مدلسازی رشد میوه ۱۴ ژنوتیپ گردو ایرانی در شرایط اقلیمی مینودشت

عیسی کرامتلو [1*]، مهدی شریفانی [2]، حسین صبوری [3]
۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۳- استادیار گروه زراعت، دانشگاه گنبد.

چکیده

مدل‌های رشد و نمو گیاهان از ابزارهای بسیار مهم در مطالعه و بررسی سیستم‌های کشاورزی بوده و از آنها می‌توان در تصمیم‌گیری و یا طراحی روش‌های مدیریتی، استفاده کرد. بنابراین با آگاهی از روند و الگوی تغییرات فصلی رشد و نمو میوه در جهت بهبود مدیریت باغ، از جمله آبیاری، کوددهی و عملیات باغداری می‌توان برنامه ریزی لازم را انجام داد. در بررسی حاضر از دو مدل دابل سیگموئید و لجستیک- تک مولکولی برای بررسی مدل رشد میوه بر اساس وزن میوه و از چهار مدل ریچارد، گومپرتز، لجستیک و نمایی برای بررسی الگوی رشد بر اساس طول و عرض میوه استفاده شد. برای انتخاب بهترین مدل از چهار معیار کمترین AIC، BIC، RSME و بیشترین R^2 استفاده شد. بر اساس معیارهای انتخاب بهترین مدل مدل دابل سیگموید، برای شبیه سازی بر اساس وزن میوه و مدل ریچارد، در شبیه سازی بر حسب طول و عرض میوه بهترین مدل شناسایی شدند. این مدل‌ها بطور موثری می‌توانند برای پیش بینی تاریخ برداشت و روش‌های مدیریتی مرتبط با نمو میوه، مانند کاربرد اتفن در مرحله قهوه ای شدن تیغه میانی جهت تسریع و تسهیل در برداشت استفاده شود.

کلمات کلیدی: مدلسازی، رشد میوه گردو، رگرسیون غیر خطی، معیارهای انتخاب مدل.

مقدمه

وجود ذخایر ژنتیکی بسیاری از گونه‌های درختان میوه در کشور، یکی از پتانسیل‌ها و مزیت‌های اصلی بخش باغبانی ایران و به عنوان سرمایه‌ای ملی برای کشور محسوب می‌شود. گردوی ایرانی، از نظر اقتصادی یکی از خشک میوه‌های بسیار مهم است که از گذشته‌های دور در سرتاسر دنیا و ایران بعنوان درخت چند منظوره، کشت شده است. مدل‌های رشد و نمو گیاهان از ابزارهای بسیار مهم در مطالعه و بررسی سیستم‌های کشاورزی بوده و از آنها می‌توان در تصمیم‌گیری و یا طراحی روش‌های مدیریتی، در شرایط مختلف به خوبی استفاده کرد (بنایان، ۱۳۸۱؛ سلطانی، ۱۳۸۸؛ دستمالچی، ۱۳۹۰). گسترش روز افزون این نیازها باعث شده است، مدل ها به عنوان پشتیبان تصمیم‌های تاکتیکی و استراتژیک، ایفای نقش نماید. توسعه مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی رشد و پیش‌بینی عملکرد و راه‌های دستیابی به کیفیت مناسب محصول، مزایای زیادی در مدیریت محصولات به ویژه در رشد میوه خواهد داشت، چرا که رشد میوه ارتباط مستقیمی با عملکرد و در نتیجه با بهروری اقتصادی دارد. در نتیجه با آگاهی از روند و الگوی تغییرات فصلی رشد و نمو میوه در جهت بهبود مدیریت باغ، از جمله آبیاری، کوددهی و عملیات باغداری می‌توان برنامه ریزی لازم را انجام داد.

