

برازش مدل الگوی رشد طبق آفتابگردان ارقام لاکومکا و پروگرس در شرایط دیم

عاطفه صبوری*^۱ و وحیده
علیپور استخری^۲

چکیده

با توجه به اهمیت آفتابگردان به عنوان یکی از مهمترین گیاهان در تولید روغن های خوراکی، پژوهش حاضر به منظور تعیین بهترین تابع رگرسیونی که بتواند رشد قطر طبق نسبت به زمان را کمی نماید طراحی گردید. در پژوهش حاضر به منظور برازش بهترین مدل رگرسیونی توجیه کننده الگوی رشد قطر طبق آفتابگردان ارقام لاکومکا و پروگرس نسبت به زمان، آزمایشی در منطقه جغرافیایی روستای استخرسر واقع در ۶۰ کیلومتری شهرستان املش در شرایط دیم انجام گردید. ابتدا قطر طبق از ابتدای رشد آن تا رسیدگی فیزیولوژیک و برداشت ثبت شد، سپس از مدل های مختلف رگرسیونی غیر خطی از جمله نمایی، توانی، لگاریتمی، لجستیک، شنات و گومپرتز استفاده گردید. سپس به منظور شناسایی کارآمدترین مدل از پارامترهای مختلف ارزیابی برازش مدل استفاده شد. نتایج نشان داد، مدل شنات و لجستیک بترتیب بهترین مدل ها در توجیه تغییرات قطر طبق رقم لاکومکا و پروگرس در طی زمان بودند. مدل شنات با بالاترین ضریب تبیین تصحیح شده (بالای ۰/۹۸) و کمترین جذر میانگین مربعات خطا، برترین مدل در تشریح الگوی رشد قطر طبق نسبت به زمان شناسایی شدند. انتظار می رود بتوان از این مدل ها برای پیش بینی قطر طبق رقم لاکومکا و پروگرس با دقت بسیار بالا استفاده نمود.

واژه های کلیدی: برازش مدل، پیش بینی عملکرد، رگرسیون غیرخطی.

* نویسنده مسئول:

E-mail: atefeh_sabouri@yahoo.com

تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۲۷

مقدمه

آفتاب گردان (*Helianthus annuus*) گیاهی یکساله و از خانواده گل ستاره‌ای‌ها است. آفتاب گردان از دوپله‌ای‌های یک پایه ولی دگرگشن است و باروری آن به کمک باد و حشرات (بیشتر به وسیله حشرات) انجام می‌شود. گل آذین آفتاب گردان به صورت طبق و شامل یک نهنج بزرگ است (۳ و ۴). این گیاه یکی از گیاهان مهم در تولید روغن گیاهی است. آمار نشان می‌دهد مصرف سرانه روغن در کشور حدود ۱۷ کیلوگرم می‌باشد و این در حالی است که ۹۰ درصد روغن مصرفی وارداتی است (۱ و ۳).

طالعی و رشیدی اصل (۱۳۷۷) در بررسی بر روی سه هیبرید مختلف و شرایط مختلف الگوی رشدی نشان دادند که متغیری که در همه حالات در مدل‌های رگرسیونی مربوط به عملکرد بر روی عملکرد تأثیر معنی‌دار دارد، قطر طبق می‌باشد. آنها تشریح نمودند که نتایج تأیید کننده یک اصل اساسی است که گیاهانی که طبق‌های بزرگتری دارند چون دارای گل‌های بیشتری می‌باشند لذا عملکرد بیشتری خواهند داشت. البته این یافته توسط پژوهشگران دیگر نیز به تأیید رسیده است (۹، ۱۲ و ۱۵).

با توجه به اهمیت رشد مناسب و ایده‌آل طبق در گیاه آفتابگردان که در تولید روغن‌های خوراکی جایگاه ویژه‌ای دارد، پژوهش‌هایی که بتوانند از لحاظ روابط ریاضی توصیف کننده رشد طبق باشند می‌تواند در جهت پیش‌بینی این صفت و استفاده کاربردی از مدلسازی آن به کمک رگرسیون، بسیار کارا باشند.

رگرسیون یا وایازی مبحث ریاضی بسیار کاربردی است که ارتباط بین دو متغیر را به بهترین صورت ممکن توصیف می‌کند. اساس کار رگرسیون، بررسی و شناخت رفتار بین متغیرها است. الگوی رابطه بین دو متغیر ممکن است خطی، لگاریتمی، نمایی، سهمی و یا سایر الگوها باشد. فرایند رگرسیون، دو دسته بندی کلی برای این گونه رفتارها قائل است. یک گروه رگرسیون خطی

