

تخمین طول نهایی شاخه گل دهنده در رزهای گلخانه ایی به کمک مدل رشدی ریچاردز

سجاد حسینی^۱، منصور مطلوبی^{۲*}، عادل دباغ محمدی نسب^۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۹

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*.مسئول مکاتبه: E-mail: mmatloobi@gmail.com

چکیده

طول شاخه گل دهنده در رزهای بریدنی بسیار مهم است. یکی از کاربردهای مهم تابع ریچاردز تخمین رفتار رشدی گیاهان است. چهار رقم رز در یک گلخانه تولیدی انتخاب و طول شاخه های آنها در مرحله رسیدن به هر گره اندازه گیری و ثبت گردید. داده های بدست آمده ابتدا به نزدیکترین شکل منحنی یعنی مدل درجه دوم برازش شدند. ضریب تبیین برای این مدل بین ۰/۹۵ تا ۰/۹۸ بدست آمد. در مرحله بعد تبدیل داده با تقسیم طول شاخه در هر گره به بزرگترین طول شاخه انجام گرفت و سپس مدل ریچاردز برازش شد. در این حالت ضریب تبیین مدل برای بیشتر ارقام به بیش از ۰/۹۹ افزایش یافت. پارامترهای مدل به روش رگرسیون غیر خطی حداقل مربعات برای ارقام و فصول مختلف تخمین زده شد. بیشترین مقدار شیب منحنی در نقطه عطف برای رقم بلک مجیک در فصل بهار بدست آمد. متوسط شیب منحنی برای فصل بهار بیش از فصل تابستان بود. سرعت نسبی رشد شاخه ها با مشتق گیری از مدل ریچاردز محاسبه گردید. نتایج نشان داد متوسط سرعت رشد نسبی برای فصل بهار بیشتر از فصل تابستان بود، بطوریکه حداکثر سرعت نسبی رشد در فصل بهار در گره های هشتم و نهم اتفاق افتاد، در صورتیکه در فصل تابستان میزان حداکثر این متغیر در گره های پنجم و ششم مشاهده گردید. طول نهایی شاخه بعد از گره چهارم در اکثر ارقام با اختلاف کمتر از ده سانتی متر و بعد از گره هشتم با اختلاف کمتر از حدود ۵ سانتی متر تخمین زده شد.

واژه‌های کلیدی: رزهای بریدنی، ریچاردز، سرعت رشد نسبی، طول شاخه، مدل رشد

Estimation of Flower Stem Length in Greenhouse Roses Using Richard's Growth Model

Sajad Hosseini¹, Mansour Matloobi^{2*}, Adel Dabbagh Mohammadi Nassab³

Received: February 17, 2019 Accepted: October 1, 2019

1-Graduated MSc Student, Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3-Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: mmatloobi@gmail.com

Abstract

Flower stem length is highly important in cut roses. One of the Richard's function application is estimating growth behavior of plants. Four cultivars of cut roses have been selected in a commercial greenhouse then were subjected to stem length measurement upon producing a new node. Data was first fitted to the nearest form of curve, i.e., quadratic model. Coefficient of determination was calculated between 0.95 and 0.98 for this model. Thereafter, data transformation was done by dividing each value by the maximum value in the measured data. Richard's function was then fitted to the data which gave rise to R^2 value of more than 0.99 for most cultivars. To estimate model parameters for all curves of cultivars in two seasons we used nonlinear least square regression. The cultivar 'Black Magic' showed the highest rate of curve slope in inflection point, however the curve slope for spring season was appeared to be more than the summer slope. First derivative of the Richard's function was used to calculate the relative stem growth rate. Results indicated higher rate of relative growth rate for spring stems rather than summer stems. Spring stems showed their highest relative growth rate in eighth and ninth node while this happened for summer stems in nodes of five and six. Estimation of stem final length was done by 10 cm difference from the measured value in fourth node onwards and about 5 cm difference in nodes followed by node 8.

Keywords: Cut Roses, Growth Models, Richard's, Relative Growth Rate, Stem Length

مقدمه

در پیش بینی خطر آسیب پذیری گل‌های درختان میوه در زمان گلدهی در مقابل شرایط نامساعد جوی (ریتز و همکاران ۲۰۱۵)، جهت پیش بینی بار محصول و ارتباط آن با میزان تنک سازی گلها و تشکیل جوانه های گل (ایوانامی و همکاران ۲۰۱۸) و همچنین به منظور شبیه سازی اقلیم گلخانه و برآورد رفتار متغیرهای محیطی استفاده می شود (تاکی و همکاران ۲۰۱۶). در بین محصولات گلخانه ای رزهای بریدنی در حال حاضر در

مدلها امروزه بعنوان یک ابزار قدرتمند در پیش بینی رشد محصولات، زمان برداشت، کنترل اقلیم گلخانه، درک سیستم ها و روش کار آنها مورد توجه قرار گرفته اند (مارسلیس و همکاران ۱۹۹۸). آنالیز و مدلسازی رشد در بیولوژی گیاهی و جانوری یکی از دغدغه ها و چالش های اصلی متخصصین در این حوزه ها می باشد (پومورینگ و موتسا ۲۰۱۵). در علم باغبانی از مدل ها

Bertalanffy و Richards (تژرو و همکاران ۲۰۱۰). از بین مدل‌های اخیر مدل ریچاردز به خاطر داشتن تعداد بیشتر پارامترهای منحنی، از بقیه مدل‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. از این مدل نه تنها برای پیش بینی جوانه زنی بذور (هارا ۱۹۹۹) بلکه برای تخمین زمان برداشت شاخه گل‌دهنده در رزها (اوکی و همکاران ۲۰۰۶) و همچنین برآورد سرعت نسبی رشد نیز استفاده می‌شود (پومورنینگ و موتسا ۲۰۱۵).