گزارش‌ها نشان می‌دهد پوست سبز میوه و دانه گردو، دارای منحنی رشد سیگموئید ساده می‌باشند (سیادی، ۱۳۸۲؛ جلیلی مرندی، ۱۳۸۴؛ لی و همکاران، ۲۰۱۲). این در حالی است که راموس(۱۹۹۷) یک دوره رشد کند در رشد کل میوه (۸ هفته بعد از گلدهی) را همزمان با توسعه لپه‌ها و سخت شدن پوست سخت، همچنین رشد مغز گردو و وزن خشک آن به مدت ۳ تا ۴ هفته را گزارش کرده است. معادلات زیادی برای توصیف الگوهای رشد سیگموییدی پیشنهاد شده است. جهت تشخیص تفاوت های ژنوتیپی یا تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی روی فرایندهای رشد، مدل های رگرسیونی که توصیف مناسبی از رشد گیاه ارایه کنند لازم است (غدیریان و همکاران، ۱۳۹۰). از مدل‌های رگرسیونی مختلفی (خطی و غیرخطی) می‌توان برای برآورد تغییرات سطح برگ و رشد میوه نسبت به

زمان استفاده کرد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی مدل‌های رشد میوه گردو انجام شد و از آنجائیکه اولین تحقیق بر روی مدل‌های رشد میوه گردو ایرانی است، مهم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۰ در شهرستان مینودشت(استان گلستان) واقع در ۳۸ کیلومتری جنوب شرقی آن انجام شده است. ارتفاع منطقه ۱۰۶۰ متر از سطح دریا و در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالیانه در منطقه ۶۹۰ میلی‌متر می‌باشد. در این پژوهش با توجه به هدف تحقیق برای کاهش اثرات شرایط محیطی بر رشد و نمو گردو، تعداد ۱۴ ژنوتیپ بذری گردو(به ترتیب G_1 تا G_{14} شماره‌گذاری شدند) در ارتفاع یکسان از سطح دریا و نوع خاک بر اساس سلامت و قدرت رشد درختان بصورت تصادفی جهت مطالعه خصوصیات میوه و بررسی مدل‌های رشد انتخاب گردید. سن ژنوتیپ‌های انتخاب شده ۳۰ تا ۵۰ سال و ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ متر و با قطر تنه حدود ۶۰ سانتی‌متر تا یک متر بصورت تک تنه و انفرادی و در شرایط کشت فاصله دار می‌باشند. اندازه گیری وزن میوه، طول و قطر میوه با فواصل زمانی مشخص (۱۴ روز) تا زمان برداشت (۹ مرحله) ادامه داشت. به این ترتیب که از هر ژنوتیپ ۱۰ نمونه در هر مرحله از چهار طرف درخت در ارتفاع مشابه جمع-آوری و اندازه‌گیری‌ها بر روی نمونه‌ها انجام شد. از میانگین داده‌ها برای تجزیه آماری و برازش مدل استفاده گردید. با توجه به الگوی پراکنش داده‌ها و مدل رشد سیگموئیدی گردو با استفاده از طول و عرض گردو، مدل‌های لجستیک، گومپرتز، ریچارد، و نمایی و با توجه به مدل رشد سیگموئید مضاعف با استفاده از وزن تازه کل میوه، مدل‌های تابع دابل سیگوئید و تک مولکولی- لجستیک برای برازش مدل رشد انتخاب شد. برای برازش مدل وزن میوه، طول و عرض میوه از دستور PROC NLIN در نرم‌افزار SAS و Solver در نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای انتخاب بهترین مدل از چهار معیار کمترین AIC، BIC، RSME و بیشترین R^2 استفاده شد (سلطانی، ۱۳۸۸؛ چاهوکی، ۱۳۸۸؛ ساعی و همکاران، ۱۳۹۰).

