایل پنجه‌زنی) در تاریخ ۱۱ دی ماه و مرحله دوم در تاریخ ۲۰ اسفند ماه (اوایل مرحله طویل شدن ساقه) بود. برای کود دی آمونیوم فسفات، کوددهی در یک مرحله در اوایل پنجه‌زنی (۱۱ دی ماه) انجام شد. میزان مصرفی کودها براساس سنجش و ارزیابی مقادیر آزمایش خاک صورت گرفت. چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت عناصر غذایی، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام می‌شد، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز در مواقع لازم صورت گرفت.

برای جلوگیری از بیماری زنگ زرد گندم، سفیدک پودری غلات و سپتوریوزاز سم قارچ‌کش پروپیکونازول (تیلت، ۸۰ گرم در لیتر) در ۲ مرحله، نوبت اول در ۸ فروردین ۱۳۹۲ و نوبت دوم در ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۲ (مطابق با مراحل نموی تورم غلاف برگ پرچم و اواخر گلدهی) به مقدار ۱/۲ لیتر در هکتار و همچنین به‌منظور مبارزه با ملخ، سن گندم و سوسک برگخوار گندم (لما) از سم حشره‌کش دیازینون

1- Silty Clay Loam

www.SID.ir

Archive of SID

به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در تاریخ ۸ فروردین ماه ۱۳۹۲ استفاده شد. در خصوص مبارزه با علف‌های هرز نیز از علف‌کش تری بنورون متیل (گرانستار، ۷۵۰ گرم بر لیتر) به مقدار ۲۰ گرم در هکتار و کلودینافوپ پروپاژیل (تاپیک، ۲۵۰ گرم بر لیتر) به مقدار یک لیتر در هکتار در تاریخ ۵ اسفند ماه ۱۳۹۱(مطابق با مراحل نموی بین پنجه‌زنی و ساقه رفتن) استفاده شد.

اندازه‌گیری‌ها صفات مربوط به سطح برگ، تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک به تفکیک اندام شامل برگ سبز، برگ زرد، سایر اجزا (شامل ساقه، غلاف برگ و غیره) و ارتفاع بوته در تمام کرت‌ها از مرحله پنجه‌زنی تا پایان مرحله رشد در فاصله زمانی هر ۷ تا ۱۰ روز (با توجه به شرایط آب و هوایی) انجام شد. اندازه‌گیری در تراکم‌های بالا روی نمونه گیاهی شامل ۵ تا ۱۰ بوته که از یک نمونه بزرگ‌تر ۱۵ تا ۳۰تایی و در تراکم‌های پایین‌تر چون تعداد بوته‌ها کمتر بود اندازه‌گیری روی ۵ بوته از یک نمونه بزرگ‌تر ۱۰ تا ۱۵تایی انجام شد. تنها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کلیه اندازه‌گیری‌ها بر روی ۱۵ بوته انتخابی از ۲۵ تا ۳۰ بوته نمونه بزرگ‌تر انجام شد. جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج دلتا تی[1] و برای شمارش تعداد برگ در ساقه اصلی از روش هان (Han, 1973) استفاده شد.

برای تعیین تراکم بوته واقعی (بوته در مترمربع) تعداد بوته در هر کرت، در تراکم‌های پایین (۵۰ و ۱۰۰) با فاصله یک متر و نیم و در تراکم‌های بالاتر با فاصله یک متر از سمتی که نمونه‌برداری انجام شده بود (ردیف‌های ۲ و ۹ در هر کرت) شمارش کامل در سه مرحله (طویل شدن ساقه، گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت) انجام شد و در نهایت تعداد بوته در متر مربع محاسبه شد. برای تعیین عملکرد، برداشت در سطحی معادل ۲ مترمربع از هر کرت برای تراکم‌های ۵۰ و ۱۰۰ و مساحت ۲/۵ مترمربع برای سایر تراکم‌ها انجام و عملکرد دانه در واحد سطح مشخص گردید.

برازش معادلات آلومتریک مرتبط با شاخص سطح برگ تا پایان تورم غلاف برگ پرچم، در چهار حالت یعنی (۱) هر تراکم برای هر یک از دو رقم (۲) هر تراکم برای هر دو رقم یعنی ترکیب ارقام (۳) هر رقم شامل همه تراکم‌ها (۴) یک معادله کلی برای همه تراکم‌ها و هر دو رقم، انجام و با استفاده از نرم افزار SAS و تخمین ضرایب هر مدل با روش مطلوب‌سازی تکراری با کمک رویه PROC NLIN صورت گرفت.

برای محاسبه واحد دمایی تجمعی از برنامه GDD_Calc استفاده شد. در این برنامه واحد دمایی تجمعی (زمان حرارتی) با لحاظ منحنی واکنش سرعت نمو به دما و دماهای کاردینال نمو محاسبه شد. دماهای کاردینال به‌ترتیب صفر درجه سانتی‌گراد برای دمای پایه، ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای دمای مطلوب تحتانی، ۲۸ درجه سانتی‌گراد برای دمای مطلوب فوقانی و ۴۰ درجه سانتی‌گراد برای دمای سقف در نظر گرفته شد (Solani, 2009).

