

**КОРРЕЛЯЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ТОПОЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКИХ ПОСАДОК****Бессчетнов П.В., Бессчетнова Н.Н.**

Реферат. Исследованы параметры листового аппарата репродуктивно зрелых деревьев пяти видов из разных секций рода тополь, наиболее часто встречающихся в условиях городских насаждениях Нижнего Новгорода. Изучены: тополь китайский (*Populus Simonii* Carr.), тополь белый (*Populus alba* L.), тополь лавролистный (*Populus laurifolia* Ledeb.), тополь черный (*Populus nigra* L.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). Методологическую базу работы составили принципы единственного логического различия, пригодности и целесообразности опыта. Наряду с признаками непосредственного учета в схему опыта введены производные признаки, дающие количественную оценку формы и косвенную оценку площади листовых пластинок. Применен статистический, корреляционный и регрессионный анализ по общепринятым схемам. Представители рода тополь в условиях городских насаждений Среднего Поволжья формируют листовую аппарат, обладающий изменчивостью основных морфологических характеристик. Варьирование линейных параметров соответствует низкому и среднему уровню шкалы Мамаева, что устойчиво проявилось у всех исследуемых видов. Коэффициенты вариации длины листовой пластинки составили от 12,05 % (*P. laurifolia*) до 20,85 % (*P. alba*). Корреляция длины и ширины листовых пластинок соответствует высокой тесноте связи по шкале Чеддока, а их связь с оценками площади листовой поверхности является очень высокой и зафиксирована на сопоставимых уровнях. Зависимость изменений одного показателя листового аппарата от характера варьирования другого адекватно описывают уравнения прямой линии. Корреляционный и регрессионный анализы не выявили достоверной связи длины листовой пластинки с её формой, что зафиксировано во всех вариантах опыта. Индифферентность формы листовой пластинки указывает на стабильность её проявлений в пределах вида и обуславливает целесообразность применения данного показателя в решении классификационных и идентификационных задач при формировании ассортимента насаждений.

Ключевые слова: тополь, листовая пластинка, листовая черешок, линейные параметры, корреляция, регрессия.

Введение. Оптимизация компонентов городской среды длительное время остается в числе наиболее актуальных задач в большинстве современных урбоэкосистем, не снижает своей значимости в городах Среднего Поволжья и Нижегородской области в их числе. Наряду с действенными мерами, направленными на решения указанных задач, лежащих в плоскости архитектуры и градостроительства, городской транспортной логистики и инженерной инфраструктуры, результативным средством улучшения параметров городской среды и приведения их к нормам комфортности выступают системы городских насаждений. Эффективность выполнения ими своих декоративно-эстетических и санитарно-гигиенических функций во много определяется рациональным выбором ассортимента видов деревьев и кустарников. Соответствие их биологии существующим почвенно-климатическим условиям рассматривают как залог устойчивости, долговечности и утилитарности создаваемых таким путем посадок.

В составе лесопарков, парковых зон и других категорий объектов озеленения населенных мест традиционно и достаточно широко представлены многочисленные виды и декоративные формы рода тополь (*Populus* L.). Будучи хорошо адаптированными к экологическому фону Среднего Поволжья [1], обладающими высокими темпами роста в сочетании с уни-

кальным комплексом полезных признаков и свойств [2–4], они неизменно вызывают интерес со стороны отечественных ученых-лесоводов [5, 6]. Систематическое и многоплановое изучение тополей, как весьма перспективных в хозяйственном отношении растений на протяжении многих лет, осуществляется во многих зарубежных странах: Казахстане [7–9], Италии [10], Китае [11], США [12], Канаде [13–15], Иране [16], Бельгии [17] и многих других. Их хозяйственное использование весьма разнообразно, в связи с чем широко освещается создание коротко-ротационных, биоэнергетических и экспериментальных плантаций [12, 16, 17, 18], использование генномодифицированных тополей [19], микрклональное размножение [20], переработка древесины, в том числе в целлюлозном производстве [2, 15], устойчивость к болезням и неблагоприятным зимним факторам [3, 14], внутривидовая и межвидовая гибридизация [5, 21], генетические аспекты селекции на продуктивность и адаптация [10, 11, 16, 22], внутри- и межклоновая изменчивость по широкому спектру признаков и свойств [9, 10, 23]. В контексте перечисленных вопросов последовательно ведется детальное изучение разнообразных характеристик листового аппарата относительно его морфологии, физиологии, активности фотосинтеза и других показателей [24–26].

