

УДК 630.18+630.165.6

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ ЛИСТА У ФОРМ *POPULUS LAURIFOLIA* LEDEB., ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ОКРАСУ КОРЫ, В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТОМИ

¹Б.В. Прошкин, аспирант

²А.В. Климов, кандидат биологических наук

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Новокузнецкий (филиал) институт Кемеровского государственного университета, Новокузнецк, Россия

E-mail: boris.vladimirovich.93@mail.ru

Ключевые слова: тополь, популяция, идентификация, изменчивость, объем выборки, количественные признаки, формы

Реферат. Генетический полиморфизм природных популяций служит исходной базой для селекции лесных древесных пород. *P. laurifolia* является ценным объектом для интродукции и селекции, обладает целым рядом хозяйственно важных биологических свойств. Однако формовое разнообразие его исследовано крайне слабо. В пределах популяций *P. laurifolia* в бассейне реки Томи встречаются три формы по окрасу коры: серокорая, белокорая и зеленокорая. Наиболее распространена серокорая, и в верхнем течении реки Томи тополь лавролистный представлен только ей, белокорая приурочена преимущественно к притокам среднего течения. Зеленокорая форма отмечена единично в виде клона в окрестностях города Новокузнецка. Оптимальным возрастом для визуального выявления форм тополя лавролистного, отличных по цвету коры, является период 20–40 лет. Количественное соотношение белокорых и серокорых деревьев варьирует в пределах изученных популяций. Установлено, что при изучении изменчивости количественных признаков тополя объем выборки должен составлять не менее 15 листьев, отобранных из средней части укороченных побегов с репродуктивно зрелых деревьев. Большинство изученных морфометрических признаков листа у форм в пределах популяций характеризуются низкой и средней изменчивостью. На межпопуляционном уровне белокорые и серокорые формы тополя лавролистного достоверно отличаются по ширине листовой пластинки, углу между главной жилкой и основанием листовой пластинки и листовому коэффициенту. Наблюдаемая связь полиморфизма по цвету коры с признаками листовой пластинки проявляется вне зависимости от межпопуляционных различий. Для зеленого строительства наибольшую ценность представляют белокорая и зеленокорая формы *P. laurifolia*, отличающиеся компактной кроной из тонких ветвей, декоративной коркой, хорошим очищением от сучьев.

VARIATION OF LEAVES PARAMETERS OF *POPULUS LAURIFOLIA* LEDEB. THAT DIFFER IN BARK COLORATION IN THE TOM BASIN

¹Proshkin B. V., PhD-student

²Klimov A. V., Candidate of Biology

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Novokuznetsk Institute (the Branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Russia

Key words: poplar, population, identification, variation, sample number, quantitative indicators, forms.

Abstract. Genetic polymorphism of populations is an essential basis for selection of wood species. *P. laurifolia* is valuable for introduction and selection as it has significant biological parameters. However, its form diversity is explored not enough. The authors observed 3 forms of *P. Laurifolia* populations in the Tom basin: grey bark, white bark and green bark. The grey bark form is mostly wide spread in the upper stream of the Tom river; white bark form is mostly observed in the inflows of midstream; green bark form was observed as a clone only in the suburbs of Novokuznetsk. The authors found out the appropriate age of laurel-leaved poplar forms that differ in bark coloration which is 20–40 years. Quantitative relation of white bark

trees and grey bark trees varies within the limits of populations studied. The paper explores variation of quantitative features of poplar by means of sample number equal to 15 leaves taken out of the middle parts of shortened shoots of propagatively mature trees. The most part of morphometric features of a leaf within populations is characterized by low and medium variation. At the interpopulation level, the authors make a case that white bark forms and grey forms of laurel-leaved poplar differ in leaf blade width, angle between the midrib, fan and leaf coefficient. The authors observed polymorphism relation of bark coloration and leaf blade regardless interpopulation differences. White bark and green bark forms of *P. Laurifolia* are mostly valuable for green construction as they have compact crown from thin branches, decorative outer bark and sufficient purification from branchwood.

В однородных экологических условиях у представителей рода *Populus* L. можно обнаружить деревья, значительно отличающиеся друг от друга по морфологии листьев, окраске коры, форме кроны, энергии роста, устойчивости к фитопатогенам и др. [1]. Формовое разнообразие является исходной базой как для адаптации популяций к варьирующим условиям среды обитания, так и для селекции хозяйственно-ценных форм. Под формой у древесных растений понимаются «... самые мелкие единицы внутривидового разнообразия» [2]. Обычно форма выделяется по какому-либо качественному признаку, который ассоциируется с комплексом хозяйственно-ценных количественных признаков. Зачастую в основе формового разнообразия лежит так называемый генетический полиморфизм. Специальный теоретический и практический интерес представляет изучение изменчивости по качественным наследственно обусловленным признакам и их связи с количественными признаками [3–8].

Формовое разнообразие тополей достаточно хорошо изучено у широко распространенных в Евразии видов *P. tremula* L., *P. alba* L., *P. nigra* L. [9–23]. В то же время такой сибирский вид, как *P. laurifolia*, который широко распространен в поймах рек Алтае-Саянской горной страны, почти не изучен в этом отношении [1, 24–25].

Целью наших исследований является оценка полиморфизма природных популяций тополя лавролистного в бассейне р. Томи по цвету коры и изучение ассоциации этой изменчивости с изменчивостью морфометрических признаков листовой пластинки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предварительные исследования, проведенные в верхнем и среднем течении р. Томи, ее притоков Бельсу, Уса, Верхняя Терсь, Средняя Маганакова и ряде более мелких притоков показали, что в обследованном районе наблюдаются следующие формы *P. laurifolia*, отличные по окраске коры: серокорая, белокорая и зеленокорая. Всего изучено более 100 модельных деревьев, на которых измеряли высоту ствола и его диаметр на высоте 1,3 м, оценивали форму и структуру кроны, коры и корки, форму и качество ствола. Установлено, что оптимальным возрастом для визуального выявления форм тополя лавролистного, отличных по цвету коры, является период 20–40 лет. Оценка формового разнообразия на популяционном уровне была проведена в двух относительно удаленных друг от друга популяциях (табл. 1), в каждой из которых рендомизированно было отобрано и изучено по 30 деревьев.

Таблица 1

Участки сбора полевого материала
Areas of field data gathering

Популяция	Координаты	Количество деревьев	
		Белокорая форма	Серокорая форма
Верхняя Терсь	54°13'N 87°39'E	19	11
Средняя Маганакова	54°19'N 87°58'E	6	24

Для исключения онтогенетической изменчивости листьев сбор гербарного материала проводили только с репродуктивно зрелых деревьев, с южной стороны средней части кроны. С каждой особи отбирали по 15 полностью развитых, неповрежденных листьев (со второй половины июля по

сентябрь). Использовались листья только со средней части укороченных побегов, поскольку они развиваются из зимующих вегетативных почек, отличаются меньшей изменчивостью и, следовательно, более надежны при морфологической идентификации видовой принадлежности [21, 22, 27–32].