برای توصیف روابط آلومتریک معمولاً به‌صورت گسترده از معادله توانی ۲ استفاده می‌شود که در آن a عبارت از مقدار y وقتی x=۱ و b ضریب آلومتریک می‌باشد (Solani, 2006). همچنین اگر در معادله (۲) مقدار a برابر یک فرض شود، معادله به‌صورت (۳) ساده خواهد شد.

$$y = ax^b \quad (۲)$$

$$y = x^b \quad (۳)$$

در این مطالعه برای توصیف روابط آلومتریک بین ارتفاع بوته (سانتی‌متر) با تعداد برگ در ساقه اصلی از معادله (۳) به‌دلیل ضریب تبیین بالاتر استفاده شد. همچنین برای توصیف، ارتفاع (سانتی‌متر) با وزن خشک ساقه (گرم در بوته) و ارتفاع با وزن خشک کل (گرم در بوته) از معادله۲ استفاده شد.

برای کمی‌سازی ارتفاع بوته در مقابل تعداد روز پس از کاشت از مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه‌ای استفاده شد (معادله ۴). مدل دوتکه‌ای شامل دو خط متقاطع است که شیب در تکه اول نشان‌دهنده افزایش در ارتفاع بوته به ازای تعداد روز پس از کاشت و بخش مجانب نشان‌دهنده حداکثر ارتفاع بوته می‌باشد.

$$y=a + bx \quad \text{اگر} \quad x<x_0 \quad (۴)$$

$$y=a + bx_0 \quad \text{اگر} \quad x\geq x_0$$

که در آن y ارتفاع بوته، x تعداد روز پس از کاشت، a محل برخورد منحنی با محور عمودی، (x = 0)، b سرعت افزایش خطی در ارتفاع بوته (ارتفاع بوته به ازای تعداد روز پس از کاشت)، x_0 زمان خاتمه افزایش خطی در ارتفاع و $y=a + bx0$ حداکثر ارتفاع بوته را نشان می‌دهد. همچنین با قرار دادن y=0 در معادله $y=a + bx$ تعداد روز پس از کاشت که در آن ارتفاع بوته شروع می‌شود به‌صورت $-a / b$ محاسبه شد.

نتایج و بحث

برازش معادلات آلومتریک مرتبط با ارتفاع بوته

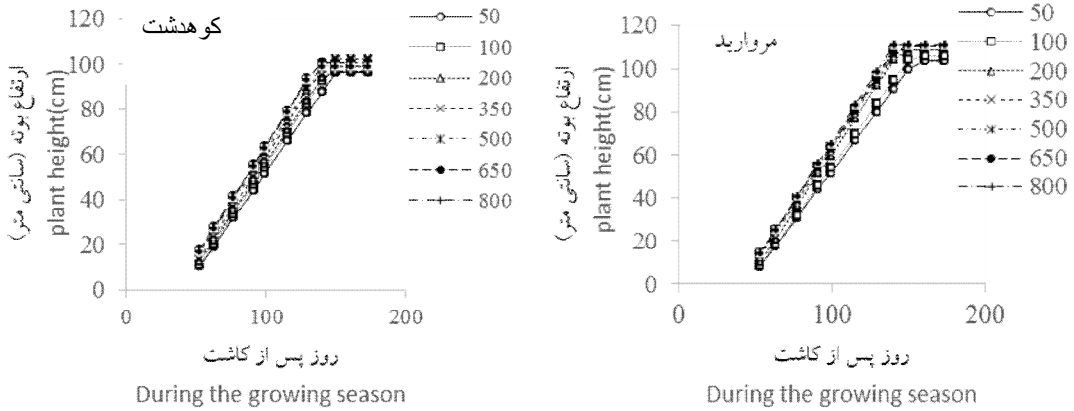
برازش معادلات ارتفاع بوته از مرحله سبز شدن تا گرده‌افشانی برای یافتن روابط آلومتریک مرتبط با ارتفاع بوته گندم انجام شد. روند تغییرات ارتفاع بوته در شکل ۱ برای هر دو رقم در تراکم‌های مختلف نشان داده شده است. مقادیر مربوط به ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و ضریب تغییرات در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین در این جدول n تعداد مشاهدات است که بعضی از این مشاهدات به علت درست نبودن بعضی از داده‌ها در آزمایش حذف شده است و در جدول تعداد باهم متفاوت است. ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۴ و جذر

1- Delta_T

www.SID.ir

Archive of SID

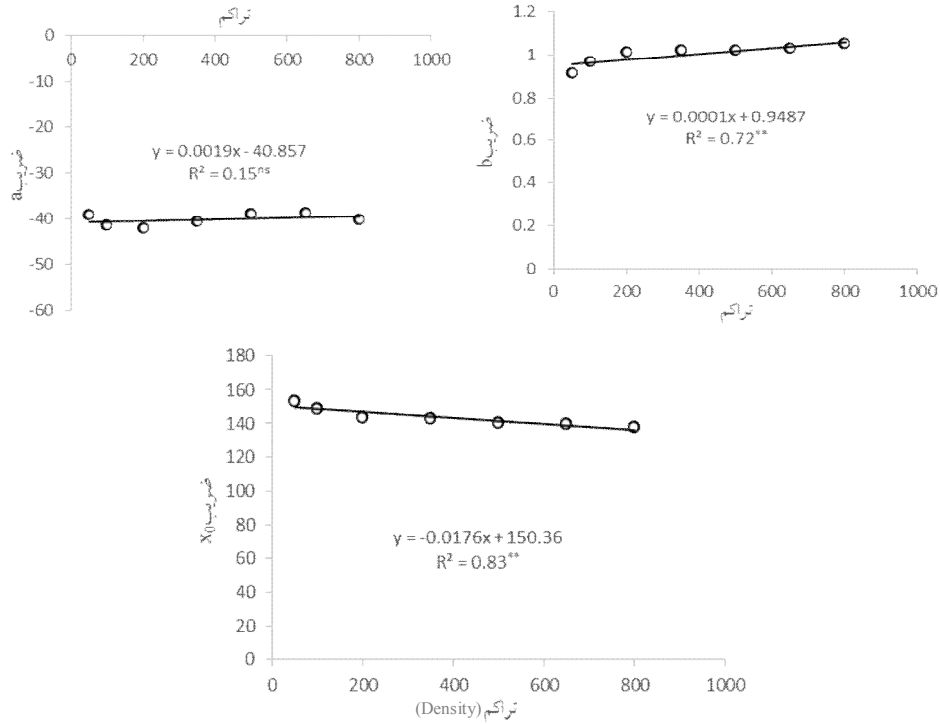
میانگین مربعات خطای بین ۶/۸۰ تا ۱۶/۰۵ نشان داد که معادله (۴) توانست افزایش ارتفاع در طول فصل رشد را به‌خوبی توصیف کند. چگونگی افزایش ارتفاع در مقابل روز پس از کاشت در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تغییرات ارتفاع بوته در طول فصل رشد دو رقم گندم مروارید و کوهدشت در تراکم‌های مختلف

