

Estimation of the most important morphological traits affecting apricot seedlings vigor using path analysis

Mitra Rahmati*

Corresponding Author, Assistant Prof., Seed and Plant Certification and Registration Research Institute (SPCRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: m.rahmati@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 05.06.2023

Revised: 05.24.2023

Accepted: 05.30.2023

Keywords:

Dickson quality index,
Direct effect,
Scion,
Seedling rootstock,
Sturdiness quotient

ABSTRACT

Background and Objectives: Acquired morphological traits of seedlings in nurseries are as influential as their originality in their performance and vigor. The evaluation of these traits, including the Dickson quality index (DQI) is considered as an efficient method for considering the vigor of various kinds of seedlings, including fruit and forest seedlings. The magnitude of this index for seedlings is a function of the amount and the distribution of dry mass, height and diameter. Therefore, it is a destructive and time-consuming method for predicting seedling quality in nurseries. Consequently, in order to rank the morphological traits that determine the quality of apricot seedlings, this project was conducted to evaluate the correlation relations between such traits of apricot seedlings of the most important commercial varieties produced in different regions of Iran, based on path analysis and multiple linear regression analysis.

Materials and Methods: To evaluate the relationship between the morphological indicators in apricot seedlings, bare-root seedlings of 12 commercial cultivars with three replicates from 8 nurseries in four provinces were lifted during the transplanting seasons of 2020-2021. Seedling height, diameter above grafting line (DAGL), root length, number of roots and branches, shoot and root fresh and dry weights, height to diameter ratio, and DQI were evaluated, and simple correlations between them were estimated. The correlation coefficients were broken down into direct and indirect effects through path analysis, with DQI as the dependent variable.

Results: The indices representing apricot seedling vigor, including DQI and some of its components containing DAGL, total dry mass, height to diameter ratio and shoot to root dry mass ratio were a function of the accumulated growth degree-days (AGDD) in different regions. So that by increasing AGDD from 2700 to about 4500 degree, the average DQI, DAGL and total dry mass were increased and height to diameter ratio was decreased. The shoot to root dry weight ratio of seedlings was also decreased in nurseries located in regions with more than 3400 growth degree days. Among the traits which can be evaluated at the nursery site through non-destructive methods, DAGL had a higher correlation with vigor and the other morphological traits, leading to being considered the most important index in the qualitative evaluation of apricot seedlings, followed by shoot and root dry weights. Although later can be evaluated by destructive methods, they had the highest correlations with seedling vigor. The shoot number, height, sturdiness quotient had the weakest correlations with vigor and other morphological traits.

Conclusion: DAGL is considered as the most efficient index in the quality assessment of the apricot seedlings due to having the highest correlation with the DQI and other morphological traits.

Cite this article: Rahmati, Mitra. 2024. Estimation of the most important morphological traits affecting apricot seedlings vigor using path analysis. *Journal of Plant Production Research*, 31 (1), 111-126.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21321.3040

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تعیین درجه اهمیت مشخصات ریخت‌شناسی بر قدرت رشد نهال زردآلو بر مبنای تجزیه مسیر

میترا رحمتی*

نویسنده مسئول، استادیار مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
رایانامه: m.rahmati@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: مشخصات ظاهری اکتسابی نهال در نهالستان به اندازه اصالت ژنتیکی آن در عملکرد و قدرت رشد آن تأثیرگذارند. ارزیابی این شاخص‌ها، از جمله شاخص کیفی دیکسون، روشی کارآمد برای ارزیابی قدرت رشد انواع نهال از جمله نهال درختان میوه و جنگلی محسوب می‌شود. بزرگی این شاخص تابعی از میزان و توزیع ماده خشک، ارتفاع و قطر نهال است. بنابراین، روشی تخریبی و زمانبر برای ارزیابی کیفی نهال است. از این رو، هدف از انجام این پروژه ارزیابی روابط همبستگی بین ویژگی‌های ظاهری با مقدار شاخص دیکسون در نهال برخی ارقام تجاری زردآلو تولید شده در مناطق مختلف کشور بود تا بر مبنای رگرسیون خطی چندگانه و تجزیه مسیر امکان رتبه‌بندی صفات ریخت‌شناسی تعیین‌کننده کیفیت این نوع نهال فراهم شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹	
واژه‌های کلیدی: اثر مستقیم، پایه بذر، پیوندک، شاخص کیفی دیکسون، ضریب تنومندی	مواد و روش‌ها: به منظور ارزیابی روابط بین شاخص‌های ریخت‌شناسی نهال زردآلو، نهال ریشه لخت ۱۲ رقم تجاری با سه تکرار از هشت نهالستان واقع در چهار استان کشور در فصل جابجایی نهال طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ برداشت شد. ویژگی‌های نهال‌ها شامل ارتفاع، قطر، تعداد شاخه فرعی، تعداد و طول ریشه، وزن خشک، نسبت ارتفاع به قطر و اندازه شاخص دیکسون ارزیابی و همبستگی ساده بین آن‌ها برآورد شد. ضرایب همبستگی از روش آنالیز مسیر و با در نظر گرفتن شاخص دیکسون به‌عنوان متغیر وابسته، به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه شد.
	یافته‌ها: شاخص‌های نمایانگر قدرت رشد نهال زردآلو، از جمله متوسط شاخص دیکسون و برخی اجزای آن شامل قطر تنه، وزن خشک، نسبت ارتفاع به قطر و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه، تابعی از مقدار درجه روز رشد تجمعی در مناطق مختلف بود. به طوری که متوسط شاخص دیکسون، قطر و وزن خشک نهال با افزایش تعداد واحد گرمایی از ۲۷۰۰ تا

حدود ۴۵۰۰ درجه روند افزایشی و نسبت ارتفاع به قطر روند کاهشی داشت. نسبت وزن خشک شاخه به ریشه نهال نیز در نهالستان‌های واقع در مناطقی با بیش از ۳۴۰۰ درجه روز رشد روند کاهشی داشت. از بین شاخص‌هایی که به صورت غیرتخریبی در محل نهالستان قابل ارزیابی هستند، قطر ساقه در بالای محل پیوند همبستگی بالاتری با قدرت رشد و سایر مشخصات ریخت‌شناسی داشت و بنابراین مهم‌ترین شاخص در ارزیابی کیفی نهال این محصول محسوب می‌شود. پس از شاخص قطر، شاخص‌های وزن خشک شاخه و ریشه هر چند که به روش‌های تخریبی قابلیت ارزیابی دارند، اما بیش‌ترین همبستگی را با قدرت رشد نهال زردآلو داشتند. تعداد شاخه، ارتفاع و ضریب تنومندی کم‌ترین ضرایب همبستگی را با قدرت رشد و سایر مشخصات ظاهری نهال زردآلو داشتند.