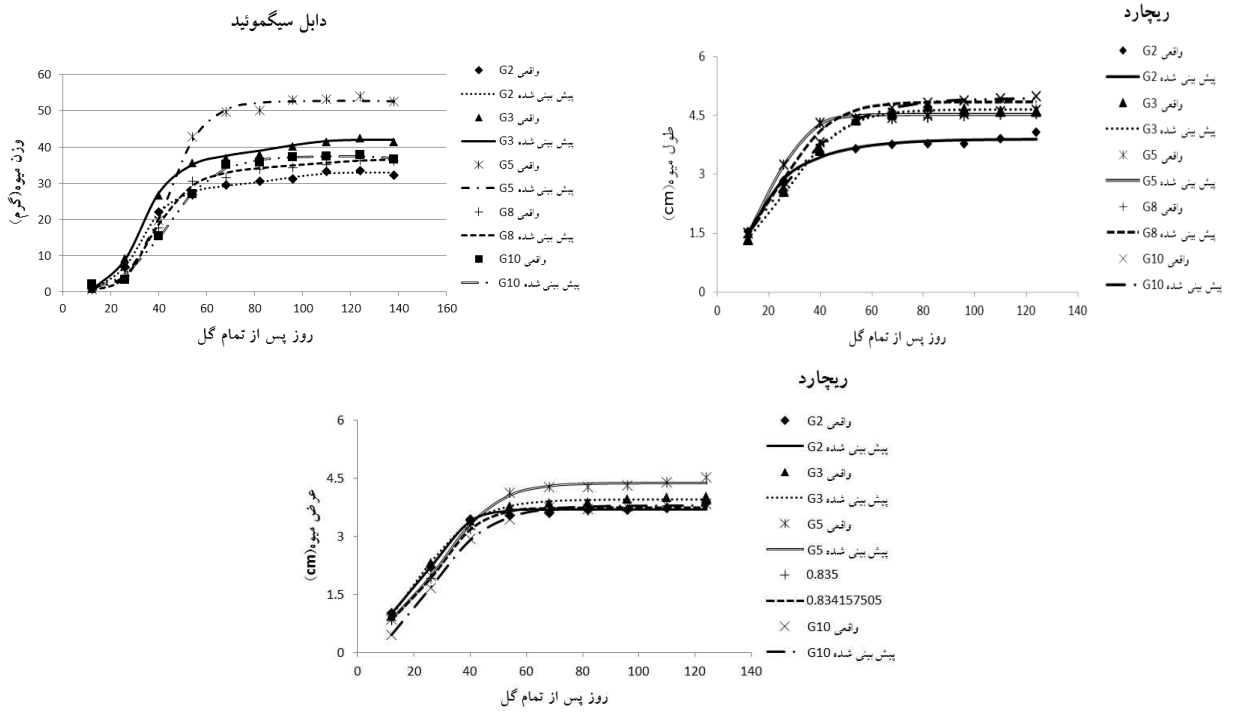
نتایج و بحث

با توجه به داده‌های واقعی و برآورد شده الگوی رشد بر اساس وزن میوه در ژنوتیپ‌های بررسی شده و معیارهای انتخاب بهترین مدل مدل، تابع دابل سیگموئید و مدل لجستیک- تک مولکولی به خوبی روند تغییرات وزن میوه در برابر زمان (روز پس از تمام گل) را شبیه‌سازی می‌نماید. با این وجود با توجه به معیارهای انتخاب، مدل دابل سیگموئید دارای معیار AIC ، BIC و RSME کمتر و R^2 بیشتری نسبت به مدل لجستیک- تک مولکولی بود.

