نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۴۹۰-۴۸۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 484-490

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد دو رقم گیاه عدس با استفاده از مدلسازی رگرسیونی

عظیمه باقری[1*] - خسرو عزیزی[2] - محمدسعید حسنوندی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۴

چکیده

تجزیه و تحلیل رشد روش با ارزشی در بررسی کمی رشد، نمو و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود. به منظور مطالعه شاخص‌های رشد فیزیولوژیک گیاه عدس تحت شرایط دیم، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهرستان خرم‌آباد به اجرا درآمد. در این آزمایش از دو رقم گچساران و فیلیپ که دو رقم مناسب و رایج در کشت منطقه هستند استفاده گردید. به منظور بررسی دقیق تر از شاخص درجه روز رشد برای برازش منحنی‌های شاخص رشد استفاده شد و با استفاده از مدل‌های رگرسیونی غیر خطی برای هر کدام از شاخص‌های رشد مدل مناسب انتخاب شد. نتایج بررسی شاخص‌های رشد نشان داد که رقم گچساران در شاخص سطح برگ نسبت به رقم فیلیپ دارای برتری است اما رقم فیلیپ در سرعت رشد محصول، میزان جذب خالص و تولید ماده خشک دارای برتری بود. سرعت رشد نسبی در هر دو رقم تقریباً یکسان بود. در مجموع اینکه ویژگی‌های رشد رقم گچساران منجر به تولید عملکرد دانه بالاتر و ویژگی های رشد رقم فیلیپ منجر به تولید عملکرد بیولوژیک بیشتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی : عدس، شاخص رشد فیزیولوژیک، دیم، رگرسیون غیر خطی

مقدمه

گیاه زراعی عدس با نام علمی *Lens culinarris* Medik از تیره نیام‌داران Leguminosae و یکی از قدیمی‌ترین منابع غذایی، گیاهی بشر است (۵ و ۶). عدس با برخورداری از ۲۵ درصد پروتئین به عنوان یک منبع غذایی با ارزش مطرح می‌باشد (۱). رقم گچساران (ILL 6212) از نظر مقاومت به آفات و امراض، مقاومت به ریزش، زودرسی، وزن هزاردانه، بازارپسندی، درشتی و سبزی دانه، کیفیت پخت و عملکرد از برترین ارقام اصلاح شده عدس به شمار می‌رود. میانگین عملکرد آن در قالب طرح‌های تحقیقاتی در مناطق سردسیری حدود ۸۷۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط گرمسیری ۲۲۷۴ کیلوگرم در هکتار ثبت گردید (۲). ارقام گچساران و Filip-92-12L در تحقیقاتی که به مدت سه سال به منظور بررسی و انتخاب ارقام پر محصول و سازگار به شرایط آب و هوایی مختلف در کشور انجام شد. به عنوان برترین ارقام جهت کشت دیم معرفی شدند. ضمن اینکه رقم Filip-92-12L با توجه به خصوصیات مناسب و بازار پسندی دانه، به عنوان بهترین رقم برای کاشت و توسعه در کشت بهارهٔ مناطق سردسیر غرب کشور توصیه شده است (۳). تجزیه و تحلیل رشد روش با ارزشی در بررسی کمی رشد و نمو و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود و نیز یک روش پرقدرت برای تخمین بلند مدت تولید خالص فتوسنتزی است (۴ و۱۰). این روش بر مبنای اندازه گیری متوالی وزن خشک و سطح برگ گیاه منفرد و یا پوشش‌های گیاهی استوار است (۴). مفهوم اساسی و کاربردهای فیزیولوژیک تجزیه و تحلیل رشد در اوایل دهه ۱۹۰۰ ارایه شد (۸ و ۹). پس از آن ، به ویژه به دنبال کارهای کلاسیک واتسون در سال‌های ۱۹۴۷ و ۱۹۵۲، از تجزیه و تحلیل رشد برای کمی‌سازی فرایندهای رشد گیاه در اروپا و کشورهای مشترک المنافع و سپس در آمریکا و دیگر نقاط دنیا استفاده شد (۱۴، ۱۵ و ۱۶). در روش رگرسیونی تجزیه و تحلیل رشد، پارامترها با استفاده از مدل‌های رگرسیونی که بر تغییرات سطح برگ و وزن خشک یا لگاریتم آن‌ها نسبت به زمان برازش داده شده است، محاسبه می‌شوند معادلات زیادی برای توصیف الگوهای رشد سیگموییدی پیشنهاد شده اند (۱۷) و معادلات جدید نیز توسعه پیدا کرده‌اند (۷). هدف از انجام این پژوهش بررسی روند شاخص‌های رشد دورقم از ارقام پر مصرف گیاه عدس، تحت شرایط کشت دیم در استان لرستان بود که با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل سازی شدند.