Цель исследований – выявление факта наличия и определение степени проявления корреляций и регрессии между показателями листового аппарата представителей различных секций рода тополь.

Объектом исследований служили репродуктивно зрелые деревья пяти видов из разных секций рода тополь, наиболее часто встречающиеся в городских посадках Нижнего Новгорода. В рамках опыта им были присвоены следующие номерные условные обозначения: «Вид-1» – тополь китайский (*Populus Simonii* Carr.); «Вид-2» – тополь белый (*Populus alba* L.); «Вид-3» – тополь лавролистный (*Populus laurifolia* Ledeb.); «Вид-4» – тополь черный (*Populus nigra* L.); «Вид-5», – тополь бальзамический (*Populus balsamifera*

L.).

Предметом исследований выступала взаимозависимость морфометрических характеристик листьев различных видов тополей в условиях городских насаждений.

Условия, материалы и методы исследований. Методологическую базу работы составили принципы единственного логического различия, пригодности и целесообразности опыта. Первичная единица выборки была представлена однократным учетом значений каждого из анализируемых в опыте показателей листового аппарата тополей, что отражает общепринятый подход [27, 28]. Линейные параметры листовых пластинок и длину листового черешка определяли линейкой с точностью до 1 мм; максимальный диаметр листового

Таблица 1 – Оценки тесноты связи показателей листового аппарата

Показатель	Признаки								
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Признак 1 – длина листовой пластинки									
r	1,000	0,761	0,036	0,917	0,489	0,479	0,887	0,024	0,454
± mr	0,000	0,021	0,032	0,013	0,028	0,028	0,015	0,032	0,028
tr	99(9)	37,08	1,13	72,64	17,70	17,24	60,60	0,77	16,11
Признак 2 – максимальная ширина листовой пластинки									
r	0,761	1,000	-0,608	0,949	0,393	0,584	0,686	-0,020	0,548
± mr	0,021	0,000	0,025	0,010	0,029	0,026	0,023	0,032	0,026
tr	37,08	99(9)	24,22	94,94	13,48	22,72	29,77	0,62	20,70
Признак 3 – коэффициент формы листовой пластинки									
r	0,036	-0,609	1,000	-0,343	-0,004	-0,306	0,021	0,043	-0,304
± mr	0,032	0,025	0,000	0,030	0,032	0,030	0,032	0,032	0,030
tr	1,13	24,224	99(9)	11,53	0,11	10,17	0,65	1,36	10,08
Признак 4 – коэффициент площади листовой пластинки									
r	0,917	0,949	-0,343	1,000	0,459	0,576	0,819	-0,005	0,535
± mr	0,013	0,010	0,030	0,000	0,028	0,026	0,018	0,032	0,027
tr	72,64	94,94	11,53	99(9)	16,33	22,25	45,09	0,15	19,98
Признак 5 – длина листового черешка									
r	0,489	0,393	-0,004	0,459	1,000	0,216	0,837	-0,817	-0,464
± mr	0,028	0,029	0,032	0,028	0,000	0,031	0,017	0,018	0,028
tr	17,70	13,48	0,11	16,33	99(9)	6,97	48,28	44,70	16,55
Признак 6 – диаметр листового черешка в центральной части									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r	0,479	0,584	-0,306	0,576	0,216	1,000	0,415	-0,020	0,332
± mr	0,028	0,026	0,030	0,026	0,031	0,000	0,029	0,032	0,030
tr	17,24	22,72	10,17	22,25	6,97	99(9)	14,40	0,62	11,13
Признак 7 – суммарная длина листовой пластинки и листового черешка									
r	0,887	0,686	0,021	0,819	0,837	0,415	1,000	-0,417	0,039
± mr	0,015	0,023	0,032	0,018	0,017	0,029	0,000	0,029	0,032
tr	60,60	29,77	0,65	45,09	48,28	14,40	99(9)	14,51	1,24
Признак 8 – индекс потенциальной подвижности листовой пластинки									
r	0,024	-0,020	0,043	-0,005	-0,817	-0,020	-0,417	1,000	0,818
± mr	0,032	0,032	0,032	0,032	0,018	0,032	0,029	0,000	0,018
tr	0,77	0,62	1,36	0,15	44,70	0,62	14,51	99(9)	44,91
Признак 9 – индекс парусности листовой пластинки									
r	0,454	0,548	-0,304	0,535	-0,464	0,332	0,039	0,818	1,000
± mr	0,028	0,026	0,030	0,027	0,028	0,030	0,032	0,018	0,000
tr	16,11	20,70	10,08	19,98	16,55	11,13	1,24	44,91	99(9)

Примечание: r – парный коэффициент корреляции Пирсона; ± mr – ошибка коэффициента корреляции; tr – опытное значение критерия Стьюдента для коэффициента корреляции; табличное значение критерия Стьюдента на 5-процентном уровне значимости равно 1,96.

