

УДК 630.165.7

DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-121-126

БИОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПАЛЕОПРОИСХОЖДЕНИЕ РОДА *POPULUS* L. (ОБЗОР)

А.П. Царев

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, 394087, г. Воронеж,
ул. Ломоносова, д. 105

anatolytsa@gmail.com

Представлено систематическое положение рода и показано, что для его видов характерен диплоидный набор хромосом ($2n = 38$). Но некоторые из них имеют автотриплоидную форму, $2n = 57$ (*P. Alba* L., *P. Tremula* L., *P. Nigra* L.), и даже автотетраплоидную, $2n = 76$ (*P. tacamahaca* Mill.). У тополя *P. canescens* известна форма с аллотриплоидным уровнем, $2n = 57$. ДНК тополя содержит 485 ± 10 млн пар нуклеотидов. В ядре содержится 45 555 генов, в хлоропластах и митохондриях — 153. Отмечено, что семейство *Salicaceae* по строению гинецея и по ряду других признаков наиболее близко к порядкам *Tamaricales* и особенно *Violales*; могло произойти от семейства *Flacourtiaceae*, с которым оно сходно по анатомическому строению древесины и развитию морфологии цветков. При анализе особенностей строения и свойств древесины приведены данные по разным показателям. Так, соотношение тканей сильно варьируется: 50–65 % — это волокна, 28–38 % — сосуды и 7–15 % — клетки паренхимы. Древесина отличается низкой плотностью: 0,31–0,40 г/см³ в свежесрубленном состоянии, в то время как в воздушно-сухом состоянии она может достигать 0,50 г/см³. Приведены также показатели влажности, стабильности размеров, механических свойств, химического состава, кислотности и других характеристик. В частности, показатели модуля разрыва древесины составляют 58–63 МПа, а модуля эластичности — 8,1–9,9 ГПа. Древесина состоит в среднем на 80 % из целлюлозы и 20 % лигнина. Показана эволюция представлений о палеоприсхождении различных видов тополя. Изучение существующего материала позволяет с большой долей вероятности считать, что секция бальзамических тополей обособилась несколько раньше, чем черные и белые тополя.

Ключевые слова: тополя, биологические особенности, структура, соотношение тканей, плотность древесины, химический состав, палеоприсхождение

Ссылка для цитирования: Царев А.П. Биолого-структурные особенности и палеоприсхождение рода *Populus* L. (Обзор) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 2. С. 121–126.
DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-121-126

Исследования биологических особенностей и происхождения, а также эволюции отдельных родов и видов имеют фундаментальное значение для изучения окружающего нас мира. Одними из хозяйственно важных видов являются тополя, интерес к которым обусловлен как быстротой их роста и способностью в короткие сроки накапливать большие запасы древесины, так и другими ценными свойствами, которые позволяют их использовать в широком спектре применения.

Не случайно Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) создала в 1947 г. Международную тополевую комиссию (МТК), куда входят 38 наиболее развитых и развивающихся стран, с задачами всестороннего исследования этой породы и разработки технологий ее разведения и утилизации. Тополь является перво-степенной породой для преодоления лесного дефицита в южных регионах страны. Он используется в полезащитных, мелиоративных и озеленительных мероприятиях, а также при создании плантационных, биоэнергетических и других видов насаждений.

Цель работы

Настоящая работа посвящена анализу достижений по исследованию некоторых биоло-

го-структурных характеристик и происхождения разных видов рода *Populus* L.

Материалы и методы

Род *Populus* L. относится к семейству ивовых *Salicaceae* Mirbel, порядку *Salicales* Lindley (*Salicinales*), надпорядку *Dillenianae*, подклассу *Dilleniidae*, классу *Magnoliatae* (*Dicotyledones*), отделу *Magnoliophyta* (*Angiospermae*). Он широко распространен в областях умеренного климата северного полушария. Предпочитает теплый и умеренно холодный климат, но некоторые виды найдены в зоне тундры и высокогорье.