نتیجه‌گیری: شاخص قطر تنه به دلیل داشتن بالاترین همبستگی با شاخص دیکسون و اغلب خصوصیات ریخت‌شناسی کارآمدترین شاخص در ارزیابی کیفی نهال زردآلو محسوب می‌شود.

استناد: رحمتی، میترا (۱۴۰۳). تعیین درجه اهمیت مشخصات ریخت‌شناسی بر قدرت رشد نهال زردآلو بر مبنای تجزیه مسیر. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳۱ (۱)، ۱۲۶-۱۱۱.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21321.3040



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) یکی از مهم‌ترین درختان میوه مناطق معتدله محسوب می‌شود. در مقیاس جهانی، از میان درختان میوه گروه هسته‌دار، زردآلو با حدود ۳/۷ میلیون تن و بیش از ۰/۵ میلیون هکتار سطح زیر کشت بعد از هلو و آلو قرار دارد (۱). ایران با ۳۳۴ هزار تن تولید، بعد از ترکیه (۸۳۳ هزار تن) و ازبکستان (۵۳۰ هزار تن)، جایگاه سوم را به خود اختصاص داده است (۱).

یکی از مسائلی که باغ‌داران و تولیدکنندگان نهال در زمان خرید و فروش نهال زردآلو با آن روبرو هستند، شناخت مشخصات ظاهری در نهال است که امکان پیش‌بینی عملکرد نهال در باغ یا به عبارت دیگر، حد مطلوبی از رشد، استقرار و تحمل به تنش‌های محیطی را داشته و به ساده‌ترین شیوه قابل ارزیابی باشد (۲). مشخصات ظاهری که نهال در نهالستان کسب می‌کند به اندازه اصالت ژنتیکی آن در عملکردش تأثیرگذار است. رعایت ضوابط فنی در فرایند تولید نهال در شکل‌گیری مشخصات ریخت‌شناسی حتی برای نهالی که از منابع ژنتیکی برتر منشأ گرفته باشد، ضروری است (۳). از طرف دیگر، بر خلاف مشخصات فیزیولوژیکی نهال، مشخصات ظاهری آن بعد از انتقال به باغ کم‌رنگ نشده و تا سال‌ها پس از کاشت ثابت می‌ماند (۴).

برخی از مشخصات ظاهری مانند قامت، قطر، تعداد شاخه جانبی و بنیه نهال (نسبت قطر به ارتفاع) با شاخص‌های فیزیکی دیگری هم‌چون قدرت رشد یا شاخص دیکسون (تابعی از میزان و توزیع ماده خشک، ارتفاع و قطر نهال) و اندازه سیستم ریشه که اندازه‌گیری آن‌ها زمانبر، تخریبی و پیچیده‌تر است، کم و بیش همبستگی دارند. در گردوی سیاه (*Juglans nigra* L.) قطر نهال و در آلبالو (*Prunus avium* L.)، فندق (*Corylus colurna* L.)

و گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.)، ارتفاع نهال با بیش‌تر صفات نام‌برده همبستگی معنی‌دار دارد (۵). در پایاپای، طول ریشه نهال به دلیل همبستگی معنی‌دار با مقدار قدرت رشد و سایر خصوصیات رشدی آن در سورتینگ نهال ارزیابی می‌شود (۶). ارزیابی روابط همبستگی بین مشخصات ظاهری نهال سه گونه از جنس پسته، شامل *P. khinjuk* *P. vera* و *P. mutica* بیانگر آن است که تنها مشخصه تعداد برگ در هر سه گونه با سایر مشخصات ظاهری آن‌ها همبستگی معنی‌دار دارد و در ارزیابی قطر نهال کاربردی است (۷).

سالانه میلیون‌ها اصله نهال درختان میوه هسته‌دار از جمله زردآلو در کشور تولید و عرضه می‌شود. اما اطلاعات مدوئی از کمیّت قدرت رشد نهال و حدود و روابط همبستگی بین مشخصات ظاهری این نهال‌ها که امکان پیش‌بینی رشد آن در باغ را فراهم می‌آورند، وجود ندارد. به همین دلیل، هدف از اجرای این پروژه بررسی روابط همبستگی بین مشخصات ظاهری نهال‌های مهم‌ترین ارقام تجاری زردآلوی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور بود تا بتوان با استفاده از آزمون تجزیه مسیر، با درجه‌بندی آن‌ها از لحاظ اهمیتشان در تعیین کیفیت نهال زردآلو در زمان جابجایی، عملکرد نهال در باغ را به ساده‌ترین روش پیش‌بینی کرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: نهال ریشه لخت دوساله مربوط به ۱۲ رقم تجاری زردآلو شامل ارقام آصفی، شاهرودی، بادامی، نخجوان، لاسگردی، نصیری، پیش‌رس، عسگرآباد، اردوباد، سلطتی، شمس و تخم‌گردی از هشت نهالستان مجوزدار واقع در شهرستان‌های مبارکه، کرون و دامنه در استان اصفهان، کرج و نظرآباد در استان البرز، چناران در استان خراسان

اندازه‌گیری‌ها: ارتفاع از سطح خاک تا جوانه انتهایی و طول بلندترین ریشه با خط‌کش، قطر در محل یقه و در ۳ سانتی‌متری بالای خط پیوند (قطر تنه) با کولیس، تعداد شاخه جانبی و تعداد ریشه‌های فرعی طولتر از ۵ سانتی‌متر و وزن تر و خشک (پس از خشک شدن در دمای ۷۰ درجه آن‌ون به مدت ۷۲ ساعت) شاخساره و ریشه با دقت ۰/۰۰۱ گرم ثبت شد. ضریب تنومندی (نسبت ارتفاع به قطر) بر حسب سانتی‌متر بر میلی‌متر و قدرت رشد نهال یا شاخص دیکسون به صورت نسبت وزن خشک کل نهال به مجموع ضریب تنومندی و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه محاسبه شد (۸).