Таблица 2 – Взаимозависимость параметров листьев тополей

Признаки	Уравнения	R ²	t-статистика коэффициентов		Критерий Фишера	
			a	b	F _{оп}	F ₀₅
1	2	3	4	5	6	7
Признак 1 – длина листовой пластинки <i>P. Simonii</i>						
Признак 2	y=0,942x+3,421	0,579	37,081	24,533	1375,04	6,45E-190
Признак 3	y=0,224x+8,159	0,001	1,129	25,660	1,27	2,59E-01
Признак 4	y=0,077x+4,889	0,841	72,643	94,037	5277,01	0,00E+00
Признак 5	y=0,579x+6,335	0,239	17,704	49,779	313,43	3,34E-61
Признак 6	y=1,263x+5,597	0,229	17,238	32,485	297,14	1,74E-58
Признак 7	y=0,557x+1,679	0,786	60,601	14,722	3672,50	0,00E+00
1	2	3	4	5	6	7
Признак 8	y=0,047x+8,404	0,001	0,773	56,384	0,60	4,40E-01
Признак 9	y=0,137x+6,754	0,206	16,105	59,166	259,38	4,75E-52
Признак 2 – максимальная ширина листовой пластинки <i>P. Simonii</i>						
Признак 1	y=0,615x+0,171	0,579	37,081	1,198	1375,04	6,45E-190
Признак 3	y=-3,083x+10,322	0,370	-24,224	50,575	586,80	2,49E-102
Признак 4	y=0,064x+2,378	0,900	94,937	71,455	9013,09	0,00E+00
Признак 5	y=0,376x+3,995	0,154	13,483	36,837	181,79	3,48E-38
Признак 6	y=1,245x+2,535	0,341	22,725	19,678	516,41	1,82E-92
Признак 7	y=0,348x+1,137	0,470	29,769	7,830	886,22	6,93E-140
Признак 8	y=-0,031x+5,484	0,000	-0,624	45,510	0,39	5,33E-01
Признак 9	y=0,133x+3,691	0,300	20,705	42,616	428,69	1,65E-79

черешка в его центральной части – штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Срок отбора биологических образцов соответствовал периоду стабилизации их морфометрических параметров (август 2016 г).

Наряду с признаками непосредственного учета в схему опыта введены производные признаки. Они более детально представляют удельные и относительные характеристики, позволяют дать количественную оценку многим качественным показателям, в силу чего их активно используют в лесной таксации и лесоведении, ботанических работах и экологических изысканиях. В частности, с их помощью удается адекватно описать пропорции и форму древесных стволов, форму плодов, шишек и семян, форму листовых пластинок или хвои. В итоге в число анализируемых признаков включены характеристики листового аппарата, которым были присвоены номерные обозначения: длина листовой пластинки, см (признак 1); максимальная ширина листовой пластинки, см (признак 2); длина листового черешка, см (признак 5); диаметр листового черешка в его центральной части, мм (признак 6); коэффициент формы листовой пластинки как отношение её длины к максимальной ширине (признак 3); коэффициент площади листовой пластинки как произведение её длины на ширину, см² (признак 4); длина осевой линии листа (суммарная длина листовой пластинки и листового черешка), см (признак 7); индекс потенциальной подвижности листовой пластинки как отношение её длины к длине черешка (признак 8); индекс парусности, отношение коэффициента площади листовой пластинки к длине черешка, см²/см (признак 9).

Аналитическая обработка первичной лесоводственной информации осуществлена в электронных таблицах Excel с привлечением традиционных алгоритмов статистического, корреляционного и регрессионного анализа [27]. Степень изменчивости анализируемых признаков устанавливали в соответствии с градациями шкалы С.А. Мамаева [29].