Род представлен двудомными, как правило, крупными быстрорастущими деревьями, реже кустарниками.

Для видов тополя характерен диплоидный набор хромосом ($2n = 38$). Но некоторые из них имеют автотриплоидную форму, $2n = 57$ (*P. Alba* L., *P. tremula* L., *P. nigra* L.), и даже автотетраплоидную, $2n = 76$ (*P. tacamahaca* Mill.). У тополя *P. canescens* известна форма с аллотриплоидным уровнем, $2n = 57$ [1].

ДНК тополя содержит 485 ± 10 млн пар нуклеотидов. В ядре содержится 45 555 генов, в хлоропластах и митохондриях — 153 [2].

Морфолого-биологические особенности

Почки удлинённые, часто заострённые, покрыты несколькими чешуйками, могут быть смолистыми и душистыми.

Листья очередные с варьирующей формой листовой пластинки (дельтовидной, сердцевидной, овальной, ланцетовидной, заострённой и др.) с цельными, зубчатыми или пильчатыми краями. Устьица парацитные. Черешки листьев разной длины (0,5–11 см) голые или опушённые. У пересечения черешков и листовой пластинки у некоторых видов встречаются железки.

Цветки собраны в висячих сережках, однополые, безлепестные с рудиментарной чашечкой в виде пластинки в мужском цветке и блюдцеобразного образования в женском. В процессе эволюции цветки утратили энтомофилию и являются анемофильными. Тычинок 3–60, нити свободные, пыльники 2-гнездные, раскрываются продольно, обычно красного цвета. Оболочка микроспор безапертурная. Гинецей паракарпный из 2–4 плодolistиков с 2–4 сидячими рыльцами, завязь верхняя с многочисленными семязачатками на каждой плаценте.

Семенные коробочки с 2–4 створками. Семена очень мелкие с базальным пучком волосков, тонкой кожурой, прямым зародышем без эндосперма или с очень скудным эндоспермом [3].

Л.А. Тахтаджян [4] отмечал, что семейство *Salicaceae* по строению гинецея и по ряду других признаков наиболее близко к порядкам *Tamaricales* и особенно *Violales*; могло произойти от семейства *Flacourtiaceae*, с которым оно сходно по анатомическому строению древесины и развитию морфологии цветков.

Особенности строения и свойств древесины

Древесина белая, без смоляных ходов, легкая. Подробный обзор ее свойств составлен группой исследователей из Канады, Бельгии и Китая [5]. Некоторые важные показатели, на которые они обращают внимание, представлены ниже.

Соотношение тканей в древесине тополей колеблется в широких пределах: 50–65 % — это волокна, 28–38 % — сосуды (проводящая ткань) и 7–15 % — клетки паренхимы, или запасочной ткани. Горизонтальные клетки паренхимы составляют лучи, и только небольшая часть (около 0,1 %) присутствует в виде продольной или осевой паренхимы.

У волокон *поддерживающей ткани* наблюдаются относительно тонкие стенки в нормальной древесине, тогда как при ее растяжении они имеют толстый студенистый слой, прилегающий

к клетке люмена (просвета). Средняя длина волокон в зрелой древесине тополя составляет около 1,3 мм. Диаметр волокон находится в диапазоне 20–30 мкм. В ювенильной древесине длина волокон значительно короче. Она может варьироваться от 0,4 до 0,6 мм (в зависимости от сорта и расположения на стволе) в течение нескольких первых лет роста и будет постепенно увеличиваться с возрастом. Ювенильный период у тополя колеблется от 8 до 12 лет.