Figure 1- Plant height pattern day after planting of two cultivars Morvarid and Kouhdasht in the different plant densities

بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم‌های گندم از نظر مقدار ضریب a تفاوت معنی‌داری وجود نداشت یعنی اثر تراکم بوته بر مقدار اولیه ارتفاع بوته معنی‌دار نبود اما برای ضریب b و x_0 تفاوت معنی‌داری به‌ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲- برازش رگرسیونی خطی تأثیر تراکم بر ضرایب a، b و x_0 برای تغییرات صفت ارتفاع بوته در طول فصل رشد

Figure 2- The effect of plant density on the regression coefficients a, b and x_0 for plant height changes during the growing season

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تخمین ضرایب معادله ٤ توصیف کننده تغییرات ارتفاع بوته (سانتی‌متر) با واحد دمایی برای تراکم‌ها و ارقام مختلف

Table 2 - The estimated coefficients of equation 4 describes the change in plant height (cm), the unit of temperature for different densities and cultivars

	n	a ± SE	b ±SE	X_0 ±SE	RMSE	CV	R^2
کوهدشت							
50	47	−36.94 ± 3.89	0.89 ± 0.04	149.1 ± 3.90	7.41	12.89	0.95
100	47	−38.65 ± 3.72	0.93 ± 0.03	146.5 ± 3.47	7.12	11.87	0.95
200	47	−37.21 ± 3.59	0.94 ± 0.03	142.7 ± 3.25	6.87	11.34	0.96
350	47	−37.25 ± 3.33	0.96 ± 0.03	144.3 ± 2.97	6.40	10.02	0.96
500	47	−34.13 ± 2.52	0.96 ± 0.02	139.6 ± 2.17	4.42	6.80	0.98
650	47	−35.36 ± 2.72	1.00 ± 0.03	136.1 ± 2.17	4.76	7.13	0.98
800	47	−35.80 ± 2.62	0.99 ± 0.02	134.9 ± 2.07	4.58	6.97	0.98
مروارید							
50	48	−42.03 ± 4.37	0.94 ± 0.04	154.3 ± 4.77	9.27	16.05	0.93
100	48	−44.25 ± 3.85	0.99 ± 0.03	151.5 ± 3.92	8.19	13.67	0.95
200	47	−47.22 ± 4.32	1.08 ± 0.04	144.4 ± 3.40	8.12	12.29	0.95
350	48	−43.81 ± 3.15	1.07 ± 0.03	142.2 ± 2.56	6.26	9.42	0.97
500	48	-43.72 ± 3.52	1.09 ± 0.04	140.0 ± 2.75	6.31	9.30	0.97
650	48	−42.93 ± 3.10	1.07 ± 0.03	142.4 ± 2.51	6.16	9.07	0.97
800	48	−44.56 ± 3.62	1.10 ± 0.04	140.0 ± 2.77	6.47	9.39	0.97
کوهدشت	329	−35.99 ± 1.34	0.95 ± 0.01	142.2 ± 1.20	6.88	10.96	0.95
مروارید	335	-44.23 ± 1.61	1.05 ± 0.01	144.1 ± 1.34	8.42	12.95	0.95
50	95	-39.05 ± 2.85	0.91 ± 0.02	153.0 ± 3.14	8.47	14.69	0.94
100	95	−41.50 ± 2.83	0.96 ± 0.02	148.8 ± 2.66	7.81	13.02	0.95
200	94	−42.13 ± 3.09	1.01 ± 0.03	143.6 ± 2.61	8.29	13.09	0.94
350	95	−40.56 ± 2.42	1.02 ± 0.02	143.6 ± 2.05	6.71	10.29	0.96
500	95	-38.89 ± 2.47	1.02 ± 0.02	140.0 ± 2.03	6.21	9.35	0.97
650	95	−38.78 ± 2.45	1.03 ± 0.02	139.7 ± 1.98	6.15	9.13	0.97
800	95	−40.16 ± 2.65	1.05 ± 0.02	137.7 ± 2.07	6.64	9.86	0.96
کل	664	−40.17 ± 1.11	1.00 ± 0.01	143.2 ± 0.95	8.10	12.67	0.95