۱و۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Bagheri.Msc@gmail.com)

مواد و روش‌ها

آزمایش در اسفند ماه سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در کیلومتر ۱۲جاده خرم‌آباد- اندیمشک با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲درجه و۳۰ دقیقه و ارتفاع ۱۱۱۷ متر از سطح دریا با بارندگی سالیانه ۵۲۴ میلی متر ودمای متوسط سالیانه ۱۷ درجه سانتی گراد اجرا شد. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش از دو رقم گچساران و فیلیپ که دو رقم مناسب و رایج منطقه هستند استفاده شد. بذر رقم گچساران از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویر احمد (ایستگاه تحقیقات دیم گچساران) و بذر رقم فیلیپ از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان تهیه شدند. کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک در طول دوره رشد به خاک اضافه شدند. نمونه‌برداری‌ها از ۳۰ روز پس از کاشت شروع و هر ۱۰ روز یکبار تکرار شد که جمعاً پنج نمونه‌برداری صورت گرفت. در هر نمونه برداری سطحی معادل ۰/۲۵ متر مربع با رعایت خطوط حاشیه و ۲۰ سانتی‌متر حاشیه از ابتدا، از کرت‌ها کف بر شده و داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند و سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ (فقط یک طرف)، سطح تمامی برگ‌های برداشت شده مربوط به هر کرت توسط دستگاه سنجش سطح برگ[1] مدل WinDias اندازه‌گیری شد و سپس به متر مربع تعمیم داده شد. در ادامه به‌منظور بررسی روند تجمع ماده خشک کل، برگ‌ها به همراه سایر اندام‌های هوایی گیاه درون آون الکتریکی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. به منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) ابتدا مجموع درجه روز رشد (GDD) برای هر مرحله نمونه گیری محاسبه و بر اساس آن معادله رگرسیونی کل ماده خشک تولیدی (TDW) برآورد گردید. با مشتق گرفتن از TDW سرعت رشد نسبی محاسبه و در نهایت از طریق فرمول های زیر سایر شاخص های رشد محاسبه شدند (۱۱) :

تجمع ماده خشک (TDW):

$$TDW = EXP\ (a + bt + ct^2)$$

سرعت رشد محصول (CGR):

$$CGR=(bx+cx)\exp(a+bx+cx^2)$$

سرعت رشد نسبی (RGR):

$$RGR=bx+2cx$$

سرعت جذب خالص (NAR):

$$NAR = CGR/LAI$$

به منظور بررسی دقیق‌تر و علمی‌تر شاخص‌های رشد مورد مطالعه از واحد درجه روز رشد به جای فاصله زمانی برای بررسی روند شاخص‌های رشد در طی فصل رشد استفاده شد. این روش نسبت به فاصله زمانی از نوسانات فصلی کمتری برخوردار است و توسط تعدادی از محققین پیشنهاد شده است (۱۳، ۱۶ و ۱۷). درجه روزهای رشد در هر مرحله نمونه برداری با توجه به آمارهای هواشناسی منطقه و دماهای پایه و حداکثر و حداقل گیاه و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

درجه روز رشد

$$GDD= \sum n\ [(T_{max}+ T_{min})/2] - T_b$$

که در این رابطه GDD درجه روز رشد، T_{max} حد اکثر دمای شبانه روز، T_{min} حداقل دمای شبانه روز، T_b دمای پایه و n تعداد روزهای رشد می‌باشد. دمای پایه برای عدس پنج درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد (۱۲). همچنین دمای بالاتر از ۳۰ درجه و پایین تر از پنج درجه به ترتیب ۳۰ و پنج درجه سانتی گراد منظور شدند.