Несмотря на довольно многочисленные работы по исследованию морфологической изменчивости листьев тополя [21–26, 32–41], единого метода определения объема выборки для оценки полиморфизма нет. В настоящей работе размер выборки листьев был оценен по относительной ошибке опыта на трех модельных деревьях

P. laurifolia. С этой целью использовали уровни эндогенной изменчивости длины листовой пластинки (L) и расстояния от основания до самой широкой ее части (A). Расчеты статистических показателей осуществляли при различных объемах выборки: для 5, 10, 15, 20, 30 и 50 листьев соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Анализ относительной ошибки измерений
Analysis of relative measurement error

Показатель	Количество листьев					
	5	10	15	20	30	50
<i>Модель 1</i>						
L	3,0	2,3	2,4	2,1	1,7	1,3
A	3,6	2,9	2,2	2,4	2,2	1,8
<i>Модель 2</i>						
L	2,7	2,0	2,1	1,7	1,6	1,3
A	4,9	3,0	2,8	2,4	1,9	1,4
<i>Модель 3</i>						
L	3,9	1,9	1,9	1,7	1,8	1,5
A	5,8	2,9	2,5	2,4	2,0	1,7

Оценка полученных результатов проводилась с использованием относительной ошибки измерений [42]. Проведенные исследования показали, что при анализе 5 листьев относительная ошибка может превышать 5%. При выборке в 10 листьев ошибка часто равна 3%, и только при отборе 15 листьев она всегда ниже. Исходя из рекомендаций Э.В. Ивантер, А.В. Коросова [42], последний объем выборки можно считать оптимальным для поставленной цели. Дальнейшее ее увеличение делает процесс исследования избыточно трудоемким.

Как отмечают Е.В. Банаев и М.А. Шемберг [43], большое значение при изучении внутривидовой изменчивости организмов имеет выбор признаков, число которых теоретически бесконечно. Однако в большинстве работ такого рода анализируются морфологические признаки, применяемые в систематике того или иного таксона [43–45]. Используемые нами признаки были отобраны на основе анализа сведений различных авторов о *P. laurifolia* [24, 46–58]. На каждом листе модельного дерева были измерены следующие морфометрические признаки:

– *основные* (рис. 1): L – длина листовой пластинки (мм); D – максимальная ширина листовой пластинки (мм); P – длина черешка (мм); A – расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием (мм); H – угол между главной жилкой и основанием листовой пластинки;

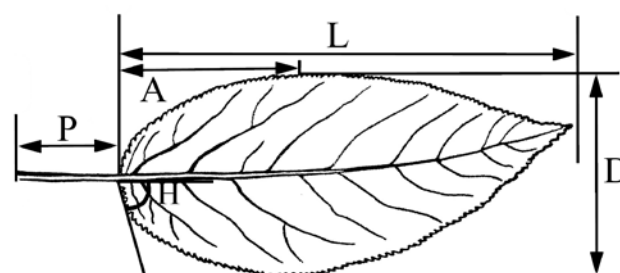


Рис. 1. Измеренные признаки листа
Measured leaf features

– *производные (индексы)*: P/L – длина черешка / длина листовой пластинки; D/L – максимальная ширина листовой пластинки / длина листовой пластинки (лиственный коэффициент); A/L – расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием / длина листовой пластинки.

Всего было выполнено 4500 измерений.

Для оценки изменчивости морфометрических признаков листа форм *P. laurifolia* на внутрипопуляционном уровне, с каждого изученного дерева рассчитывали основные параметры описательной статистики: среднюю арифметическую (M), ее ошибку (m), максимальное и минимальное значение, стандартное отклонение (σ) и коэффициент вариации ($Cv, \%$). При статистической обработке данных использовали t -критерий, двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) и факторный

анализ (метод главных компонент и дискриминантный анализ) [38, 59].

Графическое представление и статистическую обработку всех полученных данных проводили с помощью программ Excel и SPSS 23,0. Оценку уровней изменчивости признаков осуществляли по эмпирической шкале С. А. Мамаева [60].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формовое разнообразие по габитуальным признакам. *Серокорая форма.* Самая распространенная в исследованном районе, в верхнем течении р. Томи тополь лавролистный представлен только ей (рис. 2). Деревья в 30-летнем возрасте на высоте 3–5 м от основания покрыты темно серой продольно-трещиноватой коркой, выше кора гладкая, зеленовато-серая. Гребни корки имеют ширину и толщину около 1 см. Деревья этой фор-

мы отличаются разнообразным типом кроны – от компактно-колоновидной до широкораскидистой, последние преобладают. Ветви обычно толстые, реже средней толщины. Очищенность от сухих ветвей слабая. Деревья в зрелых и перестойных топольниках обычно достигают высоты 24–25 м при диаметре 44–145 см.

Белокорая форма. Очень редко встречается в популяциях поймы р. Томи, но преобладает по Верхней и Средней Терси (см. рис. 2). Тридцатилетние деревья этой формы отличаются более слабо развитой беловато-серой коркой, которая распространяется на высоту 1–2 м, гребни ее мельче, выше кора гладкая, беловато-серая. У деревьев преобладает раскидистая или слабораскидистая крона, с тонкими или средней толщины ветвями, очищенность хорошая или удовлетворительная. Деревья в зрелых и перестойных топольниках достигают высоты 32–35 м при диаметре 52–128 см.

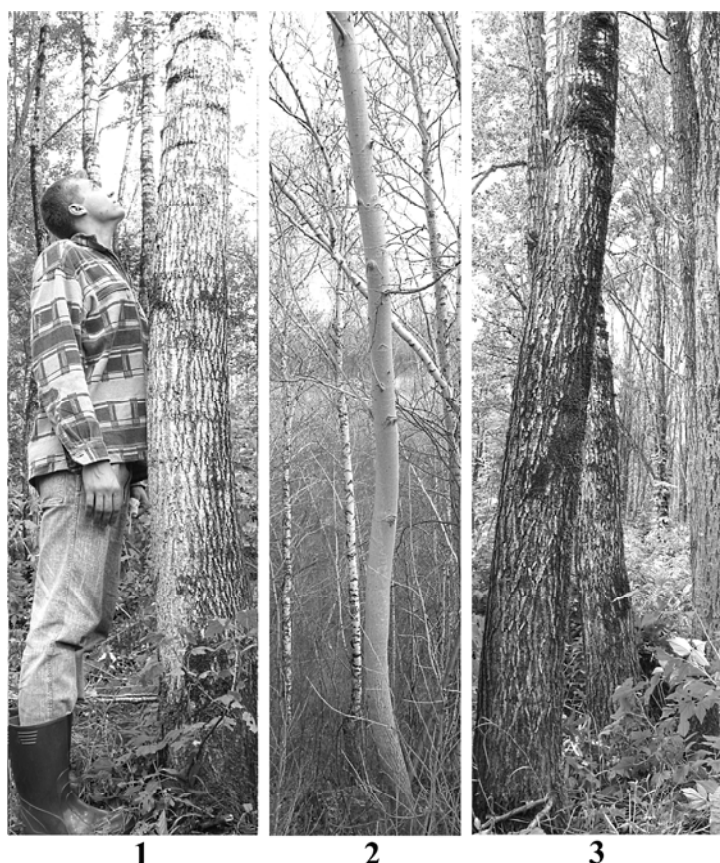


Рис. 2. Формы тополя лавролистного: 1 – белокорая; 2 – зеленокорая; 3 – серокорая
Forms of laurel-leaved poplar: 1 – white bark form; 2 – green bark form; 3 – grey bark form

Зеленокорая форма. Единично, в виде отдельного клона отмечена в пойме р. Томи в окрестностях г. Новокузнецка (см. рис. 2). Деревья в указанном возрасте отличаются очень слабым

развитием желто-зеленой корки на высоту 1–2 м, гребни ее широкие, до 5 см, выше кора абсолютно гладкая (как у молодых осин), зеленоватая. Крона слабораскидистая, ветви тонкие, очищаемость

ствола от сучьев хорошая. Исследованный клон представлен 10 разновозрастными особями, высота самого крупного ствола 15,6 м, диаметр 23 см, возраст 33 года. Поскольку зеленокорая форма была обнаружена лишь единично в виде клона, то она не использовалась при исследовании морфометрических признаков листьев.