است و گروه دیگر به رگرسیون غیر خطی معروف اند. اگر پارامترهای یک الگوی رگرسیونی خطی باشند، آنگاه رگرسیون خطی یک روش قوی ای خواهد بود. اما در موارد زیادی مشاهده می‌شود که پژوهشگران، متغیر وابسته‌ای را با بسط ریاضی به متغیرهای مستقل مربوط می‌کنند و اغلب این الگوها در پارامترها غیرخطی‌اند. در چنین مواردی باید روش رگرسیون خطی به غیرخطی گسترش یابد و این خود پیچیدگی قابل ملاحظه‌ای را موجب می‌شود (۵ و ۷). رگرسیون غیر خطی کاربردهای فراوانی به ویژه در پیش بینی متغیرهای مهم اقتصادی در علوم زیستی و کشاورزی دارد. در پژوهش‌های مختلفی از آن در مدل‌سازی پدیده‌های مختلف استفاده شده است (۱۶). یوسفی‌داز و همکاران (۱۳۸۳) از مدل‌های رگرسیون غیرخطی برای توصیف سرعت سبزشدن نخود رقم هاشم نسبت به دما استفاده کردند و بر اساس نتایج پژوهش آنها مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و مدل بتا توانستند واکنش سرعت سبزشدن نسبت به دما را بهتر توصیف کنند. قادری‌فر و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از مدل غیرخطی تکه‌ای اثر فاکتورهای محیطی (شوری و خشکی) را روی جوانه‌زنی و سبزشدن شبدر شیرین بررسی نمودند و با استفاده از مدل مذکور مشخص کردند که برای داشتن ۵۰ درصد از حداکثر جوانه‌زنی، شوری و خشکی نباید برتیب از ۲۰۷ میلی مولار و ۰/۴۹- مگاپاسکال بیشتر باشد. ساعی و همکاران (۱۳۸۹) نیز از مدل‌سازی با استفاده از رگرسیون غیرخطی برای تشریح الگوی رشد سیب استفاده کردند. با توجه به اهمیت روش‌های ریاضی در شبیه سازی و پیش‌بینی عملکرد یا سایر صفات مهم اقتصادی، پژوهشی در این راستا و با هدف ارزیابی برازش مدل‌های رگرسیونی غیر خطی مختلف و شناسایی برترین مدل در تشریح الگوی رشد قطر طبق آفتابگردان در دو رقم لاکومکا و پروگرس طراحی گردید.

جدول ۱- مدل‌های مورد استفاده در ارزیابی الگوی رشد طبق آفتابگردان دو رقم لاکومکا و پروگرس

معادله ریاضی	مدل
$Y = \frac{a}{(1 + be^{-cx})}$	(۱) لجستیک
$Y = ae^{bX}$	(۲) نمایی
$Y = \ln(aX^b)$	(۳) لگاریتمی
$Y = aX^b$	(۴) توانی
$Y = [c^b + (d^b - c^b) \frac{(1 - e^{-a(X-x_1)})}{(1 - e^{-a(x_2-x_1)})}]^{\frac{1}{b}}$	(۵) شنات
$Y = ae^{-e^{b-cX}}$	(۶) گومپرتز

مواد و روش‌ها

به منظور برازش بهترین مدل رگرسیونی توجیه کننده رابطه بین افزایش رشد قطر طبق آفتابگردان رقم لاکومکا و پروگرس در طی زمان، پس از تهیه بذور از مرکز تحقیقات کشاورزی مرکز گلستان آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در منطقه جغرافیایی روستای استخرسر واقع در ۶۰ کیلومتری شهرستان املش و در ارتفاع ۱۴۰۰ متر نسبت به سطح دریای آزاد بترتیب با مجموع بارش و میانگین دمای سالیانه (۱۳۹۱) ۱۲۸۳/۷ میلی‌متر و ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. در این آزمایش در هر کرت ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر منظور شد. کشت بذور در تاریخ ۶ اردیبهشت ماه بر روی زمین مسطح و در عمق ۳-۵ سانتی‌متری انجام شد. مطابق روال عمومی در منطقه، کشت ارقام به صورت دیم صورت گرفت. در تاریخ ۲۱ اردیبهشت وجین علف‌های هرز در کرت‌های آزمایشی به صورت دستی انجام شد و در تاریخ ۲۸ اردیبهشت عملیات تنک کردن و واکاری جهت ایجاد تراکم مناسب صورت گرفت. برای اندازه‌گیری قطر طبق از هر ردیف ۱۲ بوته و به طور کلی برای هر رقم تعداد ۱۸۰ بوته برای اندازه‌گیری انتخاب شدند و به فاصله یک روز (به صورت یک روز در

میان) از ابتدای رشد، که طبق‌ها قابل اندازه‌گیری بودند، با استفاده از خط کش دقیق اندازه‌گیری انجام شد. اندازه‌گیری قطر طبق تا رسیدگی فیزیولوژیک و همچنین ثابت ماندن مقادیر ثبت شده ادامه یافت. در نهایت از میانگین داده‌ها برای تجزیه رگرسیونی استفاده شد. به منظور برازش مدل‌های مختلف رگرسیونی از دستور PROC NLIN به کمک نرم افزار (۲۰) SAS 9.0 استفاده گردید. مدل‌های مورد استفاده شامل شنات^۱، گومپرتز^۲، توانی^۳، لگاریتمی^۴، نمایی^۵، و لجستیک^۶ بودند (جدول ۱). در نهایت مقایسه مدل‌های برازش داده شده براساس، جذر میانگین مربعات انحراف از مدل، ضریب تبیین و ضرایب رگرسیونی (۸) انجام شد. نمودار مربوط به برازش مدل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

پس از برازش مدل‌های مختلف شامل رگرسیون غیرخطی نمایی، توانی، لگاریتمی، لجستیک، شنات و گومپرتز برای توصیف رشد قطر طبق آفتابگردان رقم

- 1 . Schnute
- 2 . Gompertz
- 3 . Power
- 4 . Logarithmic
- 5 . Exponential
- 6 . Logistic

ضریب رگرسیون مدل خطی مذکور برای مدل های مختلف رگرسیون غیر خطی در جدول ۱ و ۲ قسمت ب آورده شده است. در ارزیابی مدل های رگرسیونی غیر خطی بین مدل هایی که پس از برآزش رابطه خطی بین مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار بدست آمده از آنها، عرض از مبدأ آن با صفر و ضریب رگرسیون آن با یک اختلاف غیر معنی دار داشته باشد، مدلی برتر خواهد بود که دارای ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطای کوچک تری باشد (۸).