Проводящая ткань состоит из сосудов, элементы которых отвечают за движение сока в заболони. Элементы сосуда ядра также вносят свой вклад в поддержку дерева. Сосуды снабжены порами, которые невидимы невооруженным глазом. Диаметр сосудов, как правило, больше у черных тополей в отличие от осины, придавая древесине грубоватую текстуру. В зрелой древесине тополей клетки сосудов имеют среднюю длину около 0,6 мм. Как и в случае с волокнами, в молодой древесине элементы сосудов короче, чем в зрелой.

Запасочная ткань состоит из клеток осевой и лучевой паренхимы.

Наиболее важными для практики физическими свойствами древесины, влияющими на ее механические свойства, являются плотность, содержание влаги и стабильность размеров (формуемость).

Плотность и удельный вес — термины, часто используемые как синонимы. Различают плотность, или удельный вес, древесины в следующих состояниях: свежесрубленной, абсолютно сухой и воздушно-сухой (при 12 % влажности). Плотность древесины тополя колеблется в широком спектре в зависимости от таксономических секций и видовой, сортовой или клональной принадлежности. В целом тополя отличаются низкой плотностью древесины: 0,31–0,40 г/см³ в свежесрубленном состоянии. В воздушно-сухом состоянии она может достигать 0,50 г/см³ [4–7]. Кроме того, существует высокая вариабельность плотности внутри одного и того же ствола, которая может достигать 200 кг/м³.

Влажность древесины представлена двумя формами и в двух принципиальных локациях: 1) свободная влага в клеточных полостях и 2) связанная (адсорбированная) влага в клеточных стенках. Выделяют еще несколько показателей, из которых наиболее часто используемый — равновесное состояние влажности, которое находится в пределах 12–15 % (в случае воздушно-сухой древесины). У свежесрубленной древесины тополей влажность значительно выше и колеблется в широких пределах. Так, у осины она колеблется от 95 % (сердцевина) до 113 % (заболонь), а у настоящих тополей соответственно от 162 до 146 %.

Стабильность размеров характеризуется усушкой и набуханием, которые проявляются при изменении количества воды в клеточной стенке между точкой насыщения волокон (когда их стенки полностью насыщены водой, а в клеточных полостях отсутствует свободная вода) и абсолютно сухим состоянием древесины. Усушка выражается в процентах и может составлять для такого анизотропного материала как древесина тополей в совокупности по трем направлениям (тангентальном, радиальном и аксиальном) до 20 %.

Механические свойства, или характеристики, которые определяют поведение древесины под воздействием приложенных сил или нагрузок, подразделяются на упругие и прочностные свойства. Общие прочностные характеристики включают в себя прочность на изгиб, или модуль разрыва (МОР); силу сжатия, сдвига; прочность при ударном изгибе, прочность на растяжение, вязкость и др. Механические свойства древесины тополя являются относительно низкими по сравнению с характеристиками большинства других лиственных и хвойных пород. Однако если учитывать соотношение плотности и прочности, то рейтинг тополя значительно улучшается. Например, соотношение прочности и плотности (или конкретных сил) большинства коммерческих хвойных пород. Так, средние механические свойства зрелой древесины нескольких североамериканских тополей, по данным Департамента сельского хозяйства США (USDA, 1999), по МОР составили 58–63 МПа, а по модулю эластичности — 8,1–9,9 ГПа, в то время как у *Picea glauca* и *Pinus banksiana* — соответственно 68 МПа и 9,2–9,3 ГПа [2].

Химический состав тополей характеризуется высоким содержанием полисахаридов и низким содержанием лигнина, например, около 80 % целлюлозы и 20 % лигнина. Для осины (*Populus tremuloides*) исследователями Маллинс и Маккнайт (Mullins & McKnight, 1981 цит. по [2]) при анализе экстракта из ее древесины определен следующий химический профиль: целлюлозы 53 %, гемицеллюлозы 31 % и лигнина 16 %. Количество экстрактивных веществ составило 2,1 % (горячая вода как растворитель).

