

## روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گیاه نخود

\*علی راحمی کاریزکی<sup>۱</sup>، افشین سلطانی<sup>۲</sup>، جعفر پوررضا<sup>۱</sup>، ابراهیم زینلی<sup>۳</sup> و رمضان سرپرست<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup>مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۴</sup>عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان

تاریخ دریافت: ؛ تاریخ پذیرش:

### چکیده

هدف از این تحقیق یافتن روابط آلومتریک بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک برگ (گرم در بوته)، وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی متر) در نخود (*Cicer aritinium*) بود. بدین منظور آزمایشی بر روی نخود، رقم هاشم، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور تاریخ کاشت (در سه سطح ۱۵ آذر ۱۳۸۲، ۱ بهمن ۱۳۸۲ و ۱ فروردین ۱۳۸۳) و تراکم (در چهار سطح ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در مترمربع) و با چهار تکرار در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ در مزرعه آزمایشی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا شد. نمونه‌گیری تا مرحله غلاف‌دهی ( $R_3$ )، یعنی زمانی که تولید مؤثر برگ متوقف می‌شود، انجام شد. در هر نمونه‌گیری سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک اجزای رویشی (برگ + ساقه) و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. برای توصیف رابطه سطح برگ با صفات ذکر شده از معادله توانی ( $Y=aX^b$ ) استفاده گردید. برای تراکم‌های مختلف، جداگانه برازش معادله انجام شد و نتایج نشان داد که برای کلیه تراکم‌ها یک معادله کافی بود، اما برای رابطه سطح برگ - تعداد گره و سطح برگ - ارتفاع بوته لازم بود ضریب آلومتریک ( $b$ ) برای تراکم بوته تصحیح شود. ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین سطح برگ با تعداد گره در ساقه اصلی بین ۰/۹۱ تا ۰/۹۷، وزن خشک برگ بین ۷/۲۳ تا ۸/۹۱، وزن خشک اجزای رویشی بین ۷/۷۶ تا ۹/۲۹ و ارتفاع بوته بین ۰/۸۰ تا ۰/۸۸، به دست آمد که در تمام موارد معنی‌دار بود. بنابراین از این روابط می‌توان برای تخمین سطح برگ استفاده کرد و یا آنها را در مدل‌های شبیه‌سازی به کار برد.

واژه‌های کلیدی: نخود؛ سطح برگ، وزن خشک، ارتفاع بوته، روابط آلومتریک

## مقدمه

همبستگی رشد بین اجزای تشکیل دهنده گیاهان باعث می‌شود که آنها شکل مخصوص به خود را کسب نمایند. به‌طور کلی یک محیط مناسب می‌تواند رشد را افزایش دهد، ولی شکل هندسی گیاه و اجزای آن نسبتاً ثابت است. روابط بین سرعت رشد اجزای منفرد یک عضو یا یک موجود آلودتری خوانده می‌شود، یا به عبارت دیگر آلودتری یعنی اندازه‌گیری یا سنجش میزان تخصیص مواد به یک اندام در حال رشد که اساساً به سرعت رشد نسبی اندام در مکان و زمان وابسته است (گاردنرو همکاران، ۱۹۸۵). روابط آلودتری در گیاه تغییرات وابسته به شکل، نمو و ویژگی‌های رشد نسبی یک قسمت از گیاه را در مقایسه با کل گیاه بررسی می‌کند (ردی و همکاران، ۱۹۸۹).

سطح برگ یکی از مهمترین متغیرهایی است که در بررسی رشد و شبیه‌سازی و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و اکولوژیک از جمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین اندازه‌گیری دقیق سطح برگ برای درک اثر متقابل گیاه و محیط لازم و ضروری است. اندازه‌گیری سطح برگ نسبت به سایر قسمت‌های گیاه به خصوص در گیاهانی مثل نخود و یونجه که دارای برگ‌های کوچک هستند، بسیار مشکل و زمان بر است و نیاز به صرف هزینه دارد.

یک راهکار برای اندازه‌گیری سطح برگ، استفاده از روابط آلودتری، از قبیل یافتن معادلاتی برای برآورد سطح برگ با استفاده از خصوصیات گیاهی اندازه‌گیری شده می‌باشد. از مهمترین این خصوصیات می‌توان به تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک برگ، وزن خشک اجزای رویشی (ساقه + برگ) و ارتفاع بوته اشاره نمود. از این معادلات به‌طور موفقیت‌آمیزی برای گیاهان مختلف از قبیل بادام زمینی، یونجه، ارزن، سورگوم، نیشکر، سویا، جو، ذرت و پنبه استفاده شده است (ما و همکاران، ۱۹۹۲؛ جوحانسون، ۱۹۶۷؛ پین و همکاران، ۱۹۹۱؛ شیخ و همکاران، ۱۹۸۱؛ شیخ و گازجو، ۱۹۸۰؛ لیث و همکاران،

۱۹۸۶؛ راموز و همکاران، ۱۹۸۳؛ دویسر و استوارت، ۱۹۸۶؛ اکرم قادری و همکاران، ۱۳۸۲). سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) در نخود نشان دادند که تعداد گره در ساقه اصلی با درجه اعتماد بالایی بر اساس درجه حرارت و درجه روز رشد قابل پیش‌بینی است. از آنجایی که شبیه‌سازی تعداد گره ساده‌تر است، یافتن روابط آلودتری بین تعداد گره در ساقه اصلی و سطح برگ کمک قابل توجهی به مدل‌سازی سطح برگ خواهد نمود. هدف از این تحقیق یافتن روابط آلودتری سطح برگ با وزن خشک برگ، وزن خشک اجزای رویشی و ارتفاع بوته در نخود می‌باشد.