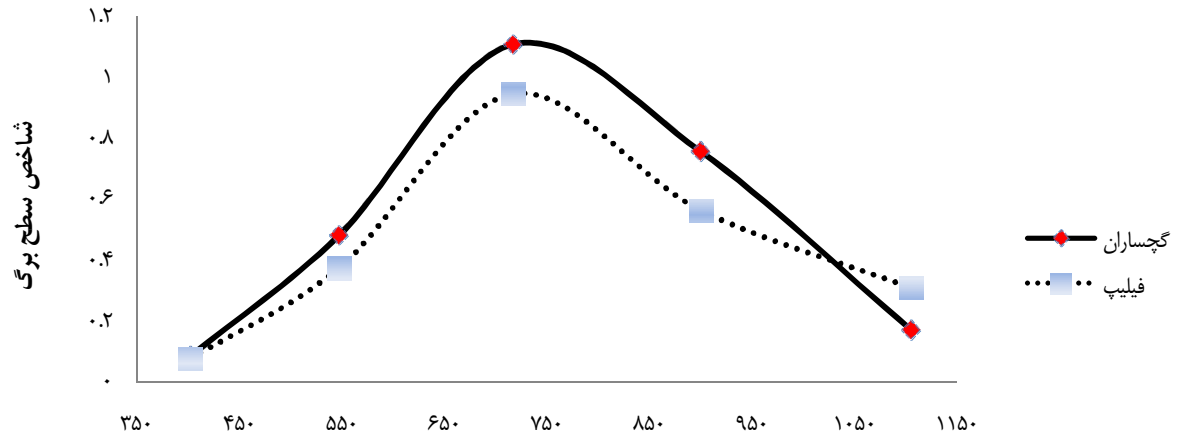
شاخص‌های رشد بر اساس معادله رگرسیونی غیر خطی نسبت به واحد روز درجه برازش داده شدند. پس از مقایسه مدل‌های رگرسیونی غیرخطی مختلف، مدل رگرسیونی با دقت بالاتر و مطابقت بهتر با شاخص‌های رشد گیاه (مدل با R square بالاتر)، جهت به دست آوردن معادله رگرسیونی انتخاب شد. از نرم افزار spss (نسخه ۱۹) برای برازش و بدست آوردن مدل‌های رگرسیونی استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

برگ‌ها مهم‌ترین اندام فتوسنتزی گیاه می‌باشند. شاخص سطح برگ توسط واتسون به عنوان مهم‌ترین معیار ظرفیت تولید ماده خشک پیشنهاد شده است (۱۵). شاخص سطح برگ عبارت است از نسبت سطح برگ گیاه به سطح زمینی که برگ از آن سطح برداشت شده است. چون تشعشع خورشیدی به طور یکنواختی روی سطح پخش می‌شود لذا شاخص سطح برگ یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آن‌ها قابل دسترس می‌باشد (۴). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تقریباً در تمام طول دوره رشد شاخص سطح برگ رقم گچساران بالاتر از رقم فیلیپ بوده است و تنها در انتهای رشد شاخص سطح برگ رقم فیلیپ کمی بالاتر قرار گرفته است که این موضوع می‌تواند ناشی از ریزش بیشتر برگ در رقم گچساران در اواخر دوره رشد باشد. شاخص سطح برگ بیشتر رقم گچساران باعث شده که این رقم از نور خورشید استفاده بیشتری نماید و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای تولید دانه فراهم و عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم فیلیپ تولید نماید.

