

## پدیده‌شناختی و ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی هشت کلن صنوبر نیرا (*Populus nigra* L.) در ایستگاه تحقیقاتی البرز کرج

فاطمه احمدلو<sup>۱\*</sup>، رفعت‌اله قاسمی<sup>۲</sup>، محسن کلاگری<sup>۳</sup> و آزاده صالحی<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
پست الکترونیک: ahmadloo@rifr-ac.ir

۲- مربی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۷

### چکیده

در پژوهش پیش‌رو، مجموعه‌ای از اطلاعات پدیده‌شناختی، رویشی و ریخت‌شناسی هشت کلن صنوبر (*Populus nigra* L.) طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ از درختان ۹ ساله موجود در کلکسیون ایستگاه تحقیقاتی البرز کرج جمع‌آوری و تحلیل شد. نتایج نشان داد که باز شدن برگ‌ها در کلن *P.n.62/127* زودتر از کلن‌های دیگر در اواخر اسفند و در کلن *P.n.56/72* دیرتر از ارقام دیگر در اواخر فروردین رخ داد. گل‌ها در کلن *P.n.62/127* زودتر از ارقام دیگر در اواسط اسفند و در کلن *P.n.56/72* دیرتر از کلن‌های دیگر و در اواسط فروردین باز شدند. همچنین، رسیدن و پراکنش بذر در کلن *P.n.62/149* هر ساله زودتر از کلن‌های ماده دیگر و در اوایل اردیبهشت آغاز شد. خزان کامل برگ‌ها در کلن *P.n.56/72* زودتر از کلن‌های دیگر در اواسط آذرماه و در کلن *P.n.62/127* دیرتر از ارقام دیگر و در اواخر آذرماه رخ داد. کمترین و بیشترین دوره رویش به ترتیب مربوط به کلن‌های *P.n.56/72* و *P.n.62/127* بود. نتایج بررسی مشخصه‌های رویشی نشان داد که بیشترین متوسط رویش حجمی سالانه متعلق به کلن *P.n.62/154* با  $40/72$  متر مکعب در هکتار بود. بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی نیز نشان داد که تنه تمامی کلن‌ها به جز کلن *P.n.62/149*، شکلی راست داشتند و شکل تاج آن‌ها از بسته تا نیمه‌باز متغیر بود. بیشترین درصد وزن خشک، سطح برگ و زاویه رگ‌برگ اصلی با دومین رگ‌برگ پائینی در کلن *P.n.62/191* مشاهده شد. شکل قاعده پهنک برگ کلن‌ها از تاحدودی گوه‌ای تا گوه‌ای گرد متغیر بود. همچنین، تنوع بسیاری در بین کلن‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و جوانه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: دوره رویش، رویش متوسط سالانه، شکل جوانه، صنوبر، ویژگی‌های برگ.

### مقدمه

واحد سطح است. به‌طور معمول، در تمام ایستگاه‌هایی که فعالیت‌های پژوهشی در مورد صنوبر دارند، پس از احداث خزانه و بررسی شرایط سازگاری و رویشی کلن‌ها، با استفاده از تمامی و یا بیشتر ارقام برگزیده و منتخب مرحله پیشین،

انجام پژوهش‌های بنیادی گسترده در مورد صنوبرها با به‌کارگیری ارقام مرغوب و اصلاح‌شده، یکی از گزینه‌های اصلی توسعه سطح صنوبرکاری‌ها و افزایش تولید چوب در

و از اسفند به سمت بهمن ماه گرایش داشت. نوسان‌های درجه حرارت در آغاز فصل رویش، عامل ایجاد بی‌نظمی در زمان ظهور پدیده‌های پدیده‌شناسی کلن‌های مختلف صنوبر شده بود. در کشور فنلاند نیز چهار کلن هیبرید صنوبر پنج‌ساله (*P. tremula* × *P. tremuloides*) و یک کلن بومی (*P. tremula*) از نظر ارتفاع و قطر یقه، قطر برابر سینه، باز شدن جوانه‌ها و توسعه برگ طی سه سال بررسی و الگوهای رشد در سال‌های سوم و چهارم ثبت شد (Yu et al., 2001). نتایج این پژوهش حاکی از همبستگی قابل توجه بین دوره رشد و عملکرد بود.

تنوع زیادی در ویژگی‌های ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف صنوبر گزارش شده است. Lopez-de-Heredia و همکاران (۲۰۰۴) تنوع در ریخت‌شناسی برگ *P. tremula* را مطالعه کردند. براساس نتایج آن‌ها، برخی از صفات از جمله تعداد دندان، طول پهنک و نسبت طول پهنک به طول دم‌برگ در تفکیک کلن‌ها مهم بودند. Marron و همکاران (۲۰۰۷) از شاخص‌های سطح برگ، طول دم‌برگ، وزن خشک و شاخص سطح ویژه برگ برای مطالعه تنوع موجود در سه گونه صنوبر استفاده کردند.

در بیشتر کشورها، بانک اطلاعاتی منابع گیاهی درمورد ارقام صنوبر و بید وجود دارد و پژوهشگران با مراجعه به آن‌ها می‌توانند اطلاعات بسیار مفید و ارزنده‌ای در ارتباط با ویژگی‌های گیاه‌شناسی، رویشی، ریخت‌شناسی و پدیده‌شناختی به‌دست آورند. ایجاد و راه‌اندازی بانک اطلاعات ارقام بومی و غیربومی صنوبر می‌تواند نقش منحصر به فرد هر کلن را در توسعه، کشت و نیز عملیات اصلاحی به‌خوبی نشان دهد. یکی از عوامل مؤثر در کارایی گونه‌هایی که از ارتفاعات و عرض‌های جغرافیایی مختلف جمع‌آوری می‌شوند و در ارتفاع و عرض جغرافیایی معینی کشت می‌شوند، پدیده‌شناسی آن‌ها است. عدم انطباق ویژگی‌های پدیده‌شناختی یک کلن با تغییرات اقلیمی دوره‌ای ناشی از فصل‌های مختلف در محل کشت جدید به‌صورت حساسیت به سرماهای دیررس یا زودرس بروز می‌کند که می‌تواند منجر به کاهش تولید چوب و حتی عدم سازگاری با محل جدید شود (Marvie Mohadjer, 2019). از سوی دیگر، پدیده‌شناسی صنوبرها در اقلیم‌های

کلکسیون پایه مادری احداث می‌شود. این کلکسیون‌ها در واقع بانک ذخایر ژنتیکی ارقام مختلف صنوبر هستند. در این کلکسیون‌ها علاوه بر ویژگی‌های رویشی کلن‌ها، ویژگی‌های پدیده‌شناختی (زمان ظهور پدیده‌های حیاتی) و ریخت‌شناسی و نیازهای بوم‌شناختی کلن‌ها نیز بررسی می‌شوند. با استفاده از اطلاعات پدیده‌شناسی می‌توان طول دوره رویش و زمان آغاز و پایان فعالیت حیاتی کلن‌های کلکسیون را تعیین کرد. با انتخاب و گزینش کلن‌ها با توجه به ویژگی‌های آب‌وهوایی مزرعه کاشت می‌توان بیشترین بهره‌برداری را از امکانات و پتانسیل‌های رویشگاهی هر منطقه به‌عمل آورد.

طی سال‌های گذشته در تعدادی از ایستگاه‌های تحقیقاتی نقاط مختلف کشور، کلکسیون پایه مادری صنوبر احداث شده است. در مرکز تحقیقات البرز کرج در سه نوبت نسبت به احداث کلکسیون اقدام شد. در دو نوبت نخست که در سال‌های ۱۳۴۴ و ۱۳۴۸ بود، از ۵۷ کلن مربوط به دو گونه صنوبر نیگرا (*Populus nigra* L.) و کبوده (*P. alba* L.) استفاده شد، اما به‌علت مشکلات متعدد مانند نداشتن زمین مستقل و مسئله کمبود آب، این کلکسیون‌ها موفق نبودند (Lotfian, 1985). در نوبت سوم که در سال ۱۳۶۳ با استفاده از ۵۹ کلن از انواع مختلف صنوبر انجام گرفت، رویش، پدیده‌شناسی و ریخت‌شناسی کلن‌ها طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۳ به‌طور مستمر و موفق مطالعه شد (Ghasemi et al., 2009). اطلاعات پدیده‌شناسی ۳۰ کلن مختلف از صنوبرهای کلکسیون پایه مادری کرج مربوط به سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ نشان داد که اختلاف زمانی در ظهور و نیز طول دوره هر پدیده در کلن‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۷۷ کمتر از ۱۳۷۶ بود (Ghasemi et al., 2001).