Для зеленого строительства наибольшую ценность, безусловно, представляют белокорая и зеленокорая формы *P. laurifolia*, отличающиеся компактной кроной из тонких ветвей, декоративной коркой, хорошим очищением от сучьев.

Связь формового разнообразия с изменчивостью признаков листа. В пределах изученных участков реки Верхняя Терсь и Средняя Маганакова характеризуются пойменной и русловой многорукавностью. Они ветвятся на несколько рукавов, разделяющих острова. Протоки довольно широкие и глубокие. Большая часть островов представлена останцами обтекания, возникшими на месте спрямления бывших меандр. В силу преобладающих русловых процессов пойменная зональность растительного покрова слабо выражена. Насаждения на островах и по берегам смешанные по составу и раз-

новозрастные. В топольниках Верхней Терси на обследованном участке преобладает *P. laurifolia* с единичной примесью *P. nigra*. Изученные насаждения реки Средняя Маганакова образованы только тополем лавролистым.

Популяции резко отличаются по формовому составу тополя лавролистного. В популяции Верхней Терси преобладает белокорая форма, которая образует насаждения вдоль основного русла реки и на островах. Серокорые формы встречаются редко, в виде небольших клонов на некотором удалении от основного русла, вдоль переливных ложбин. В популяции Средняя Маганакова, напротив, белокорые формы отмечены единично и в виде отдельных клонов, которые произрастают в небольших насаждениях с преобладанием серокорых форм вдоль русла и переливных ложбин.

Большинство морфометрических признаков листа в пределах популяции Верхняя Терсь у обеих форм варьируют на низком уровне ($C_v = 7,2-11,9\%$) (табл. 3). Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали, что в данной популяции признаки *D*, *H* и *D/L* отличаются наибольшим вкладом в дифференциацию форм.

Таблица 3

Средние значения ($\bar{x} \pm m$), лимиты (lim) и коэффициенты вариации (C_v) морфометрических признаков листьев у различных форм тополя лавролистного
Average value ($\bar{x} \pm m$), limits (lim) and variation coefficients (C_v) of morphometric parameters of laurel-leaved poplar leaves

Показатель		n	L, мм	D, мм	P, мм	A, мм	H, град.	P/L	D/L	A/L
1			2	3	4	5	6	7	8	9
Верхняя Терсь										
x ± m	Б	19	119,70 ± 3,20	69,90 ± 1,50	47,10 ± 2,10	41,50 ± 1,10	100,10 ± 2,10	0,39 ± 0,01	0,58 ± 0,01	0,34 ± 0,01
	С	11	115,50 ± 3,10	62,40 ± 1,90	47,20 ± 1,60	41,60 ± 1,60	72,90 ± 0,90	0,40 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,35 ± 0,01
Разность			4,20 ± 4,47	7,50 ± 2,34	0,10 ± 2,73	0,10 ± 1,85	27,20 ± 2,49	0,01 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,01 ± 0,01
t			0,93	3,19 ***	−0,04	−0,05	10,94 ***	−0,70	4,41 ***	−1,32
lim	Б	19	93,10– 141,60	53,40– 78,20	32,10– 63,70	32,60– 52,40	83,60– 115,60	0,29– 0,51	0,52–0,67	0,31– 0,41
	С	11	100,80– 132,20	51,30– 73,70	40,10– 59,80	35,20– 51,20	68,10–78,30	0,34– 0,51	0,49–0,59	0,33– 0,39
Cv,%	Б	19	7,20	8,80	14,50	11,90	15,40	10,80	6,40	8,50
	С	11	8,90	9,20	14,90	9,70	13,90	11,10	7,40	8,90
Средняя Маганакова										
x ± m	Б	6	109,90 ± 3,20	68,10 ± 2,40	48,20 ± 1,30	38,20 ± 1,01	92,70 ± 1,30	0,43 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,34 ± 0,01
	С	24	107,30 ± 1,90	59,20 ± 1,10	39,20 ± 1,10	38,60 ± 0,90	70,70 ± 1,60	0,36 ± 0,01	0,55 ± 0,01	0,35 ± 0,01

Окончание табл. 3

1			2	3	4	5	6	7	8	9
Разность			2,60 ± 3,14	8,90 ± 2,06	9,00 ± 1,62	0,40 ± 1,31	22,00 ± 2,18	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,01
t			0,83	4,32 ***	5,57 ***	-0,31	10,07 ***	5,86 ***	6,70 ***	-1,86
lim	Б	6	100,60– 120,80	59,40– 75,20	44,20– 53,20	34,10– 40,60	89,10–98,30	0,38– 0,47	0,58–0,65	0,33– 0,36
	С	24	89,20– 130,80	50,30– 73,70	31,10– 48,10	32,90– 50,20	52,60–85,10	0,29– 0,43	0,50–0,61	0,33– 0,40
Cv, %	Б	6	10,30	13,10	15,90	11,70	17,80	9,10	9,60	6,70
	С	24	8,70	9,70	15,60	10,60	15,40	10,30	7,10	6,40

Примечание. 1. Б, С – бело- и серокорые формы соответственно. 2. Здесь и далее: *P<0, 01; **P<0,05; *** P <0,001.

Ширина листовой пластинки (*D*) у обеих форм варьирует на низком уровне, средний и максимальный показатели по данному признаку у белокорых форм выше, хотя лимиты в значительной степени перекрываются.

Угол между главной жилкой и основанием листовой пластинки (*H*) в популяции Верхняя Терсь отличается средней изменчивостью. Однако средний и максимальные показатели по данному признаку у белокорых форм значительно превосходят таковые у серокорых: у первых часто встречаются листовые пластинки с сердцевидным и выемчатым основанием (от 60 до 100% выборки), а для серокорых характерно клиновидное, ширококлиновидное или округлое основание (рис. 3, 4).

Листовой коэффициент (*D/L*) у белокорых форм в пределах популяции Верхняя Терсь варьирует на очень низком уровне, а у серокорых – на низком (табл. 3). Средний показатель серокорых форм составляет 0,53, максимальный – 0,67. У белокорых форм и средний и максимальный показатели выше.