لاکومکا و پروگرس نسبت به زمان، به منظور شناسایی کارآمدترین مدل برای توصیف این صفت در این ارقام از پارامترهای مختلف ارزیابی برآزش مدل استفاده شد و جدول ۱ و ۲ قسمت الف خلاصه تجزیه های ریاضی را نشان می دهد. ضریب تبیین مدل رگرسیون غیرخطی و جذر میانگین مربعات خطا در مدل از جمله این پارامترها می باشند. همچنین پس از تعیین مقادیر قطر طبق مورد انتظار با استفاده از هر مدل، رابطه خطی بین این مقادیر، مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای عرض از مبدأ و

جدول ۲- پارامترهای ارزیابی مدل های غیر خطی شامل Root MSe (جذر میانگین مربعات خطا) و ضریب تبیین تصحیح شده مدل غیر خطی ($Adj R^2$) - ضریب رگرسیون (b)، عرض از مبدأ (a)، و ضریب تبیین تصحیح شده ($Adj r^2$) مربوط به رابطه خطی بین مقادیر قطر طبق مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از هر مدل غیرخطی رقم لاکومکا.

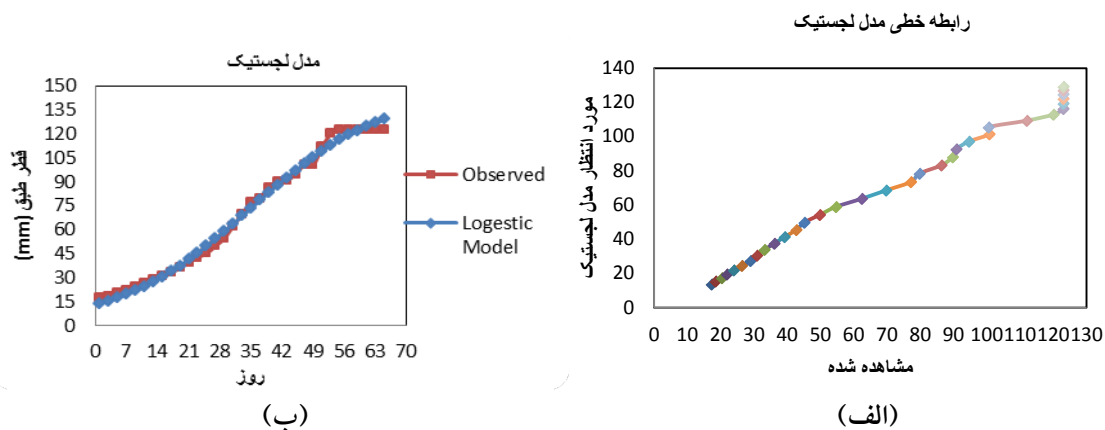
پارامترهای رگرسیون غیرخطی				پارامترهای رگرسیون بین قطر طبق مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از مدل				
مدل رگرسیون غیر خطی	پارامتر	خطای معیار ± پارامتر	Adj R ²	Root MSe	a ± SE	b ± SE	Adj r ²	Root MSe
نمایی	a	۲۵/۹۸۷ ± ۱/۹۹۷	۰/۸۵	۹/۹۶	۸/۴۶ ± ۳/۲۶۳	۰/۸۹ ± ۰/۰۴۱	۰/۹۳	۸/۹۵
	b	۰/۰۲۷ ± ۰/۰۰۱						
توانی	a	۲/۳۸۱ ± ۰/۳۷۹	۰/۹۶	۶/۴۱	-۱/۶۴ ± ۲/۳۱۱	۱/۰۱ ± ۰/۰۲۹	۰/۹۵	۶/۳۴
	b	۰/۹۶۵ ± ۰/۰۴۱						
لگاریتمی	a	-۴/۱۶E-۱۶ ± ۴/۴۹E-۱۶	۰/۷۲	۲۰/۸۹	۱۹/۸۱ ± ۶/۴۴۷	۰/۷۲ ± ۰/۰۸۱	۰/۷۱	۱۷/۶۹
	b	۲۶/۱۴ ± ۴۱/۷۶						
لجستیک	a	۱۴۶/۳ ± ۴/۵۱۰	۰/۹۸	۳/۴۸	-۰/۳۴ ± ۱/۲۴۵	۱/۰۰ ± ۰/۰۱۶	۰/۹۷	۳/۴۱
	b	۱۰/۴۱۳ ± ۰/۶۳۲						
	c	۰/۰۶۷ ± ۰/۰۰۳						
شنات	a	۰/۱۳۵ ± ۰/۰۲۶	۰/۹۹	۲/۸۸	۰/۲۷ ± ۱/۰۱۴	۰/۹۹ ± ۰/۰۱۲	۰/۹۹	۲/۷۸
	b	-۲/۹۶۲ ± ۰/۷۳۹						
	c	۱۶/۳۸۷ ± ۰/۹۶۹						
	d	۳/۳۶۷ ± ۱۲۲/۲						
گومپررتز	a	۱۹۰/۸ ± ۱۶/۱۲۱	۰/۹۷	۴/۴۹	-۰/۰۴ ± ۱/۶۰۹	۰/۹۹ ± ۰/۰۲۰	۰/۹۶	۴/۴۱۷
	b	۱/۰۶۵ ± ۰/۰۳۱						
	c	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۰۳						

جذر میانگین مربعات خطا (۲/۸۸) را دارا بود. همچنین پس از برازش مدل خطی بین داده‌های مشاهده شده و داده‌های مورد انتظار حاصل از مدل، مدل شنات بالاترین ضریب تبیین و کمترین جذر مربعات خطا را دارا بود. همچنین عرض از مبدأ مدل خطی، اختلاف غیرمعنی‌دار از صفر و ضریب رگرسیون اختلاف غیرمعنی‌داری از یک داشت. بعد از این مدل مدل لجستیک واجد این ویژگی‌ها بود. شکل ۱ و ۲ برازش این مدل‌ها همراه با ارزیابی آنها با رگرسیون خطی را نشان می‌دهد.