در این آزمایش سعی می‌شود با برآزش مدل ریچاردز طول شاخه های گل‌دهنده در طول فصل رشد بهار و تابستان تخمین زده شود. با توجه به اینکه الگوهای رشدی شاخه های رز تحت تاثیر عوامل محیطی و رقم قرار می‌گیرد، تاثیر این عوامل در شکل مدل مورد توجه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یک گلخانه تجاری رزهای بریدنی واقع در شهر خرم آباد با طول و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی و ۴۸ درجه شرقی و ارتفاع ۱۱۵۳ متر از سطح دریا انجام گرفت. چهار رقم گل رز بریدنی شامل Blak Magic, Cherry Brandy, Full House و Magic Red بعنوان ارقام گیاهی انتخاب شدند. این ارقام شش ساله بوده و بصورت هایدروپونیک در بستر پرلیت و به روش کم‌آبی (شاخه های خمیده) پرورش داده شده بودند. دمای متوسط گلخانه در طول روز بسته به فصل رشد بین ۲۴ تا ۳۲ درجه در طول روز و در شب بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سلسیوس تنظیم شده بود. عملیات تغذیه، هرس و نگهداری بر اساس روش پرورشی پیشنهاد شده توسط وان ویندن انجام گرفت (وان ویندن ۲۰۰۱). از هر رقم پنج گیاه بصورت تصادفی از قسمت های مختلف گلخانه انتخاب شدند و از هر گیاه دو شاخه بصورت تصادفی جهت آزمایش گزینش شدند. شاخه ها از بالای جوانه دوم هرس شدند و تا پایان زمان برداشت هر دو روز یکبار مورد بازدید قرار گرفتند. تاریخ ظهور هر برگ در گره (Ln) برای زمانی ثبت گردید که رگبرگ میانی

راس محصولات شاخه بریده گلخانه ای دنیا قرار دارند. یکی از مهمترین مشخصات بازار پسندی این محصول که در قیمت نهایی آن بسیار تاثیر گذار است طول شاخه های گل‌دهنده می باشد. طول این شاخه ها تحت تاثیر عوامل درونی و بیرونی گیاه است (بردموس و همکاران ۱۹۹۹). تخمین طول شاخه های گل در زمان برداشت می تواند به برنامه ریزی دقیق تولید کننده جهت بازاریابی به موقع و با قیمت مناسب کمک شایانی کند (کوستا و هولینگ ۲۰۰۴). در سالهای اخیر تمایل به استفاده از مدل ها در تخمین طول نهایی شاخه گل های بریدنی در گلخانه افزایش یافته است. بعنوان مثال از توابع سیگموئیدی جهت تخمین رشد در گل داودی و لیلیوم استفاده شده است (لی و همکاران ۲۰۱۲). مدل‌های تجربی بدون توجه به عوامل و فرآیندهای درونی تلاش دارند تا رابطه ایی بین ورودیها و خروجیهای یک سیستم برقرار کنند (مارسلیس و همکاران ۱۹۹۸). در صورتیکه مدل‌های توضیحی یا مکانیسمی با توجه به فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیای درون گیاه شکل می‌گیرند. در این میان مدل‌های کامل تر با افزودن ساختار و معماری رشد گیاه به مدل‌های مکانیسمی معرفی می‌شوند که به آنها مدل‌های عملکردی ساختاری (FSPM) اطلاق می‌شود (باک سورینگ و همکاران ۲۰۱۱). ماسا و همکاران (۲۰۰۸) از مدل تجربی برای شبیه سازی نحوه جذب سدیم توسط رزهای گلخانه ایی بهره بردند. یو و همکاران (۲۰۱۰) از تابع سیگموئیدی برپایه واحدهای حرارتی جهت پیش بینی رشد شاخه های رز رقم " Vital" کمک گرفتند. در این مطالعه همچنین در کنار مطالعه رشد و نمو شاخه گل‌دهنده، نحوه توسعه سطح برگ و وزن برگها هم مورد توجه قرار گرفت. در بین مدل‌های رشدی مدل لجستیک یکی از شناخته شده ترین مدل‌ها برای مطالعات مربوط به پیش بینی رشد و تغییرات آتی به شمار می‌رود (کوچوراوی و دگایدو ۲۰۱۵). اما در این میان کاندیدهای مهم دیگری نیز وجود دارد که می‌توانند در شرایط خاص عملکرد بسیار بهتری از مدل لجستیک داشته باشند مثل مدل‌های Gompertz,

برای هر میانگرمه نیز به همان روش محاسبه گردید. مدل ریچاردز نسبت به داده های نسبی بدست آمده با استفاده از پارامترهای این مدل که قبلا برای رز رقم کاردینال بدست آمده بود، برازش گردید. مدل ریچاردز شکل های مختلف دارد که از مدل ذیل جهت برازش استفاده شد (اوکی و همکاران ۲۰۰۶).