1- Leaf area meter



شکل ۱- نمودار شاخص سطح برگ دو رقم عدس

جدول ۱- مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی شاخص‌های رشد بر اساس درجه روز رشد

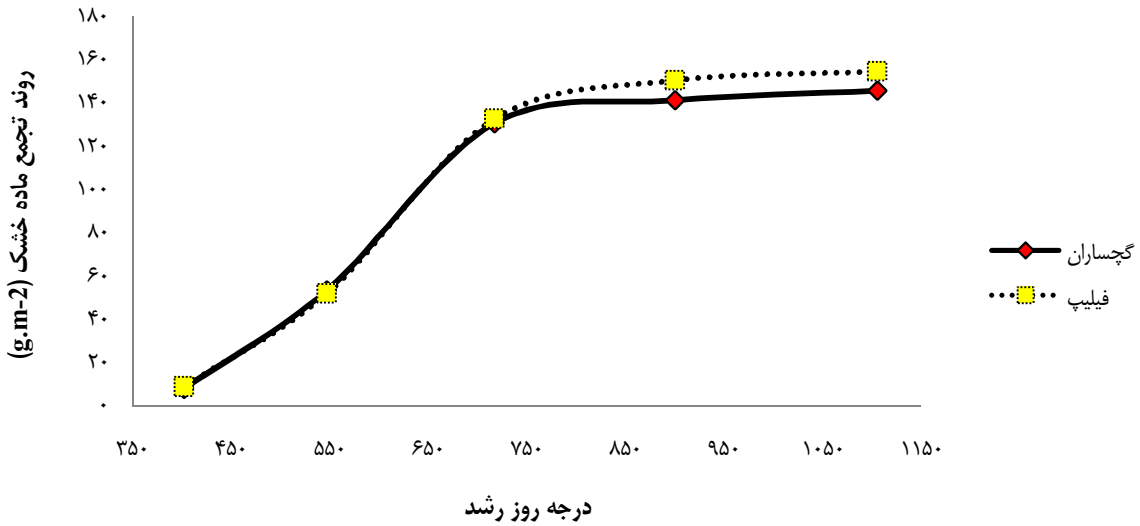
	شاخص رشد	ضریب تبیین	ضرائب رگرسیونی معادله			مدل
	Growth Index	R square	b_0	b_1	b_2	Model
رقم گچساران	LAI	۰/۹۹۲	−۱۰/۸۷۲ **	۰/۰۲۸ **	−۱/۸۲۲ E −۵ **	b
	TDM	۰/۹۷۵	−۲۶۳/۷۵۷ ns	۰/۸۳۲ *	۰/۰۰۰ ns	a
	CGR	۰/۹۵۸	− ۱۳/۸۶۶ *	۰/۰۴۵ *	− ۳/۱۶۹ E−۵ *	b
	RGR	۰/۹۸۷	− ۸/۳۰۰ ns	۰/۰۲۳ ns	− ۲/۰۵۷ E−۵ *	b
	NAR	۰/۹۴۳	− ۵/۳۱۸ ns	۰/۰۲۵ ns	− ۲/۰۷۲ E−۵ ns	b
رقم فیلیپ	LAI	۰/۹۴۳	−۹/۲۹۳ *	۰/۰۲۳ *	−۱/۳۸۴ E −۵ *	b
	TDM	۰/۹۷۶	−۲۶۶/۷۲۵ ns	۰/۸۳۴ *	۰/۰۰۰ ns	a
	CGR	۰/۹۹۹	− ۱۷/۱۵۹ **	۰/۰۵۶ **	− ۴/۰۳۱ E−۵ **	b
	RGR	۰/۹۴۳	− ۵/۵۵۲ ns	۰/۰۱۳ ns	− ۱/۲۱۱ E−۵ ns	b
	NAR	۰/۹۸۶	−۷/۱۳۸ ns	۰/۰۳۲ *	−۲/۵۲۲ E −۵ *	b

* و **- به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد. ns : عدم معنی‌داری. Y: شاخص رشد. X: درجه روز رشد.

a ($Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$), b ($Ln(Y) = b_0 + b_1X + b_2X^2$).