## مواد و روشها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ اجرا گردید. گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۶۰۷ میلی‌متر، دامنه نوسان دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قبل از اجرای آزمایش از عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تعیین شدند. براساس نتایج حاصله بافت خاک لوم رسی سیلتی بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور، تاریخ کاشت در سه سطح (۱۵ آذر ۱۳۸۲، ابمن ۱۳۸۲، ۱ فروردین ماه ۱۳۸۳) و تراکم کاشت در چهار سطح (۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در متر مربع) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. دامنه گسترده تاریخ کاشت‌ها به عمد انتخاب شدند تا شرایط محیطی و رشدی متفاوتی ایجاد گردد. برای ایجاد تراکم‌های مختلف فاصله روی ردیف‌ها ۲۲/۲۲، ۱۱/۱۱، ۷/۳۳ و ۵/۵۵ سانتی‌متر به ترتیب برای تراکم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته

اندازه‌گیری‌ها روی نمونه‌گیاهی شامل ۷ بوته که از یک نمونه بزرگتر ۲۰-۱۰ تایی انتخاب شده بودند، صورت گرفت. جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج مدل DELTA-T استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک در هر نمونه برداری، برگ‌های سبز و ساقه‌ها به صورت جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آن قرار گرفتند، سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ با تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک برگ، وزن خشک اجزای رویشی و ارتفاع بوته از معادله توانی ( $Y=aX^b$ ) به صورت تبدیل شده خطی ( $\ln(Y)=\ln(a)+b*\ln(X)$ ) (که در آن از  $X$  و  $Y$  لگاریتم گرفته شده است) استفاده گردید. در این معادله  $a$  عرض از مبدأ و  $b$  شیب خط (ضریب آلومتریک) می‌باشد. برازش معادله و بررسی آن برای تمامی تاریخ‌های کاشت و تراکم‌ها به شکل جداگانه انجام شد و در نهایت برای کلیه تاریخ‌های کاشت‌ها و تراکم‌ها یک معادله کلی برازش داده شد. برای مقایسه دقت معادلات برآورد سطح برگ با ویژگی‌های رویشی گیاه از ضریب تغییرات ( $CV$ ) استفاده گردید، که هرچه این مقدار کمتر باشد، نشان دهنده دقت بالاتر معادله در توصیف روابط آلومتریک است. تجزیه آماری با برنامه SAS صورت گرفت (سلطانی، ۱۳۷۷).

## نتایج و بحث

روند تغییرات شاخص سطح برگ در شکل ۱ برای تراکم‌ها و تاریخ‌های کاشت‌های مختلف نشان داده شده است. در این تحقیق با افزایش تراکم بوته در هر تاریخ کاشت، شاخص سطح برگ سیر صعودی داشت، به نحوی که حداکثر شاخص سطح برگ از ۳/۸، ۳/۲۲ و ۲/۴۵ در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع در تاریخ‌های اول تا سوم به ۷/۳۷، ۳/۸۵ و ۳/۳۱ در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع افزایش یافت، ولی تأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش در حداکثر شاخص سطح برگ شد، به صورتی که

در متر مربع اعمال شد. فاصله بین ردیف‌ها برای کلیه تراکم‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طول کرت‌های آزمایش ۷ متر در نظر گرفته شد، که هر کرت شامل ۱۰، ۸، ۷ و ۱۶ ردیف به ترتیب برای تراکم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در متر مربع بود.

زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش به صورت آیش بود و در آذرماه سال ۱۳۸۲ با انجام شخم برگردانده شد. میزان کود توصیه شده بر اساس آزمایش خاک ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۶۲ کیلوگرم اوره بود. کود مصرفی در هر تاریخ کاشت به زمین اضافه شد. بذور با سم کربوکسی تیرام به میزان دو در هزار، مخلوط شده و در ردیف‌های ایجاد شده در عمق ۵ سانتی‌متر کشت و روی آنها پوشانده شد. پس از سبز شدن بذور، در مرحله ۴ تا ۶ برگی تنک کردن انجام گردید.

چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی، آفات و علف‌های هرز انجام می‌شد، در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم آبیاری انجام شد و هر دو یا سه هفته یک بار از سم دیازینون جهت مبارزه با آفاتی نظیر کرم غلاف خوار نخود (*Heliothis armigera*) و مینوز برگ نخود (*Liriomyza cogesta*)، استفاده شد. همچنین به منظور جلوگیری از بیماری‌های قارچی از قیبل برق زدگی (*Fusarium spp*)، از سم بنومیل به نسبت دو در هزار استفاده گردید. همچنین برای مبارزه با لیسک یا لیسک (*Paramacella spp*) از طعمه مسموم (سویین + سبوس گندم یا متالدهاید ۶ درصد) استفاده شد. به خاطر عملیات مناسب تهیه بستر قبل از کاشت مشکل علف‌های هرز هنگام سبز شدن بذور نخود وجود نداشت و پس از آن به صورت هفتگی عملیات وجین بصورت دستی انجام شد.