Анализ и обсуждение результатов исследований. Сравнительный анализ морфологии листового аппарата тополей выявил заметную изменчивость их тестируемых показателей. Так, варьирование длины листовых пластинок разных видов, составившее от 12,05 % (*P. laurifolia*) до 20,85 % (*P. alba*), соответствовало низкому и среднему уровню по шкале Мамаева. Изменчивость ширины листовых пластинок выражена в той же мере: от 13,91 % (*P. alba*) до 20,98 % (*P. nigra*), что также позволило отнести её к низкому и среднему уровню той же шкалы. Линейные параметры листового черенка изменялись несколько сильнее: длина – от 16,26 % (*P. balsamifera*) до 35,52 % (*P. laurifolia*) или средний и повышенный уровень; диаметр – от 18,90 % (*P. Simonii*) до 23,51 % (*P. balsamifera*) или средний уровень. Поскольку изменчивость характеристик листового аппарата проявилась по всем анализируемым признакам исследуемых видов тополей, целесообразно было установить, как изменение одного показателя связано с варьированием другого. Результаты вычисления парных коэффициентов корреляции Пирсона для тополя японского представлены в таблице 1.

Теснота связи в соответствии с полученными оценками коэффициентов корреляции (см. табл. 1) между длиной и шириной листовой

пластинки *P. Simonii* соответствует высокой по шкале Чеддока ($0,761 \pm 0,021$) и уверенно может быть признана достоверной ($t_r=37,08$ при $t_{05}=1,96$). По вполне понятным причинам корреляция между линейными параметрами листовых пластинок и косвенными оценками их площади оказалась весьма высокой: $0,917 \pm 0,013$ (длина) и $0,949 \pm 0,010$ (ширина). В то же время форма листовых пластинок мало зависит от их длины: коэффициенты корреляции ($0,036 \pm 0,032$) соответствовали очень низкому уровню принятой шкалы при неподтвержденной достоверности значений ($t_r=1,13$ при $t_{05}=1,96$). У остальных исследуемых видов указанные тенденции сохранились в общих чертах.

Обнаруженная корреляционная зависимость была представлена уравнениями прямой линии (табл. 2).

Полученные при выполнении регрессионного анализа уравнения прямой линии адекватно описывают зависимость изменений одного показателя листового аппарата от характера варьирования другого (см. табл. 2). В частности, длина листовой пластинки *P. Simonii* достаточно тесно связана с соответствующей максимальной шириной ($y=0,942x+3,421$; $R^2=0,579$) и мало зависит от значений количественной оценки её формы ($y=0,224x+8,159$; $R^2=0,001$) или от соотношения с длиной листового черенка ($y=0,047x+8,404$; $R^2=0,001$). Отсутствие выраженной зависимости количественных оценок формы листовой пластинки от её длины свидетельствует о стабильности

проявлений данного показателя. Одна и та же форма в пределах вида в основном сохраняется у листьев различных размеров.

В целом материалы регрессионного анализа (см. табл. 2) в полной мере соответствуют результатам определения корреляций тестируемых характеристик листового аппарата исследуемых видов тополей (табл. 1).

Выводы

1. Представители рода тополь в условиях городских насаждений Среднего Поволжья формируют листовую аппарат, обладающий изменчивостью основных характеристик. Варьирование линейных параметров соответствует низкому и среднему уровню шкалы Мамаева, что устойчиво проявилось у всех исследуемых видов.

2. Корреляция длины и ширины листовых пластинок соответствует высокой тесноте связи по шкале Чеддока, а их связь с оценками площади листовой поверхности выражена на сопоставимых уровнях и является очень высокой.

3. Отсутствует связь между формой листовой пластинки и её длиной, что зафиксировано корреляционным и регрессионным анализом во всех вариантах опыта. Индифферентность формы листовой пластинки указывает на стабильность её проявлений в пределах вида и обуславливает целесообразность её применения в решении классификационных и идентификационных задач при формировании ассортимента насаждений.