روند تجمع ماده خشک کل (TDM)

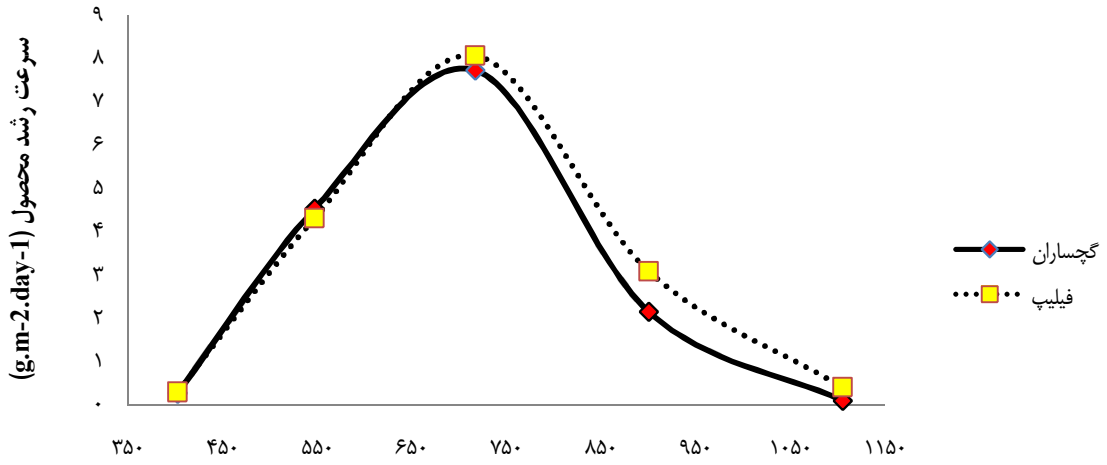
وزن خشک بوته در واحد سطح یکی از متغیرهای مهم در تحقیقات به‌زراعی است، زیرا بیانگر توان تولید گیاه در طول فصل رشد می‌باشد. در مراحل اولیه رشد و هنگامی که گیاه هنوز کوچک است، افزایش واقعی وزن خشک اندک است، ولی هم‌زمان با بزرگتر شدن گیاه، ازدیاد وزن گیاه افزایش می‌یابد. البته این افزایش رشد، نمی‌تواند تا پایان دوره زندگی گیاه ادامه یابد. با زیاد شدن سن گیاه برگ‌های پایینی در سایه قرار گرفته و یا به علت پیری قدرت فتوسنتزی خود را از دست می‌دهند. چنین برگ‌هایی ریزش می‌کنند و این امر نشان دهنده کاهش وزن خشک گیاه است. بعلاوه هنگامی که گیاه در مزرعه بزرگتر می‌شود رقابت گیاهان مجاور برای آب، مواد غذایی و نور نیز می‌تواند باعث کاهش رشد شود. با توجه به شکل ۲ مشاهده می شود که تا اواسط رشد میزان ماده خشک تولیدی در هر دو رقم یکسان بوده است اما از اواسط رشد رقم فیلیپ توانسته ماده خشک بیشتری تولید نماید. البته این احتمال وجود دارد که ریزش بیشتر برگ و غلاف در رقم گچساران منجر به کاهش ماده خشک تولیدی این رقم در اواخر رشد شده باشد. اما چیزی که در پایان به دست آمده این است که رقم فیلیپ توانسته ماده خشک تولیدی خود را مدت زمان بیشتری نسبت به رقم گچساران حفظ نماید.