در پژوهش Ghasemi و همکاران (۲۰۰۹)، پدیده‌شناسی کلن‌های مختلف مربوط به دو گونه صنوبر (*P. euramericana* و *P. deltoides*) در کلکسیون پایه مادری کرج طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۳ بررسی شد. نتایج آن‌ها نشان داد که فعالیت حیاتی کلن‌ها در محدوده زمانی اوایل اسفندماه تا اواخر فروردین‌ماه شروع شده بود و در اوایل آبان تا اواخر آذرماه خاتمه می‌یافت. روند آغاز فعالیت‌ها از فروردین به‌سمت اسفند

### روش پژوهش

پژوهش پیش‌رو در کلکسیون صنوبر بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به مدت ۱۰ سال درمورد هفت کلن صنوبر نیگرا با مبدأ ترکیه (P.n.56/53, P.n.56/72, P.n.62/127, P.n.62/149, P.n.62/154, P.n.62/191 و P.n.betulifolia) و یک کلن بومی کرج (P.n.42/51) انجام شد. نه اصله نونهال (ساقه و ریشه یک‌ساله) از هر کلن که در اسفندماه ۱۳۸۸ در اراضی مرکز تحقیقات البرز کرج به فاصله ۳×۳ متر مربع کاشته شده بودند، بررسی شد. عملیات داشت شامل آبیاری هفته‌ای یک‌بار در فصل رویش و وجین به‌دفعات مورد نیاز و از سال دوم نیز عملیات هرس به مدت چهار سال حداکثر تا یک‌سوم ارتفاع درخت انجام شد.

داده‌برداری صددرصد و هرساله به مدت ۱۰ سال نسبت به مشاهده پدیده‌های مختلف حیاتی کلن‌های مورد نظر صنوبر نیگرا و ثبت زمان وقوع آن‌ها از اواخر بهمن‌ماه تا پایان آذرماه سال بعد انجام شد. اطلاعات مربوط به هر کلن به صورت ذکر تاریخ وقوع هر پدیده (ظهور گل، باز شدن برگ، رسیدن بذر و خزان برگ‌ها) با حضور دوبار در هفته و مشاهده تمامی درختان عرصه با استفاده از دوربین دوچشمی در فرم‌های مربوطه ثبت شد. در پایان دوره مطالعه، زودترین و دیرترین زمان ظهور پدیده‌ها در کلن‌های مختلف مشخص شد. باز شدن اولیه جوانه برگ به عنوان مبنای آغاز رویش و تغییر رنگ ۵۰ درصد از کل برگ‌های درختان در پاییز به عنوان پایان دوره فعالیت حیاتی نهال در نظر گرفته شد. همچنین، میانگین زمان طی شده بین این دو مرحله به عنوان طول دوره رویش (طول دوره فعالیت حیاتی) به تفکیک هر کلن محاسبه شد (Ridge et al., 1986). وضع جوی (بارندگی و دما) ایستگاه سینوپتیک کرج طی دوره آمار ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ برای بررسی ارتباط تغییرات پدیده‌شناسی با پارامترهای هواشناسی در جدول ۱ ارائه شده است (MPOAP, 2011-2020).

متفاوت حیاتی در فرایند توسعه مطالعاتی مانند دورگ‌گیری بین و درون‌گونه‌ای و اصلاح صنوبرها ضروری است. صنوبر نیگرا یکی از گونه‌های مهم و تجاری چوبیده در دنیا و ایران محسوب می‌شود. این گونه به سبب داشتن ویژگی‌های مطلوبی مانند توانایی جست‌دهی برای دوره‌های متوالی، رقابت در شرایط کشت انبوه، تولید مقادیر زیاد چوب، توقع کم از نظر بوم‌شناختی و توانایی استقرار و رشد در بیشتر مناطق از اهمیت زیادی برای مطالعه‌های پدیده‌شناسی، رویشی و ریخت‌شناسی برخوردار است. هدف از پژوهش پیش‌رو، ایجاد بانک اطلاعات جامع در ارتباط با ویژگی‌های پدیده‌شناختی، رویشی و ریخت‌شناسی برخی کلن‌های صنوبر نیگرا ۹ساله موجود در کلکسیون مجتمع تحقیقاتی البرز و نیز قرار دادن اطلاعات مربوط به این ارقام در اختیار پژوهشگران و دستگاه‌های اجرایی کشور برای شناخت و انجام مطالعات ژنتیکی و اصلاحی است.

### مواد و روش‌ها

#### مشخصات محل اجرای پژوهش

مجتمع تحقیقاتی البرز در جنوب شهر کرج و در فاصله هفت کیلومتری از مرکز این شهر قرار دارد. کلکسیون این مجتمع در عرض جغرافیایی ۴۸' ۳۵° شمالی، طول جغرافیایی ۵۴' ۵۰° شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۰۰ متر ایجاد شده است. براساس بازه زمانی ۴۰ ساله آمار اقلیمی، میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر و حداقل مطلق، حداکثر مطلق و میانگین درجه حرارت این منطقه به ترتیب ۲۱/۷-، ۴۱ و ۱۳/۷ درجه سانتیگراد است. این منطقه براساس روش دومارتن، اقلیم نیمه‌خشک با زمستان به نسبت سرد و تابستان به نسبت معتدل دارد. خاک ایستگاه از رسوبات آبرفتی شنی رسی با عمق متوسط ۷۰ سانتی‌متر تشکیل شده است. به طور کلی، خاک این ایستگاه، سبک، pH آن هشت و فاقد شوری، گچ و آهک است (Calagari et al., 2018).

جدول ۱- وضع جوی (بارندگی و دما) ایستگاه سینوپتیک کرج طی دوره آماری ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸

مشخصه	سال آماری	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
	۸۹	۴۷/۵	۱۹/۲	۰	۰	۰/۱	۰/۱	۱/۸	۲۵/۸	۳	۳۸/۶	۲۴/۷	۴۶/۸
	۹۰	۳۱/۴	۳۰/۷	۱/۶	۲	۲/۴	۴۶/۹	۰	۱۷۱/۶	۶/۴	۳۰/۲	۳۹/۱	۶/۵
	۹۱	۶۶	۱۷/۸	۳/۳	۲۰/۶	۰	۰	۳/۴	۷۱/۳	۵۱/۹	۹/۴	۳۷/۲	۱۵/۷
	۹۲	۱۰/۳	۱۱/۲	۱۱/۱	۰/۵	۲/۵	۱/۴	۰	۲۵/۲	۴۱/۴	۲/۲	۱۱/۵	۱۴/۴
بارندگی ماهانه (میلی متر)	۹۳	۱۰/۷	۱۲	۲۱/۵	۰	۰	۰	۱۲/۸	۲۳/۹	۳۱/۴	۷/۶	۱۹/۴	۱۹/۶
	۹۴	۴۷/۳	۲	۷/۵	۲/۶	۰	۴/۴	۳/۵	۷۷/۴	۲۸/۶	۱۵/۶	۸/۷	۱۷/۸
	۹۵	۷۵/۵	۱۳	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۳/۷	۷/۴	۴۴	۵۰/۴	۱۹/۹
	۹۶	۳۷/۴	۵۳/۹	۰	۰	۰	۰	۶	۰	۵/۴	۱/۸	۳۸	۲۶/۸
	۹۷	۳۷/۲	۳۸/۱	۴۱/۹	۰	۰	۰/۵	۱۶/۷	۴۹/۵	۶۲/۲	۵۶/۱	۲۸/۷	۴۱/۴
	۹۸	۱۰۲/۷	۵/۴	۵/۳	۰	۰/۶	۲/۴						
	۸۹	۲۵	۳۲	۳۸	۴۲	۳۹	۳۷	۳۲	۲۶	۱۹	۱۳	۱۳	۲۱
	۹۰	۲۶/۴	۳۱	۳۷/۶	۴۰/۶	۳۹/۶	۳۴/۶	۳۱	۲۱/۸	۱۱/۸	۱۳/۲	۱۱/۴	۱۸/۴
	۹۱	۲۷/۶	۳۰/۲	۳۶/۲	۳۸/۴	۳۸/۴	۳۶/۸	۳۳/۲	۲۳/۸	۱۴/۴	۱۴/۲	۱۶/۴	۲۳/۲
	۹۲	۲۷	۲۸/۶	۳۵/۴	۴۰	۴۱	۳۷	۳۱/۸	۲۱	۱۸/۶	۱۱/۸	۱۵/۳	۲۰/۳
حداکثر مطلق دما (درجه سانتیگراد)	۹۳	۲۶/۴	۳۱/۳	۳۸	۳۹/۲	۴۱/۴	۳۵/۸	۳۲/۳	۲۳/۱	۱۴/۲	۱۵/۸	۱۸/۲	۱۹/۷
	۹۴	۲۸/۸	۳۳/۵	۳۸/۶	۴۱/۴	۳۹/۷	۳۵/۵	۳۲/۷	۲۴/۹	۱۶/۲	۱۷	۱۶/۷	۲۳/۲
	۹۵	۲۲/۶	۳۴	۳۶/۳	۴۰/۷	۳۹/۳	۳۶/۶	۳۳/۹	۲۵	۱۶/۶	۱۴/۷	۱۱/۲	۱۸/۱
	۹۶	۲۵/۹	۳۲/۵	۳۸	۳۷/۷	۴۰/۳	۳۵/۱	۳۱/۳	۲۹	۱۷/۱	۲۱/۵	۱۵/۲	۲۲/۲
	۹۷	۲۹/۸	۲۹	۳۵/۳	۴۱	۴۵/۲	۳۷	۳۲/۶	۲۶/۳	۱۷/۵	۱۴/۸	۱۵/۹	۱۸/۲
	۹۸	۲۶	۳۱	۳۹	۴۲	۴۱	۳۶						