Литература

1. Куприянов, Н.В. Леса и лесное хозяйство Нижегородской области [Текст] / Н.В. Куприянов, С.С. Веретенников, В.В. Шишов. – Нижний Новгород: Волго-Вятское книж. изд-во, 1995. – 349 с.
2. Иванников, С.П. Тополь [Текст] / С.П. Иванников. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 85 с.
3. Царева Р.П. Отбор зимостойких гибридов тополя для озеленения северных городов / Р.П. Царева // Проблемы озеленения северных городов: Международное совещание, Петрозаводск, 30 июня - 5 июля 1997 г. – Петрозаводск: Изд-во ПГУ, 1997. – С. 37 – 38.
4. Царева Р.П. Оценка и отбор различных сортов тополей, перспективных для защитного лесоразведения ЦЧО / Р.П. Царева, С.В. Басова // Экология Центрального Черноземья Российской Федерации: Сб. науч. тр. – Липецк: Изд-во ЛЭГИ, 1998. – С. 47 – 52.
5. Царев, А.П. Сортоведение тополя [Текст] / А.П. Царев. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 1985. – 152 с.
6. Скворцов, А.К. Систематический конспект рода *Populus* в Восточной Европе, Северной и Средней Азии / А.К. Скворцов // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2010. – Вып. 196. – С. 62 – 73.
7. Бессчетнов, П.П. Тополь (Культура и селекция) [Текст] / П.П. Бессчетнов. – Алма-Ата: Кайнар, 1969. – 155 с.
8. Бессчетнов, П.П. Туранговые тополя Казахстана [Текст] / Бессчетнов П.П., Грудзинская Л.М.. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 152 с.
9. Бессчетнов, П.П. Влияние экологических факторов на изменчивость морфологических признаков тополя сизолистного / П.П. Бессчетнов, Л.М. Грудзинская // Экология. – 1974. – № 6. – С. 37–40.
10. Brundu, G. The Origin of Clonal Diversity and Structure of *Populus alba* in Sardinia: Evidence from Nuclear and Plastid Microsatellite Markers / G. Brundu, R. Lupi, I. Zapelli, T. Fossati, G. Patrignani, I. Camarda, F. Sala, S. Castiglione // Annals of Botany. – 2008. – Volume 102 Issue 6. – Pp. 997 – 1006. DOI: 10.1093/AOB/MCN107.
11. Jianming, G. ISSR and AFLP identification and genetic relationships of Chinese elite accessions from the genus *Populus* / G. Jianming, Z. Shougong, Q. Liwang, Z. Yong, W. Chunguo, S. Wenqina // Annals of Forest Science. – 2006. – Volume 63, Number 5. – Pp. 499 – 506. DOI: 10.1051/forest:2006031.
12. Adams, J.P. Initial effects of quinclorac on the survival and growth of high biomass tree species / J.P. Adams, M. H. Pelkki, V. L. Ford, A. Humphrey // Annals of Forest Research. – 2017. – Volume 60, Issue 1. – Pp. 1 – 13. DOI:10.15287/afr.2016.734.
13. Cooke, J.E.K. Trees of the people: the growing science of poplars in Canada and worldwide / J.E.K. Cooke, S.B. Rood // Canadian Journal of Botany. – 2007. – Volume 85. – Pp. 1103 – 1110. DOI: 10.1139/B07-125.
14. Ondro, W.J. Present trends and future prospects for poplar utilization in Alberta / W. J. Ondro // The Forestry Chronicle. – 1991. – Volume 67, No. 3. – Pp. 271 – 274. DOI: 10.5558/tfc67271-3.
15. Zufa, L. Poplar Breeding in Canada / L. Zufa // The Forestry Chronicle. – 1969. – Volume 45, No. 6. – Pp. 402 – 408. DOI: 10.5558/tfc45402-6.
16. Alimohamadi, A. Genetic diversity in *Populus nigra* plantations from west of Iran Plantations / A. Alimohamadi