در این تحقیق صفات مربوط به سطح برگ، وزن خشک و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در تمام تیمارها از سبز شدن تا R3 (غلاف‌دهی) که مرحله پایان تولید گره ورشد برگ است، در فواصل زمانی ۵ تا ۲۰ (بسته به شرایط آب و هوایی) انجام شد. تمام

شاخص سطح برگ در تراکم های اول تا چهارم تاریخ کاشت اول به ترتیب از ۳/۸، ۴/۸۳، ۶/۵۵ و ۷/۳۷ به ۲/۴۵، ۲/۹۳، ۲/۸۴ و ۳/۳۱ در تاریخ کاشت های سوم کاهش یافت. در هر دو حالت افزایش تراکم و تأخیر در کاشت زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ کوتاه شد، به نحوی که از ۱۵۳، ۱۱۸ و ۷۵ روز در تراکم اول تاریخ کاشت های اول تا سوم به ۱۴۵، ۱۱۶ و ۶۸ روز در تراکم چهارم کاهش یافت و میزان آن از ۱۵۳، ۱۵۲، ۱۵۱ و ۱۴۵ روز در تراکم های اول تا چهارم تاریخ کاشت اول به ۷۵، ۷۳، ۷۰ و ۶۸ روز در تاریخ کاشت سوم کاهش یافت. تراکم بالا ضمن افزایش تعداد بوته، سبب کوتاه شدن زمان رسیدن به حداکثر سطح برگ، افزایش تعداد برگ و بالطبع شاخص سطح برگ شده است.

دامنه، میانگین و انحراف معیار، برای شاخص سطح برگ، تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک برگ، وزن خشک اجزای رویشی و ارتفاع بوته در تراکم های مختلف، در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود با افزایش تراکم، کلیه صفات ذکر شده، کاهش می یابد. این تغییرات در شاخص سطح برگ را می توان به روابط آلومتریکی بین سطح برگ با اجزای رویشی در طی مرحله رشد گیاه ارتباط داد.

جهت توصیف سطح برگ از تعداد گره در ساقه اصلی برای هر تراکم، جداگانه برازش معادله و بررسی انجام شد و نتایج نشان داد که بین تراکم ها در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود دارد و ضریب آلومتریکی با افزایش تراکم گیاهی از ۳/۱۲ برای ۱۵ بوته در متر مربع به ۲/۶۱ برای ۶۰ بوته در متر مربع کاهش یافت (جدول ۲). مقدار ضریب تغییرات (CV) بین ۵/۴۳ تا ۸/۴۶ درصد می باشد. شکل ۲- الف، رابطه لگاریتم طبیعی سطح برگ در مقابل لگاریتم طبیعی تعداد گره در ساقه اصلی را در تراکم های مختلف کاشت را نشان می دهد. همان طور که در شکل ۲- الف ملاحظه می شود، رابطه مناسبی در تراکم های مختلف بین سطح برگ با تعداد گره در ساقه اصلی وجود دارد. بین ضریب آلومتریکی با

تراکم های مختلف کاشت، در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود داشت (شکل ۲- ب). رابطه بین شیب با تعداد گره در ساقه اصلی برای تراکم های مختلف در شکل ۲- ج آورده شده است که همان مشتق شکل ۲- الف می باشد. همان طور که ملاحظه می شود سطح برگ در بوته با افزایش تعداد گره در ساقه اصلی در تراکم های مختلف به صورت نمایی افزایش می یابد، که چنین حالتی را می توان به شاخه زایی در گیاه نسبت داد. از آنجا که اندازه گیری تعداد گره در ساقه اصلی در مقایسه با اندازه گیری سطح برگ ساده تر است و بدون استفاده از وسایل مجهز به سرعت اندازه گیری می شود، بنابراین از این صفت می توان برای برآورد سطح برگ استفاده کرد. سینکلر (۱۹۸۴) از یک مدل غیر خطی برای توصیف سطح برگ از تعداد گره در ساقه اصلی استفاده کرد. همکاران (۱۹۹۳) از یک معادله توانی ( $y = X^b$ ) برای توصیف سطح برگ از تعداد برگ در بوته استفاده کردند.

همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می شود، رابطه نزدیکی بین سطح برگ و وزن خشک برگ بر مبنای معادله توانی در تراکم های مختلف وجود داشت. برای تراکم های مختلف مقدار ضریب تغییرات (CV) بین ۷/۲۳ تا ۸/۹۱ درصد می باشد. از آنجا که بین تراکم های مختلف از نظر ضریب آلومتریکی (b) تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بنابراین می توان به جای این که برای هر تراکم از معادله های جداگانه استفاده کرد، از یک معادله برای مجموع تراکم های کاشت جهت توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ استفاده کرد (شکل ۳- الف،  $y = 156.02 \times X^{1.16}$ ). همان طور که ملاحظه می شود رابطه مناسبی بین سطح برگ و وزن خشک برگ وجود دارد، و به عبارت دیگر می توان با استفاده از وزن خشک برگ سطح برگ را با دقت بالایی توصیف کرد. شکل ۳- ب، شیب رابطه شکل ۳- الف که سطح ویژه برگ<sup>۱</sup> (SLA) می باشد، را برای مجموع تراکم ها نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود سطح ویژه برگ که

شاخصی از ظرافت برگ است با افزایش وزن خشک برگ در تراکم‌های مختلف بصورت نمایی افزایش می‌یابد. که احتمالاً در اوایل فصل رشد توسعه سطح برگ عمدتاً توسط دما محدود می‌شود و نقاط رشد معمولاً به دلیل عدم سایه اندازی تشعشع کافی و ماده خشک کافی دریافت می‌کنند، در مراحل بعدی با گرمتر شدن فصل رشد مشکل محدودیت دما رفع شده و گسترش سطح برگ عمدتاً توسط ماده خشک فراهم برای رشد محدود می‌شود و همین امر می‌تواند دلیل ضخیم تر بودن برگها در مراحل اولیه رشد (سطح ویژه برگ کمتر) و نازک‌تر شدن آنها در مراحل بعدی رشد می‌باشد. در تحقیقاتی که شار و بیکر (۱۹۸۵) و پین و همکاران (۱۹۹۱) روی یونجه و ارزن انجام دادند. بیان داشتند که مدل غیر خطی روابط بین سطح برگ و وزن خشک برگ را بهتر توصیف می‌کند.