به‌عبارت دیگر برای ضریب b می‌توان نتیجه گرفت که افـزایش اثر تراکم بوته مدت زمان رسیدن به حداکثر مقدار ارتفاع را به تـأخیر انداخت و با ضریب ۰/۰۰۰۱ افزایش یافت و در مـدت زمـان بیشـتر (دیرتر) بوته به حداکثر ارتفاع خود رسید (شکل ۲) زیرا در تراکم‌هـای بالا در بین بوته‌ها رقابت برای نور و فضا وجود دارد، بنابراین سرعت افزایش گره و اندازه میانگره‌ها بیشتر می‌شود و ارتفاع تراکم‌های بالا نسبت به تراکم بوته‌های پایین بیشتر می‌شود. بر اساس شکل ۲ برای ضریب x_0 که نشان‌دهنده نقطه چرخش و حداکثر ارتفـاع اسـت و بـا ضریب ۰/۰۱۷۶ کاهش یافته، می‌توان نتیجه گرفت که تـراکم‌هـای پایین زمان بیشتری برای رسیدن بـه حـداکثر ارتفـاع را نیـاز دارنـد، بنابراین با افزایش زمان میزان واحد دمـایی بیشـتری بـرای حـداکثر ارتفاع نیاز است. نتایج این مطالعـه مشـابه گـزارش نظـری‌گلشـن و همکاران (Nazarigolshan *et al*., 2010) بر روی گیاه آفتـابگردان بود. کوسنس و همکاران (Cosenss *et al*., 1991) و پترز و همکاران (Peerz *et al*., 1986) گزارش کردند که افزایش تراکم بوته موجـب رقابت برای جذب نور می‌شـود و عوامـل رشـد را تحـت تـأثیر قـرار می‌دهد، در نتیجه ارتفاع گیاه، تعیین‌کننده رقابت برای نور است. پرتو کاظمی و همکاران (Parvkazemi *et al*., 2011) در مطالعـه‌ای بـر روی گیاه ذرت به این نتیجه رسیدند که تراکم بوته بـر ارتفـاع بوتـه تأثیرگذار بوده و در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. ضرایب مربوط بـه معادلات در شکل ۲ نشان داده شده است.

رابطه بین ارتفاع بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی

معادله (۳) رابطه بین ارتفاع بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی را با ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۲، در تراکم‌هـای مختلـف توصـیف کـرد. همچنین، مقدار جذر میانگین مربعات خطا بین ۱۱ تا ۱۳/۹۵ به‌ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

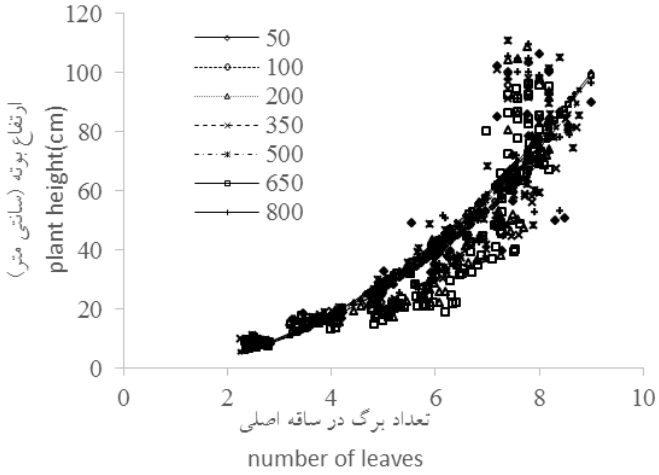
متعلق به تراکم‌های ۵۰ و ۲۰۰ بود (جدول ۳). نمودار مربوط به چگونگی برازش معادله (۳) و افزایش ارتفاع در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلی در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- تخمین ضرایب معادله $y=x^b$ توصیف‌کننده تغییرات ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلی برای تراکم‌های مختلف

Table 3 - The estimated coefficients of the equation $y = x^b$ describing the change in plant height (cm) in relation to the number of leaves of different density

تراکم	n	b±se	RMSE	CV	R^2
50	63	2.03 ±0.01	11.00	30.06	0.93
100	63	2.04 ±0.01	13.06	33.73	0.92
200	62	2.06±0.01	13.95	39.32	0.92
350	63	2.07 ±0.01	13.79	30.72	0.93
500	63	2.09 ±0.01	12.75	27.05	0.94
650	63	2.08 ±0.01	13.58	28.32	0.94
800	63	2.09 ±0.00	13.73	28.43	0.94
کل	440	2.07 ±0.00	13.15	30.03	0.93

بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم بوته‌های گندم از نظر مقدار ضریب b اثر معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (شکل ۴). به عبارت دیگر با افزایش تراکم ضریب b افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که به‌ازای هر بوته افزایش تراکم، مقدار این ضریب ۰/۰۰۰۰۸ افزایش یافت (شکل ۴). در تراکم بالا به دلیل رقابت برای نور و فضا سرعت تولید برگ و طول میانگره بیشتر خواهد بود، بنابراین با افزایش تراکم، مقدار ارتفاع افزایش یافته، به ازای افزایش هر برگ در ساقه اصلی و افزایش اندازه میانگره، افزایش می‌یابد. کوا و همکاران (Cao *et al*., 1989) یکی از دلایل کاهش و افزایش در تعداد برگ ساقه اصلی گندم را رقابت برای نور با گیاهان مجاور گزارش کردند. بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al*., 2010) در گندم از مدل رگرسیون دوتکه‌ای استفاده کردند و پس از بررسی حدود اطمینان هر یک از ضرایب، مشاهده کردند که بین ارقام و دو شرایط دیم و آبی از نظر ضرایب معادله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. پوررضا و همکاران (Porreza *et al*., 2007) در نخود از یک مدل رگرسیون غیرخطی توانی برای توصیف رابطه بین ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه اصلی استفاده کردند. ایشان گزارش نمودند که ضریب آلومتریک تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفت. هوجز و ایوانز (Hodges and Evans, 1990) بیان داشتند که ارتفاع بوته ارتباطی قوی با تعداد گره (برگ) در ساقه اصلی بین ژنوتیپ‌های مختلف دارد.