- hamadi, F. Asadi, R. Aghdaei // *Annals of Forest Research*. – 2012. – Volume 55, Issue 2. – Pp. 165 – 178.
17. Broeck, A.V. Paternity analysis of *Populus nigra* L. offspring in a Belgian plantation of native and exotic poplars / A.V. Broeck, J. Cottrell, P. Quataert, P. Breynne, V. Storme, W. Boerjanc J.V. Slycken // *Annals of Forest Science*. – 2006. – Volume 63, Number 7. – Pp. 783 – 790. DOI: 10.1051/forest:2006060.
18. Martín-García, J. Towards standardized crown condition assessment in poplar plantations / J. Martín-García, J.J. Diez, H. Jactel // *Annals of Forest Science*. – 2009. – Volume 66, Number 3, Article Number 308. – Pp. 308p1 – 308p7. DOI: 10.1051/forest/2009006.
19. Sixto, H. *Populus* genus for the biomass production for energy use: a review / H. Sixto, M.J. Hernandez, M. Barrio, J. Carrasco, I. Cañellas // *Forest Systems*. – 2007. – Volume 16, No. 3. – Pp. 277 – 294. DOI: 10.5424/srf/2007163-01016.
20. Bueno, M.A. Plant regeneration of *Populus alba* "Siberia extremeña" from ament / M.A. Bueno, R. Astorga, J.A. Manzanera // *Forest Systems*. – 1992. – Volume 1, No. 2. – Pp. 163 – 171. DOI: 10.5424/491.
21. Broeck, A.V. Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: evidence and consequences for native poplar populations / A.V. Broeck, M. Villar, E.V. Bockstaele, J. V. Slycken // *Annals of Forest Science*. – 2005. – Volume 62, Number 7. – Pp. 601 – 613. DOI: 10.1051/forest:2005072.
22. Corcuera, L. Ecophysiology as a tool for selecting more adapted and productive clones, in a clonal silvicultural frame of poplars / L. Corcuera, C. Maestro, E. Notivol // *Forest Systems*. – 2005. – Volume 14, No. 3. – Pp. 394 – 407. doi:http://dx.doi.org/10.5424/srf/2005143-00933.
23. Desrochers, A. Production and role of epicormic shoots in pruned hybrid poplar: effects of clone, pruning season and intensity / A. Desrochers, V. Maurin, E. Tarroux // *Annals of Forest Science*. – 2015. – Volume 72, Number 4. – Pp. 425 – 434. DOI: 10.1007/s13595-014-0443-8.
24. Coll, L. Growth, allocation and leaf gas exchanges of hybrid poplar plants in their establishment phase on previously forested sites: effect of different vegetation management techniques / L. Coll, C. Messier, S. Delagrangé, F. Berninger // *Annals of Forest Science*. – 2007. – Volume 64, Number 3. – Pp. 275 – 285. DOI: 10.1051/forest:2007005.
25. Marron, N. Modulation of leaf physiology by age and in response to abiotic constraints in young cuttings of two *Populus deltoides* × *P. nigra* genotypes / N. Marron, F. Brignolas, F.M. Delmotte, E. Dreyer // *Annals of Forest Science*. – 2008. – Volume 65, Number 4, Article Number 404. – Pp. 404p1 – 404p8. DOI: 10.1051/forest:2008016.
26. Milla-Moreno, E.A. Leaf mass per area predicts palisade structural properties linked to mesophyll conductance in balsam poplar (*Populus balsamifera* L.) / E.A. Milla-Moreno, A.D. McKown, R.D. Guy, R.Y. Soolanayakana // *Canadian Journal of Botany*. – 2016. – Volume 94, Issue 3. – Pp. 225 – 239. DOI: 10.1139/cjb-2015-0219.
27. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б.А. Доспехов. Издание пятое, дополненное и переработанное. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
28. Гатаулин, А.М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. / А.М. Гатаулин. – В 2-х частях. Ч. 2. – М.: Изд-во МСХА, 1992. – 192 с.
29. Мамаев, С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости / С.А. Мамаев // *Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений: Труды Института экологии растений и животных.* – Свердловск, 1969. – С. 3 – 38.

Сведения об авторах:

Бессчетнов Петр Владимирович – аспирант, e-mail: lesfak@bk.ru
 Бессчетнова Наталья Николаевна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент.
 ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Россия.

CORRELATION OF PARAMETERS OF POPLAR LEAF APPARATUS IN CONDITIONS OF URBAN LANDING

Besschetnov P.V., Besschetnova N.N.

Abstract. The parameters of the leaf apparatus of reproductively mature trees of five species from different sections of the poplar genus, most frequently encountered in urban plantings of Nizhny Novgorod, are investigated. Chinese poplar (*Populus Simonii* Carr.), white poplar (*Populus alba* L.), laurel poplar (*Populus laurifolia* Ledeb.), black poplar (*Populus nigra* L.), balsampoplar (*Populus balsamifera* L.). The methodological basis of the study was based on the principles of the only logical difference, suitability and expediency of the experiment. Along with the signs of direct account in the scheme of the experiment, derivative features are introduced that give a quantitative evaluation of the shape and an indirect estimate of the area of leaf blades. Statistical, correlation and regression analysis were used according to the generally accepted schemes. Representatives of the poplar genus in the urban plantations of the Middle Volga region form a leaf apparatus, that exhibits a variability in the basic morphological characteristics. Varying the linear parameters corresponds to the low and medium level of the Mamaev scale, which was steadily manifested in all the species studied. The coefficients of variation in the length of the leaf blade were from 12.05% (*P. laurifolia*) to 20.85% (*P. alba*). Correlation of the length and width of the leaf blades corresponds to the high closeness of the Cheddock connection, and their connection with estimates of the area of the leaf surface is very high and fixed at comparable levels. Dependence of changes in one index of the leaf apparatus on the nature of variation of the other adequately describes the equations of a straight line. Correlation and regression analyzes did not reveal a reliable relationship between the length of the leaf blade and its shape, which is recorded in all variants of the experiment. The indifference of the shape of the leaf blade indicates the stability of its manifestations within the species and determines the expediency of applying this index in solving classification and identification problems when forming the range of plantings.