رضوی، و خوی و اشنویه در استان آذربایجان غربی طی دو سال متوالی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد. جدول ۱ مشخصات اقلیمی مناطق نمونه‌برداری نهال‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به شرایط مختلف اقلیمی در نهالستان‌های مورد بررسی، عملیات کشت بذر پایه طی مهر تا آبان، پیوند ارقام روی پایه‌های بذری طی مرداد تا شهریور و عملیات سربرداری و جوشگیری نهال‌های پیوندی در اسفند سال بعد انجام می‌شود. برای نمونه‌برداری، از هر نهالستان سه قطعه زمین، هر یک به مساحت یک مترمربع، انتخاب و از هر قطعه سه نهال، پس از تکمیل رشد، به‌طور تصادفی انتخاب شد (۸). درجه روز رشد بر اساس حداقل و حداکثر دمای روزانه هر منطقه و دمای پایه و دمای بحرانی رشد درختان زردآلو، به ترتیب، ۶ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد (۹).

جدول ۱- مشخصات اقلیمی مناطق نمونه‌برداری نهال‌های زردآلو طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰.

Table 1. Sampling sites and seedling characteristics in nurseries where seedling were sampled.

بارش سالانه (میلی‌متر) Annual precipitation (mm)	متوسط رطوبت نسبی سالانه (درصد) Mean annual relative humidity (%)	متوسط دمای هوای سالانه (درجه سانتی‌گراد) Mean annual temperature (°C)	ارتفاع (متر) Altitude (m)	زیست اقلیم Bioclimate	محل نهالستان Nursery location
215.6	31.2	17.8	1745	خشک سرد Arid cold	مبارکه Mobarakeh
543.4	41.5	12.7	2932	نیمه خشک سرد Semiarid cold	کرون Karvan
101.3	32.2	17.0	1825	خشک سرد Arid cold	دامنه Damaneh
317.6	48.6	16.0	1312	نیمه خشک سرد Semiarid cold	کرج Karaj
157.4	53.5	15.1	1195	خشک سرد Arid cold	نظرآباد Nazarabad
190.2	48.6	16.4	1085	خشک سرد Arid cold	چناران Chenaran
215.6	53.5	14.0	1103	نیمه خشک معتدل Semiarid temperate	خوی Khoy
190.2	54.8	13.0	1470	نیمه خشک سرد Semiarid cold	اشنویه Oshnavieh

میلی‌متر متغیر بود (جدول ۲). ارتفاع نهال بین ۱۳۵ تا ۲۴۴ سانتی‌متر و نسبت ارتفاع به قطر بین ۹ تا ۲۶ سانتی‌متر به میلی‌متر متغیر بود (جدول ۲). تعداد شاخه در نهال‌های زردآلو مورد بررسی بین ۱ تا ۳۶ شاخه بود (جدول ۲). مطابق جدول ۳، از میان شاخص‌هایی که به روش غیرتخریبی قابل ارزیابی هستند، تعداد شاخه کم‌ترین ضریب همبستگی را با سایر مشخصات فیزیکی نهال زردآلو داشت که نشان‌دهنده عدم اعتبار آن به‌عنوان شاخص کیفی نهال است. قطر تنه با شش مشخصه فیزیکی دیگر نهال همبستگی معنی‌دار و قابل توجهی ($t^2 > 0.76$) داشت و به‌ترتیب، بالاترین ضرایب همبستگی آن با شاخص‌های دیکسون، نسبت ارتفاع به قطر تنه، وزن خشک شاخه و کل، قطر یقه و ارتفاع نهال بود (جدول ۳). نتایج مشابهی مبتنی بر همبستگی بالای قطر تنه با سایر ویژگی‌های رشدی در نهال گردوی سیاه (۵)، قهوه (۱۰) و اکالیپتوس (۳) گزارش شده است. طبق استاندارد ملی کشور کانادا، قطر نهال تنها شاخص در احراز کیفیت نهال درختان میوه هسته‌دار و قطر تنه و ارتفاع، شاخص‌های درجه‌بندی کیفی نهال درختان میوه گروه محصولی دانه‌دار محسوب می‌شود (۱۱).

تجزیه و تحلیل آماری: به منظور تعیین درجه اهمیت مشخصات ریخت‌شناسی نهال بر میزان قدرت رشد نهال از تجزیه رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. برای ارزیابی اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از مشخصات ریخت‌شناسی بر این شاخص از روش تجزیه مسیر (path analysis) استفاده شد. انتخاب مناسب‌ترین مدل رگرسیون به واسطه ارزیابی شاخص‌های بیش‌ترین ضریب تعیین تعدیل شده ($\text{Adjusted } R^2$) و کم‌ترین ضریب تغییرات (Coefficient of variations) و خطای استاندارد برآورد (Standard error of estimate) انجام شد (۳). تمامی محاسبات شامل آزمون نرمال بودن داده‌ها، تعیین ضرایب همبستگی ساده، تجزیه رگرسیون خطی چندگانه و تجزیه مسیر با استفاده از نرم‌افزار آماری آر (R) انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های غیرتخریبی: قطر یقه، قطر تنه، ارتفاع، نسبت ارتفاع به قطر و تعداد شاخه از جمله صفاتی هستند که به صورت چشمی در محل نهالستان قابل ارزیابی هستند. قطر یقه و تنه در نهال‌های زردآلو پیوندی جمع‌آوری شده از نهالستان‌های مختلف به‌ترتیب، بین ۱۳/۵ تا ۳۸ میلی‌متر و بین ۶/۸ تا ۱۹

جدول ۲- آمار توصیفی صفات ریخت‌شناسی نهال‌های پیوندی زردآلو جمع‌آوری شده از نهالستان‌های مختلف کشور.

Table 2. Descriptive statistics of grafted apricot seedlings' morphological traits in different nurseries.