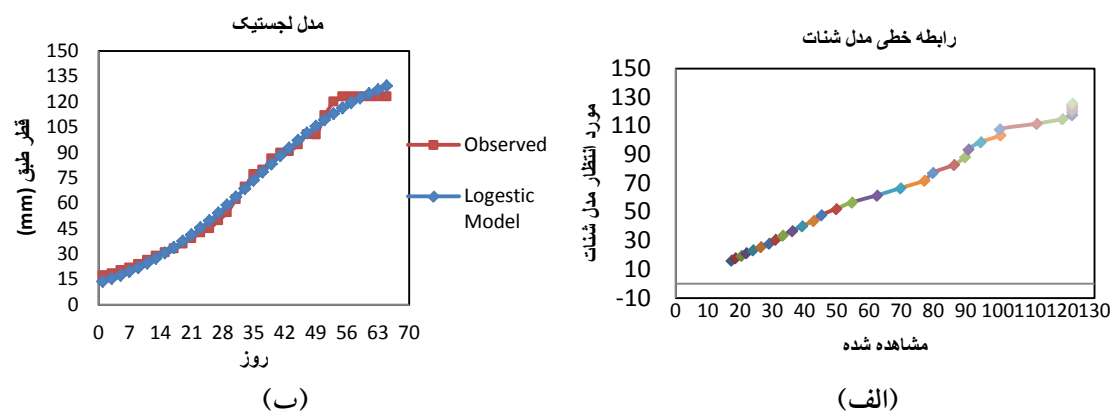
در ارتباط با رابطه خطی مذکور باید خاطر نشان نمود ضریب رگرسیون نزدیک یک بیانگر انطباق بیشتر مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار قطر طبق می‌باشد و از طرف دیگر عدم اختلاف عرض از مبدأ صفر نشانگر این است که عرض از مبدأ خط رگرسیون از عرض از مبدأ خط ۱:۱ اختلاف معنی‌دار ندارد. همانگونه که مشاهده می‌شود بر اساس نتایج مندرج جدول ۲ و ۳، مدل شنات، لجستیک، گومپرتز و توانی بترتیب بهترین مدل‌ها در توجیه تغییرات قطر طبق رقم لاکومکا نسبت به زمان بودند. مدل شنات با بالاترین ضریب تبیین تصحیح شده برابر با ۰/۹۹، کمترین

جدول ۳- پارامترهای ارزیابی مدل‌های غیر خطی شامل Root MSE (جذر میانگین مربعات خطا) و ضریب تبیین تصحیح شده مدل غیر خطی ($Adj R^2$) - ضریب رگرسیون (b)، عرض از مبدأ (a)، و ضریب تبیین تصحیح شده ($Adj r^2$) مربوط به رابطه خطی بین مقادیر قطر طبق مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از هر مدل غیرخطی رقم پروگرس.

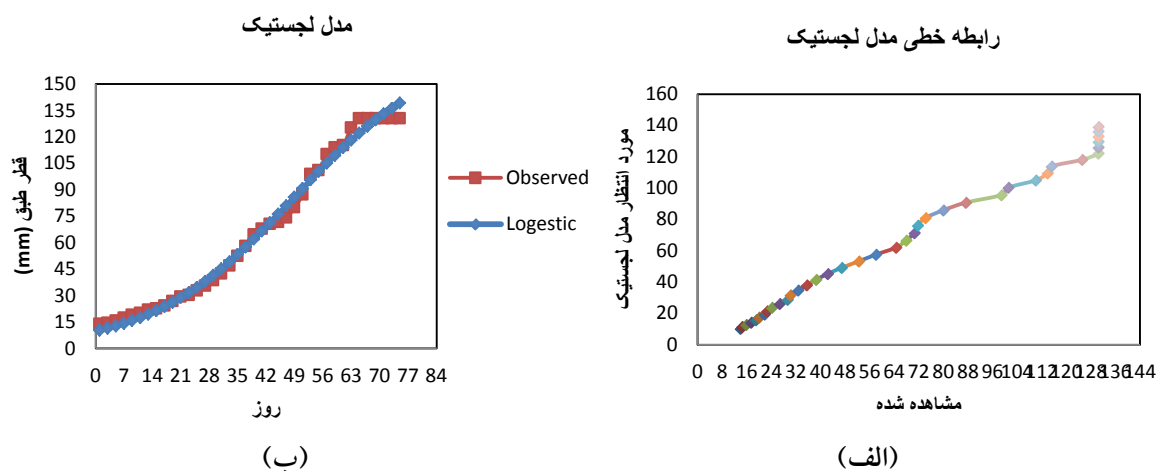
پارامترهای رگرسیون غیرخطی				پارامترهای رگرسیون بین قطر طبق مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از مدل				
مدل رگرسیون غیر خطی	پارامتر	خطای معیار±پارامتر	$Adj R^2$	Root MSE	a±SE	b±SE	$Adj r^2$	Root MSE
نمایی	a	۲۰/۱۰۰±۱/۵۱۳	۰/۹۳	۹/۲۲	۶/۷۲۴±۲/۵۵	۰/۹۱۳±۰/۰۳۲	۰/۹۲	۸/۳۸۴
	b	۰/۰۲۷±۰/۰۰۱						
توانی	a	۰/۷۲۱±۰/۱۳۹	۰/۹۵	۳۹/۸۶	-۲/۴۵۸±۱/۹۷۵	۱/۰۱۹±۰/۰۲۶	۰/۹۵	۶/۴۸۳
	b	۱/۲۲۵±۰/۰۴۷						
لگاریتمی	a	۳/۰۶E-	۰/۶۵	۲۵/۲۳	۲۲/۹۵۲±۶/۲۲۵	۰/۶۵۵±۰/۰۷۹	۰/۶۴	۲۰/۴۲۰
	b	۲۳±۴/۵۵E-۲۲						
لجستیک	a	۱۶۹/۵±۷/۱۷۷	۰/۹۸	۳/۹۲	-۰/۴۹۲±۱/۱۷۳	۱/۰۰۲±۰/۰۱۵	۰/۹۸	۳/۸۴۹
	b	۱۶/۳۷±۱/۰۴۹						
	c	۰/۰۵۸±۰/۰۰۳						
شنات	a	۰/۲۵۱±۰/۰۵۱	۰/۹۹	۲/۹۱	۰/۴۶۹±۰/۷۳۷	۰/۹۹۴±۰/۰۰۹	۰/۹۹	۲/۴۱۰
	b	-۶/۷۲۹±۱/۴۸۴						
	c	۱۴/۱۱۲±۰/۵۴۹						
	d	۱۳۲/۶±۱/۸۳۱						
گومپرتز	a	۲۶۸/۷±۳۷/۳۹	۰/۹۵	۲۹/۴۱	۰/۱۷۱±۱/۴۹۵	۱/۰۰۰±۰/۰۱۹	۰/۹۵	۴/۹۰۴
	b	۱/۲۶۷±۰/۰۲۸						
	c	۰/۰۲۳±۰/۰۰۳						