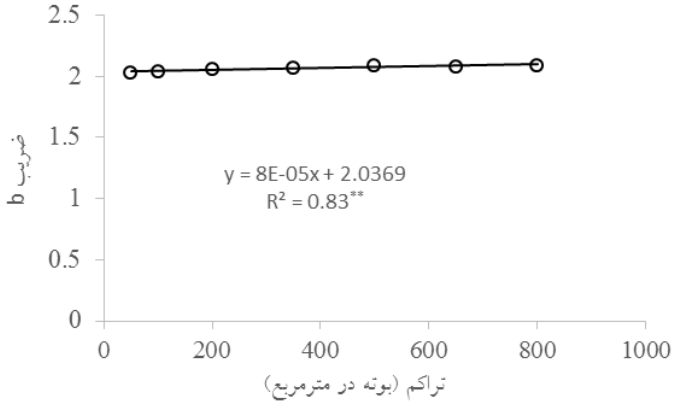


شکل ۳- برازش مدل $y = x^b$ بین ارتفاع بوته در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلی برای تراکم بوته‌های مختلف

Figure 3- Model $y=x^b$ relationship between plant height and number of leaves in different plant density

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- برازش رگرسیونی خطی تأثیر تراکم بوته بر ضریب b برای صفات ارتفاع بوته در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلی
Figure 4- The effect of plant density on the regression coefficient b for plant height in relation to the number of leaves

رابطه بین ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه

به‌منظور توصیف رابطه بین ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه، برازش معادله (۲) انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۷ نشان‌دهنده وجود رابطه بسیار قوی بین ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه می‌باشد. همچنین، مقدار جذر میانگین مربعات خطا، بین ۴/۶۵ تا ۸/۵۷ به‌ترتیب متعلق به تراکم‌های ۵۰ و ۶۵۰ بودند (جدول ۴).

جدول ٤- تخمین ضرایب معادله $y=ax^b$ توصیف کننده تغییرات ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در ارتباط با وزن خشک ساقه برای تراکم بوته‌های مختلف
Table 4- The estimated coefficients of the equation $y = ax^b$ describing the change in plant height (cm), shoot dry weight in relation to different plant density

تراکم	n	a±se	b±se	RMSE	CV	R^2
50	57	12.59 ±0.63	0.32 ±0.00	4.65	11.77	0.99
100	57	10.66 ±0.77	0.33 ±0.01	6.27	14.97	0.98
200	58	11.29 ±0.92	0.34 ±0.01	7.70	16.94	0.98
350	58	10.71 ±0.70	0.36 ±0.01	5.82	12.15	0.98
500	64	12.20 ±1.02	0.32 ±0.01	8.31	16.94	0.97
650	59	9.40 ±0.94	0.34 ±0.01	8.57	16.93	0.97
800	57	9.28 ±0.91	0.34 ±0.01	8.35	15.91	0.98
کل	406	11.67 ±0.40	0.32 ±0.00	8.56	18.31	0.97

در بررسی شکل ۵ مربوط به افزایش ارتفاع بوته در ارتباط با افزایش وزن خشک ساقه می‌توان به این نتیجه رسید که در ابتدای رشد گیاه وزن خشک ساقه کمتری دارد و ارتفاع بوته با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد، ولی در مراحل انتهایی وزن خشک ساقه افزایش یافته و سرعت افزایش ارتفاع گیاه کم می‌شود. بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al*., 2011) روی گیاه گندم و پوررضا و همکاران (Porreza *et al*., 2007) روی گیاه نخود به نتیجه‌ای مشابه با این مطالعه دست پیدا کردند.

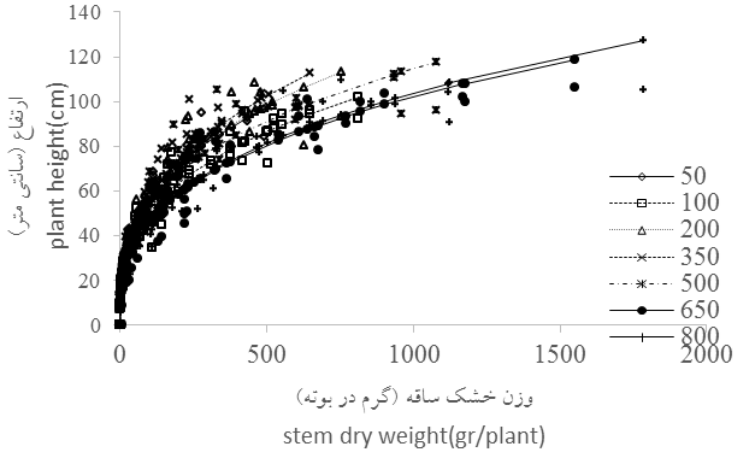
بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم بوته‌های گندم از نظر مقدار ضرایب a (ارتفاع بوته وقتی وزن خشک ساقه یک گرم است) و b اثر معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶). به‌عبارت دیگر افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر رابطه بین ارتفاع و وزن خشک ساقه نداشت. ضرایب مربوط به معادلات در شکل ۶ ارائه شده است. پوررضا و همکاران (Porreza *et al*., 2007)، ردی و همکاران (Reddy *et al*., 1998) و ناگاشیماو تراشیما (Nagashima and Terashima, 1995) از مدل رگرسیون غیرخطی توانی برای توصیف رابطه بین ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه استفاده کردند.