Archive of SID

مشخصه	سال آماری	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
	۸۹	۲	۱۰	۱۹	۲۰	۲۱	۱۸	۱۵	۸	۱	-۳	-۴	-۲
	۹۰	۱۳	۱۶/۴	۱۰/۶	۱۲/۸	۱۶/۲	۱۰	۹/۸	-۵/۶	-۴/۲	-۵/۲	-۸/۸	-۷
	۹۱	-۱/۴	۸	۱۱/۸	۱۳/۶	۱۷/۶	۱۱/۸	۷/۲	۳	-۴/۴	-۷/۸	-۳/۴	-۴/۸
	۹۲	۲/۴	۰/۲	۶/۸	۱۳/۶	۱۴/۸	۱۴	۵/۲	-۶/۶	-۵	-۷/۴	-۱۲/۲	-۲/۶
حداقل مطلق دما	۹۳	-۴/۷	۶/۶	۱۰/۱	۱۵/۵	۱۴/۸	۱۳/۴	۵/۴	-۱	-۲/۲	-۴/۷	-۴/۹	-۵/۹
(درجه سانتیگراد)	۹۴	۰/۲	۳/۶	۱۱	۱۴/۱	۱۶/۹	۱۳/۱	۴/۱	۰/۸	-۳/۷	-۴/۸	-۹/۳	۰/۱
	۹۵	۰/۵	۵/۱	۸/۷	۱۴/۹	۱۶	۱۱	۴/۹	۱/۱	-۱۱	-۴/۷	-۷/۶	-۶/۹
	۹۶	-۰/۴	۳/۳	۱۱/۲	۱۴/۹	۱۶/۴	۱۲/۳	۴	۱/۹	-۴/۴	-۳	-۱۱/۷	۰/۲
	۹۷	-۰/۳	۵/۷	۱۱	۱۶/۱	۱۴/۸	۱۳/۹	۷/۴	۰	۰/۶	-۵/۵	-۵/۲	-۴/۴
	۹۸	۱	۲	۱۴	۱۸	۲۲	۱۶						
	۸۹	۱۵/۵۶	۲۰/۵۸	۲۸/۵۶	۳۲/۲	۲۹/۴۵	۲۶/۷۴	۲۴/۱	۱۵/۳۳	۱۰/۹	۴/۶۸	۵/۴	۸/۹۸
	۹۰	۱۵/۵	۱۹/۹	۲۵/۱	۲۷/۸	۲۷/۱	۲۳/۱	۱۷	۷/۶	۳/۶	۳/۹	۱/۵	۵/۲
	۹۱	۱۳/۴	۱۸/۷	۲۴/۱	۲۶/۵	۲۷/۸	۲۴/۴	۱۹/۷	۱۳/۴	۶/۳	۳	۸	۹/۱
	۹۲	۱۵/۲	۱۶/۶	۲۳/۵	۲۶/۳	۲۵/۴	۲۵/۷	۱۸/۲	۱۰/۸	۵/۵	۱/۴	۳/۱	۱۰/۴
میانگین دما	۹۳	۱۴/۴	۲۲/۵	۲۶/۵	۳۰/۹	۳۰/۳	۲۶/۳	۱۷/۸	۹/۴	۶	۵/۲	۷/۲	۶/۴
(درجه سانتیگراد)	۹۴	۱۳/۹	۲۰/۳	۲۶/۴	۲۹/۳	۲۸/۸	۲۳/۴	۱۹/۴	۱۰/۵	۴/۶	۵/۱	۴/۹	۱۱/۸
	۹۵	۱۱/۷	۱۹/۹	۲۴/۲	۲۷/۵	۲۷/۶	۲۵	۱۸/۲	۱۳/۱	۳/۲	۴/۴	۱/۹	۷/۶
	۹۶	۱۲/۷	۱۸/۷	۲۵/۸	۲۶/۵	۲۸/۳	۲۴/۹	۱۷/۱	۱۵/۶	۵/۶	۶/۷	۴/۲	۱۱/۲
	۹۷	۱۴/۸	۱۷	۲۳/۴	۳۰/۳	۲۹/۶	۲۵/۳	۱۹/۱	۱۱	۸/۶	۴/۵	۵/۶	۷/۴
	۹۸	۱۲/۹۲	۱۹/۱۳	۲۷/۳۹	۳۱/۴	۲۹/۸۴	۲۴/۹۲						

## نتایج

### پدیده‌شناسختی

با توجه به اطلاعاتی که از ثبت پدیده‌های مختلف حیاتی صنوبرهای مطالعه‌شده طی ۱۰ سال به دست آمد، به تشریح زمان ظهور پدیده‌های گل، برگ، رسیدن و پراکنش بذر، خزان برگ‌ها و طول دوره رویش پرداخته شد. برای هر کلن، زودترین و دیرترین ظهور پدیده‌های حیاتی در طی ۱۰ سال (دامنه تغییرات در طی ۱۰ سال) آورده شد و میانگین‌گیری داده‌ها انجام نشد. نتایج نشان داد که برگ‌ها در کلن *P.n.56/72* دیرتر از کلن‌های دیگر باز و کامل می‌شدند. برگ‌های کلن‌های دیگر در محدوده زمانی اواخر اسفند (زودترین زمان) تا اواسط فروردین (دیرترین زمان) باز شده بودند. کمترین فاصله زمانی بین زودترین و دیرترین زمان باز شدن برگ در *P.n.56/72* و بیشترین آن در *P.n.62/191* مشاهده شد. اولین سن گل‌دهی در *P.n.56/72* زودتر از کلن‌های دیگر در چهارسالگی و در کلن‌های *P.n.42/51* و *P.n.56/53* دیرتر از کلن‌های دیگر در هفت‌سالگی رخ داد. گل‌ها در *P.n.62/127* زودتر از ارقام دیگر در اواسط اسفند و در *P.n.56/72* دیرتر از کلن‌های دیگر و در اواسط فروردین باز شدند. کمترین فاصله زمانی بین زودترین و دیرترین زمان ظهور گل در *P.n.62/127* و بیشترین آن در کلن‌های *P.n.56/72* و *P.n.62/154* مشاهده شد (جدول ۲).