در جدول ۲ روابط سطح برگ با وزن خشک اجزای رویشی برای هر تراکم جداگانه آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در هر تراکم بین وزن خشک اجزای رویشی و سطح برگ بر مبنای معادله توانی رابطه مناسبی وجود دارد.

مقدار ضریب تغییرات (CV) برای تراکم‌های مختلف بین ۷/۵۹ تا ۹/۲۹ درصد میانگین می‌باشد. از آنجا که بین تراکم‌های مختلف از نظر ضریب آلومتریکی (b) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین می‌توان به جای این که برای هر تراکم از معادله‌های جداگانه استفاده کرد، از یک معادله برای مجموع تراکم‌های کاشت جهت توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی استفاده کرد (شکل ۴-الف،  $(y = 79.04 \times X^{1.04})$ ). رابطه بین شیب و وزن خشک اجزای رویشی در تراکم‌های مختلف در شکل ۴-ب نشان داده شده است که همان مشتق رابطه شکل ۴-الف می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سطح برگ با افزایش وزن خشک اجزای رویشی بصورت نمایی افزایش می‌یابد، که چنین حالتی را می‌توان به شاخه‌زایی در گیاه نسبت داد. از وزن خشک

کل در بعضی از گیاهان برای توصیف سطح برگ استفاده می‌شود. از آنجا که اندازه‌گیری کل بیوماس در مقایسه با اندازه‌گیری سطح برگ ساده‌تر است و بدون استفاده از وسایل مجهز، به سرعت اندازه‌گیری می‌شود، بنابراین از این صفت می‌توان برای توصیف سطح برگ استفاده کرد. ما و همکاران (۱۹۹۲) و لایس و همکاران (۱۹۸۶) در بادام زمینی و سویا از مدل غیرخطی برای توصیف سطح برگ استفاده کردند. در جو زمستانه راموز و همکاران (۱۹۸۳) از مدل رگرسیون خطی برای توصیف سطح برگ با استفاده از وزن خشک کل استفاده کردند.

روابط سطح برگ و ارتفاع بوته برای هر تراکم در جدول ۳، جداگانه آورده شده است. بین تراکم‌ها در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد و ضریب آلومتریکی با افزایش تراکم از ۲/۲۶ برای ۱۵ بوته در متر مربع به ۱/۸۳ برای ۶۰ بوته در متر مربع کاهش یافت. (جدول ۳). مقدار ضریب تغییرات (CV) بین ۱۱/۰۷ تا ۱۲/۹ درصد می‌باشد. شکل ۵-الف، رابطه لگاریتم طبیعی سطح برگ در مقابل لگاریتم طبیعی ارتفاع بوته در تراکم‌های مختلف کاشت را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۵-الف ملاحظه می‌شود، رابطه مناسبی در تراکم‌های مختلف بین سطح برگ با ارتفاع بوته با ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین ۰/۸۰ تا ۰/۸۸ وجود دارد. رابطه ضریب آلومتریکی با تراکم‌های مختلف کاشت، در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۵-ب). رابطه بین شیب با تعداد گره در ساقه اصلی برای تراکم‌های مختلف در شکل ۵-ج آورده شده است که همان مشتق شکل ۵-الف می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود سطح برگ با افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های مختلف به صورت نمایی افزایش می‌یابد. از آنجا که اندازه‌گیری ارتفاع بوته در مقایسه با اندازه‌گیری سطح برگ ساده‌تر است و بدون استفاده از وسایل مجهز به سرعت اندازه‌گیری می‌شود، بنابراین از این صفت می‌توان برای برآورد سطح برگ استفاده کرد. در تحقیقاتی که لایس و همکاران (۱۹۸۶) بر روی سویا و اکرم قادری و همکاران (۱۳۸۲) بر روی پنبه

انجام دادند، بیان داشتند که ارتفاع گیاه توصیف کننده مناسبی برای سطح برگ نیست.

از آنجا که ضریب تغییرات (CV) سطح برگ در بوته بر مبنای تعداد گره در ساقه اصلی و در تراکم‌های مختلف بین ۵/۴۳ - ۸/۴۶ درصد، بر مبنای وزن خشک برگ ۷/۴۳ درصد، بر مبنای وزن خشک اجزای رویشی ۷/۸۲ درصد و بر مبنای ارتفاع بوته و در تراکم‌های مختلف بین ۱۱/۰۷-۱۲/۹ درصد بود و همچنین ضریب تبیین ( $R^2$ )