Кислотность (pH) древесины тополя, определяемая по водному экстракту, находится в диапазоне 5,8–6,4. Однако данный уровень кислотности не становится причиной любой коррозии металлов или реакции с клеями, консервантами и покрытиями в местах соприкосновения древесины с этими или другими материалами.

Происхождение рода *Populus* L.

Легенды о происхождении тополей дошли до нас со времен Древней Греции. В одной из них описывается, как это произошло [8, 9]. Верхов-

ный бог Зевс погубил сына бога солнца Гелиоса Фаэтона за его легкомысленный поступок, принесший неисчислимые беды землянам. Многочисленные сестры Фаэтона (гелиады) не могли смириться с его гибелью и очень скорбели о гибели брата. С плачем они протягивали к Зевсу руки, осуждая его за это убийство. Зевс не выдержал этих длительных упреков и превратил всех гелиад в пирамидальные тополя.

Научные представления о происхождении тополей отличаются от вышеописанного мифа. По некоторым предположениям тополь появился вместе с первыми покрытосеменными в меловом периоде мезозойской эры. Однако вопрос о появлении его в начале или конце этого периода является спорным. Так, в одной из сводок [10] отмечалась встречаемость представителей рода *Populus* L. в нижнем меле на границе альба и сеномана.

Ранее этой точки зрения придерживался А.Н. Криштофович (1933) [2]. Вот, что по этому вопросу он писал в более позднем, третьем, издании своей «Палеоботаники» [11, С. 286]: «Находки тополя (*Populus arctica*) в меловых отложениях Гренландии, долгое время приводившиеся в пользу древности группы сережкоцветковых, более не могут рассматриваться как таковые ввиду, во-первых, отсутствия данных о столь древнем возрасте этих отложений, чтобы они могли считаться именно слоями, содержащими первые покрытосеменные, а во-вторых, и определение *Populus* еще не может рассматриваться окончательным; не лишено возможности, что в данном случае мы имеем дело с растением...» из другого семейства. Далее он еще раз подчеркивал эту мысль следующим образом [11, С. 294]: «Считают, что род *Populus* возник на севере и мигрировал затем к югу, но определение тополя для верхов нижнего мела Гренландии не доказано, а прежнее мнение о широкой распространенности тополя в арктической третичной и верхнемеловой флоре в виде *Populus arctica* оказалось несостоятельным вследствие вероятности принадлежности этих отпечатков к роду *Trochodendroides* из сем. *Certidiphyllaceae*». Учитывая это, относить происхождение тополя к нижним ярусам мелового периода следует с некоторой долей сомнения.

С зарождением рода *Populus* L. в верхних ярусах мелового периода согласны многие исследователи, в том числе и Криштофович [11, С. 294].

Бесспорно, однако, что расцвет эволюции тополя наступил в третичном периоде кайнозойской эры. С этим согласуются данные В.Л. Комарова [12], А.Н. Криштофовича [11], Майни (J.S. Maini) [13], Сродона (A. Srodon) [10] и др. При этом авторы [13] выделяли до 50 видов тополя уже в эоцене.

Начиная с миоцена хорошо различаются 5 видовых групп тополя [12]. По исследованиям, с этого периода хорошо различали *P. balsamoides* Гоерр., по своей структуре близкий к североамериканскому тополю *P. balsamifera* L. [10]. Правда, И.А. Ильинская [14] считала, что *P. balsamoides* Гоерр. var. *balsamoides* близок к китайскому тополю *P. lasiocarpa* Oliv. Кроме того, в ее работе описаны тополь *P. primigenia* Suporta, близкий к современному алтайскому *P. laurifolia* Ldb., а также виды *P. zaddachii* Heer, *P. grandulifera* Heer., *P. latior* A. Br., приравняемые к североамериканскому тополю *P. canadensis* Desf. «Однако полной уверенности в исторической преемственности этих двух видов нет, и для выяснения этого вопроса необходимы специальные исследования...» В своей монографии И.А. Ильинская [14, С. 12] показала, что морфология листьев и пределы ее изменчивости у ископаемых и современных видов далеко не совпадают, и как пример приводит несоответствие морфологии листа ископаемых и ближайших к ним современных видов *P. balsamoides* (*P. lasiocarpa* Oliv.), *P. latior* (*P. canadensis* Michx.).