انحراف از معیار Standard deviation	میانگین Mean	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	ویژگی ریخت‌شناسی نهال ¹ Seedling morphological traits
3.1	12.2	19.0	6.8	قطر تنه (میلی‌متر) DAGL (mm)
4.0	19.4	38.0	13.5	قطر یقه (میلی‌متر) RCD (mm)
31.2	185.6	244.0	135.0	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)
3.6	15.8	26.0	9.1	ضریب تنومندی (سانتی‌متر به میلی‌متر) H:D (cm/mm)
33.0	119.1	247.0	81.0	وزن خشک شاخه (گرم) SDW (g)
20.0	60.6	150.0	72.0	وزن خشک ریشه (گرم) RDW (g)
0.5	2.0	3.8	1.0	نسبت وزن خشک شاخه به ریشه S:R
60.9	185.8	685.0	125.0	وزن خشک کل (گرم) Total DW (g)
5.3	15.4	36.0	1.0	تعداد شاخه جانبی Number of shoots
3.7	10.3	28.0	3.0	تعداد ریشه فرعی Number of roots
12.5	35.3	64.0	15.0	طول بلندترین ریشه (سانتی‌متر) RL (cm)
4.5	10.5	26.6	2.7	شاخص دیکسون DQI

¹ DAGL: Diameter above grafting line; RCD: Root-collar diameter; H:D: Height to diameter; SDW: Shoot dry weight; RDW: Root dry weight; S:R: Shoot to root dry weight ratio; RL: Root length; DQI: Dickson index.

جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون و (سطح احتمال معنی‌دار بودن) بین شاخص دیکسون و سایر مشخصات فیزیکی نهال پیوندی زردآلو.

Table 3. Pearson's correlation coefficient and (P-value) between Dickson index and other ¹morphological traits of grafted apricot seedlings.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
شاخص دیکسون 1- DQI	1											
ضریب تنومندی 2- HD	-0.42 (0.00)	1										
تعداد شاخه 3- Shoot number	0.19 (0.99)	0.02 (0.86)	1									
تعداد ریشه 4- Root number	0.24 (0.07)	0.02 (0.89)	-0.16 (0.27)	1								
طول ریشه 5- Root length	-0.12 (0.55)	0.24 (0.06)	0.44 (0.00)	0.00 (0.99)	1							
نسبت وزن شاخه به ریشه 6- S:R	0.19 (0.26)	0.07 (0.64)	-0.20 (0.15)	-0.17 (0.20)	-0.02 (0.86)	1						
وزن خشک کل 7- Total DW	0.88 (0.00)	-0.43 (0.00)	0.00 (0.97)	0.36 (0.00)	0.21 (0.11)	0.13 (0.00)	1					
وزن خشک ریشه 8- RDW	0.89 (0.00)	-0.49 (0.00)	0.13 (0.35)	0.33 (0.00)	0.22 (0.09)	-0.19 (0.07)	0.74 (0.00)	1				
وزن خشک شاخه 9- SDW	0.85 (0.00)	-0.49 (0.00)	-0.06 (0.67)	-0.16 (0.01)	0.19 (0.15)	0.44 (0.00)	0.95 (0.00)	0.49 (0.07)	1			
ارتفاع 10- Height	0.25 (0.07)	0.38 (0.39)	0.10 (0.49)	0.60 (0.00)	0.15 (0.25)	0.12 (0.38)	0.63 (0.00)	0.34 (0.01)	0.66 (0.00)	1		
قطر یقه 11- RCD	0.78 (0.00)	-0.58 (0.00)	0.00 (0.16)	0.43 (0.00)	-0.08 (0.52)	0.15 (0.30)	0.77 (0.00)	0.55 (0.00)	0.74 (0.00)	0.52 (0.00)	1	
قطر تنه 12- DAGL	0.84 (0.00)	-0.77 (0.00)	-0.20 (0.99)	0.35 (0.00)	-0.12 (0.38)	0.23 (0.11)	0.74 (0.00)	0.44 (0.00)	0.75 (0.00)	0.66 (0.00)	0.74 (0.00)	1

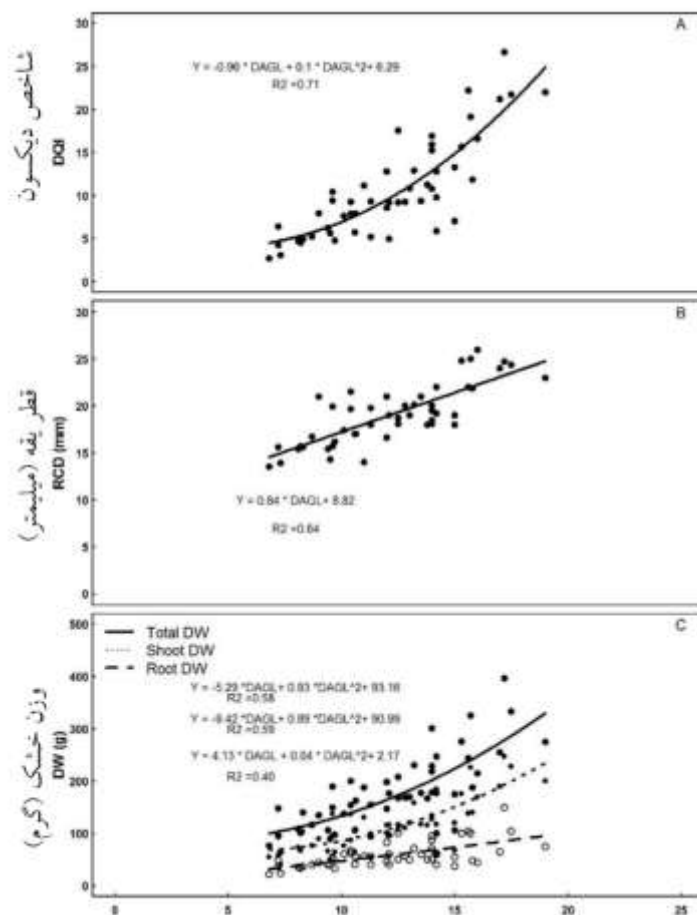
¹ Abbreviations are described in Table 2.