نتایج پژوهش نشان داد، رشد میوه از نظر وزن کل میوه در دو مرحله صورت می‌گیرد. در اوایل مرحله یک، دوره رشد کند ۳۰ روزه وجود دارد و سپس با یک رشد سریع تا ۶۰ روز پس از تمام گل ادامه می یابد و در انتهای دوره، رشد مجدداً کم می‌شود و میوه وارد مرحله دوم رشد خود می‌شود(شکل۱). پس از یک دوره کوتاه رشد در اوایل مرحله دوم رشد (روز ۷۰ تا ۸۵ پس از تمام گل)، رشد میوه مجددا افزایش یافته و سپس در انتهای دوره با رسیدن میوه و شکاف برداشتن پوست سبز دوباره رشد کاهش می‌یابد (۱۳۰ روز پس از مرحله تمام گل). در طی مرحله اول رشد، در نتیجه تشکیل سلول‌ها و بافت‌های جدید، وزن و اندازه میوه افزایش می‌یابد. طی مرحله دوم، میوه شکل گرفته و از لحاظ ترکیبات شیمیایی غنی می‌شود (جلیلی مرندی و رضایی، ۱۳۷۷). موافق با نتایج این تحقیق، پنی و پالیتو (۱۹۸۳) با بررسی وزن تازه میوه از زمان گلدهی تا برداشت میوه در سه رقم اشلی ، هارتلی و فرانکوت نشان دادند ارقام اشلی

و هارتلی دارای الگوی رشد دابل سیگموئید با مشخصه رشد کند ۳ هفته‌ای، ۷ هفته بعد از گلدهی می‌باشند. میزان رشد کلی طول و عرض میوه در این زمان، از وزن تازه میوه تبعیت می‌کرد. با این وجود رقم فرانکوت الگوی رشد سیگموئید نشان داد که مخالف با رقم اشلی و هارتلی و ژنوتیپ‌های بررسی شده در مطالعه حاضر می‌باشد. آنها همچنین نشان دادند الگوی رشد مغز گردو دابل سیگموئید می‌باشد.

مدل‌های استفاده شده توانستند الگوی رشد میوه بر اساس طول را به خوبی شبیه سازی کنند، با این حال با توجه به معیارهای انتخاب، مدل ریچارد بهترین برازش را داشت. به طوری که این مدل کمترین مقدار AIC، BIC و RSME و بیشترین R^2 را در اکثر ژنوتیپ های بررسی شده به خود اختصاص داد. مدلهای لجستیک، گومپرتز و نمایی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. به دلیل کوتاه بودن طول دوره اول رشد سیگموئیدی و داده برداری در فواصل ۱۴ روز، این مرحله از رشد به طور واضح مشخص نیست. مرحله اول رشد سیگموئیدی به مدت ۱۵ روز بطول انجامید و با یک دوره رشد سریع تا حدود روز ۵۵ در اکثر ژنوتیپ‌ها ادامه یافت. پس از این زمان افزایش رشد طولی تا زمان برداشت نامحسوس می‌شود. در مرحله اول رشد، در نتیجه تشکیل سلول‌ها و بافت‌های جدید، طول میوه افزایش می‌یابد و پس از آن میوه شکل گرفته و از لحاظ ترکیبات شیمیایی غنی می‌شود در نتیجه تغییر در طول میوه نامحسوس می‌شود (جلیلی مرندی و رضایی، ۱۳۷۷). مدل‌های استفاده شده توانستند الگوی رشد میوه بر اساس عرض میوه را همانند طول میوه به خوبی شبیه سازی کنند ولی با توجه به معیارهای انتخاب، مدل ریچارد بهترین برازش را داشت. بطوریکه این مدل کمترین مقدار AIC، BICو RSME و بیشترین R^2 را در اکثر ژنوتیپ‌های بررسی شده به خود اختصاص داد. مدل های لجستیک ، گومپرتز و نمایی به ترتیب در رتبه های بعدی قرار داشتند. به این ترتیب این مدل‌ها می‌توانند به عنوان روشی مناسب برای اندازه میوه در زمان برداشت، بررسی تیمارهای مختلف و تعیین زمان تاثیر تیمارهای مختلف روی رشد میوه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در صورت تغییر مدل در شرایط رشد واقعی (رشد در شرایط وجود رقابت) با مقایسه این مدل‌ها می‌توان منابع اعمال کننده محدودیت را تعیین کرد.