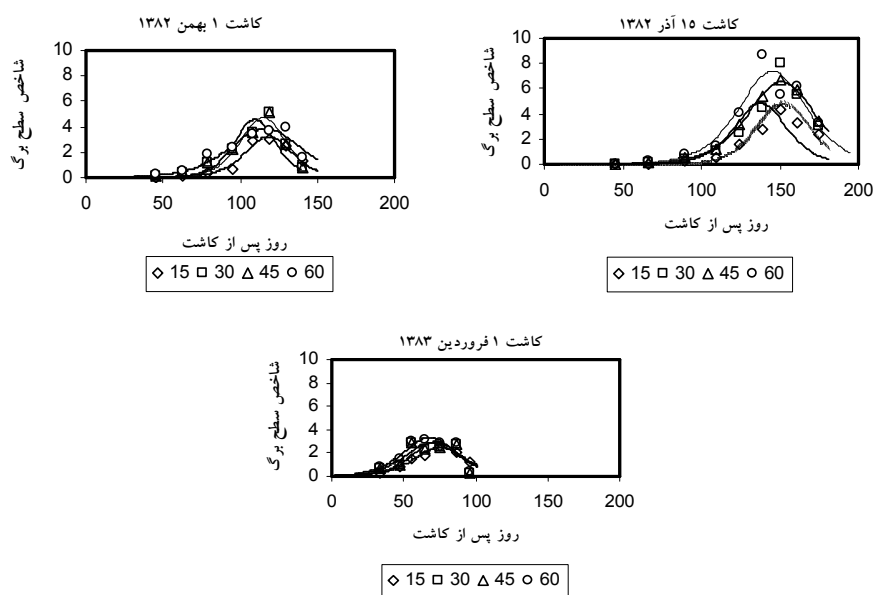
روابط سطح برگ از طریق وزن خشک برگ، تعداد گره در ساقه اصلی و وزن خشک اجزای رویشی نسبت به ارتفاع بیشتر بود، بنابراین توصیف سطح برگ از اجزای رویشی به استثنای ارتفاع از دقت بالایی برخوردار است. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که می‌توان از این روابط در مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ وجود ندارد، در برآورد سطح برگ نخود استفاده کرد و از آنها را در مدل‌های شبیه‌سازی سود جست.

جدول ۱- مقادیر دامنه، میانگین‌ها و انحراف معیار سطح برگ (سانتی‌متر مربع)، وزن خشک برگ (گرم در بوته)، وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در تراکم‌های مختلف کاشت.

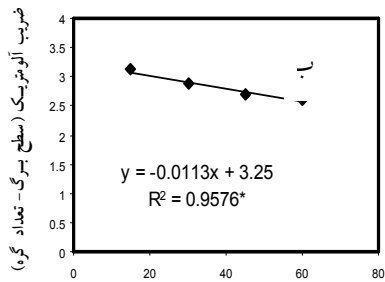
میانگین	انحراف معیار	دامنه	تراکم	صفت
			بوته در متر مربع	سطح برگ
۸۱۷/۵۰	۸۶۳/۲۲	۲/۱۰ - ۳۳۶۱/۴۰	۱۵	(سانتی متر مربع در بوته)
۶۳۴/۳۱	۷۳۴/۲۶	۲ - ۳۱۵۶/۹۰	۳۰	
۵۰۷/۲۹	۴۹۱/۳۲	۲/۶۰ - ۲۲۱۵/۶۰	۴۵	
۴۲۰/۲۴	۴۰۵/۲۴	۲/۷۰ - ۱۸۲۲/۹۰	۶۰	
۵۹۴/۸۳	۶۶۳/۴۸	۲ - ۳۳۶۱/۴۰	مجموع تراکم‌ها	
				تعداد گره در ساقه اصلی
۱۹/۰۲	۸/۷۸	۳/۶ - ۳۶	۱۵	
۱۸/۷۹	۹/۱۵	۳/۴ - ۳۶	۳۰	
۱۸/۸۷	۸/۹۴	۶/۳ - ۳۶	۴۵	
۱۸/۴۸	۸/۴۴	۴ - ۳۵	۶۰	
۱۸/۷۹	۸/۷۸	۳/۴ - ۳۶	مجموع تراکم‌ها	
				وزن خشک برگ (گرم در بوته)
۴/۴۹	۴/۷۳	۰/۰۹ - ۱۷/۶	۱۵	
۳/۰۳	۳/۰۴	۰/۰۹ - ۱۱/۸۷	۳۰	
۲/۶۷	۲/۶۵	۰/۰۸ - ۱۲/۰۷	۴۵	
۲/۲۸	۲/۱۳	۰/۰۹ - ۸/۷۲	۶۰	
۴۰/۲۷	۳/۳۷	۰/۰۸ - ۱۷/۶	مجموع تراکم‌ها	
				وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته)
۱۰/۳۰	۱۲/۳۷	۰/۱۵ - ۴۷/۶۷	۱۵	
۷/۳۳	۸/۵۱	۰/۱۵ - ۳۲/۸۹	۳۰	
۶/۳۶	۷/۳۲	۰/۱۳ - ۳۳/۸۳	۴۵	
۵/۴۴	۶/۰۰	۰/۱۵ - ۲۶/۰۲	۶۰	
۷/۳۶	۹/۰۱	۰/۱۳ - ۴۷/۶۷	مجموع تراکم‌ها	
				ارتفاع بوته (سانتی متر)
۳۸/۶۰	۲۵/۵۵	۸/۵۰ - ۹۹/۲۰	۱۵	
۴۰/۴۴	۲۶/۹۲	۸/۶۰ - ۹۴/۶۰	۳۰	
۴۰/۷۸	۲۷/۶۲	۸/۳۰ - ۹۵/۵۰	۴۵	
۱۸/۴۸	۸/۴۴	۴ - ۹۶/۲۰	۶۰	
۴۰/۲۷	۲۶/۵۹	۸/۳۰ - ۹۹/۲۰	مجموع تراکم‌ها	

جدول ۲- ضرایب معادله (b و a) در معادله  $y = ax^b$  بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک برگ (گرم در بوته)، وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی متر) برای تراکم های مختلف کاشت. n تعداد نمونه برداری،  $R^2$  ضریب تبیین و CV ضریب تغییرات هستند.