تنه اولیه نهال زردآلو بیش‌تر باشد، به ازای هر میلی‌متر افزایش بیش‌تر آن، سرعت افزایش در شاخص‌های نام‌برده شدت می‌گیرد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش پیش‌بینی می‌شود که با افزایش یافتن قطر تنه نهال زردآلو در بالای محل پیوند، وزن خشک کل و سپس، وزن خشک شاخه نسبت به وزن خشک ریشه با سرعت بالاتری افزایش یابند (شکل ۱C). با توجه به این‌که بین وزن خشک نهال با سرعت رشد آن

با توجه به ثابت بودن شیب رابطه خطی بین قطر تنه با قطر یقه (شکل ۱B) می‌توان پیش‌بینی کرد که با افزایش قطر تنه نهال زردآلو سرعت افزایش شاخص قطر یقه ثابت بوده و به ازای هر میلی‌متر افزایش آن، قطر یقه ۰/۸۹ میلی‌متر افزایش خواهد یافت. اما، بین قطر تنه نهال زردآلو با بزرگی قدرت رشد و وزن خشک نهال رابطه غیرخطی درجه دو وجود داشت (شکل‌های ۱A و ۱C). به همین دلیل، هر اندازه قطر

خشک و در نتیجه رشد و نمو بیش‌تری از نهال نازک‌تر دارد.

بلافاصله پس از کاشت در باغ همبستگی بالایی وجود دارد (۱۲)، می‌توان پیش‌بینی کرد که نهال زردآلو با ضخامت تنه بالاتر، پس از انتقال به باغ، افزایش وزن



شکل ۱- رابطه بین قطر تنه با (A) شاخص کیفی دیکسون، (B) قطر یقه و (C) وزن خشک نهال پیوندی زردآلو.

Fig. 1. Relationship between diameter above the grafting line (DAGL) and A) Dickson quality index (DQI), B) root-collar diameter (RCD) and C) dry mass for grafted apricot seedling.

قدرت رشد آن همبستگی نداشته، ۷۷ درصد واریانس آن توسط قطر تنه و تنها ۳۸ درصد آن توسط ارتفاع توصیف می‌شود.

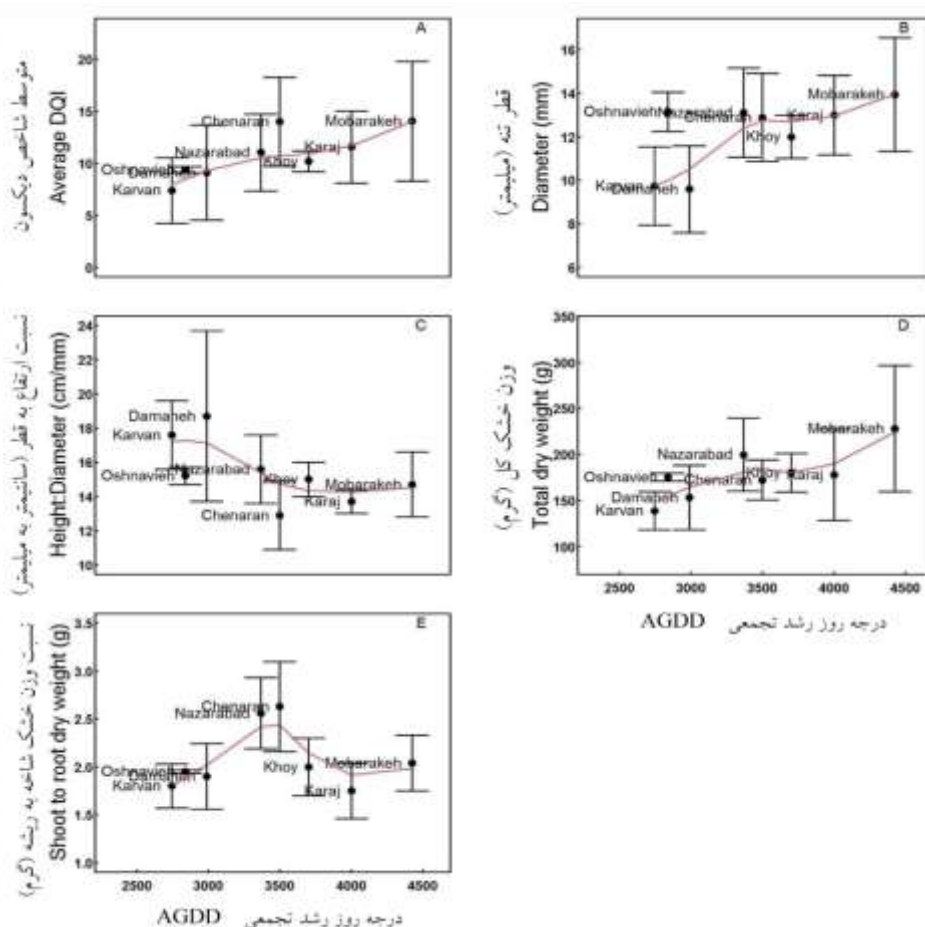
شاخص‌هایی که به روش تخریبی قابل اندازه‌گیری هستند: مقدار شاخص دیکسون در نهال‌های زردآلوی پیوندی جمع‌آوری شده از نهالستان‌های واقع در مناطق اقلیمی مختلف کشور بین حدود ۳ تا ۲۷ متغیر بود (جدول ۲). مقدار این شاخص در نهال بذری

ارتفاع نهال زردآلو، علاوه بر قطر تنه، با وزن خشک شاخه و کل همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۳). درحالی‌که همبستگی آن با قدرت رشد نهال ناچیز بود. عدم همبستگی ارتفاع نهال با قدرت رشد در نهال گردوی سیاه نیز مشاهده شده است (۱۳). در ارزیابی نهال درختان جنگلی مانند اکالیپتوس نیز ضریب تنومندی به جای ارتفاع به‌کار می‌رود (۳). طبق جدول ۳، ضریب تنومندی نهال زردآلو نیز با

به شکل ۲C، نسبت وزن خشک بخش هوایی نهال به ریشه با افزایش تعداد واحد گرمایی تجمعی تا ۳۵۰۰ درجه روند افزایشی و پس از آن روند کاهش‌ی داشت. بنابراین، به نظر می‌رسد که با افزایش واحد گرمایی تا ۳۵۰۰ درجه توزیع ماده خشک بیش‌تر به سود بخش هوایی و در بیش از ۳۵۰۰ درجه، در مناطق مستعد تولید نهال زردآلو، بیش‌تر به سود بخش زیرزمینی نهال باشد. توزیع کربوهیدرات‌ها به نفع ریشه در دمای بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد در گندم بهاره ثابت شده است (۱۹).