شکل ۲- نمودار روند تجمع ماده خشک دو رقم عدس

سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول پر معناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح خاک در یک واحد زمان مشخص می‌باشد (۴). در این آزمایش سرعت رشد محصول در ابتدای رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور و کوتاه بودن روزها در ماه‌های اول سال روند کندی داشت، ولی با افزایش شاخص سطح برگ و افزایش شدت تشعشع و در نتیجه بهره‌وری بیشتر از نور خورشید، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و به دنبال آن سرعت رشد محصول نیز روند افزایشی را نشان داد. اما با گذشت زمان و پیر شدن برگ‌ها و ریزش آنها میزان فتوسنتز در گیاه کاهش یافته و در نتیجه میزان تولید و افزایش وزن گیاه نیز کاهش پیدا می‌کند و سرعت رشد گیاه روند نزولی پیدا می‌کند. همانطور که در شکل ۳ مشخص است، تا اواسط رشد هر دو رقم از سرعت رشد یکسانی برخوردار هستند اما با ادامه رشد سرعت رشد نسبی رقم فیلیپ کاهش کمتری داشته و دیرتر کاهش پیدا کرده است. این موضوع می‌تواند به علت ریزش بیشتر برگ در رقم گچساران نسبت به رقم فیلیپ در اواخر دوره رشد باشد.



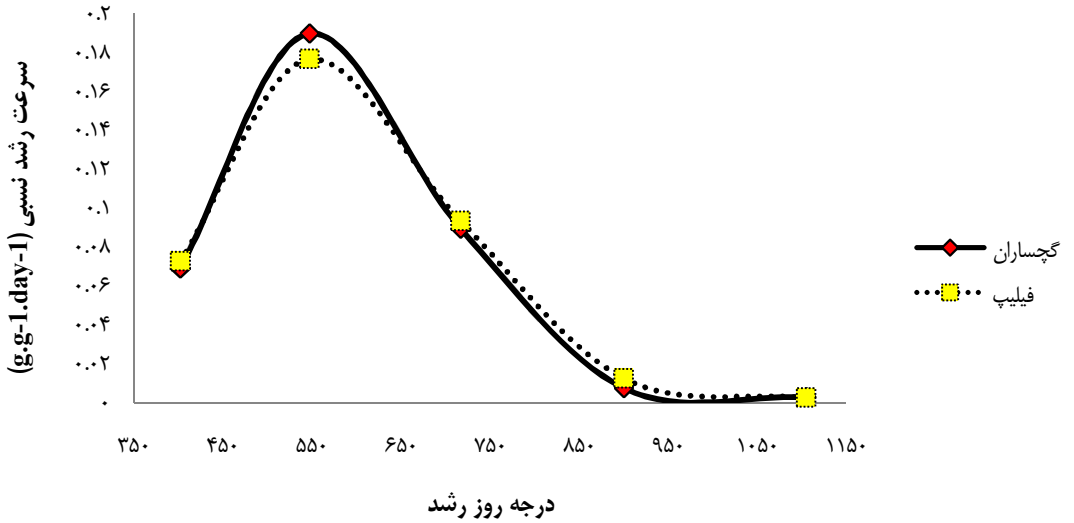
شکل ۳- نمودار سرعت رشد محصول دو رقم عدس

سرعت رشد نسبی (RGR)