$$Y(t) = Ab / (A^n + (b^n - A^n)e^{-kt})^{1/n}$$

در این مدل k, b, n و A پارامترهای مدل (پارامترهای تعیین کننده شکل منحنی) و t زمان می باشد. برای تخمین طول نهایی شاخه در هر گره، از تقسیم طول فعلی شاخه در آن گره به درصد طول شاخه در زمان نسبی متناظر آن استفاده گردید:

$$\text{Predicted Height at Harvest} = \text{Height at } Ln / (Ab / (A^n + (b^n - A^n)e^{-kt})^{1/n})$$

سرعت رشد نسبی شاخه از مشتق معادله ریچاردز استفاده شد (کویا و تایه ۲۰۱۳):

$$\frac{dy(t)}{dt} = ab(b^n - a^n)ke^{(-kt)}((b^n - a^n)e^{(-kt)} + a^n)^{-(1/n-1)/n}$$

مقدار حدود ۱۰ نشان داد. کمترین مقدار این پارامتر برای رقم چری برندی با شیب حدود ۵ ثبت گردید. متوسط این پارامتر برای فصل بهار و تابستان با لحاظ نمودن همه ارقام به ترتیب حدود ۸/۲۵ و ۶/۸۳ بدست آمد، که نشان دهنده شدت نمو بیشتر شاخه های گلدهنده در فصل بهار نسبت به تابستان می باشد. تنها در رقم مجیک رد مقدار پارامتر k در فصل تابستان اندکی بیش از فصل بهار بود، که کمی متفاوت از رفتار رشدی سایر ارقام می باشد. متوسط پارامتر n در فصل بهار تقریباً دو برابر آن در فصل تابستان می باشد که با بررسی شکل نمودارها متوجه می شویم این تفاوت بیشتر ناشی از اختلاف در شدت رشد در گره های آخر شاخه گلدهنده می باشد. در این مورد بخصوص شدت رشد در گره های آخر شاخه در رقم مجیک رد در فصل بهار نسبت به تابستان چشم گیر است. مدل های برازش شده انطباق خوبی با داده های بدست آمده از اندازه گیری مستقیم نشان دادند. برای اکثر ارقام در هر دو فصل مقدار ضریب تبیین بیش از ۹۸ درصد است. متوسط آن برای همه ارقام در فصل های

برگچه انتهایی رویت گردید. زمان جوانه زنی بعد از هرس شاخه برای تمام تیمارها ثبت گردید. این زمان مصادف با موقعی بود که طول جوانه متورم شده به بیش از ۱۰ میلی متر رسیده باشد. طول شاخه در زمان بازدیدها بوسیله خط کش از محل انشعاب از شاخه مادری تا انتهای شاخه اندزه گیری و ثبت گردید. آزمایش در دو فصل بهار و تابستان انجام شد. داده های بدست آمده بعد از بررسی و ارزیابی اولیه برای مدل های نزدیک به شکل نمودار برازش شدند. سپس طول نسبی شاخه در هر گره با تقسیم طول شاخه در آن گره به طول نهایی شاخه گلدهنده در زمان برداشت بدست آمد. زمان نسبی

پارامترهای مدل ریچاردز با استفاده از روش رگرسیون غیر خطی حداقل مربعات برآورد گردید. برای محاسبه

نتایج و بحث

بررسی اولیه رشد شاخه ها حاکی از انطباق خوب آنها با مدل درجه دوم است (جدول ۱). مقادیر ضریب تبیین برای ارقام بلک مجیک و مجیک رد برای فصل بهار کمتر از دو رقم دیگر است. در فصل تابستان مقدار این پارامتر برای سه رقم حدود ۰/۹۸ محاسبه شده است در صورتیکه برای رقم بلک مجیک کمتر و حدود ۰/۹۵ می باشد.

با توجه به اینکه اکثر منحنی های رشدی شکلی از توابع سیگموئیدی را نشان می دهند، تابع ریچاردز بعنوان یکی از این توابع در بیان الگوی رشدی شاخه های گلدهنده رز استفاده گردید. این تابع توانست در حد قابل قبولی الگوی رشدی تمامی ارقام در دو فصل بهار و تابستان را بیان کند (شکل ۱). پارامترهای مدل برای تمامی ارقام و فصل ها برآورد گردید (جدول ۲). بررسی شکل منحنی ها و پارامترها نشان می دهد تفاوت هایی در بین ارقام وجود دارد. در فصل بهار رقم بلک مجیک بیشترین شیب منحنی در نقطه عطف منحنی (k) را با