از دیگر شاخص‌هایی که پس از برداشت نهال قابل ارزیابی هستند، تعداد، طول و وزن خشک ریشه در نهال‌های زردآلو مورد بررسی به ترتیب، بین ۳ تا ۲۸ ریشه، ۱۵ تا ۲۴ سانتی‌متر و ۷۲ تا ۱۵۰ گرم بود (جدول ۲). وزن خشک شاخه و وزن خشک کل نهال‌های زردآلو ارزیابی شده بین به ترتیب، ۸۱ تا ۲۴۷ و ۱۲۵ تا حدود ۷۰۰ گرم متغیر بود (جدول ۲). نسبت وزن خشک شاخه به ریشه نهال‌های پیوندی زردآلو بین ۱ تا ۳/۸ متغیر بود (جدول ۲). طبق جدول ۳، بر خلاف شاخص وزن خشک ریشه، خصوصیات تعداد و طول ریشه با قدرت رشد نهال همبستگی معنی‌دار نداشتند. بنابراین، به نظر می‌رسد که در نظر گرفتن آن‌ها به تنهایی در ارزیابی نهال‌های پیوندی ریشه لخت زردآلو در زمان جابجایی کارآیی نداشته باشد.

هسته‌دار گیلاس با قطر یقه ۵ میلی‌متر حدود ۰/۷ گزارش شده است (۵). این شاخص بازتابی از قدرت رشد و توزیع ماده خشک بین شاخساره و ریشه نهال است و پتانسیل بالقوه برای رشد آتی آن محسوب می‌شود (۱۴ و ۱۵) که مقدار آن به گونه گیاهی، مرحله نمو و شرایط رشد وابسته است (۳، ۱۰ و ۱۸). در شکل ۲A، میانگین شاخص دیکسون اندازه‌گیری شده برای نهال‌های پیوندی زردآلو به‌صورت تابعی از درجه روز رشد تجمعی در نهالستان‌های مناطق مختلف ترسیم شده است که نشان می‌دهد با افزایش تعداد واحد گرمایی در طول فصل رشد نهال در این مناطق، میانگین این شاخص به‌صورت خطی افزایش یافت. از جمله اجزای تابع شاخص دیکسون که متناسب با تعداد واحد گرمایی در مناطق مختلف تحت‌تأثیر قرار گرفتند، قطر تنه، وزن خشک کل و ضریب تنومندی نهال بودند که قطر تنه و وزن نهال روند افزایشی و ضریب تنومندی روند کاهش‌ی داشت (شکل ۲B و ۲D). در نهالستان‌هایی با بیش از ۳۴۰۰ واحد گرمایی، مانند مبارکه، کرج، خوی و چناران اندازه این شاخص از میانگین محاسبه شده (حدود ۱۰) بالاتر بود (شکل ۱). درجه حرارت، طول روز، تعداد ساعت آفتابی و شدت نور از جمله عواملی هستند که روی رشد و نمو و زمان شکستن رکود جوانه برگ مستقیماً تأثیرگذارند و در پیش‌بینی الگوی رشد نهال به‌کار می‌روند (۱۷ و ۱۸). با توجه



شکل ۲- رابطه بین درجه روز - رشد تجمعی با مقدار شاخص دیکسون و سایر مشخصات ریخت‌شناسی در نهال زردآلو. هر نقطه نشانگر میانگین اندازه‌گیری‌ها در هر منطقه و خطوط عمودی نشانگر خطای معیار میانگین‌ها است. منحنی‌های متناسب به داده‌های آزمایشی با استفاده از روش لواس (lowess) رسم شدند.

Fig. 2. Relationship between accumulated growth degree day and Dickson index and other morphological traits for apricot seedlings. Each point averages measurements for each nursery and vertical lines indicate the standard error of mean.

وزن خشک نهال است (۱۰). در نهال اکالیپتوس شاخص‌های وزن خشک بخش هوایی و ریشه بیش‌ترین اثرات مستقیم و شاخص‌های ارتفاع و قطر یقه بیش‌ترین اثرات غیرمستقیم را بر مقدار شاخص کیفی دیکسون داشتند (۳). در مورد نهال گل مور (*Delonix regia*)، مشخصات ریخت‌شناسی از جمله قطر یقه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه، وزن کل و اندازه ریشه در ارزیابی شاخص دیکسون بیش‌ترین تأثیر را داشتند (۱۸). بین ارتفاع نهال با شاخص کیفیت دیکسون همبستگی ناچیزی وجود داشت (۰/۲۵). اثر مستقیم ارتفاع بر شاخص دیکسون نیز

تجزیه مسیر برای شاخص دیکسون: نتیجه آنالیز مسیر برای شاخص دیکسون نشان داد که شاخص ریخت‌شناسی قطر تنه نهال زردآلوی پیوندی با داشتن بالاترین تأثیر مستقیم (۱/۴۲) بر شاخص دیکسون و نیز اثرگذاری غیرمستقیم بر آن (۱/۰۳-) از طریق تأثیر بر شاخص نسبت ارتفاع به قطر تنه، مهم‌ترین فاکتور در ارزیابی کیفیت نهال محسوب می‌شود (جدول ۴). ضمن این‌که بین شاخص دیکسون با این شاخص همبستگی بالایی (ضریب همبستگی ۰/۸۴) وجود داشت (جدول ۳). شاخص‌های دارای بزرگ‌ترین تأثیر مستقیم بر شاخص دیکسون نهال قهوه، قطر و

بهترین مدل رگرسیون برای پیش‌بینی شاخص کیفیت دیکسون به کمک ارزیابی صفات ریخت‌شناسی قابل اندازه‌گیری به صورت غیر تخریبی در نهالستان‌ها (مدل‌های E1 تا E6)، مدل‌هایی بودند که لزوماً شاخص قطر را در محاسبه دخیل داشتند (جدول ۴). همان‌طور که بدترین مدل‌ها برای پیش‌بینی قدرت رشد نهال مدل‌های ۱، ۵ و ۶ بود که از شاخص قطر نهال بالای محل پیوند چشم‌پوشی کرده بودند (جدول ۴). مدل رگرسیونی که بینوتو و همکاران (۲۰۱۰) برای ارزیابی کیفیت نهال اکالیپتوس به‌دست آوردند بیانگر کارآمد بودن شاخص‌های قطر و ارتفاع نهال و نیز تعداد روز پس از کاشت نهال برای ارزیابی قدرت رشد بود. در صورت در نظر گرفتن همه شاخص‌های رشدی نهال از جمله آن‌ها که به صورت تخریبی قابل ارزیابی باشند، بهترین مدل رگرسیون برای پیش‌بینی قدرت رشد نهال مدلی بود که همه شاخص‌ها از جمله وزن خشک بخش هوایی و ریشه و نسبت ارتفاع به قطر را نیز در برداشت (مدل E14) (جدول ۵).