بیشترین اختلاف زمانی دوره پراکنش گرده متعلق به *P.n.betulifolia* و جذب گرده متعلق به *P.n.62/154* بود. آزاد شدن و پراکنش گرده در *P.n.56/72* دیرتر از کلن‌های دیگر آغاز شد. دوره رسیدن بذر در *P.n.62/149* زودتر از کلن‌های دیگر شروع شد. خزان برگ در *P.n.56/72* زودتر از کلن‌های دیگر رخ داد. اختلاف زمانی کامل شدن و پایان خزان برگ در طی سال‌های مورد بررسی در کلن *P.n.62/127* بیشتر از کلن‌های دیگر بود. کلن *P.n.56/72* طول دوره رویش کمتری نسبت به کلن‌های مورد مطالعه دیگر داشت (جدول ۲).

در پایان فصل رویش ۱۳۹۷، قطر برابر سینه با نوار قطرسنج تا دقت میلی‌متر و ارتفاع کلیه درختان با دستگاه بلوم‌لیس تا دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس، حجم درختان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 fh \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:  $V$  = حجم به متر مکعب،  $d$  = قطر برابر سینه به متر،  $h$  = ارتفاع به متر و  $f$  = ضریب شکل درخت هستند که در محاسبات ۰/۵ منظور شد (Ghasemi et al., 2012).

زنده‌مانی تمام کلن‌ها در پایان پژوهش صددرصد بود، بنابراین در تجزیه و تحلیل‌ها استفاده نشد. برای بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی صنوبرها، ۱۵ برگ سالم از شاخه‌های میانی درخت در جهت رو به آفتاب تهیه شد (Calagari et al., 2014). ارزیابی ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ در زمان کامل شدن آن انجام شد. صفات بیشترین طول و عرض برگ، طول دم‌برگ و سطح برگ با دستگاه سطح‌برگ‌سنج تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. درصد وزن خشک براساس رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۲)} \quad 100 \times \left( \frac{\text{وزن خشک برگ (گرم)}}{\text{وزن تر برگ (گرم)}} \right) = \text{درصد وزن خشک}$$

مشخصه‌های زاویه رگبرگ اصلی با دومین رگبرگ پائینی، زاویه نوک برگ، زاویه بین ساقه اصلی با شاخه، شکل تنه، شکل تاج، شکل قاعده پهنک برگ، شکل نوک پهنک برگ، عمق دندان پهنک برگ، شکل اتصال پهنک به دم‌برگ، رنگ جوانه برگ و شکل جوانه برگ براساس شیوه‌نامه ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری در صنوبر اندازه‌گیری و تعیین شدند (Ghasemi et al., 2011). برای مقایسه مشخصه‌های رشد و ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ هشت کلن صنوبر از روش آماری تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون چنددامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

جدول ۲- دامنه تغییرات زمان ظهور پدیده‌های حیاتی در ارقام مختلف صنوبر طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۸

پدیده حیاتی نام کلن	شروع باز شدن برگ	کامل شدن برگ	سن اولین گل‌دهی	گل‌دهی (ظهور شاتون‌ها)		دوره پراکنش و یا جذب گرده	دوره رسیدن و پراکنش بذر	شروع خزان برگ	خزان کامل برگ	میانگین طول دوره رویش (روز)
				ماده	نر					
زودترین P.n.42/51	۹۴/۱۲/۲۲	۸۹/۰۱/۲۱	۷	۹۴/۱۲/۱۰	-	۹۴/۱۲/۱۴	۹۷/۰۱/۳۰	۹۲/۰۸/۰۶	۹۳/۰۹/۰۵	۲۵۴
	۹۸/۰۱/۱۶	۹۱/۰۲/۰۵	-	۹۵/۱۲/۲۸	-	۹۶/۰۱/۱۲	۹۵/۰۲/۱۲	۸۹/۰۸/۲۶	۹۷/۰۹/۲۱	
زودترین P.n.56/53	۹۴/۱۲/۲۰	۸۹/۰۱/۲۱	۷	۹۴/۱۲/۰۸	-	۹۴/۱۲/۱۳	۹۶/۰۲/۰۶	۹۳/۰۸/۰۵	۹۲/۰۹/۰۱	۲۵۲
	۹۸/۰۱/۱۶	۹۱/۰۲/۰۴	-	۹۵/۱۲/۲۶	-	۹۶/۰۱/۱۳	۹۶/۰۲/۱۶	۸۹/۰۸/۲۶	۹۶/۰۹/۱۹	
زودترین P.n.56/72	۹۵/۰۱/۱۴	۹۲/۰۲/۰۳	۴	۹۴/۱۲/۲۱	-	۹۴/۱۲/۲۸	-	۹۲/۰۸/۰۳	۹۲/۰۹/۰۱	۲۳۸
	۹۸/۰۱/۲۷	۹۰/۰۲/۱۱	-	۹۸/۰۱/۱۵	-	۹۸/۰۱/۲۹	-	۸۹/۰۸/۲۸	۸۹/۰۹/۱۸	
زودترین P.n.62/127	۹۴/۱۲/۲۰	۸۹/۰۱/۱۸	۵	۹۴/۱۲/۰۸	-	۹۴/۱۲/۱۳	-	۹۲/۰۸/۰۷	۹۲/۰۹/۰۳	۲۵۸
	۹۸/۰۱/۱۵	۹۱/۰۲/۰۴	-	۹۵/۱۲/۲۵	-	۹۶/۰۱/۱۱	-	۸۹/۰۸/۲۸	۹۷/۱۰/۰۱	
زودترین P.n.62/149	۹۴/۱۲/۲۱	۹۲/۰۱/۲۰	۵	۹۴/۱۲/۱۱	-	۹۴/۱۲/۱۶	۹۷/۰۱/۲۶	۹۲/۰۸/۰۸	۹۳/۰۹/۰۴	۲۵۲
	۹۱/۰۱/۱۵	۹۱/۰۲/۰۳	-	۹۶/۰۱/۰۴	-	۹۶/۰۱/۱۸	۹۶/۰۲/۲۰	۸۹/۰۸/۲۹	۹۱/۰۹/۱۹	
زودترین P.n.62/154	۹۴/۱۲/۲۱	۹۲/۰۱/۲۱	۵	۹۴/۱۲/۰۹	-	۹۴/۱۲/۱۲	۹۷/۰۱/۲۸	۹۲/۰۸/۰۹	۹۵/۰۹/۰۷	۲۵۷
	۹۶/۰۱/۱۷	۹۱/۰۲/۰۴	-	۹۶/۰۱/۰۳	-	۹۶/۰۱/۱۸	۹۸/۰۲/۱۹	۸۹/۰۹/۰۱	۹۷/۰۹/۲۷	
زودترین P.n.62/191	۹۴/۱۲/۲۳	۹۲/۰۱/۲۲	۵	۹۴/۱۲/۱۰	-	۹۴/۱۲/۱۵	-	۹۲/۰۸/۰۶	۹۲/۰۹/۰۶	۲۵۴
	۹۶/۰۱/۲۰	۹۱/۰۲/۰۶	-	۹۵/۱۲/۲۹	-	۹۶/۰۱/۱۶	-	۸۹/۰۸/۲۹	۹۷/۰۹/۲۸	
زودترین P.n.betulifolia	۹۴/۱۲/۲۸	۸۹/۰۱/۲۳	۵	۹۴/۱۲/۱۳	-	۹۴/۱۲/۱۷	-	۹۲/۰۸/۰۶	۹۲/۰۹/۰۸	۲۴۹
	۹۶/۰۱/۲۱	۹۱/۰۲/۰۸	-	۹۶/۰۱/۰۳	-	۹۶/۰۱/۲۷	-	۸۹/۰۸/۳۰	۹۶/۰۹/۲۰	

بیشترین قطر برابر سینه، حجم کل در هکتار و رویش حجمی سالانه در هکتار درختان در کلن P.n.62/154 مشاهده شد. تمام کلن‌ها به جز P.n.62/149 تنه‌ای راست (پارابلوئید) داشتند. همچنین، شکل تاج کلن‌ها از کشیده تا حدودی گسترده متغیر بود (جدول ۴).