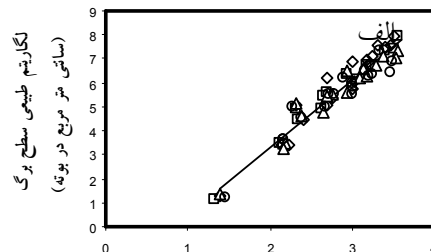
$R^2$	cv	b±se	a±se	n	تراکم - تراکم	
					تعداد گره در ساقه اصلی	تراکم (بوته در متر مربع)
۰/۹۵	۷/۳۴	۳/۱۲±۰/۱۹	۰/۰۵±۱/۷۰	۱۷	۱۵	تراکم ۱۵
۰/۹۷	۵/۴۳	۲/۸۷±۰/۱۲	۰/۰۹±۱/۴۳	۱۷	۳۰	تراکم ۳۰
۰/۹۴	۷/۱۹	۲/۷۰±۰/۱۷	۰/۱۲±۱/۶۳	۱۷	۴۵	تراکم ۴۵
۰/۹۱	۸/۴۶	۲/۶۱±۰/۲۱	۰/۱۵±۱/۸۰	۱۷	۶۰	تراکم ۶۰
۰/۹۴	۷/۴	۲/۸۳±۰/۰۹	۰/۰۹±۱/۳۰	۶۸	مجموع تراکم ها	
وزن خشک برگ (گرم در بوته)						
۰/۹۵	۷/۲۳	۱/۱۴±۰/۰۷	۱۴۵/۴۷±۱/۱۲	۱۷	۱۵	تراکم ۱۵
۰/۹۵	۷/۴۸	۱/۱۹±۰/۰۷	۱۵۷/۵۹±۱/۱۲	۱۷	۳۰	تراکم ۳۰
۰/۹۴	۷/۲۴	۱/۱۶±۰/۰۷	۱۶۰/۷۷±۱/۱۱	۱۷	۴۵	تراکم ۴۵
۰/۹۱	۸/۹۱	۱/۱۵±۰/۱	۱۵۹/۱۷±۱/۱۳	۱۷	۶۰	تراکم ۶۰
۰/۹۳	۷/۴۳	۱/۱۶±۰/۰۴	۱۵۶/۰۲±۱/۰۵	۶۸	مجموع تراکم ها	
وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته)						
۰/۹۴	۸/۰۴	۱/۰۳±۰/۰۷	۷۹/۰۴±۱/۱۵	۱۷	۱۵	تراکم ۱۵
۰/۹۴	۷/۷۶	۱/۰۷±۰/۰۷	۷۷/۴۸±۱/۱۴	۱۷	۳۰	تراکم ۳۰
۰/۹۴	۷/۵۹	۱/۰۴±۰/۰۷	۸۰/۶۴±۱/۱۳	۱۷	۴۵	تراکم ۴۵
۰/۹۰	۹/۲۹	۱/۰۲±۰/۰۹	۷۹/۰۴±۱/۱۶	۱۷	۶۰	تراکم ۶۰
۰/۹۳	۷/۸۲	۱/۰۴±۰/۰۳	۷۹/۰۴±۱/۰۷	۶۸	مجموع تراکم ها	
ارتفاع (سانتی متر)						
۰/۸۶	۱۲/۱۵	۲/۲۶±۰/۲۳	۰/۱۴±۲/۲۵	۱۷	۱۵	تراکم ۱۵
۰/۸۸	۱۱/۰۷	۲/۱۵±۰/۲۰	۰/۱۵±۲/۰۵	۱۷	۳۰	تراکم ۳۰
۰/۸۵	۱۱/۸۳	۱/۹۰±۰/۲۱	۰/۳۴±۲/۱۰	۱۷	۴۵	تراکم ۴۵
۰/۸۰	۱۲/۹	۱/۸۳±۰/۲۴	۰/۳۶±۲/۳۲	۱۷	۶۰	تراکم ۶۰
۰/۸۳	۱۲/۱۶	۲/۰۳±۰/۱۱	۰/۲۳±۱/۴۹	۶۸	مجموع تراکم ها	



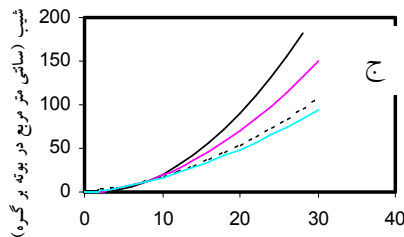
شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل زمان در تاریخ کاشت ها و تراکم های مختلف کاشت (اعداد زیر شکل).