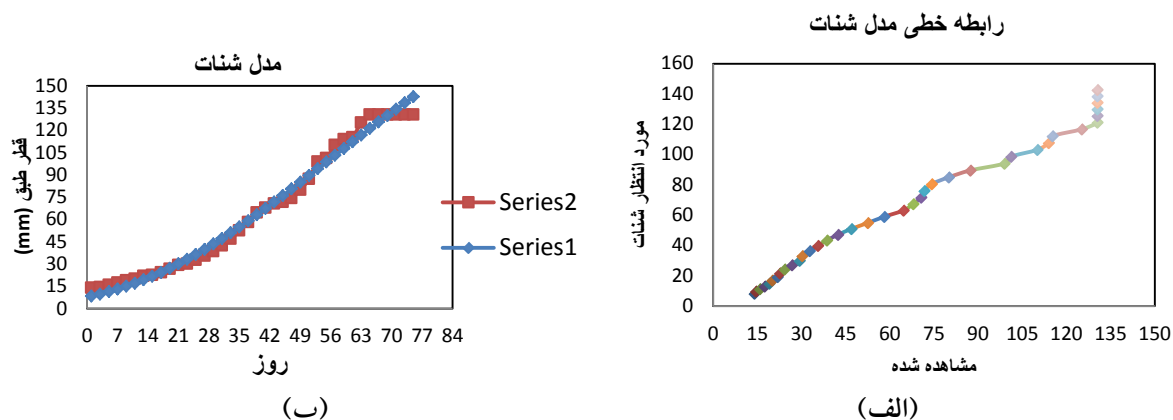
شکل ۱- الف: رابطه رگرسیون برازش شده بین مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از مدل لجستیک ب: مدل برازش یافته لجستیک همراه با مقادیر مشاهده شده رقم لاکومکا



شکل ۲- الف: رابطه رگرسیون برازش شده بین مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از مدل شنات. ب: مدل برازش یافته شنات همراه با مقادیر مشاهده شده رقم لاکومکا



شکل ۳- الف: رابطه رگرسیون برازش شده بین مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از مدل لجستیک ب: مدل برازش یافته لجستیک همراه با مقادیر مشاهده شده رقم پروگرس



شکل ۴- الف: رابطه رگرسیون برازش شده بین مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار حاصل از مدل شنات. ب: مدل برازش یافته شنات همراه با مقادیر مشاهده شده رقم پروگرس

شنات و لجستیک (بر اساس مدل‌های مندرج در جدول ۱) بترتیب برابر با رابطه ۱ و ۲ و برای رقم پروگرس برابر با رابطه ۳ و ۴ خواهد بود:

باید اضافه نمود در مدل لجستیک (جدول ۱) a ، حداکثر مقدار Y ، b و c ضرایب معادله می‌باشند. در مدل شنات نیز ضرایب a ، b ، c و d همراه با دو مقدار ثابت x_1 و x_2 حضور دارند. مقادیر x_1 و x_2 کمترین و بیشترین مقادیر مربوط به متغیر مستقل می‌باشند.

دقت بیشتر بر روی الگوی رشد و افزایش قطر طبق به صورت مدل شنات و لجستیک نشان می‌دهد که در اوایل رشد یعنی در ۱۵ الی ۲۰ روز نخست روند رشد کندتر بوده و سپس شیب تندتر و تقریباً خطی به خود می‌گیرد. می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که در ابتدای رشد طبق، بخش‌های رویشی نیز در حال رشد و تکمیل کردن بخش هوایی گیاه می‌باشد و سپس گیاه به طور ثابت از نور در دسترس خود به منظور افزایش رشد بخش زایشی استفاده می‌کند به طوری که این رابطه با شیب تندتر ادامه می‌یابد تا جایی که طبق به اندازه حداکثر خود رسیده و روند ثابت به خود می‌گیرد.