В рассматриваемых ярусах описан также *P. crenata* Ung., приравняемый к современному *P. tremula* [10].

В плиоцене, кроме перечисленных ископаемых тополей, И.А. Ильинская [14] выделяет еще *P. rhamnifolia iljinskaja* sp.n., который «от *P. balsamoides* Гоерр. отличается очень мелкими зубчиками у нормально развитых листьев, отсутствием базальных жилок, короткими вторичными жилками у основания листа и более частыми третичными жилками». Эти отпечатки очень близки к листьям дальневосточных тополей из группы *P. suaveolens* Fisch.

К сожалению, из имеющихся данных трудно однозначно установить, какие секции тополя являются наиболее древними, т. к. среди находок, датированных определенно миоценом, встречаются представители бальзамических, белых и черных тополей, хотя *P. primigenia* Suporta из секции бальзамических наблюдался уже в отложениях эоцена. В.Л. Комаров [12] отмечает, что в миоцене Европы легко различается тополь бальзамический от туранги, а в плиоцене осина от осокоря.

Учитывая вышеизложенное, вероятно можно считать, что секция бальзамических тополей обособилась несколько раньше, чем черные и белые тополя. К такому же выводу подошла и Н.В. Старова [15] при изучении морфологии представителей рода. По ее данным наиболее примитивными по строению (а значит и наиболее древними) являются тополя из секции *Tacamahaca*, затем следуют остальные виды *Europopulus*, последни-

ми названы представители секции *Leuce*. Это прослеживается при сопоставлении признаков примитивности и продвинутой, например, по морфологии листа: от простых листьев у бальзамических и черных тополей до расчлененных у белых, или по форме жилкования: перистое у бальзамических и черных и пальчатое у белых тополей [4, 16].

Выводы

Фундаментальные исследования особенностей и происхождения растительных видов имеют большое значение для познания направлений развития живой природы. В настоящей работе проведен анализ данных положений для одного из хозяйственно ценных родов, а именно *Populus* L.

Тополя являются одними из перспективных быстрорастущих пород, которые используются для преодоления дефицита древесины в разных странах. Для нашей страны выращивание тополей особенно актуально в южных лесодефицитных областях.

Ввиду этого исследования по биологическим и хозяйственным свойствам тополей и их происхождению, некоторые аспекты которых отражены в данной работе, позволят более адекватно судить об их хозяйственной ценности и условиях их наиболее рационального разведения и использования.

Список литературы

- [1] Болховских З.В., Гриф В.Г. Хромосомные числа цветковых растений. Л.: Наука, 1969. 926 с.
- [2] Balatinecz J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., van Acker J. Properties, Processing and Utilization // Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment / Ed. J.S. Isebrands, J Richardson. London: FAO, 2014, pp. 527–561.
- [3] Деревья и кустарники СССР. Т. II: Покрытосеменные. М.–Л.: АН СССР, 1951. 611 с.
- [4] Тахтаджян А.Л. Система и филогения цветковых растений. М.–Л.: Наука, 1966. 611 с.
- [5] Царев А.П., Погиба С.П., Лаур Н.В. Селекция лесных и декоративных растений / под ред. А.П. Царева. М.: МГУЛ, 2014. 552 с.
- [6] Царев А.П. Сортоведение тополя. Воронеж: Воронежский ГУ, 1985. 152 с.
- [7] Tsarev A.P. Growth and breeding of aspen in Russia // Silvae Genetica, 2013, v. 62, no. 4–5, pp. 153–160.
- [8] Кун Н.А. Легенды и мифы древней Греции. М.: Фирма СТД, 2005. 558 с.
- [9] Houtzagers G. Het Geslacht Populus Verband met zijn Beteekenis voor de Houtteelt (The genus *Populus* and its significance in silviculture). Wageningen: H. Veenman & Zonen, 1937, 266 p.
- [10] Srodon A. Karty z historii naszych topoli // Topole *Populus* L. Nasze drzewa les, 1973, v. 12, pp. 137–144.
- [11] Криштофович А.Н. Палеоботаника. М.–Л.: Госгеолгиздат, 1941. 496 с.
- [12] Комаров В.Л. Тополя СССР // Ботанический журнал СССР, 1934. Т. 19. № 5. С. 495–511.