ویژگی‌های رویشی، شکل درختان و ریخت‌شناسی برگ و جوانه براساس نتایج، اختلاف معنی‌داری برای تمامی مشخصه‌های رویشی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و ساقه برخی کلن‌های صنوبر مورد مطالعه به جز زاویه بین ساقه اصلی با شاخه وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مشخصه‌های رویشی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و ساقه برخی کلن‌های صنوبر نیگرا

در کلکسیون مجتمع تحقیقاتی البرز کرج

میانگین مربعات	مشخصه	میانگین مربعات	مشخصه
۶/۱۹۸**	طول دم‌برگ	۱۳/۳۸**	قطر برابر سینه
۳۰/۴**	درصد وزن خشک	۵/۳۸**	ارتفاع
۲۵/۲**	سطح برگ	۱۲۶۷۵/۸**	حجم کل در هکتار
۴۳/۵۱**	زاویه رگبرگ اصلی با دومین رگبرگ پائینی	۱۵۶/۴۹**	رویش متوسط سالانه در هکتار
۶۱/۲۴**	زاویه نوک برگ	۲۱/۶۴۴**	بیشترین طول برگ
۳۵/۰۱ <sup>ns</sup>	زاویه بین ساقه اصلی با شاخه	۳/۸۲۱**	بیشترین عرض برگ

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین مشخصه‌های رویشی، شکل تنه و تاج برخی کلن‌های ۹ ساله صنوبر نیگرا در کلکسیون پایه مادری

صنوبر کرج

کلن	قطر برابر سینه (cm)	ارتفاع (m)	حجم کل در هکتار (m <sup>3</sup> /ha)	رویش متوسط سالانه در هکتار (m <sup>3</sup> /ha/y)	شکل تنه	شکل تاج
P.n.42/51	۱۹/۰۹ <sup>b</sup>	۱۶/۶۷ <sup>b</sup>	۲۶۷/۰۸ <sup>bc</sup>	۲۹/۶۸ <sup>bc</sup>	راست	کشیده
P.n.56/53	۱۸/۶۱ <sup>b</sup>	۱۶/۰۱ <sup>c</sup>	۲۴۳/۵۶ <sup>c</sup>	۲۷/۰۶ <sup>c</sup>	راست	کشیده
P.n.56/72	۱۹/۰۷ <sup>b</sup>	۱۷/۴۸ <sup>a</sup>	۲۷۸/۱۶ <sup>bc</sup>	۳۰/۹۱ <sup>bc</sup>	راست	تا حدودی گسترده
P.n.62/127	۱۹/۸۲ <sup>b</sup>	۱۶/۷۴ <sup>b</sup>	۲۸۸/۸۷ <sup>bc</sup>	۳۲/۱ <sup>bc</sup>	راست	خیلی کشیده
P.n.62/149	۱۹/۸۴ <sup>b</sup>	۱۶/۳۴ <sup>bc</sup>	۲۸۴/۰۵ <sup>bc</sup>	۳۱/۵۶ <sup>bc</sup>	کمی موج‌دار	کشیده
P.n.62/154	۲۲/۵۹ <sup>a</sup>	۱۶/۳ <sup>bc</sup>	۳۶۶/۴۹ <sup>a</sup>	۴۰/۷۲ <sup>a</sup>	راست	کشیده
P.n.62/191	۲۰/۱ <sup>b</sup>	۱۵/۴۶ <sup>d</sup>	۲۷۶/۱۹ <sup>bc</sup>	۳۰/۶۹ <sup>bc</sup>	راست	خیلی کشیده
P.n.betulifolia	۲۰/۲۴ <sup>b</sup>	۱۷/۸۶ <sup>a</sup>	۳۲۱/۰۱ <sup>ab</sup>	۳۵/۶۷ <sup>ab</sup>	راست	تا حدودی گسترده

براساس آزمون دانکن، حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.



بیشترین درصد وزن خشک، سطح برگ و زاویه رگبرگ اصلی با دومین رگبرگ پائینی در *P.n.62/191* و بیشترین طول برگ در کلن‌های *P.n.62/191* و *P.n.56/72* مشاهده شد. کمترین طول و عرض برگ، طول دم‌برگ، سطح برگ و زاویه رگبرگ اصلی با دومین رگبرگ پائینی متعلق به *P.n.62/149* بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و ساقه برخی کلن‌های صنوبر نیگرا در کلکسیون مجتمع تحقیقاتی البرز کرج

کلن	بیشترین طول برگ (cm)	بیشترین عرض برگ (cm)	طول دم‌برگ (cm)	درصد وزن خشک	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	زاویه رگبرگ اصلی با دومین رگبرگ پائینی (درجه)	زاویه نوک برگ (درجه)	زاویه بین ساقه اصلی با شاخه (درجه)	
<i>P.n.42/51</i>	۹/۵۶ <sup>d</sup>	۵/۱۵ <sup>de</sup>	۳/۰۱ <sup>de</sup>	۴۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۱۸/۴۱ <sup>de</sup>	۵۰/۶۷ <sup>bc</sup>	۳۲/۷ <sup>abc</sup>	۳۸/۱	
<i>P.n.56/53</i>	۹/۹۳ <sup>cd</sup>	۵/۲۵ <sup>d</sup>	۳/۰۵ <sup>de</sup>	۳۹/۲۴ <sup>de</sup>	۱۹/۷۶ <sup>d</sup>	۵۳/۸۷ <sup>ab</sup>	۲۷ <sup>cd</sup>	۴۳/۳۸	
<i>P.n.56/72</i>	۱۱/۱۹ <sup>a</sup>	۵/۹۳ <sup>a</sup>	۴/۰۵ <sup>a</sup>	۴۰/۴۵ <sup>c</sup>	۲۳/۹۶ <sup>b</sup>	۴۷/۹۳ <sup>c</sup>	۳۳/۹۳ <sup>ab</sup>	۴۵/۴۷	
<i>P.n.62/127</i>	۱۰/۱۷ <sup>bc</sup>	۵/۶۵ <sup>c</sup>	۳/۱۲ <sup>d</sup>	۴۲/۶۹ <sup>b</sup>	۲۱/۷۴ <sup>c</sup>	۴۷/۴ <sup>c</sup>	۲۸/۹ <sup>bcd</sup>	۳۵/۱	
<i>P.n.62/149</i>	۸/۹ <sup>e</sup>	۴/۹۹ <sup>e</sup>	۲/۹۲ <sup>e</sup>	۳۸/۵۱ <sup>e</sup>	۱۷/۴۲ <sup>e</sup>	۴۷/۴ <sup>c</sup>	۳۵/۶ <sup>ab</sup>	۴۱/۷۷	
<i>P.n.62/154</i>	۱۰/۵۵ <sup>b</sup>	۵/۳۱ <sup>d</sup>	۳/۹۷ <sup>a</sup>	۴۱/۹۹ <sup>b</sup>	۱۸/۴۴ <sup>de</sup>	۴۹/۴۷ <sup>bc</sup>	۲۵/۲۷ <sup>d</sup>	۴۰/۹۳	
<i>P.n.62/191</i>	۱۱/۵۱ <sup>a</sup>	۵/۸۸ <sup>ab</sup>	۳/۷۳ <sup>b</sup>	۴۴/۹۶ <sup>a</sup>	۲۵/۶۵ <sup>a</sup>	۵۸/۴ <sup>a</sup>	۲۵/۰۷ <sup>d</sup>	۴۰/۸۷	
<i>P.n.betulifolia</i>	۹/۹۴ <sup>cd</sup>	۵/۷۵ <sup>bc</sup>	۳/۵۱ <sup>c</sup>	۳۴/۲۷ <sup>f</sup>	۲۱/۶۱ <sup>c</sup>	۵۱/۹۳ <sup>bc</sup>	۳۵/۸۷ <sup>a</sup>	۴۷/۵	

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

جدول ۶- ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و جوانه برخی کلن‌های ۹ساله صنوبر نیگرا در کلکسیون پایه مادری صنوبر کرج