رابطه بین ارتفاع بوته و وزن خشک کل اجزای رویشی

برای برازش این رابطه از معادله (۳) استفاده شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹۶ و محدوده جذر میانگین مربعات خطا بین ۴/۸۶ تا ۹/۱۱۹ به‌ترتیب متعلق به تراکم‌های ۵۰ و ۸۰۰ بودند که نشان‌دهنده وجود رابطه بسیار خوبی بین ارتفاع بوته و وزن خشک کل اجزای رویشی بود (جدول ۵).

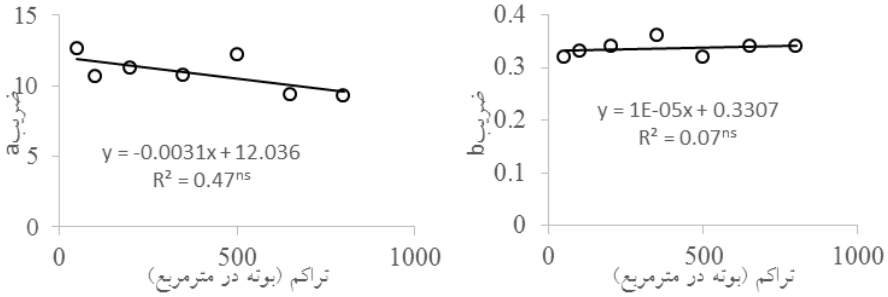
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- برازش مدل $y=ax^b$ بین ارتفاع بوته در ارتباط با وزن خشک ساقه در تراکم‌های مختلف

Figure 5- Model $y= ax^b$ between plant height, stem dry weight in relation to the different density



شکل ٦- برازش رگرسیونی خطی تأثیر تراکم بوته بر ضرایب a و b برای صفات ارتفاع بوته در ارتباط با وزن خشک ساقه

Figure 6- Regression coefficients a and b are the effects of plant density on stem dry weight in relation to plant height

جدول ۵- ضرایب a و b در مدل $y=ax^b$ توصیف کننده تغییرات ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در ارتباط با وزن خشک کل اجزای رویشی (گرم در بوته) برای تراکم‌های دو رقم کوهدشت و مروارید (n تعداد نمونه، RMSE جذر میانگین مربعات خطا، CV ضریب تغییرات و R^2 ضریب تبیین هستند)

Table 5 - Coefficients a and b in the model $y = ax^b$ describing the variation in plant height (cm) in relation to the total dry weight of vegetative parts (g per plant) for the density of the two cultivars Kouhdasht and Morvarid (n number of samples, RMSE root mean square error, CV coefficient of variation and the coefficient R^2)

تراکم	n	a±se	b±se	RMSE	CV	R^2
50	62	7.80 ±0.50	0.38 ±0.01	4.86	13.46	0.98
100	62	6.11 ±0.59	0.39 ±0.01	6.65	17.41	0.98
200	62	6.24 ±0.69	0.41 ±0.01	8.07	18.73	0.97
350	63	5.24 ±0.46	0.45 ± 0.01	5.84	13.02	0.98
500	63	6.57 ± 0.75	0.39 ±0.01	8.77	18.61	0.97
650	63	4.36 ±0.72	0.43 ±0.02	9.118	19.00	0.97
800	63	4.32 ±0.60	0.43 ±0.02	9.119	18.87	0.97
کل	438	6.60 ±0.32	0.39 ±0.00	9.55	21.86	0.96

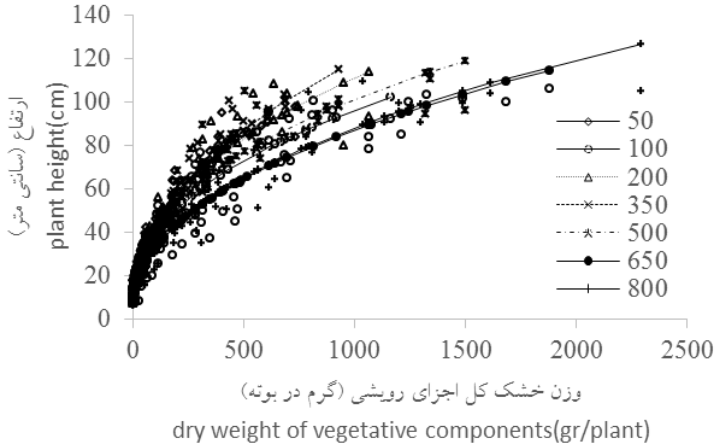
در بررسی شکل ۷ مربوط به افزایش ارتفاع بوته در ارتباط با افزایش وزن خشک کل می‌توان به این نتیجه رسید که در مراحل ابتدایی رشد که گیاه وزن خشک کل کمتری دارد، ارتفاع بوته با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد ولی با افزایش وزن خشک کل در مراحل انتهایی رشد، این سرعت افزایش ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. راموز و همکاران (Romas *et al*., 1983) در گیاه جو به نتیجه‌ای مشابه با این مطالعه دست پیدا کردند.

بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم‌های مختلف گندم از نظر

www.SID.ir

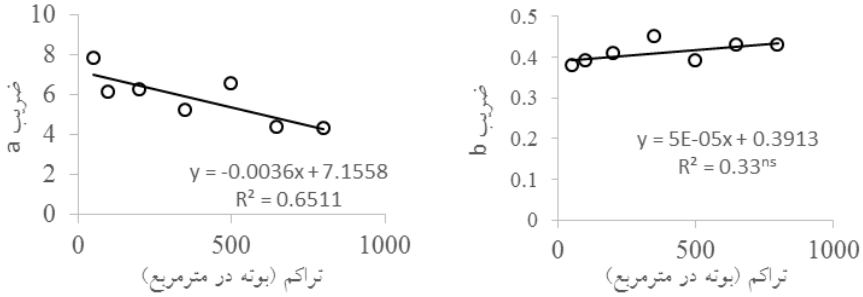
Archive of SID

مقدار ضریب a (ارتفاع بوته زمانی که وزن خشک کل یک گرم می‌باشد) تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود داشت و با افزایش تراکم، مقدار ۰/۰۰۳۶ واحد به ازای هر بوته کاهش پیدا می‌کند ولی برای ضریب b اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۸). ضرایب مربوط به معادلات در شکل ۸ ارائه شده است. بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al*., 2011) از مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه‌ای برای ارقام مختلفی از گندم در شرایط دیم و آبی استفاده کردند و گزارش کردند که رابطه نزدیکی بین ارتفاع بوته و وزن خشک کل اجزای رویشی وجود دارد. همچنین پوررضا و همکاران (Porreza *et al*., 2007) در نخود به‌ترتیب از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی برای توصیف روابط بین ارتفاع بوته با وزن خشک کل استفاده کردند.



شکل ۷- برازش مدل $y=ax^b$ بین ارتفاع بوته و وزن خشک کل اجزای رویشی در تراکم‌های مختلف

Figure 7- Model $y=ax^b$ between plant height and dry weight of vegetative components of different density



شکل ۸- برازش رگرسیونی خطی برای ضریب a و b در مقابل تراکم برای ارتفاع در ارتباط با وزن خشک کل

Figure 8- Regression coefficients a and b for the concentration of total dry weight in relation to height

نتیجه‌گیری

بین ارتفاع بوته گندم با سایر صفات رویشی روابط آلومتریک بسیار خوبی تا مرحله مرحله تورم غلاف برگ پرچم وجود داشت. به‌طوری‌که بین ارتفاع بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل اجزای رویشی به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۴، ۰/۹۷ و ۰/۹۶ رابطه معنی‌داری وجود داشت. در بررسی اثر تراکم بر روی روابط آلومتریک بین صفات نتایج نشان دادند که برای صفات ارتفاع در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد و برای صفات ارتفاع در مقابل وزن خشک ساقه و وزن خشک کل اجزای رویشی اثر معنی‌داری مشاهده نشد.

Referemces

1. Akram-Ghaderi, F., and Soltani, A. 2007. Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton in

www.SID.ir

Archive of SID

cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown in a temperate sub-humid environment. Journal of Plant Production 1: 63-71.

2. Bakhshandeh, A. 2011. Assessment of allometric relations in wheat. Master Thesis Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 104 p.
3. Bakhshandeh, A., Soltani, A., and Ghadiriyan, R. 2011. ACC PAR measurements of leaf area index using wheat. Journal of Plant Production 18 (4): 97-102 P.
4. Bakhshandeh, A., Soltani, A., Zeynali, E., Kalatearabi, M., and Ghadiriyan, R. 2011. Assessment of allometric relations of leaf and vegetative traits in bread wheat and durum. Iranian Journal of Crop Sciences 13(4): 642-657 P.
5. Bakhshandeh, E., Soltani, A. Zeinali, E., and Kallate-Arabi, M. 2010. Prediction of plant height byallometric relationships in field-grown wheat. Ceareal Res Commu 40 (3): 487-496.
6. Bromandrezazadeh Z., Rezvanimoghadam, P., and Rashedmohasel, M.H. 2005. Effect of planting date and plant density on yield components and morphological characteristics. National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants. Mashhad (Abs).
7. Cao, W., and Mass, D. 1989. Wild oat competition with spring wheat: Plant density effects. Weed Sci. 33: 178-181.
8. Cosenss, R.D., Weaver, S. E. Martin, T. D. Blair, A. M., and Wilson, J. 1991. Dynamic of competition between wild oat (*Avena fatua* L.) and winter cereals. Weed Res. 37: 203-210.
9. Han, J.R. 1973. Visual qualification of wheat development. Agron. J. 65:116-119.
10. Hodges, T., and Evans, D.W. 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. J.Prod. Agric. 3:190-195.
11. Nagashima, H., and Terashima, I. 1995. Relationships between height, diameter and weight distributions of *Chenopodium album* plants in stands: Effects of dimension and allometry. Ann. Bot. 75: 181-188.
12. Nazarigolshan, A., Seyfzadeh, S., Moradimoghadam, A., and Taherkhani, T. 2010. The effect of plant density on some agronomic traits in sunflower under limited irrigation conditions. Journal of Crop Science 7: 49-63.
13. Niklas, K.J. 1994. Plant allometry, the scaling of form and process. Chicago: University of Chicago press. 81: 339-344.
14. Noshkam, A., Mazaheri, D., Hosieni, M.B., and Mirabzadeh, M. 2009. Effect of plant density and sowing date on yield and quality of forage and seed yield of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 11 (4): 325-336.
15. Partovkazemi, A., Delkhosh, B., and Mohseni, M. 2011. Effect of tillage practices and plant density on yield and yield components of three corn hybrids. The new findings Agriculture 5(3): 221-230.
16. Peters, N. C. B., and Wilson, B. J. 1986. Some studies on the competition between (*Avena fatua* L.) and spring barely.II. Variation of A.fatua emergence and development and its influence on crop yield. Weed Res. 23: 305-311.
17. Porreza, J., Soltani, A., Rahemi, A., Galeshi, S., and Zeynali, A. 2007. Allometric relationships between plant height and growth traits in pea plants. Journal of Agricultural Sciences and Nat Res. 14 (5): 178-190.
18. Porreza, J., Soltani, A., Rahemi, A., Galeshi, S., and Zeynali, A. 2007. Determination of dry matter distribution among different organs in chickpea. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14(5): 178-190.
19. Rahemi-karizaki, A. 2005. Predicting interception and use of solar radiation in chickpea. Thesis of M.Sc. Gorgan Uni.Agric Sci. Natur Resour. 89 p. (in Persian).
20. Rahmani, A., Khavarikhorasani, S., and Nabavikalat, M. 2009. Effect of planting date and plant density on yield, yield components and some agronomic characteristics of corn salad varietie KSC403su. Journal of Agricultural Seed and Plant. 2-25(4): 449-463.
21. Reddy, V.R., Pachepsky, Y.A., and Whislers, F.D. 1998. Allometric relationships in field-grown soybean. Annals of Botany, 82: 125-131.
22. Romas, J.M., Gariadel Moral, L.F., and Reclade, L. 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barley. Agron. J. 75: 308-310.
23. Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in crop plants. Press Scientific Information Database Mashhad. P 175.
24. Soltani, A., 2006. Review of the application of statistical techniques in agricultural research. Press Scientific Information Database Mashhad. P 74.
25. Soltani, A., and Hoogenboom, G. 2003. A statistical comparison of stochastic weather generators WGEN and SIMMETEO. Climate Res. 24: 215-230.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Van Ittersum, M.K., and Donatelli, M. 2003. Modeling cropping systems highlights of the symposium and preface to the special issues. Eur. J. Agron. 18: 187-197.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 2, Summer. 2017, p. 286-297