- [13] Maini J.S., Cayford J.H. Silvics and ecology of populus in Canada // Growth and Utilization of Poplars in Canada / Ed. J.S. Maini, J.H. Cayford. Ottawa, Canada: Minister of Forestry and Rural Development, 1968, no. 1205, pp. 20–69.
- [14] Ильинская И.А. Неогенные флоры Закарпатской области УССР. Л.: Наука, 1968. 122 с.
- [15] Старова Н.В. Селекция ивовых. М.: Лесная промышленность, 1980. 208 с.
- [16] Dickmann D.I., Kuzovkina J. Poplars and Willows of the World, with Emphasis on Silviculturally Important Species // Poplars and Willows — Trees for Society and the Environment / Ed. J.S. Isebrands, J. Richardson. London: FAO, 2014, pp. 124–199.

Сведения об авторе

Царев Анатолий Петрович — д-р с.-х. наук, профессор; заслуженный лесовод РФ, действительный член РАЕН; заведующий отделом селекции и семеноводства и главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института лесной генетики, селекции и биотехнологии, antsa-55@yahoo.com; anatolytsa@gmail.com

Поступила в редакцию 30.11.2018.

Принята к публикации 24.01.2019.

BIOLOGY-STRUCTURAL FEATURES AND PALEOORIGIN OF THE GENUS *POPULUS* L. (REVIEW)

A.P. Tsarev

All Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, 105, Lomonosov st., Voronezh, 394087, Russia
anatolytsa@gmail.com

It is presented the systematic position of the genus *Populus* and it is shown that its species has a characteristic diploid chromosome set ($2n = 38$). But some of them have allotriploid forms, $2n = 57$ (*P. alba* L., *P. tremula* L., *P. nigra* L.), and even autotetraploid, $2n = 76$ (*P. tacamahaca* Mill.). At poplar *P. canescens* is known form with allotriploid level, $2n = 57$. DNA of poplar contains 485 ± 10 million nucleotide pairs. In the nucleus contains 45 555 genes, in the chloroplasts and mitochondrion's — 153 ones. It is noted that the family *Salicaceae* according to the structure of gynaecium and a number of other factors most closely to the orders *Tamaricales* and especially *Violales* one and could origin from the family of *Flacourtiaceae*, with which it is similar in anatomical wood structure and development of flowers morphology. By the analysis of the structure and properties of wood are given the data of different indicators. Thus, the ratio of tissue varies greatly: 50–65 % of the fiber, 28–38 % of the vessels and 7–15 % of the parenchyma cells. The density of wood is low: 0,31–0,40 g/cm³ in the green state; while in air-dry condition it can reach 0,50 g/cm³. Also it is given the parameters of humidity, dimensional stability, mechanical properties, chemical composition, acidity and other characteristics. In particular, the parameters of the break module of the wood were 58 to 63 MPa, and modulus of elasticity of 8,1 and 9,9 GPa. The wood of poplars is consist an average from 80 % of cellulose and 20 % of lignin. It is analyzed the evolution of ideas about paleoorigin of various poplar species. Study of existing material allows with high probability to assume that the section of balsam poplars became isolated some time before the black and white poplar.