کلن	شکل قاعده پهنک برگ	شکل نوک پهنک برگ	عمق دندان پهنک برگ	شکل اتصال پهنک به دم‌برگ	رنگ جوانه برگ	شکل جوانه برگ
<i>P.n.42/51</i>	تأحدودی گوه‌ای	بلند و پهن	متوسط	کمی فرورفته	قهوه‌ای	تخم‌مرغی
<i>P.n.56/53</i>	گوه‌ای گرد	تیز	متوسط	کمی فرورفته	قهوه‌ای تیره	تخم‌مرغی پهن
<i>P.n.56/72</i>	تأحدودی گوه‌ای	تیز	متوسط	قاعده همپوشان	قرمز	تخم‌مرغی پهن
<i>P.n.62/127</i>	تأحدودی گوه‌ای	تیز	متوسط	کشیدگی به سمت پایین	قرمز	تخم‌مرغی باریک
<i>P.n.62/149</i>	گوه‌ای گرد	بلند و پهن	متوسط	قاعده همپوشان	قهوه‌ای مایل به قرمز	تخم‌مرغی باریک
<i>P.n.62/154</i>	گوه‌ای گرد	باریک	زیاد	کشیدگی به سمت پایین	قرمز	تخم‌مرغی باریک
<i>P.n.62/191</i>	گوه‌ای گرد	تیز	زیاد	کمی فرورفته	قرمز	تخم‌مرغی باریک
<i>P.n.betulifolia</i>	گوه‌ای گرد	منقاری پهن	متوسط	صاف	قهوه‌ای تیره	تخم‌مرغی باریک

شکل قاعده پهنک برگ از تأحدودی گوه‌ای تا گوه‌ای گرد متغیر بود. شکل نوک پهنک برگ و شکل اتصال پهنک به دم‌برگ، تنوع بسیاری در بین کلن‌های مورد مطالعه داشت. عمق دندان پهنک برگ از متوسط تا زیاد و رنگ جوانه نیز از

دارد که در فروردین ماه تأمین می‌شود. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه مبدأ اصلی این کلن ترکیه است، در ارتفاعات بالاتر و مناطق سردسیر رویش دارد. در پژوهش پیش‌رو به دلیل اینکه برگ‌ها در کلن *P.n.56/72* دیرتر از کلن‌های دیگر باز و کامل شدند، امکان تکثیر و کاشت آن می‌تواند در زمان دیرتر از کلن‌های دیگر باشد، بنابراین به دلیل دیربرگ‌دهی، امکان خسارت سرمای دیررس بهاره در این گونه وجود ندارد.

وقوع اولین پدیده حیاتی در ارقام مختلف صنوبر پس از پایان خواب زمستانه و در ابتدای فصل رویش به صورت ظاهر شدن گل‌های نر و ماده در درختان بالغ است. از آنجایی که ظهور گل در کلن *P.n.56/72* زودتر از کلن‌های دیگر و در چهارسالگی رخ داد، نشان‌دهنده بلوغ زودتر این کلن نسبت به کلن‌های مورد مطالعه دیگر است. همچنین، به دلیل اینکه برگ آن دیرتر باز می‌شود، کمتر تحت تأثیر نوسانات سرمایی قرار گرفته، سرمای محیط در آن انباشت شده و بلوغ آن (ظهور جوانه‌های گل) زودتر رخ می‌دهد. زودترین و دیرترین ظهور شاتون‌ها در کلن‌های نر *P.n.62/127* و *P.n.62/191* و کلن‌های ماده *P.n.42/51* و *P.n.56/53* به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ و به تقریب در زمان یکسانی در محدوده میانگین دمای ۷/۶ تا ۱۱/۸ درجه سانتیگراد مشاهده شد. در سالی که دمای حداکثر مطلق در اسفند بیشتر بود، ظهور شاتون‌های کلن‌های مذکور زودتر آغاز شد و در سالی که دمای حداکثر مطلق در اسفند کمتر بود، دیرتر مشاهده شد. زودترین و دیرترین ظهور شاتون‌ها در کلن‌های ماده *P.n.62/149* و *P.n.62/154* در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ و به تقریب در زمان یکسانی در محدوده میانگین دمای ۱۱/۸ تا ۱۲/۷ درجه سانتیگراد در اسفند تا فروردین ماه رخ داد. این یافته نشان می‌دهد که کلن‌های مذکور نسبت به دو کلن دیگر (*P.n.42/51* و *P.n.56/53*) به دمای بیشتری برای ظهور این پدیده نیاز دارند. آزاد شدن و پراکنش گرده در *P.n.56/72* دیرتر از کلن‌های دیگر آغاز شد، بنابراین این کلن دخالتی در تشکیل بذر کلن‌های ماده مورد مطالعه نداشت. این کلن برای پراکنش

قهوه‌ای تا قرمز در بین کلن‌ها متغیر بود. شکل جوانه برگ در بیشتر کلن‌های مورد مطالعه، تخم‌مرغی باریک بود (جدول ۶).

## بحث

### پدیده‌شناختی

ارقام مختلف صنوبر، مراحل پدیده‌شناسی و یا دوره‌های زیستی سالانه را در ارتباط مستقیم با تغییرات دما طی می‌کنند. درجه حرارت و بارندگی از مهم‌ترین عوامل تنظیم‌کننده الگوی پدیده‌شناسی درختان هستند. مطابق نتایج پژوهش پیش‌رو، شروع باز شدن و کامل شدن برگ در کلن‌های *P.n.42/51*، *P.n.56/53* و *P.n.62/127* به تقریب هم‌زمان رخ داد. این کلن‌ها برای باز شدن برگ به میانگین دمای ۱۱/۸ تا ۱۲/۹ درجه سانتیگراد و برای کامل شدن آن به میانگین دمای ۱۵/۵۶ تا ۱۸/۷ درجه سانتیگراد نیاز دارند. سال ۱۳۸۹ که فروردین گرم‌تری نسبت به سال‌های مورد مطالعه دیگر داشت، برگ کلن‌ها در زمان زودتری کامل شدند. سال ۱۳۹۱ که فروردین مرطوب‌تری داشت، مدت کامل شدن برگ طولانی‌تر بود و تا اردیبهشت هم ادامه داشت. برگ‌های کلن‌های *P.n.62/154* و *P.n.62/191* نیز به تقریب هم‌زمان باز و کامل شدند. این کلن‌ها برای باز شدن برگ به میانگین دمای ۱۱/۸ تا ۱۲/۷ درجه سانتیگراد و برای کامل شدن آن به میانگین دمای ۱۵/۲ تا ۱۸/۷ درجه سانتیگراد نیاز دارند. زودترین زمان کامل شدن برگ آن‌ها در بارندگی کم طی سال‌های مورد مطالعه رخ داد. سن اولین گل‌دهی نیز در این کلن‌ها در پنج‌سالگی بود. این نتایج مؤید نیاز دمایی و بارندگی یکسان آن‌ها برای آغاز گل‌دهی است. کلن *P.n.56/72* برای باز شدن برگ به حداکثر مطلق دمای ۲۲/۶ و میانگین دمای ۱۱/۷ درجه سانتیگراد نیاز دارد. همچنین، کامل شدن برگ‌های این کلن در میانگین دمای ۱۶/۶ درجه سانتیگراد (کمترین دمای فروردین ماه در طی سال‌های مورد مطالعه) و حداقل مطلق دما تا ۱۶/۴ درجه سانتیگراد رخ می‌دهد. برگ این کلن دیرتر از کلن‌های دیگر کامل می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که این گونه طول دوره رویش کمتری دارد، اما به نور آفتاب بیشتری نیاز

تحت تأثیر دمای حداقل محیط است و در سال‌های متفاوت با توجه به تغییرات دمایی، متفاوت بود. خزان برگ‌های *P.n.62/154* در میانگین دمای ۳/۲ و حداقل مطلق دمای ۱۱- درجه سانتیگراد آغاز شد. کامل شدن خزان برگ‌های این کلن نسبت به کلن‌های دیگر در دمای کمتری رخ داد، بنابراین مدت بیشتری برگ روی درختان این کلن باقی می‌ماند و به‌طور طبیعی فعالیت فتوسنتزی، شادابی درختان و طول دوره زیستی بیشتری دارند. برای اظهار نظر دقیق باید برای هر یک از مراحل پدیده‌شناسی، مجموع انرژی گرمایی هر یک از کلن‌ها در سال‌های مورد مطالعه محاسبه شود تا مشخص شود که برای وارد شدن به هر یک از مراحل پدیده‌شناسی به چه مقدار انرژی گرمایی نیاز دارند.