Key words: poplar, lamina, chard, linear parameters, correlation, regression.

References

1. Kupriyanov N.V. *Lesnaya khozyaystvo Nizhegorodskoy oblasti*. [Forests and forestry of Nizhny Novgorod region]. / N.V. Kupriyanov, S.S. Veretennikov, V.V. Shishov. - Nizhny Novgorod: Volga-Vyatskoe knish.izd-vo, 1995. – P. 349.
2. Ivannikov S.P. *Topol*. [Poplar]. / S.P. Ivannikov. - Moscow: Lesnaya promushlennost, 1980. – P. 85.
3. Tsareva R.P. *Otbor zimostoykikh gibridov topolya dlya ozeleneniya severnykh gorodov. // Problemy ozeleneniya severnykh gorodov: Mezhdunarodnoe soveshanie*. (Selection of winter-resistant poplar hybrids for gardening of northern

cities. // Problems of landscaping of northern cities: International meeting, 30 iyunya - 5 iyulya 1997 g.). Petrozavodsk: Izd-vo PGU, 1997. - P. 37 - 38.

4. Tsareva R.P. *Otsenka i otkor razlichnykh sortov topoley, perspektivnykh dlya zaschitnogo lesorazvedeniya TsChO. // Ekologiya Tsentralnogo Chernozemya Rossiyskoy Federatsii: Sb. nauch. tr.* (Assessment and selection of different varieties of poplars, promising for protective afforestation of Central chernozam region. // Ecology of the Central Chernozem Region of the Russian Federation: collection of scientific papers). - Lipetsk: Izd-vo LEGI, 1998. - P. 47 - 52.

5. Tsarev A.P. *Sortovedenie topolya.* [Sortology of poplar]. / A.P. Tsarev. - Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1985. - P. 152.

6. Skvortsov A.K. Sistematicheskiy konspekt roda Populus v Vostochnoy Evrope, Severnoy i Sredney Azii. [A systematic outline of the Populus genus in Eastern Europe, North and Central Asia]. / A.K. Skvortsov // *Byulleten Glavnogo botanicheskogo sada. - The Herald of the Main Botanical Garden.* - 2010. Issue 196. P. 62 - 73.

7. Besschetnov P.P. *Topol (Kultura i selektsiya).* [Poplar (Culture and selection)]. / P.P. Besschetnov. - Alma-Ata: Kaynar, 1969. - P. 155.

8. Besschetnov P.P. *Turangovye topolya Kazakhstana.* [Asiatic poplar of Kazakhstan]. / Besschetnov P.P., Grudzinskaya L.M. Alma-Ata: Nauka, 1981. - P. 152.

9. Besschetnov P.P. Influence of environmental factors on the variability of morphological features of the grey-leaf poplar. [Vliyaniye ekologicheskikh faktorov na izmenchivost morfologicheskikh priznakov topolya sizolistnogo]. / P.P. Besschetnov, L.M. Grudzinskaya // *Ekologiya. - Ecology.* 1974. - №6. - P. 37-40.

10. Brundu, G. The Origin of Clonal Diversity and Structure of Populus alba in Sardinia: Evidence from Nuclear and Plastid Microsatellite Markers / G. Brundu, R. Lupi, I. Zapelli, T. Fossati, G. Patrignani, I. Camarda, F. Sala, S.Castiglione // *Annals of Botany.* - 2008. - Volume 102 Issue 6. - Pp. 997 - 1006. DOI: 10.1093/AOB/MCN107.