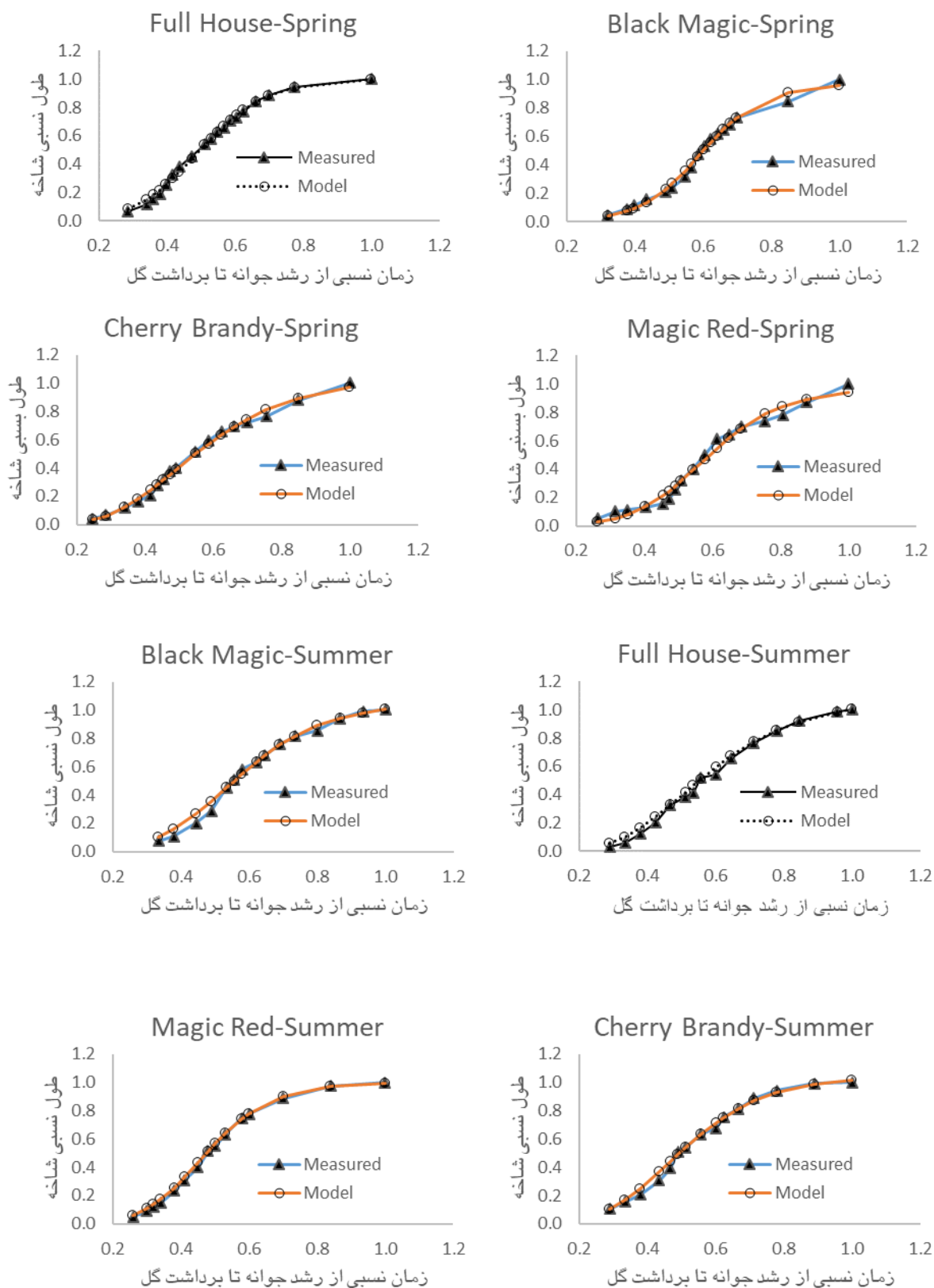
بهار و تابستان به ترتیب ۰/۹۹۰ و ۰/۹۹۵ بدست آمد که مقدار قابل قبولی است. این در حالی است که برای مدل درجه دوم برازش شده مقدار پارامتر فوق به ترتیب ۰/۹۶۹ و ۰/۹۷۷ برآورد گردید. این نشانده قابلیت بالای مدل ریچاردز در بیان الگوی رشدی شاخه های گل دهنده رز می باشد.

جدول ۱- مشخصات مدل درجه دوم برازش شده برای ارقام مختلف رز

تابستان		بهار		رقم
R ²	مدل برازش شده	R ²	مدل برازش شده	
0.989	$-0.0331x^2 + 4.0216x - 48.877$	0.989	$-0.0565x^2 + 5.7823x - 76.355$	Full House
0.954	$-0.048x^2 + 4.8689x - 62.243$	0.956	$-0.0197x^2 + 3.1974x - 51.792$	Black Magic
0.981	$0.0538x^2 + 4.9496x - 53.784$	0.982	$-0.0191x^2 + 3.0274x - 38.39$	Cherry Brandy
0.985	$0.06x^2 + 5.7986x - 68.062$	0.95	$-0.0044x^2 + 1.7358x - 27.089$	Magic Red

فصل بهار بیشتر از فصل تابستان است (۲/۳۶) در مقابل (۲/۲۹). یافته جالب توجه دیگر این است که حداکثر سرعت نسبی رشد در فصل بهار در گره های هشتم و نهم اتفاق افتاده است، در صورتیکه در فصل تابستان میزان حداکثر این متغیر در گره های پنجم و ششم مشاهده گردید. در بین ارقام، رقم بلک مجیک بیشترین میزان سرعت نسبی رشد را در گره نهم با میزان ۲/۶۷ درصد در روز در فصل بهار نشان داد. کمترین میزان در رقم فول هاوس در فصل تابستان مشاهده گردید. نکته جالب دیگر بالا بودن سرعت نسبی رشد شاخه در دو رقم مجیک رد و چری برندی در فصل تابستان نسبت به فصل بهار است. اما تفاوت در گره های با سرعت نسبی بالا همچنان مثل ارقام دیگر است. یعنی سرعت نسبی بالای رشد در فصل بهار در گره های هشتم و نهم و در فصل تابستان در گره های پنجم و ششم مشاهده می شود. بررسی شکل ۴ نشان می دهد بطور کلی طول شاخه ها در تمامی گره ها در فصل بهار بیشتر از تابستان است. همچنین معلوم می شود با افزایش شماره گره ها افزایش طول شاخه بیشتر مشهود می شود. به نظر می رسد بیشتر این تفاوت ها ناشی از بالا بودن متوسط سرعت نسبی رشد شاخه ها در فصل بهار باشد.