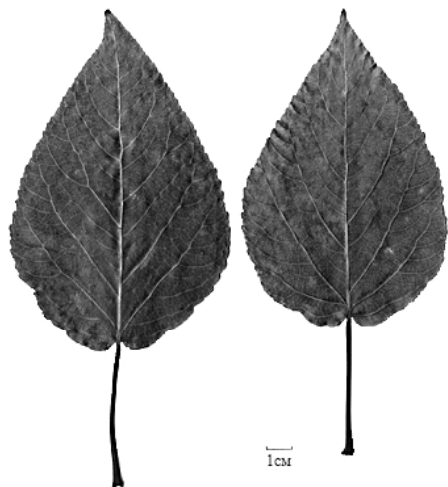


Рис. 3. Листовые пластинки белокорых форм *P. laurifolia* с сердцевидным основанием
Leaf blades of white-bark *P. laurifolia* forms with heart-shaped fan



Рис. 4. Листовые пластинки серокорых форм *P. laurifolia* с ширококлиновидным и округлым основанием
Leaf blades of grey-bark *P. laurifolia* forms with c wide wedge fan and round fan

В популяции Средняя Маганакова большинство признаков также варьирует на низком уровне (см. табл. 3). Наряду с признаками, по которым белокорые и серокорые формы различались в популяции Верхней Терси, в популяции Средняя Маганакова они отличаются по длине черешка (*P*) и отношению длины черешка к длине листовой пластинки (*P/L*).

Длина черешка у обеих форм варьирует на среднем уровне, но средний показатель и лимиты по данному признаку у белокорых форм выше. Признак *P/L* сопряжен с длиной черешка, хотя отличается низкой изменчивостью.

Анализ методом главных компонент позволил оценить дифференциацию исследованных форм. В изученных популяциях они четко сгруппировались по комплексу отличительных признаков (рис. 5, 6).

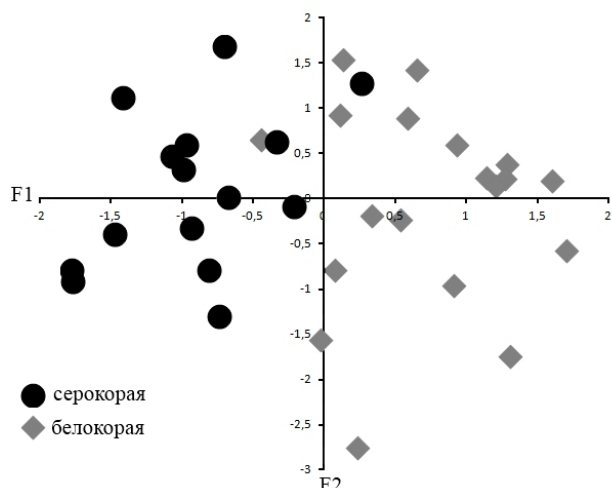


Рис. 5. Распределение модельных деревьев популяции Верхняя Терсь по морфологическим признакам в факторном пространстве

Distribution of sample trees of *Verkhnyaya Ters* population on morphological parameters in the factor space

В популяции Верхняя Терсь на фактор 1 приходится 62,1% изменчивости. С ним коррелируют следующие признаки: угол между главной жилкой и основанием листовой пластинки (H) и листовой коэффициент (D/L). На второй фактор приходится 23,4% и он отражает в первую очередь отличия по ширине листовой пластинки (D). Фактор 3 описывает менее 10% от изменчивости отличительных признаков.

В популяции Средняя Маганакова на фактор 1 приходится 74% изменчивости. С ним коррелируют H , D/L , длина черешка (P) и отношение длины черешка к длине листовой пластинки (P/L). На фактор 2 приходится 14% и он также отражает

отличия по ширине листовой пластинки. Фактор 3 описывает менее 10% от изменчивости отличительных признаков.

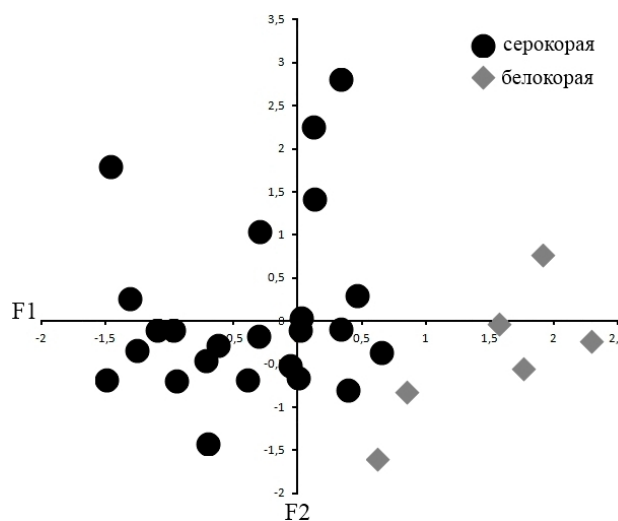


Рис. 6. Распределение модельных деревьев популяции Средняя Маганакова по морфологическим признакам в факторном пространстве

Distribution of sample trees of *Srednyaya Maganakova* population on morphological parameters in the factor space

Поскольку белокорая форма отличается от серокорой по размеру и строению листовой пластинки, а частота этой формы варьирует по популяциям, то это может влиять на среднепопуляционные характеристики морфометрических признаков. Например, если не учитывать особенности полиморфной структуры, то изученные популяции достоверно различаются по большинству признаков листьев, за исключением двух производных – D/L и A/L (табл. 4).

Таблица 4

Изменчивость морфометрических признаков по популяциям
Variation of morphometric parameters in populations

Признак	Популяция Верхняя Терсь (n=450)		Популяция Средняя Маганакова (n=450)		$t_{\text{эксп}}$ при сравнении популяций
	$M \pm m$ min-max $\pm \sigma$	Cv, %	$M \pm m$ min-max $\pm \sigma$	Cv, %	
1	2	3	4	5	6
L	$118,2 \pm 0,7$ 84–162 15,8	13,3	$108,9 \pm 0,6$ 73–152 13,9	12,8	10,10***
D	$67,2 \pm 0,4$ 45–98 9,6	14,2	$62,4 \pm 0,4$ 41–102 10,2	16,4	8,57***
P	$47,1 \pm 0,5$ 22–92 10,6	22,6	$41,5 \pm 0,5$ 20–70 9,6	23,2	8,01***
A	$41,6 \pm 0,3$ 26–78 6,9	16,7	$38,9 \pm 0,3$ 22–61 6,4	16,5	6,42***

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
H	$90,2 \pm 0,9$ 50–140 20,3	22,5	$75,2 \pm 0,8$ 39–154 17,8	23,4	12,51***
P/L	$0,39 \pm 0,003$ 0,23–0,67 0,07	17,9	$0,38 \pm 0,003$ 0,20–0,70 0,07	18,4	2,38**
D/L	$0,57 \pm 0,002$ 0,42–0,77 0,06	10,5	$0,57 \pm 0,003$ 0,36–0,77 0,07	12,3	0,00
A/L	$0,35 \pm 0,002$ 0,22–0,58 0,04	11,4	$0,35 \pm 0,001$ 0,23–0,46 0,03	8,5	0,00

Интегральная характеристика изменчивости признаков листа с одновременным учетом влияния исследуемых факторов (полиморфизм по цвету коры и популяция) и их взаимодействия возможна в двухфакторной схеме дисперсионного анализа (табл. 5, 6). За исключением *H* и *D/L*, большая часть изменчивости признаков приходится на остаточный компонент (61,8–94,6%). При этом достоверные аддитивные эффекты полиморфизма по цвету коры обнаруживаются по признакам абсолютной и относительной ширины листа (*D*, *D/L*) и угла отхождения основания от

центральной жилки листа: на долю влияния этого фактора по данным признакам приходится около 44–80% общей дисперсии. Влияние популяций по большинству признаков не обнаруживается, достигая достоверных значений только по длине листа (*L*) (20,9%) и расстоянию между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием (*A*) (14,1%). Возможно, что эти признаки отличаются наибольшей экологической лабильностью. Взаимодействие факторов близко к нулю, за исключением относительной длины черешка листа (*P/L*).