شکل ۱- مدل برازش شده الگوی رشد میوه گردو در ۵ ژنوتیپ منتخب G۲، G۳، G۵، G۸ و G۱۰ بر اساس وزن ، طول و عرض میوه در طی فصل رشد (روز پس از تمام گل).

منابع

۱- بنایان، م. ۱۳۸۱. ساخت و کاربرد مدل‌های شبیه سازی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۰۸ ص.

۲- جلیلی مرندی، ر. و حکیمی رضایی، ج. ۱۳۷۷. پرورش فندق-بادام-گردو، شارما، اس. دی.، موناسترا، اف. و راتور، دی. اس. (مؤلف). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۲۰۴ ص.

۳- جلیلی مرندی، ر.۱۳۸۴. میوه‌کاری. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی، ۲۵۱ ص.

۴- چاهوکی، م. ۱۳۸۹. روش های تحلیل چندمتغیره در نرم‌افزار SPSS. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳۶ ص.

۵- دستمالچی، ع.، سلطانی، ا.، لطیفی، ن. و زینلی، ا.۱۳۹۰. برآورد پارامترها و ارزیابی مدل CropSyst-Wheat برای ارقام استان گلستان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی،۴:۲، ص ۸۰-۶۳.

۶- ساعی، ع.، طلایی، ع.، زمانی، ز و تاستین، ا. ۱۳۸۹. برازش مدل و بررسی تاثیر میزان محصول بر الگوی رشدی میوه سیب رد اسپار در شرایط اقلیمی کرج. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۲:۱، ص۹۴-۸۳ .

۷- سلطانی، ا. ۱۳۸۸. مدل سازی ریاضی در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۷۵ ص.

۸- سیادی، م. ۱۳۸۲. تولید میوه های معتدله و نیمه گرمسیری، جکسون، د. و لوی. ن. (مولف). انتشارات دانشگاه ایلام، ۵۳۴ ص.

۹- غدیریان، ر.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، کلاته‌عربی، م. و بخشنده، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی مدل‌های رگرسیونی غیرخطی برای استفاده در آنالیز رشد گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳: ۴، ص۷۷-۵۵.

10- Li, Y., Ma, S., Wang, Y., Xuan, X., Hou, L., Sun, Q. and Yang, K. 2012. The dynamics of fat, protein and sugar metabolism during walnut (*Juglans regia* L.) fruit development. Afr. J. Biotechnol. 11(5): 1267-1276.

11- Pinney, K. and Polito, V.S. 1983. English walnut fruit growth and development. Sci. Hort. 21: 19-28.

12- Ramos, D. E. 1997. Walnut Production Manual. ANR Publications. 320p.

Modeling of fruit growth for 14 walnut genotypes (*Juglans regia* L.) in Minoudasht climatic conditions

Issa karamatlo[1],Mehdi sharifani[2], Hosien sabori[3]

1- MSc. Student, Department of Horticulture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. 2- Associate Professor, Dept. of Horticulture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. 3- Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Gonbad University, Gonbad, Iran.

Abstract

Plant growth models are very important to evaluate agricultural systems. These models have application in planing agriculture and making decision. Thus via application of seasonal growth patterns and orchard management, such as irrigation, fertilization and horticultural operations, can be programmed. To study fruit weight two models of double-sigmoid and logistic-monomolecular and four models based on Richards, Gompertz, logistic and exponential growth pattern based on the length and width of the fruit were used. Models were applied to investigate trend of fruit growth change versus time (days after full bloom) and to simulate best model. However, the criteria for selecting the best model were low AIC, BIC and RSME and high R^2. Double sigmoid model was the best model to simulate the weight of the fruit. Application of Richard simulation models led to identification of length and width fruit. The obtained models could effectively predict date of harvest and management practices associated with fruit development. This was included of ethephon application to speed up browning date of packing tissue and facilitate harvest.

Keywords: modeling, walnut fruit growth, non-linear regression, model selection criteria.