در اکثر ارقام اختلاف زیادی بین طول نهایی پیش بینی شده برای شاخه گلدهنده به کمک مدل با طول واقعی آن در گره های اول تا سوم بدست آمد (شکل ۳). این اختلاف با حرکت به سمت گره های بالاتر به میزان قابل توجهی کاهش یافت. در طول گره های اول تا سوم اختلاف طول برآورد شده برای رقم مجیک رد در فصل بهار حتی به حدود ۵۰ سانتی متر هم می رسد. هرچند برای سه رقم دیگر اختلاف در حدود ۱۵ سانتی متر است. از گره چهارم به بعد متوسط خطا در تخمین طول شاخه توسط مدل برای همه ارقام کمتر از ده سانتی متر است. بطوریکه بعد از گره هشتم اختلاف به حدود ۵ سانتی متر کاهش می یابد. در فصل تابستان شرایط کمی متفاوت است. ارقام فول هاوس و بلک مجیک تفاوت بیشتری با طول شاخه نهایی در گره های اول تا سوم نشان دادند. در این فصل تفاوت بین طول شاخه پیش بینی شده با طول واقعی بعد از گره هفتم به کمتر از ده سانتی متر می رسد. در گره های نزدیک به انتهای شاخه این تفاوت به حداقل خود نزدیک می شود. از مشتق تابع ریچاردز برای بیان سرعت نسبی رشد شاخه در طول زمان چرخه تولید استفاده شد (شکل ۲). زمانیکه متوسط این پارامتر برای همه ارقام در فصول بهار و تابستان مقایسه می شود ملاحظه می شود که متوسط سرعت نسبی رشد برای



شکل ۱- مدل ریچاردز برازش شده برای داده های طول نسبی شاخه نسبت به زمان نسبی برای ارقام و فصول بهار و تابستان

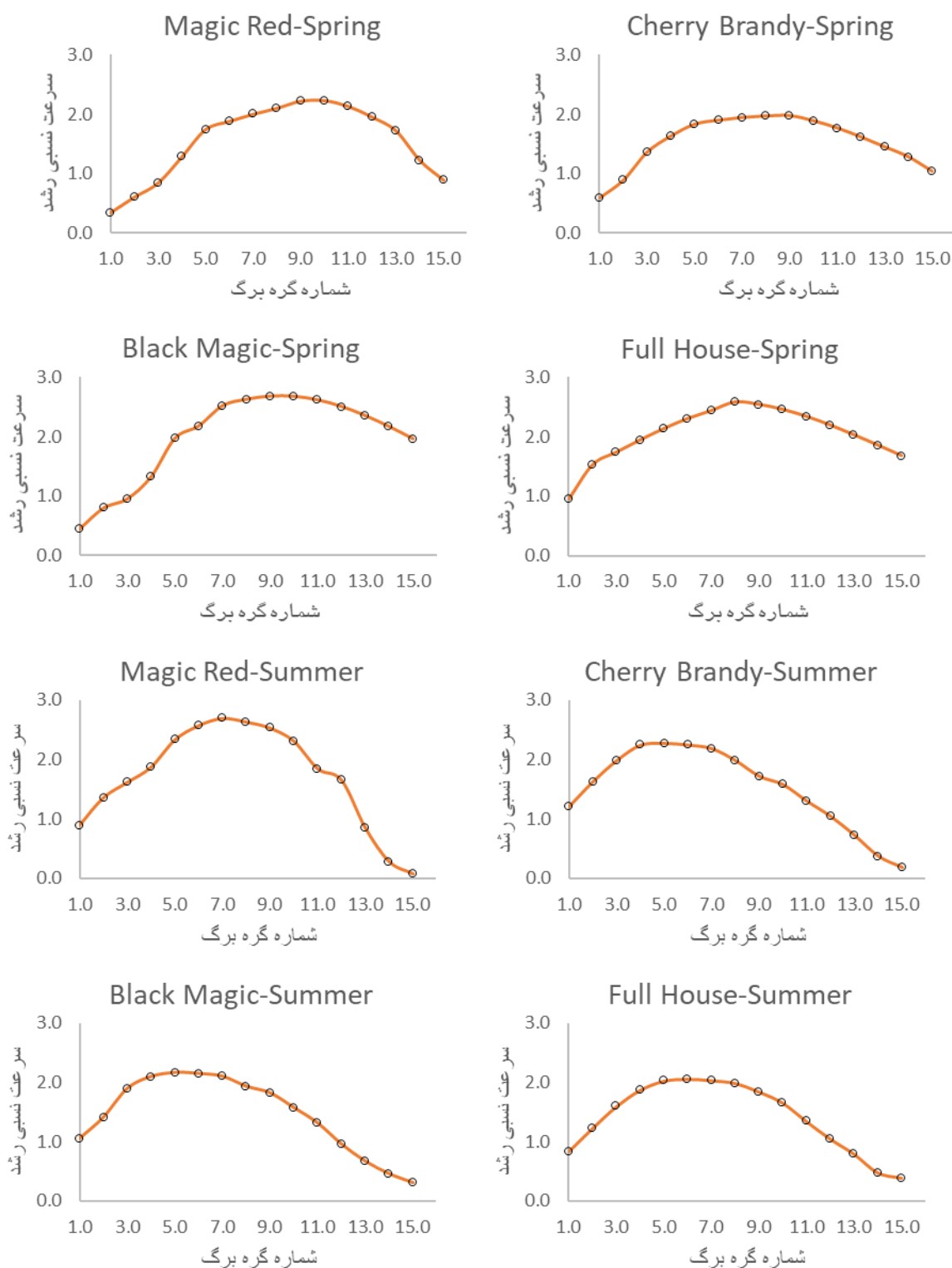
جدول ۲- مقادیر برآورد شده پارامترهای مدل ریچاردز برای ارقام و فصول مختلف گل رز