بسیار اندک بود (جدول ۴). اما اثر غیرمستقیم ارتفاع بر شاخص دیکسون از طریق تأثیر بر قطر تنه (۰/۷۱) و نیز نسبت ارتفاع به قطر نهال (۰/۵۰) چشمگیر بود (جدول ۴). نتایج مشابهی در نهال سایر محصولات هسته‌دار گزارش شده است (۱۹ و ۲۰). در باغاتی که تولید به صورت کشت دیم صورت می‌گیرد، از آن‌جا که ممکن است میزان جذب آب توسط ریشه تازه توسعه یافته، تعرق و رشد نهال طولی‌تر را جبران نکند، لزوماً نهال طولی‌تر نهال بهتری پس از کشت در باغ نخواهد بود و سریع‌تر از بین می‌رود (۲۱). اثرات غیرمستقیم وزن خشک ریشه و بخش هوایی نهال زردآلوی پیوندی بر مقدار شاخص کیفی دیکسون قابل‌توجه بود. اثر غیرمستقیم شاخص وزن خشک ریشه بر این شاخص از طریق تأثیر آن بر قطر و نسبت وزن خشک شاخه به ریشه و اثر غیرمستقیم شاخص وزن خشک شاخه بر آن بر اثر بر نسبت وزن خشک شاخه به ریشه مرتبط بود (جدول ۴).

جدول ۴- اثرات مستقیم (حروف درشت) و غیرمستقیم حاصل از آنالیز مسیر بین شاخص دیکسون با سایر صفات ریخت‌شناسی اندازه‌گیری‌شده در نهال‌های زردآلو.

Table 4. Direct (bold numbers) and indirect effects obtained by using path analysis between the Dickson index and other measured morphological traits in apricot seedlings.

ویژگی Trait ¹	1	2	3	4	5	6	7
ارتفاع 1- Height	-0.09	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
قطر تنه 2- DAGL	0.08	1.42	0.00	0.01	0.00	0.00	-1.03
قطر یقه 3- RCD	0.00	0.91	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
وزن خشک شاخساره 4- SDW	0.17	0.00	0.00	0.10	1.59	55.56	-0.94
وزن خشک ریشه 5- RDW	-0.18	2.46	0.00	0.55	0.04	-33.83	1.76
نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه 6- SRDW	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.02	-0.18	0.00
نسبت ارتفاع به قطر 7- HD	0.08	-1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
R ²	0.99						

¹ Abbreviations are described in Table 2.

جدول ۵- ضریب تغییر (CV)، ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{aj}) و خطای استاندارد برآورد (Syx) روابط بین شاخص دیکسون با صفات ریخت‌شناسی قابل ارزیابی در نهالستان زردآلو.

Table 5. Coefficient of variation (CV), coefficient of adjusted determination (R^2_{aj}) and standard error of estimate (Syx) of equations between observed ¹variables in apricot seedlings.

معادلات Equations	ضریب تغییر CV%	ضریب تعیین تعدیل شده R^2_{aj}	خطای استاندارد برآورد Syx	امتیاز Criterion			جمع امتیازات Sum of scores
				ضریب تغییر CV%	ضریب تعیین تعدیل شده R^2_{aj}	خطای استاندارد برآورد Syx	
E1	30	0.60	5.22	3	3	2	8
E2	29	0.70	3.25	4	5	5	14
E3	28	0.72	3.22	5	6	5	16
E4	28	0.65	4.83	5	4	3	12
E5	42	0.23	7.19	1	1	1	3
E6	36	0.53	3.99	2	2	4	8
E7	26	0.75	2.90	6	7	6	19
E8	25	0.77	2.79	7	8	7	22
E9	18	0.88	2.02	10	11	10	31
E10	22	0.83	2.38	8	9	8	25
E11	16.9	0.90	1.87	12	13	12	37
E12	19	0.87	2.09	9	10	9	28
E13	17	0.89	1.90	11	12	11	34
E14	4	0.99	0.44	12	13	14	39

E1) $DI = 18.42 + 0.13 * height - 2.19 * HD;$

E2) $DI = 1.87 + 1.19 * DAGL - 0.36 * HD;$

E3) $DI = -3.88 + 1.80 * DAGL - 0.03 * height;$

E4) $DI = -11.10 + 1.76 * DAGL$

E5) $DI = -0.19 + 0.09 * height;$

E6) $DI = 23.72 - 1.12 * HD;$

E7) $DI = -1.14 + 0.20 * RDW$

E8) $DI = -0.75 + 0.09 * SDW$

E9) $DI = -7.71 + 0.86 * DAGL + 0.13 * RDW;$

E10) $DI = -5.80 + 0.71 * DAGL + 0.06 * SDW;$

E11) $DI = 1.42 + 0.55 * DAGL - 0.33 * HD + 0.13 * RDW;$

E12) $DI = 11.26 - 0.61 * HD + 0.15 * RDW;$

E13) $DI = 11.54 - 0.61 * HD + 0.07 * SDW;$

E14) $DI = -8.04 + 0.04 * SDW + 0.09 * RDW + 1.42 * DAGL - 0.10 * height + 0.49 * HD$

¹ Abbreviations are described in Table 2.

وزن خشک شاخه و ریشه هر چند که به روش‌های غیرتخریبی قابلیت ارزیابی دارند، اما بیش‌ترین همبستگی را با قدرت رشد نهال زردآلو داشتند. تعداد شاخه، ارتفاع و ضریب تنومندی کم‌ترین ضریب همبستگی را با قدرت رشد و سایر مشخصات نهال زردآلو داشتند.

سیاسگزاری

این پروژه با حمایت مالی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در قالب پروژه مصوب شماره ۰۰۰۰۰۵۸-۰۰۱-۰۸-۰۸-۰۸ مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال انجام شد. نویسندگان قدردان همکاری خانم مریم خطیب و آقایان محمد تابعی، مجتبی‌علیزاده و رضا رضائی کارشناسان نهال مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در ارتباط با انجام اندازه‌گیری‌ها هستند.