در ارتباط با رقم پروگرس همانند نتیجه‌گیری نهایی رقم لاکومکا، علی‌رغم اینکه مدل‌های گومپرتز، توانی و نمایی توانستند نتایج مورد انتظار مناسبی بدست دهند اما مدل‌های شنات و لجستیک بترتیب برترین مدل‌ها برآورد شدند. مدل شنات با بالاترین ضریب تبیین تصحیح شده برابر با ۰/۹۹ توانست کمترین جذر میانگین مربعات خطا (۲/۹۱) را به خود اختصاص دهد و همچنین منطبق‌ترین داده‌های موردانتظار را با داده‌های مشاهده شده بر مبنای رگرسیون خطی بدست دهد. در ارزیابی مدل‌های غیرخطی با استفاده از برازش رگرسیون خطی در رقم پروگرس، علاوه بر اینکه عرض از مبدأ اختلاف غیرمعنی‌دار از صفر و ضریب رگرسیون اختلاف غیرمعنی‌داری از یک داشت، این مدل بالاترین ضریب تبیین و کمترین جذر مربعات خطا را به خود اختصاص داد. مدل لجستیک نیز با کمی اختلاف به عنوان برترین مدل در برازش ارتباط قطر طبق بر حسب زمان شناخته شد. از آنجایی که برای هر دو رقم برازش مدل نتایج هماهنگی را ارائه نمود می‌توان با اطمینان بیشتری از این مدل‌های شناسایی شده در پیش‌بینی استفاده نمود. با توجه به پارامترهای برآورد شده برای رقم لاکومکا مدل‌های نهایی برای دو مدل

رابطه ۱: مدل نهایی شنات برای رقم لاکوما

$$Y = [16.38^{-2.96} + (3.36^{-2.96} - 16.38^{-2.96}) \frac{(1 - e^{-0.135(X-x_1)})}{(1 - e^{-0.135(x_2-x_1)})}]^{-\frac{1}{2.96}}$$

رابطه ۲: مدل نهایی لجستیک برای رقم لاکوما

$$Y = \frac{146.3}{(1 + 10.41e^{-0.0672x})}$$

رابطه ۳: مدل نهایی شنات برای رقم پروگرس

$$Y = [14.11^{-6.73} + (132.6^{-6.73} - 14.112^{-6.73}) \frac{(1 - e^{-0.251(X-x_1)})}{(1 - e^{-0.251(x_2-x_1)})}]^{-\frac{1}{6.73}}$$

رابطه ۴: مدل نهایی لجستیک برای رقم پروگرس

$$Y = \frac{169.5}{(1 + 16.38e^{-0.0576x})}$$

قطر و حجم میوه استفاده کردند. آنها در نهایت پس از ارزیابی مدل‌های مختلف مدل دو خطی-نمایی را به عنوان برترین مدل در برازش طول، قطر و حجم میوه پیشنهاد نمودند. آنها همچنین در پژوهش خود دریافتند اندازه نهایی میوه با سرعت رشد مرحله خطی رابطه مستقیم دارد به طوری که مقدار بیشتر محصول با کاهش دادن سرعت رشد در مرحله خطی منجر به تولید میوه‌های کوچک‌تر می‌گردد. با توجه به ارتباط مستقیم بین قطر طبق و عملکرد مطابق نتایج تحقیقات مختلف (۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۵) لذا در پژوهش حاضر نیز می‌توان این نتیجه را عنوان نمود که پس از گذشت دو الی سه هفته از آغاز رشد طبق آفتابگردان که روند رشد تسریع می‌گردد در صورتی که به دلایل عدم وجود شرایط رشدی مناسب این روند دچار اختلال گردد می‌توان انتظار داشت در پی آن کاهش عملکرد بیشتری اتفاق افتد.

از رگرسیون غیر خطی در موارد بسیار زیادی در علوم بیولوژی و کشاورزی استفاده شده است. کاراداووت (۲۰۰۹) از پنج مدل رگرسیونی غیر خطی (مدل گومپز، مدل لجستیک، مدل مورگان-میرسر-فولدین، مدل ویبول و مدل ریچاردز) برای بررسی منحنی های رشدی تریپتیکاله

به طور کلی مدل رشد لجستیک برای توصیف رشد S شکل در گیاهان و جانوران مناسب است. در این نوع رشد هنگامی که اندازه موجود کوچک‌است رشد به کندی شروع می‌شود و سپس سرعت رشد افزایش یافته و به حداکثر خود می‌رسد و سپس به تدریج کاهش می‌یابد (۷). مدل شنات نیز از جمله مدل‌هایی است که مهمترین کاربرد آن در مدل سازی منحنی رشد گیاهان می‌باشد (۲۱). گودریان و مونتس (۱۹۹۰) معادله رشد نمایی-خطی^۱ را برای توجیه الگوی رشد گیاهان زراعی مثل باقلا ارائه نمودند. در این گیاهان یک افزایش نمایی-خطی در وزن خشک در مراحل اولیه رشد مشاهده می‌شود که در مراحل بعدی این رشد به صورت خطی دنبال می‌گردد. رشد نمایی اولیه به خاطر افزایش نمایی در جذب نور همزمان با تولید برگ‌ها می‌باشد و بعد از تکمیل شدن تاج گیاه جذب نور ثابت مانده و رشد تابعی از نور در دسترس به صورت یک رابطه خطی می‌گردد (۶).