Parameters	Full House	Black Magic	Cherry Brandy	Magic Red	Average
بهار					
A	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۹
b	۱/۰۰۷	۰/۹۶۷۶	۰/۰۳۶۸	۰/۹۶۸۱	۰/۹۹۵۱
k	۹/۱۰۰	۱۰/۷۷۰۰	۵/۲۰۳۴	۷/۹۶۳۳	۸/۲۵۹۴
n	۰/۶۳۵	۰/۹۱۰۷	۰/۰۱۴۳	۰/۵۴۹۰	۰/۵۲۷۳
R ²	۰/۹۹۶	۰/۹۹۱	۰/۹۹۴	۰/۹۸۲	۰/۹۹۰
تابستان					
A	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶
b	۱/۰۷۹۶	۰/۰۵۲۲	۱/۰۴۲۶	۱/۰۰۳۳	۱/۰۴۴۵
k	۵/۲۱۶۰	۶/۵۹۵۷	۶/۷۲۵۱	۸/۷۹۳۴	۶/۸۳۲۶
n	۰/۰۱۰۰	۰/۳۷۴۲	۰/۲۷۶۳	۰/۴۲۵۴	۰/۲۷۱۵
R ²	۰/۹۹۷	۰/۹۹۳	۰/۹۹۴	۰/۹۹۹	۰/۹۹۵

ارقام رسید. اوکی و همکاران (۲۰۰۶) با برآزش تابع ریچاردز نسبت به داده های تبدیل شده حاصل از چرخه های رشدی مختلف به ضریب تبیینی بین ۰/۸۶ تا ۰/۹۶ رسیدند. در همین تحقیق بیشترین مقدار برای شیب منحنی در نقطه عطف (k) برای ماههای بهار و تابستان در مقایسه با ماههای پاییز و زمستان بدست آمد. سرعت نسبی رشد در این مطالعه برای شاخه های بدست آمده در فصل بهار بیشتر از شاخه های تابستان بود. نتیجه مشابه در مطالعه گوتیرز و همکاران (۲۰۰۶) بدست آمده است. این محققین سرعت نسبی رشد شاخه را برای فصل بهار ۰/۰۱۳۴ و برای فصل تابستان ۰/۰۰۹۵ (بر درجه سلسیوس بر روز) برآورد کردند. تبدیل رشد رویشی به رشد زایشی اتفاق مهمی در طول فرآیند رشد شاخه های رز به حساب می آید. این اتفاق می تواند روند و الگوی رشد شاخه ها را تحت تاثیر قرار دهد. چنین رفتاری در الگوی رشد شاخه های رز با تفاوت در شماره گره های با حداکثر سرعت نسبی در فصل بهار و تابستان مشاهده شد. توزیع مواد حاصل از فتوسنتز در رزهای گلخانه ای بر حسب اولویت مصرف و رابطه منبع تولید و مصرف صورت می گیرد (مطلوبی و همکاران ۲۰۰۹). شرایط مشابه در مطالعه گوتیرز و همکاران (۲۰۰۶)

الگوی رشد شاخه گلدهنده با توجه به نوع عامل محیطی متفاوت است. بعنوان مثال یو و همکاران (۲۰۱۰) مشخص کردند از زمان قطع شاخه تا شروع جوانه زنی تاثیر دما بر فرآیند رویش جوانه بصورت خطی است ولی از زمان جوانه زنی تا مرحله تولید گل تغییرات از تابع درجه دوم پیروی می کند. همین محققین در ادامه تحقیقات خودشان گزارش کردند رشد و نمو شاخه و توسعه سطح برگ شاخه بصورت سیگموئیدی تابع واحدهای حرارتی است. کوستا و هولینک (۲۰۰۴) با مطالعه تاثیر سطح برگ بر رشد شاخه حاصل عنوان کردند قدرت رشد شاخه متاثر از میزان فتوسنتز و میزان کربوهیدرات تولیدی است. در مطالعه دیگر در ژاپن مشخص گردید محل خمش شاخه در نحوه توزیع مواد غذایی و در نتیجه میزان رشد شاخه های رز موثر است (کاجی هارا و همکاران ۲۰۰۹). گوتیرز و همکاران (۲۰۰۶) در اسپانیا از منحنی رشد اکسپولینر^۱ برای توزیع مواد فتوسنتزی و بیان الگوی رشد شاخه کمک گرفتند. در مطالعه حاضر با وجودیکه مدل درجه دوم هم برآزش خوبی نشان داد ولی تبدیل داده ها بصورت نسبی از داده حداکثر باعث انطباق خیلی خوب تابع ریچاردز گردید، بطوریکه ضریب تبیین به بیش از ۰/۹۹ در اکثر