Таблица 5

Характеристика дисперсионного комплекса, использованного для оценки структуры изменчивости признаков листа тополя лавролистного (метод невзвешенных средних [59])
Characteristics of dispersive complex used for evaluation of variation structure of laurel-leaved poplar leaves (method of unweighted means [59])

Комплекс, модель	Классификация	Источники изменчивости	Число степеней свободы	Структура среднего квадрата
2-факторный, параметрическая	Перекрестная	Формы (<i>I</i>)	1	$0,1173s_w^2 + 2s_{I_j}^2$
		Популяции (<i>J</i>)	1	$0,1173s_w^2 + 2s_{J_j}^2$
		Взаимодействие (<i>IJ</i>)	1	$0,1173s_w^2 + s_{IJ}^2$
		Остаточный (<i>w</i>)	56	s_w^2
		Итого	59	–

Примечание. s_w^2 , s_P^2 , s_J^2 – дисперсии остаточная, по факторам *I* и *J* соответственно.

Таблица 6

Компоненты дисперсии и доли влияния факторов, вычисленные по результатам дисперсионного анализа признаков листа у различных форм тополя лавролистного из популяций Верхняя Терсь и Средняя Маганакова
Dispersive components and impact of the factors calculated by means of dispersive analysis of leaf parameters of laurel-leaved poplar forms from Verkhnyaya Ters population and Srednyaya Maganakova population

Источник изменчивости	Признак							
	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>P/L</i>	<i>D/L</i>	<i>A/L</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Компоненты дисперсии								
Формы (Ф)	0,00	31,64***	5,66	0,00	299,42***	0,00024	0,00141***	0,00003
Популяции (П)	32,89**	0,88	1,96	3,63*	8,14	0,00000	0,00017	0,00000

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Взаимодействие Ф-П	0,00	0,00	12,56	0,00	0,00	0,00128 **	0,00000	0,00000
Остаточный	124,86	39,99	46,90	22,11	57,53	0,00245	0,00104	0,00045
Сумма	157,76	72,51	67,07	25,73	365,08	0,00396	0,00262	0,00047
Доли влияния, %								
Формы (Ф)	0,0	43,6 ***	8,4	0,0	82,0 ***	5,9	53,8 ***	5,4
Популяции (П)	20,9 **	1,2	2,9	14,1*	2,2	0,0	6,6	0,0
Взаимодействие Ф-П	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	32,3**	0,0	0,0
Остаточный	79,1	55,1	69,9	85,9	15,8	61,8	39,6	94,6
Сумма	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Поскольку действие исследуемых факторов в основном аддитивно, и дифференциация бело- и серокорых форм наблюдается по признакам H , D/L и D , по которым не наблюдается межпопуляционных различий, то на заключительном этапе исследований на всем материале был проведен дискриминантный анализ.

Из распределения модельных деревьев в координатах I и II канонических переменных очевидна четкая дифференциация бело- и серокорых форм (рис. 7). Она обусловлена главным образом углом между главной жилкой и основанием листовой пластинки (H) по первой канонической переменной (корреляция признака с переменной $r = 0,80$) и относительной шириной листа (D/L) по второй ($r = 0,81$). Со второй переменной также связаны длина листовой пластинки (L) и расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием (0,57 и 0,52 соответственно). Отметим, что на графике (рис. 7) исследованные модельные деревья четко разделились по оси абсцисс на белокорые и серокорые формы вне зависимости от принадлежности к популяциям. При этом особи популяции Верхняя Терсь сосредоточены главным образом в верхней части массива, а Средняя Маганакова – в нижней. Такое распределение обусловлено главным образом длиной листовой пластинки, которая заметно меньше у обеих форм в последней популяции.

Таким образом, обнаруживается связь полиморфизма по цвету коры с признаками листовой пластинки, проявляющаяся вне зависимости от межпопуляционных различий. В целом белокорые формы в сравнении с серокорыми отличаются большей относительной шириной и более тупым углом основания листовой пластинки. На этом

основании допустимо предположение о большей площади листовой поверхности, большей ассимиляционной способности и большей интенсивности роста белокорой формы в сравнении с серокорой. Данное предположение нуждается в дополнительном исследовании.

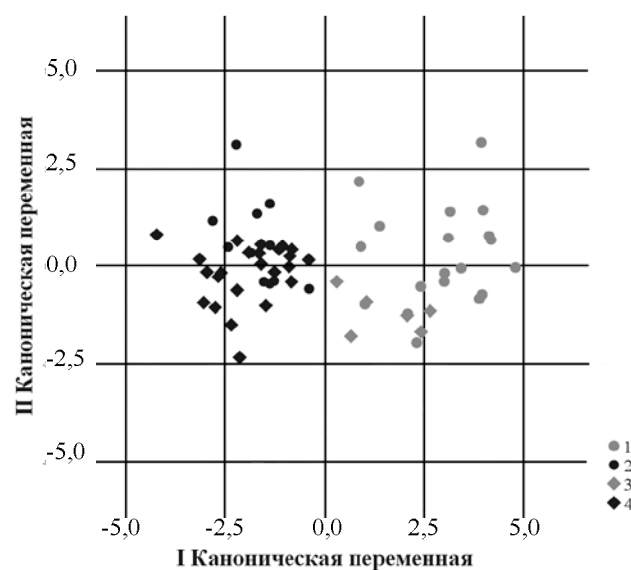


Рис. 7. Распределение модельных деревьев по каноническим переменным. Популяции: Верхняя Терсь: 1 – белокорая, 2 – серокорая; Средняя Маганакова: 3 – белокорая; 4 – серокорая
Distribution of sample trees of populations *Verkhnyaya Ters'*: 1 – white-bark form, 2 – grey-bark form and *Srednyaya Maganakova*: 3 – white-bark form and 4 – grey-bark form on canonical variables

ВЫВОДЫ

1. В пределах бассейна р. Томи встречаются три формы *P. laurifolia*, отличные по окрасу коры: серокорая, белокорая и зеленокорая. Наиболее распространенной в пойме р. Томи является сероко-

рая, белокорая приурочена преимущественно к ее притокам. Зеленокорая форма отмечена единично в виде клона в окрестностях г. Новокузнецка.

2. Оптимальным возрастом для визуального выявления форм тополя лавролистного, отличных по цвету коры, является период 20–40 лет. Для достоверного изучения изменчивости количественных признаков объем выборки должен составлять не менее 15 листьев, отобранных из средней части укороченных побегов с репродуктивно зрелых деревьев.

3. Количественное соотношение белокорых и серокорых деревьев варьирует в пределах изученных популяций. Наблюдаемая связь полиморфизма по цвету коры с признаками листовой

пластинки проявляется вне зависимости от межпопуляционных различий.

4. Белокорые и серокорые формы тополя лавролистного достоверно отличаются по ширине листовой пластинки, углу между главной жилкой и основанием листовой пластинки и листовому коэффициенту.