#### ویژگی‌های رویشی

آگاهی از موجودی و مقدار تولید چوب درختان، برنامه‌ریزی بهتر و دقیق‌تر برای تأمین نیازهای چوبی از طریق زراعت چوب را فراهم می‌کند. در پژوهش پیش‌رو، کلن‌های *P.n.62/154*، *P.n.62/191* و *P.n.betulifolia* پس از طی مدت ۹ سال به قطر برابر سینه بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر رسیدند. این درختان می‌توانند در بیشتر صنایع مانند کبریت‌سازی، روکش‌گیری، تخته‌لایه و میلمان کاربرد داشته باشند. کلن *P.n.62/154* در این پژوهش با ۴۰/۷۲ متر مکعب در هکتار و در سال، بیشترین تولید چوب و رویش حجمی را داشت. تولید سالانه کلن مذکور در ایستگاه تحقیقات باراندوز مرکز تحقیقات ارومیه ۲۷/۵۶ متر مکعب در هکتار (Salari, 1997) و در ایستگاه کهنه‌کند مرکز تحقیقات استان خراسان شمالی (بجنورد) پس از مدت ۱۰ سال، ۲۵/۲۹ متر مکعب در هکتار (Bozorgmehr et al., 2019) گزارش شد. همچنین، تولید سالانه این کلن در ایستگاه تحقیقات مهرگان مرکز کرمانشاه پس از مدت هشت سال، ۲۴/۱ متر مکعب در هکتار (Noori et al., 2010) و در ایستگاه کشاورزی مرکز تحقیقات اراک پس از مدت هفت سال، ۳۳/۲۱ متر مکعب در هکتار (Goodarzi, 2016) بود. کلن *P.n.62/154* رشد خوبی داشته و در آزمایش‌های سازگاری مناطق مختلف کشور، عملکرد قابل ملاحظه‌ای داشته است، اما به تنش‌های آبی

گرده به میانگین دمای ۱۱/۸ تا ۱۲/۹۲ درجه سانتیگراد و بارندگی بیشتر نسبت به کلن‌های دیگر نیاز دارد. بیشترین اختلاف زمانی جذب گرده در طی سال‌های آزمایش در *P.n.62/154* مشاهده شد. این نتیجه بیان‌کننده نیاز این کلن به آستانه خاصی از نور و دما است، به‌طوری‌که تا آن مقدار از نور و دما تأمین نشود، آمادگی گل ماده برای جذب گرده وجود ندارد. طی سال‌های مورد بررسی، دوره رسیدن بذر در *P.n.62/149* زودتر از کلن‌های دیگر آغاز شد. کلاله این کلن نسبت به کلن‌های ماده دیگر، زودتر آمادگی جذب گرده را داشت. پذیرش، رویش و پرورش گرده به شرایط اقلیمی بستگی دارد. دوره رسیدن و پراکنش بذر در کلن ماده *P.n.56/53* در میانگین دمای ۱۸/۷ درجه سانتیگراد انجام شد، در صورتی‌که بذر *P.n.62/154* در دامنه دمایی ۱۴/۸ تا ۱۹/۱۳ درجه سانتیگراد پراکنش داشت.

خزان برگ‌ها با کوتاه شدن طول روز و کاهش دما آغاز می‌شود. خزان برگ‌ها در اوایل پاییز به‌طور عمده تحت تأثیر فتوپریود و دماهای حداقل است. این پدیده به‌منظور مقابله با کاهش دمای حداقل رخ داده و دمای حداکثر در آن نقش چندانی ندارد. برگ‌های کلن‌های *P.n.42/51*، *P.n.56/72*، *P.n.62/127*، *P.n.62/149*، *P.n.62/191* و *P.n.betulifolia* در میانگین دمای ۱۰/۸ تا ۱۵/۳۳ درجه سانتیگراد با میانگین بارندگی ماهانه ۲۵ میلی‌متر خزان می‌کنند. در سال ۱۳۸۹ که دمای هوا گرم‌تر بود، خزان برگ این کلن‌ها نیز دیرتر آغاز شد. خزان برگ در *P.n.56/72* زودتر از کلن‌های دیگر شروع می‌شد. این یافته نشان‌دهنده مناسب بودن این کلن برای کشت در مناطق سردسیر کشور است. خزان کامل برگ در کلن‌های *P.n.56/53* و *P.n.betulifolia* در میانگین دمای ۵/۵ تا ۵/۶ درجه سانتیگراد (آستانه دمایی محدود) رخ داد. زمانی که هوا مرطوب‌تر بود، خزان برگ این کلن‌ها زودتر کامل شد و در زمانی که هوا خشک‌تر بود، کامل شدن خزان برگ، دیرتر رخ داد. اختلاف زمانی کامل شدن و پایان خزان برگ در طی سال‌های مورد بررسی در *P.n.62/127* بیشتر از کلن‌های دیگر بود. ویژگی خزان برگ در این کلن بسیار

(۲۰۱۵) برای انتخاب غیرمستقیم پایه‌های صنوبر با رویش زیاد از ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ استفاده شد. پژوهشگران مذکور نشان دادند که صفاتی مانند زاویه نوک برگ و بیشینه عرض برگ، بیشترین نقش را در شناسایی کلن‌ها داشتند. Lone و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی جوانه و برگ ۴۳ کلن بومی و غیربومی *P. deltoides* نشان دادند که هر کلن الگوی رنگ، اندازه و طرز قرارگیری مشخص جوانه روی ساقه و شکل، رنگ و دندانه مشخص برگ متفاوتی دارد که کلن‌های مختلف را از یکدیگر متمایز می‌کند. همچنین، تنوع در شکل برگ‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت بوم‌شناختی مبدأ جغرافیایی کلن‌ها باشد. کلن‌هایی که طول برگ بیشتری دارند، به‌طور کلی، مربوط به مبدأ جغرافیایی ارتفاعات بالا هستند.

زاویه قاعده برگ به‌دلیل ایجاد تغییرات در مقدار نور دریافتی توسط کلن تغییر می‌کند. در واقع، با افزایش زاویه قاعده برگ، سطح دریافت نوری آن افزایش یافته و گیاه از این طریق، نیاز به نور را تنظیم می‌کند (Lone et al., 2011). بیشترین مقدار صفت مذکور در پژوهش پیش‌رو متعلق به کلن *P.n.62/191* بود. این یافته نشان می‌دهد که این کلن، بیشترین نیاز نوری را نسبت به کلن‌های دیگر دارد.

تمام نتایج ذکرشده در بالا حاکی از اهمیت ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ درختان برای شناسایی کلن‌ها هستند. براساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو، بین کلن‌ها از نظر ریخت‌شناسی برگ و جوانه، تفاوت‌هایی وجود دارد. با توجه به شرایط محیطی یکسان، این اختلاف‌ها حاکی از تفاوت ژنتیکی بین آن‌ها است، بنابراین با شناخت ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مقدار تولید آن‌ها می‌توان نسبت به گسترش دامنه بوم‌شناختی و افزایش پتانسیل تولید چوب آن‌ها اقدام کرد و قابلیت بهره‌برداری آن‌ها را در برنامه‌های اصلاحی بررسی کرد.

### منابع مورد استفاده

- Alimohammadi, A., Asadi, F., Adeli, E., Tabaei-Aghdai, S.R. and Mataji, A., 2009. Using morphological traits for identification of *Populus nigra* stands in Kermanshah and Zanjan provinces of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research,

حساسیت نشان می‌دهد و در مقابل بی‌نظمی‌های آبیاری آسیب‌پذیر است، بنابراین بهتر است که این کلن در مناطقی که منبع آب مطمئنی تا دوره بهره‌برداری وجود دارد، کاشت شود (Goodarzi & Ahmadloo, 2019). با توجه به عملکرد قابل ملاحظه *P.n.62/154* و *P.n.betulifolia* ضروری است که با برنامه‌ریزی برای تکثیر و تولید، نهال این کلن‌های موفق و اصلاح‌شده در اختیار کشاورزان، صنوبرکاران، دستگاه‌های اجرایی و تولیدکنندگان چوب در مناطق اقلیمی مشابه قرار گیرد.