ساعی و همکاران (۱۳۸۹) از شش مدل غیرخطی و همچنین یک مدل دو خطی-نمایی^۲ برای مدلسازی الگوی رشد ذاتی بهینه میوه سیب رقم "رداسپار" بر اساس طول،

^۱. Expolinear

^۲. LinBiExp

مدلسازی ارقام برنج مذکور البته همراه با مدل مربوط استفاده نمود.

قطر طبق به عنوان یکی از تأثیرگذارترین متغیرهای دخیل در عملکرد، برای محققین به‌نژادی گیاه آفتابگردان از اهمیت خاصی برخوردار است. در این راستا استفاده از مدل‌های ریاضی مرتبط با این صفت موجب استفاده مؤثرتر از منابع و امکانات موجود در کسب حداکثر عملکرد خواهد شد.

در حقیقت از دید کاربردی توسعه مدل‌های ریاضی برای شبیه سازی رشد، پیش بینی عملکرد و سایر صفات اقتصادی و مهم می‌تواند مزایای زیادی در مدیریت محصولات و در نهایت بهره‌وری اقتصادی دارد.

مدلسازی الگوی رشد بر حسب زمان، از ابزارهای کمی بسیار مهم برای پیش‌آگاهی از چگونگی روند رشد بوده و می‌تواند برای بهینه‌تر نمودن استفاده از منابع موجود از اهمیت بالایی برخوردار باشند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که برای پیش بینی قطر طبق رقم لاکومکا و پروگرس نسبت به زمان، قدرت مدل‌های مختلف متفاوت از هم می‌باشند به طوری که برترین مدل‌ها، مدل‌های شناخت و لجستیک بودند. لذا انتظار می‌رود بتوان از این مدل‌ها برای پیش‌بینی قطر طبق آفتابگردان رقم لاکومکا و پروگرس در شرایط دیم با دقت بسیار بالا استفاده نمود و با توجه به ارتباط مستقیم قطر طبق با عملکرد آفتابگردان که در مقالات متعدد به اثبات رسیده است می‌توان با توجه به مدل‌های برازش شده، برای پیش‌بینی و رسیدن به حداکثر عملکرد تلاش نمود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا بدینوسیله از زحمات جناب آقای دکتر حسین صبوری و دکتر حسین علی فلاحی جهت هماهنگی برای تهیه بذور تشکر و قدردانی نمایند.

استفاده نمود. پس از برازش هر مدل کارائی آن با آزمون نکوئی برازش تعیین شد. از بین مدل‌های مذکور مدل ویبول و ریچاردز توانستند بنحو بهتری تغییرات رشدی ترتیکاله را توجیه نمایند. محمودی و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که بترتیب توابع رگرسیونی دندان مانند^۱ و تکه‌ای^۲ بهترین معادلات برای تعیین واکنش جوانه‌زنی یونجه حلزونی نسبت به دما است. قادری فر و همکاران (۱۳۸۸) پژوهشی به منظور ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیر خطی برای توصیف سرعت جوانه زنی کدو تخم کاغذی، براگو و سیاه دانه نسبت به دما انجام دادند و بر اساس نتایج آنها در کدو تخم کاغذی و دانه سیاه مدل‌های بتا و دندان مانند نسبت به مدل‌های دیگر واکنش سرعت جوانه زنی نسبت به دما را بهتر توصیف کردند. در براگو مدل‌های دندان مانند، بتا^۳ و منحنی^۴ توصیف مناسبی از سرعت جوانه زنی نسبت به دما را نشان دادند. جعفری و همکاران (۱۳۹۰) به منظور ارزیابی واکنش و سرعت گیاهچه‌های کلزا نسبت به دما، پژوهشی در ارتباط با سرعت سبز شدن سه رقم کلزا نسبت به دما به صورت گلدانی انجام دادند. نتایج بررسی آنها با استفاده از انواع الگوهای رگرسیون غیر خطی نشان داد می‌توان برای کمی سازی واکنش سرعت ظهور ارقام کلزا به دما از مدل‌های بتا و دو تکه‌ای استفاده کرد. صبوری و همکاران (۱۳۹۱) جهت توصیف رابطه بین سرعت جوانه‌زنی ارقام مختلف برنج و دما مدل‌های مختلف رگرسیون غیر خطی را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد مدل‌های مختلف از دقت متفاوتی در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی برخوردارند. به طوری که مدل برتر برای رقم هاشمی، مدل دو تکه‌ای، دشت و گیل^۳، مدل بتا، عنبربو و IR64، مدل منحنی و برای بینام مدل‌های بتا و منحنی بودند. آنها بر اساس یافته‌های حاصل از این پژوهش خود اظهار داشتند می‌توان از مدل‌های معرفی شده برای پیش‌بینی زمان جوانه زنی بذور و همچنین