5. Для зеленого строительства наибольшую ценность представляют белокорая и зеленокорая формы *P. laurifolia*, отличающиеся компактной кроной из тонких ветвей, декоративной коркой, хорошим очищением от сучьев.

Благодарность. Авторы благодарны сотрудникам Западно-Сибирского филиала Института леса СО РАН В.В. Тараканову и Г.В. Тарану, принявшим участие в полевых исследованиях и обсуждении результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакулин В.Т. Тополь душистый в Сибири. – Новосибирск: Гео, 2010. – 110 с.
2. Милютин Л.И. Краткий словарь терминов по лесной генетике, селекции и семеноводству. – Новосибирск: Гео, 2014. – 91 с.
3. Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. – М.: Наука, 1973. – 277 с.
4. Правдин Л.Ф. Значение генэкологических исследований древесных пород для лесоводства // Современные вопросы лесоведения и лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1974. – С. 217–225.
5. Глотов Н.В. Популяция как естественно-историческая структура. Генетика и эволюция природных популяций растений // Вопросы общей теории и количественной генетики. – Махачкала, 1975. – Вып. 1. – С. 17–25.
6. Мамаев С.А., Семерилов Л.Ф. Актуальные проблемы популяционной биологии растений // Экология. – 1981. – № 2. – С. 5–14.
7. Яблоков А.В. Популяционная биология. – М.: Высш. шк., 1987. – 303 с.
8. Семерилов Л.Ф. О естественно-исторических принципах определения популяционной структуры вида // Системная организация и генетическая устойчивость популяций. – М., 1992. – С. 56–83.
9. Яблоков А.С. Воспитание и разведение здоровой осины. – М.: Гослемуиздат, 1963. – 442 с.
10. Иванников С.П. Быстрорастущая и устойчивая к гнили форма осины // Лесное хозяйство. – 1952. – № 12. – С. 37–38.
11. Иванников С.П. Селекция осины в условиях Центральной лесостепи по быстрому росту и устойчивости против гнили // Быстрорастущие и хозяйственно-ценные породы. – М.: Изд-во МСХ СССР, 1958. – С. 94–99.
12. Царев А.П. Сортоведение тополя. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1985. – 152 с.
13. Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В. Селекция и репродукция древесных пород: учеб. / под ред. А.П. Царева. – М.: Логос, 2003. – 520 с.
14. Михайлов Л.Е. Осина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 72 с.
15. Смилга Я.Я. Осина. – Рига: Зинатне, 1986. – 234 с.
16. Бакулин В.Т. Триплоидный клон осины в лесах Новосибирской области // Генетика. – 1966. – № 11. – С. 58–68.
17. Бакулин В.Т. Тополь черный в Западной Сибири. – Новосибирск: Гео, 2007. – 121 с.
18. Бакулин В.Т. Тополь белый в Западной Сибири. – Новосибирск: Гео, 2012. – 117 с.
19. Щепотьев Ф.Л., Павленко Ф.А. Быстрорастущие древесные породы. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 373 с.
20. Сиволопов А.И. Тополь сереющий: генетика, селекция, размножение. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2005. – 158 с.

21. *The differences among hairy and typical European black poplars and the possible role of the hairy type in relation to climatic changes* / D. Kajba, D. Ballian, M. Idžojić, S. Bogdan // For Ecol Manag. – 2004. – Vol. 197. – P. 279–284.
22. *Leaf Morphology Variation of Populus nigra L. in Natural Populations along the Rivers in Croatia and Bosnia and Herzegovina* / D. Kajba, D. Ballian, M. Idžojić, N. Poljak // South-east Eur. – 2015. – № 1. – P. 39–51.
23. *Variability of European Black Poplar (Populus nigra L.) in the Danube Basin* / B. Šiler, M. Skorić, D. Mišić [et al.]. – Vojvodinašume, Novi Sad, 2014. – 128 p.
24. Бакулин В. Т. Тополь лавролистый. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2004. – 123 с.
25. Климов А. В., Романов В. Ю. Формовое разнообразие в субпопуляции *Populus laurifolia* Ledeb. (Salicaceae) поймы реки Средняя Маганакова (заповедник Кузнецкий Алатау) // Заповедное дело: науч.-метод. зап. комиссии по сохранению биол. разнообразия (секция заповед. дела). – М., 2014. – Вып. 16. – С. 64–68.
26. Климов А. В., Прошкин Б. В. Морфологическая идентификация естественных гибридов *P. nigra* х *P. laurifolia* в пойме реки Томи // Сиб. лесн. журн. – 2016. – № 5. – С. 55–62.
27. Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. – Баку: Изд-во АН Азербайджанской ССР, 1945. – Т. 3. – 30 с.
28. Eckenwalder J. E. Systematics and evolution of *Populus* // Biology of *Populus* and its Implications for Management and Conservation / National Research Council of Canada. – NCR Research Press, Ottawa, Canada, 1996. – P. 7–32.
29. *Morphological variability of the leaves of black poplar (Populus nigra L.) in natural stands along the Sava river (Croatia)* / A. Krstinic, I. Trinajstic, D. Kajba, J. Samardžić // *Populus nigra* Network. Report of the fourth meeting 3–5 October 1997, Belgium. – Rome (Italy): IPGRI, 1998. – P. 71–77.
30. *Advances in the preservation of genetic resources in Populus nigra L. in Spain* / N. Alba, C. Maestro, D. Agundez, E. Notivol // Genetic diversity in river populations of European black poplar-implications for riparian eco-system management: Proceedings of the International Symposium Held in Szekszárd, Hungary. – 2002. – P. 125–136.
31. Slavov G. T., P. Zhelev P. Salient Biological Features, Systematics, and Genetic Variation of *Populus* // Genetics and Genomics of *Populus*: Crops and Models. – 2010. – Vol. 8. – P. 15–38.
32. Maksimović Z., Šijačić-Nikolić M. Morphometric characteristics of black poplar (*Populus nigra* L.) leaves in the area of Great War Island // Bulletin of the Faculty of Forestry. – 2013. – Vol. 108. – P. 93–108.
33. Рязанцева П. А. Морфофизиологическая изменчивости спонтанных гибридов тополя и использование ее в селекции. – Алма-Ата, 1969. – 28 с.
34. Майорчик И. Б. Изменчивость некоторых видов и гибридов тополей в связи с гибридизацией // Проблемы генетики и селекции на Урале. Информационные материалы. – Свердловск, 1977. – С. 124–126.
35. Бакулин В. Т. Идентификация естественных клонов тополя черного по морфологическим признакам листьев и фенологии // Лесоведение. – 2009. – № 2. – С. 41–46.
36. Ronald W. G., Lenz M., Cumming W. A. Biosystematics of the genus *Populus*. Distribution and morphology of native Manitoba species and variants // Can. J. Bot. – 1973. – Vol. 51. – P. 2431–2442.
37. Gom L. A., Rood S. B. The discrimination of cottonwood clones in a mature grove along the Oldman River in southern Alberta // Can. J. Bot. – 1999. – Vol. 77. – P. 1084–1094.
38. Floate K. D. Extent and patterns of hybridization among the three species of *Populus* that constitute the riparian forest of southern Alberta, Canada // Can. J. Bot. – 2004. – Vol. 82. – P. 253–264.
39. Čortan D., Šijačić-Nikolić M., Knežević R., Variability of leaves morphological traits in black poplar (*Populus nigra* L.) from two populations in Vojvodina // Šumarstvo. – 2013. – Vol. 65, N. 3–4. – P. 193–202.
40. Čortan D., Šijačić-Nikolić M., Knežević R., Variability of Black poplar morphometric leaf characteristics from the area of Vojvodina // Bulletin of the Faculty of Forestry – University of Belgrade. – 2014. – Vol. 109. – P. 63–72.
41. *Variability of black poplar (Populus nigra L.) leaf morphology in vojvodina, Serbia* Izvorni znanstveni članci / D. Čortan, B. Tubic, M. Šijačić-Nikolić, D. Borota // Original scientific papers Šumarski list. – 2015. – Vol. 5–6. – P. 245–252.

42. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию: учеб. пособие. – Петрозаводск, 2003. – С. 58.
43. Банаев Е. В., Шемберг М. А. Ольха в Сибири и на Дальнем Востоке России (изменчивость, таксономия, гибридизация). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 99 с.
44. Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. – М.: Наука, 1975. – 177 с.
45. Шемберг М. А. Береза каменная. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. – 175 с.
46. Ledebour C. Fr. Flora Rossica. Part 1. – Stuttgart, 1847. – Vol. 3. – P. 628–629.
47. Крылов П. Н. Флора Алтая и Томской губернии. Руководство к определению растений Западной Сибири. Т. 5: Salicaceae–Betulaceae. – Томск, 1909. – С. 1238–1239.
48. Крылов П. Н. Флора Западной Сибири. – Томск: Рус. ботан. о-во. Том. отд-ние, 1930. – Вып. IV. – 980 с.
49. Комаров В. Л. Род тополь – *Populus* L. // Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. – Т. 5. – С. 216–242.
50. Соколов С. Я. Деревья и кустарники СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – Т. 2. – С. 174–217.
51. Гроздов Б. В. Дендрология. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. – С. 367–370.
52. Попов М. И. Salicaceae // Флора Средней Сибири. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 2. – С. 789–790.
53. Поляков П. П. Salicaceae // Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН Казахской ССР, 1960. – Т. 3. – С. 39.
54. Колесников А. И. Декоративная дендрология. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – С. 581–586.
55. Петроченко Ю. П. Salicaceae // Флора Центральной Сибири. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – Т. 1. – С. 245–262.
56. Меницкий Ю. Л. Семейство Salicaceae Mirb. // Растения Центральной Азии по материалам Ботанического ин-та им. В. Л. Комарова. – Л.: Наука, 1989. – Вып. 9. – С. 14–54.
57. Большаков Н. М. Salicaceae – Ивовые // Флора Сибири. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – Т. 5. – С. 8–11.
58. Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения азиатской России. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2002. – 708 с.
59. Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. – М.: Прогресс, 1976. – 496 с.
60. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). – М.: Наука, 1972. – 284 с.

REFERENCES

1. Bakulin V. T. *Topol dushistyj v Sibiri* [Poplar sweet in Siberia]. Novosibirsk: Geo, 2010. 110 p.
2. Miljutin L. I. *Kratkij slovar terminov po lesnoj genetike, selekcii i semenovodstvu* [A brief glossary of terms on forest genetics, breeding and seed production]. Novosibirsk: Geo, 2014. 91 p. (In Russ.).
3. Timofeev-Resovskij N. V., Jablov A. V., Glotov N. V. *Ocherk uchenija o populjácii* [Essay on the teaching of the population]. Moscow: Nauka, 1973. 277p. (In Russ.).
4. Pravdin L. F. *Sovremennye voprosy lesovedenija i lesnoj biogeocenologii*. Moscow: Nauka, 1974. pp. 217–225. (In Russ.).
5. Glotov N. V. *Voprosy obshhej teorii i kolichestvennoj genetiki. Mahachkala*, Vip. 1 (1975): 17–25. (In Russ.).
6. Mamaev S. A., Semerikov L. F. *Jekologija*, no. 2 (1981): 5–14. (In Russ.).
7. Jablov A. V. *Populjacionnaja biologija* [Population Biology]. Moscow: Vysshaja shkola, 1987. 303 p. (In Russ.).
8. Semerikov L. F. *Sistemnaja organizacija i geneticheskaja ustojchivost populjacij*. Moscow, 1992. pp. 56–83. (In Russ.).
9. Jablov A. S. *Vospitanie i razvedenie zdorovoj osiny* [Upbringing and breeding of healthy aspen]. Moscow: Goslembumizdat, 1963. 442 p. (In Russ.).
10. Ivannikov S. P. *Lesnoe hozjajstvo*, no. 12 (1952): 37–38. (In Russ.).
11. Ivannikov S. P. *Bystrorastushhie i hozjajstvenno-cennye porody*. Moscow: Izd-vo MSH SSSR, 1958. pp. 94–99. (In Russ.).