نتیجه‌گیری

شاخص‌های نمایانگر قدرت رشد نهال زردآلو از جمله متوسط شاخص دیکسون و برخی اجزای آن شامل قطر تنه، وزن خشک، نسبت ارتفاع به قطر و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه تابع درجه روز رشد تجمعی در مناطق مختلف بود. به‌طوری‌که متوسط این شاخص، قطر و وزن خشک نهال با افزایش تعداد واحد گرمایی از ۲۷۰۰ تا حدود ۴۵۰۰ درجه روند افزایشی و نسبت ارتفاع به قطر روند کاهشی داشتند. نسبت وزن خشک شاخه به ریشه نهال نیز در نهالستان‌های واقع در مناطقی با بیش از ۳۴۰۰ درجه روز رشد روند کاهشی داشت. از بین شاخص‌هایی که به‌صورت غیرتخریبی در محل نهالستان قابل ارزیابی هستند، قطر همبستگی بالاتری با قدرت رشد و سایر مشخصات ریخت‌شناسی داشت و مهم‌ترین شاخص در ارزیابی کیفی این نهال محسوب می‌شود. پس از شاخص قطر، شاخص‌های

منابع

- 1.FAO. (2020). Food and Agricultural Organization Statistical Yearbook. World Food and Agriculture. Publication of Food and Agricultural Organization, Rome, Italy.
- 2.Reyes, J. R., Torre, D., Morales, J. A. R., Pérez, M. A. F. & Figueroa, E.P. (2014). Plant quality of *Gmelina arborea* Roxb. produced with different substrate mixtures at the nursery. *La Revista Ciencia Forestal en México*, 9(47).
- 3.Binotto, A. F., Lucio, A. D. & Lopes, S. J. (2010). Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. *Cerne*, 16(4): 457-464.
- 4.Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation: what you can tell by looking. pp. 59-71. In: Proceedings of *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. 16-18 Oct. Oregon State University, Corvallis, USA.
- 5.Cirkovic-Mitrovic, T., Ivetic, V., Vilotic, D., Brašanac-Bosanac, L. & Popovic, V. (2015). Relation between morphological attributes of five wild fruit tree species seedlings in Serbia. pp. 68-77. In: Proceedings of *International conference Reforestation Challenges*. 03-06 June, Belgrade, Serbia.
- 6.Matias, S. S. R., Dias, I. D. L., Camelo, Y. M., Souza, I. S., Castelo, F. R., Aguiar, W. R. & Ferreira, M. D. (2019). Quality of *Carica papaya* seedlings grown in an alternative substrate based on buriti wood (*Mauritia flexuosa* Lf). *Cientifica*. 47(3), 337-343.
- 7.Baninasab, B. & Mobli, M. (2008). Morphological attributes of root systems and seedling growth in three species of *Pistacia*. *Silva Lusitana*, 16, 175-181.
- 8.Dickson, A., Leaf, A. A. & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in

- nurseries. *The Forestry Chronicle*, 3610-3613.
9. Perez-Pastor, A., Ruiz-Sánchez, M., Domingo, R. & Torrecillas, A. (2004). Growth and phenological stages of Búlida apricot trees in south-east Spain. *Agronomy*, 24(2), 93-100.
 10. Dardengo, M. C. J. D., Sousa, E. F., Reis, E. F. & Gravina, G. A. (2013). Growth and quality of conilon coffee seedlings produced at different containers and shading levels. *Coffee Science*, 8(4), 500-509.
 11. Anonymous. (2017). Canadian Nursery Landscape Association 2017. *Canadian Standards for Nursery Stock-9th edition*. Available on <https://cnla.ca/training/cnss>.
 12. Levy, P. E. & McKay, H. M. (2003). Assessing tree seedling vitality tests using sensitivity analysis of a process based growth model. *Forest Ecology and Management*, 183, 77-93.
 13. Jacobs, D. F., Woeste, K. E., Wilson, B. C. & McKenna, J. R. (2006). Stock quality of black walnut (*Juglans nigra*) seedlings as affected by half-sib seed source and nursery sowing density. *Acta Horticulturae*, 705, 375-381.
 14. Gallegos-Cedillo, V. M., Diáñez, F., Nájera, C. & Santos, M. (2021). Plant agronomic features can predict quality and field performance: a bibliometric analysis. *Agronomy*, 11, 2-23.
 15. Lin, K. H., Wu, C. W. & Chang, Y. S. (2019). Applying dickson quality index, chlorophyll fluorescence, and leaf area index for assessing plant quality of *Pentas lanceolate*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(1), 169-176.
 16. Zuffo, A. M., Steiner, F., Busch, A., Júnior, J. M., Fonseca, W. L., Zambiazzi, E.V., Mendes, A.E.S., Borges, I. M. M., Godinho, S. H. M. & Pinto, A. R. S. (2017). Size of containers in the production of flamboyant seedlings. *The Journal of Agricultural Science*, 9(12), 99-109.
 17. Kamata, N., Igarashi, Y., Nonaka, K., Ogawa, H. & Kasahara, H. (2020). Analyzing the leafing phenology of *Quercus crispula* Blume using the growing degree days model. *Journal of Forest Research*, 25(3), 147-154.
 18. Walne, C. H. & Reddy, K. R. (2022). Temperature effects on the shoot and root growth, development, and biomass accumulation of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture*, 12, 443.
 19. Rahmati, M., Kavand, A., Kari Dolatabad, H. & Karimpour, S. (2022). Determination of the suitable morphological indices for characterization of quality categories of grafted sour cherry and sweet cherry seedlings. *Seed and Plant Journal*, 39(2), 147-169.
 20. Rahmati, M., Rezaee, M., Kavand, A. R., Kari Dolatabad, H., Kavand, M., Tabeei, M., Rezaee, R. & Alizadeh, M. (2023). Qualitative evaluation of peach and nectarine saplings using morphological traits. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 54 (1), 1-18.
 21. Grossnickle, S. C. & South, D. B. (2017). Seedling quality of southern pines: influence of plant attributes. *Tree Planters' Notes*, 60(2), 29-40.