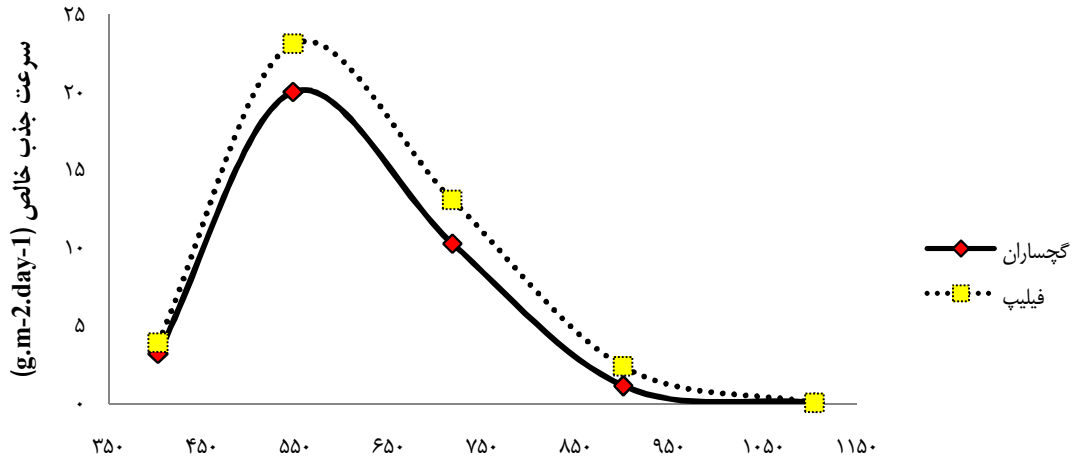
سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است. RGR گیاهان زراعی درست بعد از جوانه‌زنی معمولا به کندی آغاز شده، به دنبال آن منحنی به سرعت بالا رفته سپس کند می‌شود (۴). به عبارت دیگر سرعت رشد نسبی مشخص می‌کند که هر گرم از وزن خشک گیاه در هر روز چه مقدار افزایش وزن داشته است. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است در هر دو رقم سرعت رشد نسبی در ابتدا به کندی آغاز شده و به دنبال آن منحنی به سرعت بالا رفته، سپس مجددا کند شده و روند نزولی پیدا می‌کند. علت این روند این است که در ابتدای رشد، گیاه شروع به تولید بافت‌های فتوسنتز کننده می‌کند و تمامی بافت‌ها، تولید کننده هستند. در نتیجه میزان ماده خشک تولید شده در هر روز نسبت به روز قبلی بیشتر می‌شود و به دنبال آن با گذشت زمان وزن گیاه اضافه می‌شود، ولی در این افزایش وزن تعداد بافت‌های مرده و کاملا بالغ که در تولید نقشی ندارند نیز افزایش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر در ابتدای رشد تمام وزن گیاه و تمام سلول‌ها در تولید نقش دارند ولی با گذشت زمان بافت‌های مرده و سلول‌هایی که در تولید نقشی ندارند زیاد می‌شود. در نتیجه میزان تولید در هر روز نسبت به روز قبل کاهش یافته و سرعت رشد نسبی روند نزولی پیدا می‌کند. در این تحقیق مشاهده شد که اختلاف بین ارقام از نظر سرعت رشد نسبی تنها در مراحل ابتدایی رشد است (شکل ۴). رقم گچساران در مراحل ابتدایی رشد دارای سرعت رشد نسبی بالاتری نسبت به رقم فیلیپ است اما با ادامه رشد و افزایش وزن گیاه و به دنبال آن افزایش بافت‌های غیر فعال در فتوسنتز سرعت رشد نسبی کاهش پیدا کرده است.

میزان جذب خالص (NAR)

میزان جذب خالص یا آسیمیلاسیون خالص عبارت است مقدار مواد ساخته شده خالص (غالبا فتوسنتزی) در واحد سطح برگ در واحد زمانT و بیانگر این است که هر واحد سطح برگ چقدر ماده فتوسنتزی در روز تولید می‌کند. در واقع راندمان و کارایی فتوسنتز را بیان می‌کند. با افزایش رشد و باز شدن برگ‌ها از هم، برگ‌ها در معرض تشعشع خورشیدی قرار می‌گیرند و در نتیجه میزان فتوسنتز در آنها بالا می‌رود در نتیجه با وجود سطح برگ کم چون ماده خشک در آن‌ها نسبت به واحد سطح برگ بیشتر می‌شود لذا میزان جذب خالص نیز افزایش پیدا می‌کند اما مجددا با افزایش رشد بوته‌ها و برگ‌ها، سایه اندازی آنها بر روی یکدیگر بیشتر شده و در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش پیدا کرده و نسبت ماده خشک تولیدی به سطح برگ کاهش می‌یابد و به دنبال آن میزان جذب خاص نیز کاهش پیدا کرده و روند نزولی پیدا می‌کند. با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که میزان جذب خالص در رقم فیلیپ تقریباً در تمام طول دوره رشد بیشتر از رقم گچساران بوده است. کمتر بودن میزان جذب خالص در رقم گچساران احتمالاً به علت وجود شاخص سطح برگ بیشتر در این رقم و در نتیجه سایه اندازی بیشتر برگ‌ها بر روی یکدیگر و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ بوده است.