تراکم بوته در متر مربع

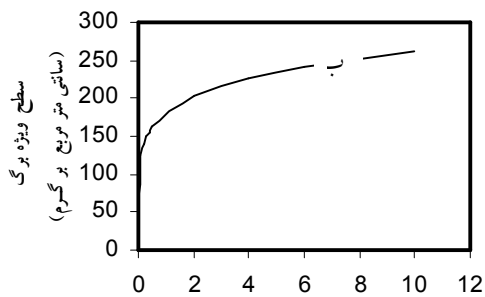


لگاریتم طبیعی تعداد گره در ساقه اصلی

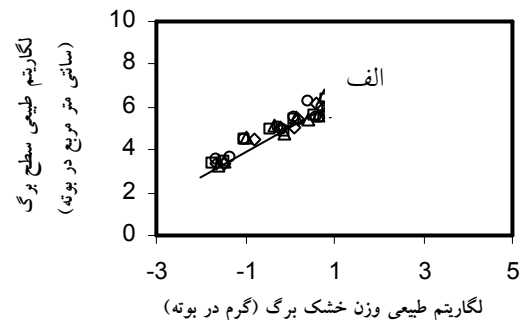


تعداد گره در ساقه اصلی

شکل ۲- (الف): معادله خطی برازش یافته برای رابطه بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با تعداد گره در ساقه اصلی، (ب): رابطه ضرب  $b$  یا همان ضرب آومتریک در معادله  $y = ax^b$  با تراکم بوته (ج): شیب سطح برگ (سانتی متر مربع بر گره) در مقابل تعداد گره در ساقه اصلی، یا همان مشتق رابطه الف. اعداد زیر شکل نشان دهنده تراکم گیاه در متر مربع است.



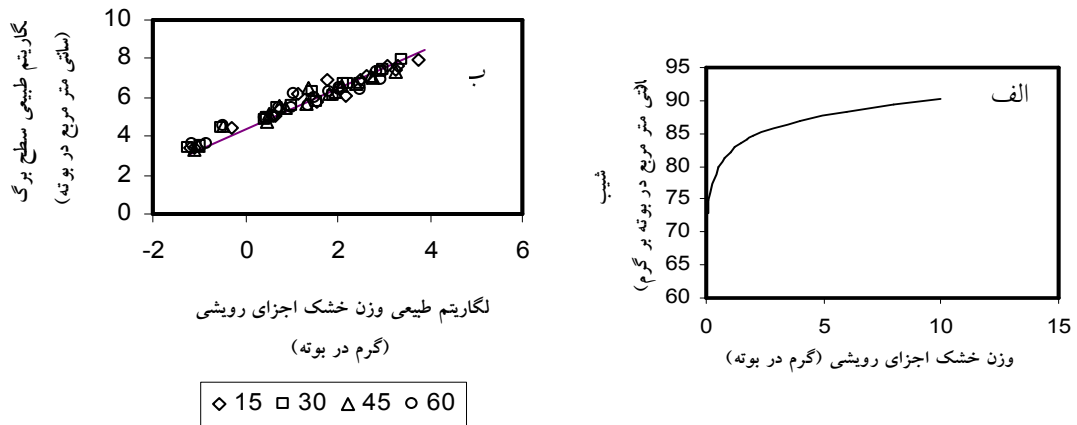
وزن خشک برگ (گرم در بوته)



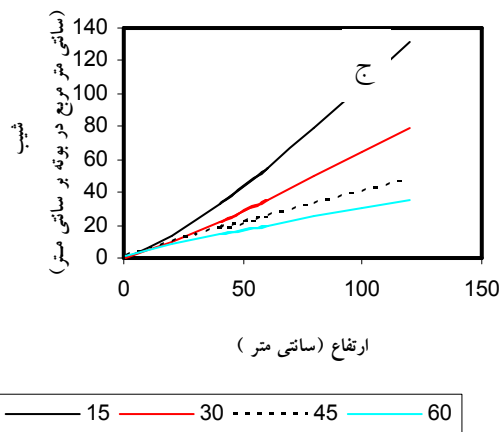
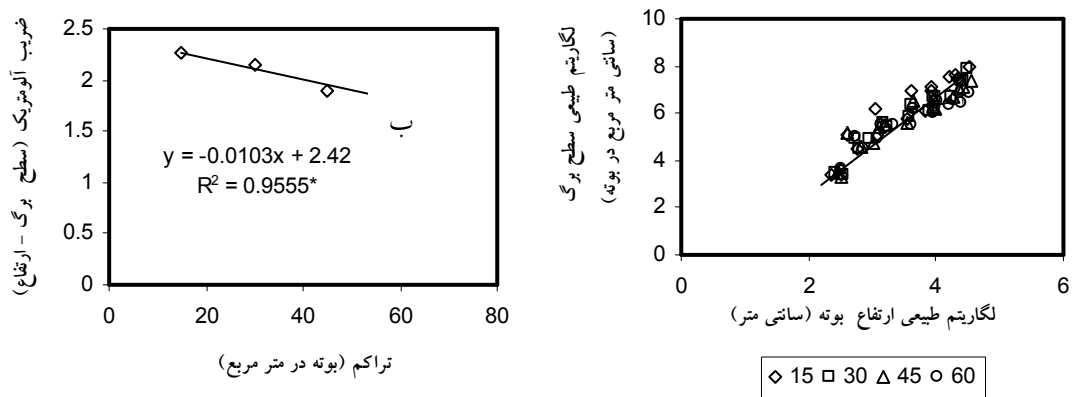
لگاریتم طبیعی وزن خشک برگ (گرم در بوته)

شکل ۳- (الف): برازش معادله خطی برای رابطه بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با وزن خشک برگ (گرم در بوته)، (ب): سطح ویژه برگ (SLA، سانتی متر مربع بر گرم برگ) در مقابل وزن خشک برگ (گرم در بوته)، یا همان مشتق رابطه الف. اعداد زیر شکل نشان دهنده تراکم گیاهی در متر مربع است.