¹ Expolinear



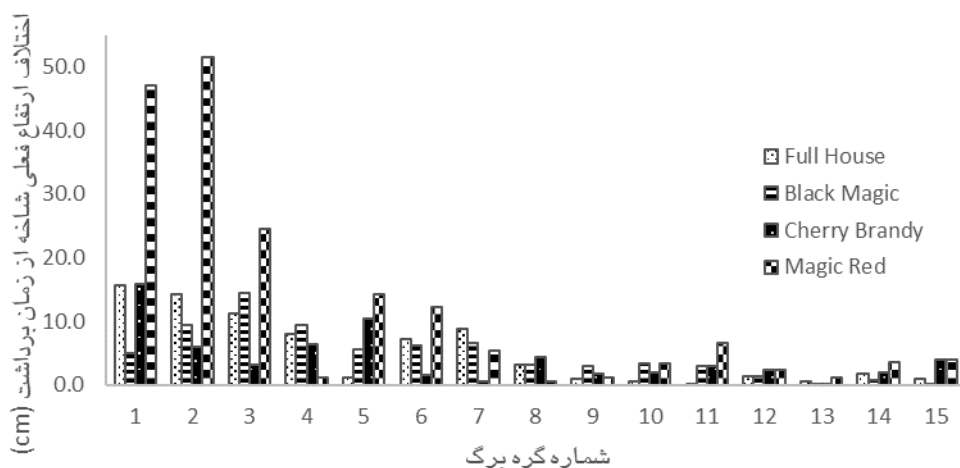
شکل ۲- سرعت نسبی رشد طول شاخه گلدهنده در گره های مختلف برای چهار رقم رز در دو فصل بهار و تابستان

مصرفی است. بطوریکه جوانه های تازه تشکیل شده گل قوی ترین منابع مصرف را شکل می دهند، برگ ها و

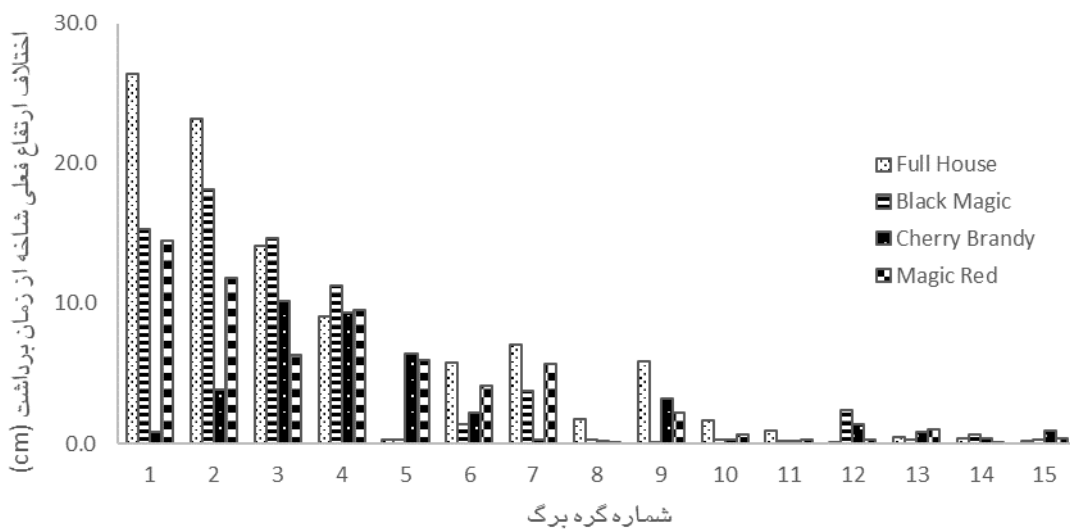
مشاهده گردید. این محققین نشان دادند در مراحل مختلف رشد شاخه توزیع مواد غذایی وابسته به نوع اندام

شاخه ها در رتبه بعدی قرار می گیرند. دمای بالا در فصل تابستان یکی از عوامل مهم تاثیر گذار در کوتاه شدن شاخه ها و کاهش سرعت رشد گیاه می باشد (دایلمن و مینن ۲۰۰۷).

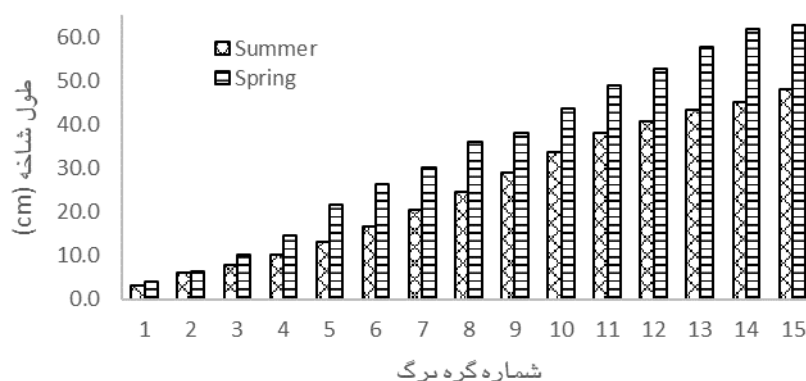
All Cultivars-Spring



All Cultivars-Summer



شکل ۳- اختلاف طول شاخه گلدهنده با طول نهایی در گره های مختلف شاخه در چهار رقم گل رز در دو فصل بهار و تابستان



شکل ۴- اختلاف طول شاخه گلدهنده در گره های مختلف در فصل بهار و تابستان

نتیجه گیری کلی

برسد. از طرف دیگر نقش محل گره و رابطه آن با فصل رشد در میزان سرعت رشد نسبی شاخه ها معلوم گردید و احتمال تاثیر انتقال از رشد رویشی به رشد زایشی در سرعت رشد میانگرمه ها مورد توجه قرار گرفت. این موضوع می تواند بعنوان یکی از ابزارهای مهم در کنترل فرآیند تولید بعد از مشخص شدن جزئیات بیشتر در مطالعات آتی مورد استفاده قرار گیرد.