شکل ٤- نمودار سرعت رشد نسبی دو رقم عدس



شکل ۵- نمودار میزان جذب خالص دو رقم عدس

نتیجه‌گیری

شاخص‌های رشد جهت توجیه و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی به کار می‌روند و شناخت بهتری را از انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه نشان می‌دهند. ضرورت بررسی این شاخص‌ها برای تعیین روند رشد گیاه در طول دوره رشد آن می‌باشد که به مدیریت بهتر مزرعه کمک می‌کند. به طور مثال زمانی که گیاه حداکثر شاخص سطح برگ و یا حداکثر ماده خشک را دارد، لازم است عملیات داشت دقیق و مناسبی در این مراحل به کار گرفته شود. در این تحقیق حداکثر شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان ماده خشک پس از دریافت حدود ۷۰۰ درجه روز رشد در هر دو رقم به دست آمد. در حالیکه حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر جذب خالص پس از دریافت حدود ۵۰۰ درجه روز رشد حاصل شده است. این نشان می‌دهد که در اوایل رشد چون هنوز تمام برگ‌ها جوان و تولید کننده هستند میزان تولید در واحد سطح برگ بسیار بیشتر از زمانی است که حداکثر شاخص سطح برگ و تولید ماده خشک اتفاق می‌افتد.

منابع

۱- حجت، س. س. ۱۳۸۴. بررسی تحمل به سرما در ژرم پلاسم عدس جهت کاشت در مناطق کوهستانی ایران. مجموعه مقالات اولین همایش ملی حبوبات. ۴۸۵-۴۸۳.

۲- صفی‌خانی، م. و ب. واعظی. ۱۳۸۱. گچساران، رقم عدس معرفی‌شده برای مناطق گرمسیری و سردسیری کشور. مجموعه مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.

۳- کانونی، ه.، م. ر. شهاب، م. کامل، ح. مصطفایی، ع. ر. طالعی، و م. ر. قنادها. ۱۳۸۴. تجزیهٔ اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس در محیط های دیم. مجموعه مقالات اولین همایش ملی حبوبات.

۴- کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۵- کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۵. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۶- محمودی، ع. ا. ۱۳۸۴. ارزیابی ژنوتیپ‌های پیشرفته عدس در کشت پاییزه و بهاره در شرایط دیم. چکیده مقالات اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

7- Birch, C. P. D. 1999. A new generalized logistic sigmoid growth equation compared with the Richards growth equation. Annals of Botany. 83: 713-723.

8- Blackman, V. H. 1919. The compound interest low and plant growth. Annals of Botany. 33:353-360.

9- Briggs, G. E., F. Kidd, and C. West. 1920. Quantitative analysis of plant growth. Annals of Applied Biology. 7:103-123.

10- Chiariello, N. R., H. A. Mooney, and K. Williams. 1989. Growth; carbon allocation and cost of plant tissues. In

R.W. Pearcy et al (ed). Plant Physiological Ecology, Field Methods and Instrumentation, Hall, London.
11- Hunt, R. 1978. Plants growth analysis. E. Arnold, London.
12- Lizarazo, C., and F. Stoddard. 2012. Lentil-a promising new crop for Finland. P. 148. In Agricultural Sciences Meeting, 10-11 Jun. 2012. Finland Agricultural and Food Science. Viikki, Helsinki, Finland
13- Russelle, M. P. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science. 24:28-32.
14- Wallace, D. M., and H. M. Munger. 1965. Studies of the physiological basis of yield differences. I. Growth analysis of six dry bean varieties. Crop Science. 5: 343-348.
15- Watson, D. J. 1947. Comparative physiological studies in the growth of field crops.Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Annals of Botany, 11: 41-76.
16- Watson, D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Advances in Agronomy, 4:101-145.
17- Zeide, B. 1993. Analysis of growth equations. Forest Science. 39:594-616.