12. Carev A. P. *Sortovedenie topolja* [Sortology of poplar]. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo un-ta, 1985. 152 p. (In Russ.).
13. Carev A. P., Pogiba S. P., Trenin V. V. *Selekcija i reprodukcija drevesnyh porod* [Selection and reproduction of tree species]. Moscow: Logos, 2003. 520 p. (In Russ.).
14. Mihajlov L. E. *Osina* [Aspen]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 72 p. (In Russ.).
15. Smilga Ja. Ja. *Osina* [Aspen]. Riga: Zinatne, 1986. 234 p. (In Russ.).
16. Bakulin V. T. *Genetika*, no. 11 (1966): 58–68. (In Russ.).
17. Bakulin V. T. *Topol» chernyj v Zapadnoj Sibiri* [Poplar black in Western Siberia]. Novosibirsk: Geo, 2007. 121 p. (In Russ.).
18. Bakulin V. T. *Topol» belyj v Zapadnoj Sibiri* [Poplar white in Western Siberia]. Novosibirsk: Geo, 2012. 117 p. (In Russ.).
19. Shhepot'ev F. L., Pavlenko F. A. *Bystrorastushhie drevesnye porody* [Rapidly growing tree species]. Moscow: Sel'hozizdat, 1962. 373 p. (In Russ.).
20. Sivolapov A. I. *Topol» serejushhij: genetika, selekcija, razmnozhenie* [Poplar gray: genetics, breeding, breeding]. Voronezh: Izd-vo Voronezh. un-ta, 2005. 158 p. (In Russ.).
21. Kajba D., Ballian D., Idžojtić M., Bogdan S. The differences among hairy and typical European black poplars and the possible role of the hairy type in relation to climatic changes. *For Ecol Manag*, Vol. 197 (2004): 279–284.
22. Kajba D., Ballian D., Idžojtić M., Poljak N. Leaf Morphology Variation of *Populus nigra* L. in Natural Populations along the Rivers in Croatia and Bosnia and Herzegovina. *South-east Eur*, no. 1 (2015): 39–51.
23. Šiler B., Skorić M., Mišić D., Kocačević B., Jelić M., Patenković A., Novičić Z. K. Variability of European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in the Danube Basin. *Vojvodinašume, Novi Sad*, 2014. 128 p.
24. Bakulin V. T. *Topol» lavrolistnyj* [Laurel leopard]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial Geo, 2004. 123 p. (In Russ.).
25. Klimov A. V., Romanov V. Ju. *Zapovednoe delo. Nauchno-metodicheskie zapiski komisii po sohraneniju biologičeskogo raznoobrazija (sekcija zapovednogo dela)*. Moscow, vip. 16 (2014): 64–68. (In Russ.).
26. Klimov A. V., Proshkin B. V. *Sibirskij lesnoj zhurnal*, no. 5 (2016): 55–62. (In Russ.).
27. Grossgejm A. A. *Flora Kavkaza* [Flora of the Caucasus]. Baku: Izd-vo AN Azerbajdzhanskoj SSR, T. 3 (1945). 30 p. (In Russ.).
28. Eckenwalder J. E. Systematics and evolution of *Populus*. *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. National Research Council of Canada. NCR Research Press, Ottawa, Canada, 1996. pp. 7–32.
29. Krstinic A., Trinajstić I., Kajba D., Samardžić J. Morphological variability of the leaves of black poplar (*Populus nigra* L.) in natural stands along the Sava river (Croatia). *Populus nigra Network. Report of the fourth meeting 3–5 October 1997, Belgium*. Rome (Italy): IPGRI, 1998. pp. 71–77.
30. Alba N., Maestro C., Agundez D., Notivol E. Advances in the preservation of genetic resources in *Populus nigra* L. in Spain. In: van Dam B. C., Borda'cs, S. (Eds.). *Genetic diversity in river populations of European black poplar-implications for riparian eco-system management: Proceedings of the International Symposium Held in Szekszárd*. Hungary, 2002. pp. 125–136.
31. Slavov G. T., P. Zhelev P. Salient Biological Features, Systematics, and Genetic Variation of *Populus*. *Genetics and Genomics of Populus: Crops and Models*, Vol. 8 (2010): 15–38.
32. Maksimović Z., Šijačić-Nikolić M. Morphometric characteristics of black poplar (*Populus nigra* L.) leaves in the area of Great War Island. *Bulletin of the Faculty of Forestry*, Vol. 108 (2013): 93–108.
33. Rjazanceva P. A. Morfofiziologičeskaja izmenčivost' spontannyh gibridov topolja i ispol'zovanie ee v selekcii. Alma-Ata, 1969. 28 p. (In Russ.).
34. Majorchik I. B. *Problemy genetiki i selekcii na Urale: Informacionnye materialy*, Sverdlovsk, 1977. pp. 124–126. (In Russ.).
35. Bakulin V. T. *Lesovedenie*, no. 2 (2009): 41–46. (In Russ.).
36. Ronald W. G., Lenz M., Cumming W. A. Biosystematics of the genus *Populus*. Distribution and morphology of native Manitoba species and variants. *Can. J. Bot.*, Vol. 51 (1973): 2431–2442.
37. Gom L. A., Rood S. B. The discrimination of cottonwood clones in a mature grove along the Oldman River in southern Alberta. *Can. J. Bot.*, Vol. 77 (1999): 1084–1094.

38. Floate K. D. Extent and patterns of hybridization among the three species of *Populus* that constitute the riparian forest of southern Alberta, Canada. *Can. J. Bot.*, Vol. 82 (2004): 253–264.
39. Čortan D., Šijačić-Nikolić M., Knežević R., Variability of leaves morphological traits in black poplar (*Populus nigra* L.) from two populations in Vojvodina. *Šumarstvo*, Vol. 65, no. 3–4 (2013): 193–202.
40. Čortan D., Šijačić-Nikolić M., Knežević R., Variability of Black poplar morphometric leaf characteristics from the area of Vojvodina. *Bulletin of the Faculty of Forestry – University of Belgrade*, Vol. 109 (2014): 63–72.
41. Čortan D., Tubić B., Šijačić-Nikolić M., Borota D., Variability of black poplar (*Populus nigra* L.) leaf morphology in vojvodina, Serbia Izvorni znanstveni članci. *Original scientific papers Šumarski list*, Vol. 5–6 (2015): 245–252.
42. Ivanter Je. V., Korosov A. V. *Vvedenie v kolichestvennuju biologiju* [Introduction to quantitative biology]. Petrozavodsk, 2003. 58 p. (In Russ.).
43. Banaev E. V., Shemberg M. A. *Ol'ha v Sibiri i na Dal'nem Vostoke Rossii (izmenchivost', taksonomija, gibrizacija)* [Alder in Siberia and the Far East of Russia (variability, taxonomy, hybridization)]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2000. 99 p. (In Russ.).
44. Pravdin L. F. *El' evropejskaja i el' sibirskaja v SSSR* [Spruce European and Siberian spruce in the USSR]. Moscow: Nauka, 1975. 177 p. (In Russ.).
45. Shemberg M. A. *Bereza kamennaja* [Birch stone]. Novosibirsk: Nauka, 1986. 175 p. (In Russ.).
46. Ledebour C. Fr. *Flora Rossica. Part I*. Stuttgart, Vol. 3 (1847): 628–629.
47. Krylov P. N. *Flora Altaja i Tomskoj gubernii* [Flora of Altai and Tomsk Province]. Rukovodstvo k opredeleniju rastenij Zapadnoj Sibiri. Tom 5. Salsolacese-Betulaceae. Tomsk, 1909. pp. 1238–1239. (In Russ.).
48. Krylov P. N. *Flora Zapadnoj Sibiri* [Flora of Western Siberia]. Tomsk: Russkoe botan. o-vo. Tom. otd-nie, Vol. IV (1930). 980 p. (In Russ.).
49. Komarov V. L. *Flora SSSR*. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, T. 5 (1936): 216–242. (In Russ.).
50. Sokolov S. Ja. *Derev'ja i kustarniki SSSR* [Trees and shrubs of the USSR]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, T. 2 (1951): 174–217. (In Russ.).
51. Grozdov B. V. *Dendrologija* [Dendrology]. Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1952. pp. 367–370. (In Russ.).
52. Popov M. G. *Flora Srednej Sibiri*. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, T. 2 (1959): 789–790. (In Russ.).
53. Poljakov P. P. *Flora Kazahstana*. Alma-Ata: Izd-vo AN Kazahskoj SSR, T. 3 (1960): 39. (In Russ.).
54. Kolesnikov A. I. *Dekorativnaja dendrologija* [Ornamental dendrology]. Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1974. pp. 581–586. (In Russ.).
55. Petrochenko Ju. P. *Flora Central'noj Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, T. 1. (1979): 245–262. (In Russ.).
56. Menickij Ju. L. *Rastenija Central'noj Azii po materialam Botanicheskogo in-ta im. V. L. Komarova*. Leningrad: Nauka, vip. 9 (1989): 14–54. (In Russ.).
57. Bol'shakov N. M. *Flora Sibiri*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, T. 5 (1992): 8–11. (In Russ.).
58. Koropachinskij I. Ju. *Vstovskaja T. N. Drevesnye rastenija Aziatskoj Rossii* [Woody plants of Asian Russia]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2002. 708 p. (In Russ.).
59. Glass Dzh., Stjenli Dzh. *Statisticheskie metody v pedagogike i psihologii* [Statistical methods in pedagogy and psychology]. Moscow: Progress, 1976. 496 p. (In Russ.).
60. Mamaev S. A. *Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij (na primere semejstva Pinaceae na Urale)* [Forms of intraspecific variability of woody plants (on the example of Pinaceae family in the Urals)]. Moscow: Nauka, 1972. 284 p. (In Russ.).