^۱ . Dent like

^۲ . Segmented

^۳ . Beta

^۴ . Curvelinear

منابع

۱۰. صبوری، ح.، ع صبوری، و ا. ر. دادرس، ۱۳۹۱. مدل‌سازی واکنش سرعت جوانه زنی ژنوتیپ‌های مختلف برنج نسبت به دما. مجله تحقیقات غلات، ۲(۲): ۱۳۵-۱۲۳.
۱۱. قادری‌فر، ف.، ا. سلطانی و ح. صادقی‌پور. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی در کمی‌سازی جوانه‌زنی کدوی تخم کاغذی، براگر و سیاه دانه به دما. مجله‌ی پژوهش‌های گیاهی، (۴)۱۶: ۱۹-۱.
۱۲. کاظمینی، س.ع.، و عدالت، م. ۱۳۸۸. بررسی مشارکت اجزای عملکرد در تعیین عملکرد دانه آفتابگردان در رژیم‌های آبیاری و الگوهای کشت با استفاده از رگرسیون گام به گام و ضریب همبستگی پیرسون. اولین همایش ملی دانه‌های روغنی. اصفهان.
۱۳. طالعی، ع.، و ا. رشیدی اصل. ۱۳۷۸. بررسی تغییرات اجزای عملکرد و رگرسیون چندگانه بین برخی صفات در آفتابگردان در واکنش به تغییر الگوی کاشت. مجله علوم کشاورزی ایران، (۳)۳۰: ۵۲۴-۵۱۵.
۱۴. محمودی، ا.، ا. سلطانی و ح. بارانی. ۱۳۸۷. واکنش جوانه‌زنی بذر یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) به دما. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. (۱) ۱: ۶۳-۵۴.
۱۵. نبی‌پور، ع.، ب. یزدی صمدی، ا. صرافی، ع. زالی. ر. طالعی، و ع. ا. شاه نجات بوشهری. ۱۳۸۴. بررسی ژنتیکی صفات مهم زراعی و تعیین روابط بین آنها در آفتابگردان به کمک رگه‌های اینبرد نوترکیب. مجله علوم کشاورزی، (۳)۳۶: ۶۵۸-۶۴۷.
۱۶. یوسفی‌داز، م.، ا. سلطانی. ف. اکرم‌قادری، ا. زینلی و ر. سرپرست. ۱۳۸۳. ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی برای توصیف سرعت سبز شدن نخود نسبت به دما. مجله علوم و صنایع کشاورزی، (۱)۲۰: ۹۴-۱۰۲.
۱. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. ۱۳۷۸. چهار محصول زراعی/صنعتی. انتشارات اداره‌ی کل آمار و اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی و بودجه وزارت کشاورزی. ۲۱۵ ص.
۲. جعفری، ن.، م. اصفهانی، و ع. صبوری، ۱۳۹۰. ارزیابی مدل‌های رگرسیون غیرخطی برای توصیف سرعت ظهور گیاهچه سه رقم کلزا نسبت به دما. علوم گیاهان زراعی ایران. (۴)۴۲: ۸۶۸-۸۵۷.
۳. خواجه پور، م. ر.، ۱۳۸۵. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۶۴ ص.
۴. لاجوردی، ن.، ۱۳۵۹. دانه‌های روغنی. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۱۷ ص.
۵. رضایی پژند، ح.، و ا. بزرگ‌نیا. ۱۳۸۰. تحلیل رگرسیون غیر خطی و کاربردهای آن، چاپ اول. انتشارات: دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۰۰ ص.
۶. ساعی، ع.، ع. طلائی. ذ. زمانی و ا. تاستین. ۱۳۸۹. برآزش مدل و بررسی تاثیر میزان محصول بر الگوی رشدی میوه‌ی "رداسپار" در شرایط اقلیمی کرج. مجله علوم باغبانی ایران، (۱)۴۲: ۹۴-۸۳.
۷. سلطانی، ا.، ۱۳۸۵. تجدید نظر در کاربرد روش‌های آماری در تحقیقات کشاورزی، چاپ اول. جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۴ ص.
۸. سلطانی، ا.، ۱۳۸۸. مدل‌سازی ریاضی در گیاهان زراعی. چاپ اول. جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷۵ ص.
۹. شریعتمداری، م. ح.، غ. زمانی، و م. ح. سیاری، ۱۳۸۹. بررسی روابط همبستگی و رگرسیونی بین عملکرد و برخی صفات هیبرید ایروفولور آفتابگردان تحت شرایط محلول پاشی با سولفات آهن و تنش شوری. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. تهران. دانشگاه شهید بهشتی.

19. Karadavut, U. 2009. Non-linear models for growth curves of triticale plants under irrigation conditions. Turkish Journal of Field Crops, 14(2): 105-110.
20. SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
21. Sit, V., and Poulin-Costello, M. 1994. Catalogue of Curves for Curve Fitting. Forest Science Research Branch, Ministry of Forests. Victoria, British Columbia. 110P.
17. Ghaderi-Far, F., J. Gherekhloo, and M. Alimaghani, 2010. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). Planta Daninha, 28(3): 463-469.
18. Goudriaan, J., and J. L. Monteith, 1990. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. Annals of Botany, 66: 695-701.

Model Fitting of Growth Pattern of Sunflower Head in Lakomka and Progress Varieties Under Dryland Condition

A. Sabouri^{1*} and V. Alipour Estakhri²

1. Assistant professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. MSc student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Abstract

Considering the importance of sunflower as one of the most important plants in the production of edible oils, present study was developed in order to determine the best nonlinear regression function which can quantify growth of diameter of sunflower head to time. At the present study in order to fit the best regression model explaining relationship between increasing of sunflower head diameter of Lakomka and Progress varieties and time, an experiment was performed at 60 kilometers of Amlash city in rainfed condition. At first, the head diameter measurement since the beginning of growth maturity and harvest was recorded. Then different regression models including exponential, power, logarithmic, logistic, schnute and gompertz were used. Then to determine the most efficient model, different parameters of evaluation of model fitting were used. The results revealed that schnute and logistic models are the best model for explaining of the head diameter variation of Lakomka and Progress varieties to time. Schnute model with highest adjusted coefficient of determination (0.99 and 0.98) and lowest root error mean of squares was determined as the best model in explaining of growth pattern of head diameter to time. It is expected that using these models could be used for prediction of head diameter of Lakomka and Progress varieties with high precision.

Keywords: Model fitting, Yield prediction, Nonlinear regression

***Corresponding Author:**

E-mail: a.sabouri@guilan.ac.ir

Received: 2013/09/04
Accepted: 2014/06/17