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۹۷-۲۸۶

Effect of Plant Density on Allometric Relationships between Plant Height and Vegetative Traits of Wheat

B. Zafarighalehrodkhani[1*]- A. Soltani[2]- E. Zeinali[3]- B. Kamkar[4]- M. Firozfard[5]

Received: 20-04-2014
Accepted: 20-04-2016

Introduction: Crop models are the most important parts of ecological models. These models could provide the possibility of crop systems prediction in addition to increase the understanding of their performance. Allometric relationships of plants show the changes of growth of one part in comparison to the other parts of the plant. Determining the appropriate plant density in crops, especially wheat has the high importance which affects some characteristics such as yield and yield components. This effect varies between different stages of plant growth.

Materials and Methods: This research has been done in research station of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (37°45′N, 54°30′E and 120m asl) in the growing season of 2012-13. The experiment was conducted in a factorial experiment with randomized complete block design with four replications as base. Treatments consisted of two wheat cultivars (Koohdasht and Morvarid) and 7 plant densities (50, 100, 200, 350, 500, 650, 800 seed.m^2). Each replication consisted of 14 plots and each plot had 10 rows with length of 5 m, width of 2 m and a row spacing of 20 cm. Plot distances from each other was 40 cm and block distances was 1 m to each other. Measurements were done from tillering to the end of the growing every 7 to 10 days (depending on weather conditions). Cumulative thermal units were calculated using GDD_Calc program. Power model and non-liner segmented regression model were used to describe allometric relationships.

Results and Discussion: In fitting allometric equations related to plant height, results showed that plant height in wheat starts from emergence and reaches the maximum in the anthesis stage and then remains constant. Hence, fitting equations were done to find allometric relations of wheat plant height and coefficient of 0.94 and root mean square error between 6.80 and 5.16 showed that the equation could well describe the height of plant during the growing season. Checking coefficients showed that there was no significant differences between a coefficient but significant differences was investigated in b coefficient and X_0 coefficient. The analysis of the relationship between plant height and the number of leaves in main stem showed a significant effect according to b coefficient with coefficient of determination of 0.92, in different densities. Coefficient of determination values greater than 0.97 indicated a strong relationship between plant height and shoot dry weight, but the analysis showed no significant effect in terms of a (plant height when shoot dry weight is 1 gr) and b coefficients. In addition, regarding the relationship between the height and total dry weight of vegetative parts in different plant density, coefficient of determination values greater than 0.97 and ranges of root mean square error between 4.86 and 9.119, belong to the plant densities of 50 and 800, respectively, which showed a very good correlation between the height and the total dry weight of vegetative parts. The a coefficient (plant height when total dry weight is 1 gr) had significant difference and decrees about 0.0036 unit according to each plant more dense but for b coefficient, there was no significant difference.

Conclusions: In general, the results revealed that plant height has significant correlation with the number of leaves in main stem, shoot dry weight and total dry weight of vegetative parts by coefficient of determination 0.93, 0.97 and 0.96, respectively. In addition, the correlation coefficient for producing leaves in main stem was 0.93.

Keywords: Allometric, Plant height, Plant density, Variety, Vegetative traits

1- M.Sc. of Crop Physiology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2, 3 and 4- Professr, Assistant Professor and Associate Professor Respectively, Crop Physiology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
5. M.Sc. of Crop Physiology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(*- Corresponding Author Email: behzadzafari@yahoo.com)

www.SID.ir