با وجود تفاوت اندک در بین ارقام رزمورد مطالعه معلوم گردید تابع ریچاردز می تواند بعنوان یک تابع مهم نقش بسیار موثری در تخمین طول نهایی شاخه گلدهنده در رزها ایفا کند. از طرف دیگر مشخص شد پارامترهای این مدل باید برای هر رقم و فصل تولید جداگانه تخمین زده شود تا دقت برآورد طول نهایی شاخه به حداکثر

منابع مورد استفاده

- Bredmose N, Hansen J, Nielsen J. 1999. Factors intrinsic to the axillary bud determine topographic effects on bud and shoot growth and flower development in *Rosa hybrida*. *International Journal of Plant Sciences*, 160(5): 819–825.
- Buck-Sorlin G, de Visser PHB, Henke M, Sarlikioti V, Van der Heijden GW, Marcelis LFM, & Vos J. 2011. Towards a functional-structural plant model of cut-rose: simulation of light environment, light absorption, photosynthesis and interference with the plant structure. *Annals of Botany*, 108(6): 1121–34.
- Costa JM & Heuvelink E. 2004. Modelling growth of the primary shoot of rose. *Acta Horticulturae*, 654, 279–286.
- Gutierrez Colomer RP, Gonzalez-Real MM & Baille A. 2006. Dry matter production and partitioning in rose (*Rosa hybrida*) flower shoots. *Scientia Horticulturae*, 107(3): 284–291.
- Dieleman JA & Meinen E. 2007. Interacting effects of temperature integration and light intensity on growth and development of single-stemmed cut rose plants. *Scientia Horticulturae*, 113(2):182–187
- Hara Y. 2015. Calculation of Population Parameters using Richards Function and Application of Indices of Growth and Seed Vigor to Rice Plants. *Plant Production Science*, 1008:129-135.
- Iwanami H, Moriya-tanaka Y, Honda C, Hanada T & Wada M. 2018. A model for representing the relationships among crop load, timing of thinning, flower bud formation, and fruit weight in apples. *Scientia Horticulturae*, 242, 181–187.

- Kajihara S, Itou J, Katsutani N, Goto T, & Shimaji H. 2009. Partitioning of photosynthates originating from bent shoots in the arching and high-rack culture systems of cut rose production. *Scientia Horticulturae*, 121: 485–489.
- Koya PR, & Taye G. T. 2013. Solutions of Rate-state Equation Describing Biological Growths. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 3(6): 305-311
- Kucharavy D & Guio R De. 2015. Application of Logistic Growth Curve. *Procedia Engineering*, 131: 280–290.
- Li G, Lin L, Dong Y, An D, Li Y, Luo W, Zhao C. 2012. Testing two models for the estimation of leaf stomatal conductance in four greenhouse crops cucumber, chrysanthemum, tulip and lilium. *Agricultural and Forest Meteorology*, 165(0): 92–103.
- Massa D, Mattson NS, & Lieth H. 2008. An empirical model to simulate sodium absorption in roses growing in a hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 118(3): 228–235.
- Marcelis LF, Heuvelink E, & Goudriaan J. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae*, 74(1–2): 83–111.
- Matloobi M, Baille A, González-Real MM, & Colomer RPG. 2008. Effects of sink removal on leaf photosynthetic attributes of rose flower shoots (*Rosa hybrida* L., cv. Dallas). *Scientia Horticulturae*, 118(4):321–327.
- Oki LR, Mattson NS, & Lieth JH. 2006. Predicting stem length of cut flower roses at harvest using stem elongation rates in relationship to developmental events. *Acta Horticulturae*, 718,:13–120.
- Pommerening A, & Muszta A. 2015. Methods of modelling relative growth rate. *Forest Ecosystems*, 2(5): 1-9
- Ritz C, Pippert C, Yndgaard F, Fredlund K & Steinrücken G. 2010. Modelling flowering of plants using time-to-event methods. *European Journal of Agronomy*, 32: 155–161.
- Taki M, Ajabshirchi Y, Ranjbar SF, Rohani A & Matloobi M. 2016. Heat transfer and MLP neural network models to predict inside environment variables and energy lost in a semi-solar greenhouse. *Energy and Buildings*, 110: 314-329
- Tjørve E & Tjørve KMC. 2010. A unified approach to the Richards-model family for use in growth analyses: Why we need only two model forms. *Journal of Theoretical Biology*, 267(3): 417–425.
- Van Winden W. 2001. Handbook for Modern Greenhouse Rose Cultivation. Applied Plant Research, Netherland.
- Yeo KH, Cho YY, Lee YB. 2010. Estimation of shoot development for a single-stemmed rose 'Vital' Based on thermal units in a plant factory system. *Horticultural Science & Technology*, 28(5): 768-776.