Keywords: poplar, biological structure, the ratio of tissues, wood density, chemical composition, paleoorigin

Suggested citation: Tsarev A.P. *Biologo-strukturnye osobennosti i paleoproiskhozhdenie roda Populus L. (Obzor)* [Biology-structural features and paleoorigin of the genus *Populus* L. (Review)]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 121–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-121-126

References

- [1] Bolkhovskikh Z.V., Grif V.G. *Chromosomnye chisla tsvetkovykh rasteniy* [Chromosome numbers of flowering plants]. Leningrad: Nauka, 1969, 926 p.
- [2] Balatinecz J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., van Acker J. Properties, Processing and Utilization. Poplars and Willows — Trees for Society and the Environment. Ed. J.S. Isebrands, J. Richardson London: FAO, 2014, pp. 527–561.
- [3] *Derev'ya i kustarniki SSSR, t. II, Pokrytosemennye* [Trees and shrubs of USSR, v. 2, Covered-seeds]. Moscow, Leningrad: RAS USSR, 1951, 611 p.
- [4] Takhtadzhyan A.L. *Sistema i filogeniya tsvetkovykh rasteniy* [System and phylogeny of flowering plants]. Moscow, Leningrad: Nauka, 1966, 611 p.
- [5] Tsarev A.P., Pogiba S.P., Laur N.V. *Selektsiya lesnykh i dekorativnykh drevesnykh rasteniy* [Breeding of forest and ornamental wood plants]. Ed. A.P. Tsarev. Moscow: MSFU, 2014. 552 p.
- [6] Tsarev A.P. *Sortovedeniye topolya* [Cultivarology of poplar]. Voronezh: Voronezh State University, 1985, 152 p.
- [7] Tsarev A.P. Growth and breeding of aspen in Russia. *Silvae Genetica*, 2013, v. 62, no. 4–5, pp. 153–160.
- [8] Kun N.A. *Legendy i mify drevney Grecii* [Legends and myths of ancient Greek]. Moscow: CTD, 2005, 558 p.

- [9] Houtzagers G. Het Geslacht *Populus* Verband met zijn Beteekenis voor de Houtteelt (The genus *Populus* and its significance in silviculture). Wageningen: H. Veenman & Zonen, 1937, 266 p.
- [10] Srodon A. Karty z historii naszych topoli. Topole *Populus* L. Nasze drzewa les, 1973, v. 12, pp. 137–144.
- [11] Krishtofovich A.N. *Paleobotanika* [Paleobotany]. Moscow, Leningrad: Gosgeolizdat, 1941, 496 p.
- [12] Komarov V.L. *Topolya SSSR* [The poplars of USSR]. Botanicheskiy zhurnal SSSR [Botanical journal of USSR], 1934, v. 19, no. 5, pp. 495–511.
- [13] Maini J.S., Cayford J.H. Silvics and ecology of populus in Canada. Growth and Utilization of Poplars in Canada. Ed. J.S. Maini, J.H. Cayford. Ottawa, Canada: Minister of Forestry and Rural Development, 1968, no. 1205, pp. 20–69.
- [14] Il'inskaya I.A. *Neogennye flory Zakarpatskoy oblasti USSR* [Neogenic flora of Zakarpatsky region]. Leningrad: Nauka, 1968, 122 p.
- [15] Starova N.V. *Selektsiya ivovykh* [Breeding of salicaceae]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980, 208 p.
- [16] Dickmann D.I., Kuzovkina J. Poplars and Willows of the World, with Emphasis on Silviculturally Important Species. Poplars and Willows — Trees for Society and the Environment. Ed. J.S. Isebrands, J. Richardson. London: FAO, 2014, pp. 124–199.

Author's information

Tsarev Anatoly Petrovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Member of Russian Natural Sciences Academy, head of breeding and seed-growing department and head scientist All Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, antsa-55@yahoo.com; anatelytsa@gmail.com

Received 30.11.2018.

Accepted for publication 24.01.2019.