شکل ۴- (الف): برازش معادله خطی برای رابطه بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته)، (ب): شیب سطح برگ (سانتی متر مربع بر گرم) در مقابل وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته)، یا همان مشتق شکل الف. اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم گیاهی در متر مربع است.



شکل ۵- (الف): برازش معادله خطی برای رابطه بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با ارتفاع بوته (ب): رابطه ضریب  $b$  یا همان ضریب آلومتریک در معادله  $y = ax^b$  با تراکم بوته (ج): شیب سطح برگ (سانتی متر مربع بر گره) در مقابل ارتفاع بوته، یا همان مشتق رابطه الف. اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم گیاهی در متر مربع است.

## منابع

۱. اکرم قادری، ف.، ا. سلطانی و ج. رضایی. ۱۳۸۲. برآورد سطح برگ در ارقام پنبه با استفاده از ویژگی های رویشی گیاه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱ (۱): ۲۳-۱۵.
۲. سلطانی. ا. ۱۳۷۷. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۶ صفحه.
3. De Jesus, W.C., Dovale, F.X.R., Coelho, R.R., Costa, L.C., 2001. Comparisons of two methods for estimating leaf area index on common bean. *Agron. J.* 93, 989- 991.
4. Dwyer, L. M., and D. W. Stewart. 1986. Leaf area development in field-grown maize. *Agron. J.* 78: 334-343.
5. Gardner, F. P., Pearce, R. B., Mitchell, R. L., 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State Univ. Press, Ames. p 187-208.
6. Hammer, G. L., Carberry, P. S., Muchow, R. C., 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. *Field Crops Res.* 33, 293-310.
7. Johnson, R. E., 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. *Agron. J.* 59, 493-494.
8. Lieth, J. H., Reynolds, J. F., Rogers, H. H., 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. *Field Crop Res.* 13, 193-203.
9. Ma, L., Gardener, F. P., Selamat, A., 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. *Crop Sci.* 32, 461-471.
10. Payne, W.A., Wendt, C. W., Hossner, L. R., Gates, C. E., 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agron. J.* 83, 937-941.
11. Reddy, V. R., Acock, B., Baker, D. N., Acock, M., 1989. Seasonal leaf area-leaf weight relationships in the cotton canopy. *Agron. J.* 81, 1-4.
12. Ranganathan, R., Chamhan, Y. S., flower' D. J., Robertson, M. J., Sanetra, C., and Silim, S.N., 2001. predicting growth and development of pigeonpea: leaf area development. *Field Crops Res.* 69: 163-127.
13. Romas, J. M., Garcidel Moral, L. F., and Reclade, L., 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barely. *Agron. J.* 72: 308-310.
14. Sharrett, B. S., Baker, D. G., 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter *Crop Sci.* 26, 1040-1042.
15. Shih, S. F., Gascho, G. J., Rahi, G. S., 1981. Modeling biomass production of sweet sorghum. *Agron. J.* 73, 1027-1032.
16. Shih, S. F., Gascho, G. J., 1980. Relationship among stalk length, leaf area, and dry biomass of sugarcane. *Agron. J.* 72: 309-313.
17. Stewart, D. W., Dwyer, L. M., 1999. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. *Crop Sci.* 39, 422-427.
18. Sinclair, T.R. 1984, Leaf area development in field-grown soybeans. *Agron. J.* 76, 141-146.
19. Soltani, A., Robertson, M. J., Mohammad-nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. *Field Crops Res.* (Submitted).

## **Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in field-grown chickpea**

**A. Rahemi<sup>1</sup> A. Soltani<sup>2</sup> J. Purreza<sup>1</sup> E. Zainali<sup>3</sup> and R.Sarparast<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. students of Dept. of Agronomy and plant breeding, Gorgan University of Agricultural science and Natural resource, <sup>2</sup>Associate Prof., of Agricultural and Natural Resources University of Gorgan, <sup>3</sup>Lecturer of Agricultural and Natural Resources University of Gorgan, <sup>4</sup>Academic member of Gorgan Agricultural Research center

---

---

### **Abstract**

The objective of this study was to obtain relationships between plant leaf area (cm<sup>2</sup>plant<sup>-1</sup>) with main stem node number, leaf dry weight (g plant<sup>-1</sup>), vegetative dry weight (g plant<sup>-1</sup>) and plant height (cm). An experimental design was conducted in the field at Agricultural Science Research Farm of the Gorgan University. Experimental design was a factorial arrangement of treatments based on randomized complete block design with four replications. The treatments were combinations of three sowing dates and four plant densities. Sowing dates were 6 Dec. 2003, 20 Jan. 2004 and 21 Mar. 2004. Plant densities were 15, 30, 45 and 60 plants m<sup>-2</sup>. Sampling was carried out to first pod (50% of plants with 0.5 cm pod at one of the 4 upper nodes with unfolded leaf, R3). At each sampling leaf area, main stem node number, leaf dry weight, vegetative dry weight and plant heights were measured. The power equation in linear form  $\{\ln(y) = \ln(a) + b \times \ln(x)\}$  was used to describe the relationship between leaf area and the mentioned characteristics. This equation was used for all combinations of sowing dates and planting densities. Significant relations were found between leaf area and main stem node number ( $R^2=0.94$ ), leaf dry weight ( $R^2=0.94$ ), vegetative dry weight ( $R^2=0.93$ ) and plant height ( $R^2=0.83$ ). It was concluded that the equations could be used for estimation of leaf area or can be used in crop simulation models of chickpea.

**Keywords:** Chickpea; leaf area; Plant height; dry weight; Allometric relationships