### ویژگی‌های ریخت‌شناسی

بیشتر کلن‌های مورد مطالعه تنه‌های کاملاً صاف و مستقیمی داشتند. بیشتر تنه‌های اصلی متعلق به پایه‌های کلن *P.n.62/149* انحنای کمی داشتند، بنابراین چوب این کلن برای صنایعی مانند روکش‌گیری و کبریت‌سازی که به تنه‌های مستقیم و با طول زیاد نیاز دارند، چندان مناسب نیست، اما این چوب‌ها به‌علت برخورداری از ویژگی‌های مثبت دیگری مانند تولید سالانه چوب بیشتر از ۳۰ متر مکعب در هکتار، بردباری مناسب نسبت به تنش‌های آبی و درصد زنده‌مانی زیاد می‌توانند کاربردهای متعددی در صنایع مختلف چوبی داشته باشند (Gholami et al., 2014). کسب اطلاعات در مورد شکل و ابعاد تاج صنوبرها برای انتخاب فاصله کاشت مناسب و نیز آگاهی از وضعیت شاخه‌بندی و بسته (هرمی) و یا باز (گسترده) بودن تاج کلن‌ها ضروری است. در پژوهش پیش‌رو، شکل تاج کلن‌ها از کشیده تا حدودی گسترده متغیر بود. آگاهی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ از اقدامات لازم در بررسی‌های تنوع ژنتیکی، تفکیک اکوتیپ‌ها و فعالیت‌های اصلاحی صنوبرها است. این ویژگی‌ها برای تمایز و تشخیص کلن‌های داخل یک گونه و رده‌بندی سیستماتیک به‌کار می‌روند. برخی صفات برگ با تولید و افزایش زی‌توده مرتبط هستند، بنابراین در انتخاب درختان با تولید زیاد می‌توان از آن‌ها استفاده کرد (Marron et al., 2007). در پژوهش Alimohammadi و همکاران (۲۰۰۹) برای تمایز توده‌های *P. nigra* در استان‌های کرمانشاه و زنجان و در پژوهش Alimohamadi و همکاران

- Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 36p (In Persian).
- Goodarzi, Gh. and Ahmadloo, F., 2019. Introduction of suitable poplar clones in the poplar research, Markazi province. *Journal of Iran Nature*, 4(3): 27-35 (In Persian).
  - Lone, A., Bashir, A., Tewari, S.K. and Majeed, M., 2011. Characterization and identification of leaf morphology of *Populus deltoides* Bartr. clones. *Forestry Studies in China*, 13(4): 270-273.
  - Lopez-de-Heredia, U., Sierra-de-Grado, R. and Cristóbal, M.D., Martínez-Zurimendi, P., Pando, V. and Martín, M.T. 2004. A comparison of isozyme and morphological markers to assess the within population variation in small populations of European aspen (*Populus tremula* L.) in Spain. *Silvae Genetica*, 53(5-6): 227-233.
  - Lotfian, H., 1985. Last poplar research projects and introduction results presentation of them. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 67p (In Persian).
  - Management and Planning Organization of Alborz Province (MPOAP), 2011-2020. The Statistical Yearbook of Alborz Province (2010-2019). Deputy of Statistics and Information, Management and Planning Organization of Alborz Province, Karaj (In Persian).
  - Marron, N., Dillen, S.Y. and Ceulemans, R., 2007. Evaluation of leaf traits for indirect selection of high yielding poplar hybrids. *Environmental and Experimental Botany*, 61(2): 103-116.
  - Marvie Mohadjer, M.R., 2019. *Silviculture*. 5th edition, University of Tehran Press, Tehran, 387p (In Persian).
  - Noori, F., Asadi, F. and Modir-Rahmati, A.R., 2010. Growth and wood production of 10 poplar clones (*Populus nigra*) at the second harvesting period in Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(4): 534-543 (In Persian).
  - Ridge, C.R., Hinckley, T.M., Stettler, R.F. and Van Volkenburgh, E., 1986. Leaf growth characteristics of fast-growing poplar hybrids *Populus trichocarpa* × *P. deltoids*. *Tree Physiology*, 1(2): 209-216.
  - Salari, A., 1997. Compatibility of different poplar cultivars in climatic conditions of Urmia. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 79p (In Persian).
  - Yu, Q., Tigerstedt, P.M.A. and Haapanen, M., 2001. Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica*, 35(1): 15-25.
  - 17(3): 369-381 (In Persian).
  - Alimohamadi, A., Asadi, F. and Tabaei Aghdaei, R., 2015. Evaluation of growth and morphological parameters in two poplar species (*P. nigra* L. & *P. alba* L.) to tree growth reveal traits related to productivity (Case study in Kermanshah, Zanjan and Esfahan provinces). *Ecology of Iranian Forests*, 3(5): 31-41 (In Persian).
  - Bozorgmehr, A., Modirrahmati, A., Ghasemi, R.A. and Kalagari, M., 2019. The introduction of successful poplar clones in the northeast of the country. *Journal of Iran Nature*, 4(2): 51-63 (In Persian).
  - Calagari, M., Ghasemi, R., Asadi, F. and Bagheri, R., 2018. Promotion of wood production of some poplar clones using sprouts management in Karaj. *Iranian Journal of Forest*, 10(1): 79-88 (In Persian).
  - Calagari, M., Jalili, A., Abbas Azimi, R. and Salehi Shanjani, P., 2014. Environmental effects on leaf morphology traits in the *Populus euphratica* Oliv. provenances of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(3): 369-380 (In Persian).
  - Ghasemi, R., Jalili, A., Akbarinia, M. and Modir-Rahmati, A.R., 2001. Investigation on phenology of different poplar clones in collection at Karaj research station during 1997 & 1998 period. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 6(1): 63-94 (In Persian).
  - Ghasemi, R., Kavand, A. and Calagari, M., 2011. National Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability in Poplar. Published by Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, 44p (In Persian).
  - Ghasemi, R., Modir Rahmati, A.R. and Asadi, F., 2012. Growth characteristics of 5 black poplar (*Populus nigra*) clones with Turkish origin in Karaj area. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4): 491-500 (In Persian).
  - Ghasemi, R., Modir Rahmati, A.R., Hemmati, A., Asadi, F. and Kalagari, M., 2009. Phenological study of different poplar clones *Populus euramericana* and *Populus deltoides* in Karaj collection during 1986 - 2004. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(3): 390-407 (In Persian).
  - Gholami, Gh., Modirrahmati, A., Ghasemi, R. and Mirkazemi, S.Z., 2014. Adaptation and wood production of different closed-crown poplar clones in Gorgan region. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(3): 473-484 (In Persian).
  - Goodarzi, Gh., 2016. Investigation on adaptation of exotic poplars colonies in Markazi province. Final Report of Research Project, Published by Research

## Study of the phenological, vegetative and morphological characteristics of eight *Populus nigra* L. clones in the Albourz Research Station, Karaj, Iran

F. Ahmadloo<sup>1\*</sup>, R. Ghasemi<sup>2</sup>, M. Calagari<sup>3</sup> and A. Salehi<sup>4</sup>

1\*- Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: ahmadloo@rifr-ac.ir

2- Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 16.02.2020

Accepted: 31.03.2020

### Abstract

A set of phenological, vegetative and morphological data of eight clones of *Populus nigra* L. were collected and recorded on 9-year-old trees in the Alborz Research Station in Karaj during 2010 to 2019. The phenology results of poplar clones showed that the leaves were opened earlier in *P.n.62/127* in mid-March and opened later in *P.n.56/72* in mid-April than the other clones. The flowers were opened earlier in *P.n.62/127* in early March and opened later in *P.n.56/72* in early April than the other clones. Also, seed ripening and dispersal in *P.n.62/149* began annually earlier than other female clones in late April. Full leaves fall were earlier in *P.n.56/72* in early December and later in *P.n.62/127* in late December than other clones. The shortest length of the growth period was in *P.n.56/72* and longest was in *P.n.62/127*. The results of the vegetative characteristics analysis showed that there is the highest average volume growth increment in *P.n.62/154* with 40.72 m<sup>3</sup>/ha/y. Also, study of morphological characterization showed that the trunk shape of all clones is straight except *P.n.62/149* and their crown form are closed to somewhat open. There are maximum percentage of dry matter, leaf area and angle between the main vein and the second vein in *P.n.62/191*. Basic leaf base trait of clones is partially wedge-shaped to round wedge. There is considerable variation among the studied clones in terms of leaf and bud morphological characteristics.

**Keywords:** Average annual growth, bud shape, growth period, leaf characteristics, *Populus nigra*.