11. Jianming, G. ISSR and AFLP identification and genetic relationships of Chinese elite accessions from the genus Populus / G. Jianming, Z. Shougong, Q. Liwang, Z. Yong, W. Chunguo, S. Wenqina // *Annals of Forest Science.* - 2006. - Volume 63, Number 5. - Pp. 499 - 506. DOI: 10.1051/forest:2006031.

12. Adams, J.P. Initial effects of quinclorac on the survival and growth of high biomass tree species / J.P. Adams, M. H. Pelkki, V. L. Ford, A. Humphrey // *Annals of Forest Research.* - 2017. - Volume 60, Issue 1. - Pp. 1 - 13. DOI:10.15287/afr.2016.734.

13. Cooke, J.E.K. Trees of the people: the growing science of poplars in Canada and worldwide / J.E.K. Cooke, S.B. Rood // *Canadian Journal of Botany.* - 2007. - Volume 85. - Pp. 1103 - 1110. DOI: 10.1139/B07-125.

14. Ondro, W.J. Present trends and future prospects for poplar utilization in Alberta / W. J. Ondro // *The Forestry Chronicle.* - 1991. - Volume 67, No. 3. - Pp. 271 - 274. DOI: 10.5558/tfc67271-3.

15. Zufa, L. Poplar Breeding in Canada / L. Zufa // *The Forestry Chronicle.* - 1969. - Volume 45, No. 6. - Pp. 402 - 408. DOI: 10.5558/tfc45402-6.

16. Alimohamadi, A. Genetic diversity in Populus nigra plantations from west of Iran Plantations / A. Alimohamadi, F. Asadi, R. Aghdai // *Annals of Forest Research.* - 2012. - Volume 55, Issue 2. - Pp. 165 - 178.

17. Broeck, A.V. Paternity analysis of Populus nigra L. offspring in a Belgian plantation of native and exotic poplars / A.V. Broeck, J. Cottrell, P. Quataert, P. Breyne, V. Storme, W. Boerjanc J.V. Slycken // *Annals of Forest Science.* - 2006. - Volume 63, Number 7. - Pp. 783 - 790. DOI: 10.1051/forest:2006060.

18. Martín-García, J. Towards standardized crown condition assessment in poplar plantations / J.Martín-García, J.J. Diez, H. Jactel // *Annals of Forest Science.* - 2009. - Volume 66, Number 3, Article Number 308. - Pp. 308p1 - 308p7. DOI: 10.1051/forest/2009006.

19. Sixto, H. Populus genus for the biomass production for energy use: a review / H. Sixto, M.J. Hernandez, M. Barrio, J. Carrasco, I. Cañellas // *Forest Systems.* - 2007. - Volume 16, No. 3. - Pp. 277 - 294. DOI: 10.5424/srf/2007163-01016.

20. Bueno, M.A. Plant regeneration of Populus alba "Siberia extremeña" from ament / M.A. Bueno, R. Astorga, J.A. Manzanera // *Forest Systems.* - 1992. - Volume 1, No. 2. - Pp. 163 - 171. DOI: 10.5424/491.

21. Broeck, A.V. Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: evidence and consequences for native poplar populations / A.V. Broeck, M. Villar, E.V. Bockstaele, J. V. Slycken // *Annals of Forest Science.* - 2005. - Volume 62, Number 7. - Pp. 601 - 613. DOI: 10.1051/forest:2005072.

22. Corcuera, L. Ecophysiology as a tool for selecting more adapted and productive clones, in a clonal silvicultural frame of poplars / L. Corcuera, C. Maestro, E. Notivol // *Forest Systems.* - 2005. - Volume 14, No. 3. - Pp. 394 - 407. doi:http://dx.doi.org/10.5424/srf/2005143-00933.

23. Desrochers, A. Production and role of epicormic shoots in pruned hybrid poplar: effects of clone, pruning season and intensity / A. Desrochers, V. Maurin, E. Tarroux // *Annals of Forest Science.* - 2015. - Volume 72, Number 4. - Pp. 425 - 434. DOI: 10.1007/s13595-014-0443-8.

24. Coll, L. Growth, allocation and leaf gas exchanges of hybrid poplar plants in their establishment phase on previously forested sites: effect of different vegetation management techniques / L. Coll, C. Messier, S. Delagrangé, F. Berninger // *Annals of Forest Science.* - 2007. - Volume 64, Number 3. - Pp. 275 - 285. DOI: 10.1051/forest:2007005.

25. Marron, N. Modulation of leaf physiology by age and in response to abiotic constraints in young cuttings of two Populus deltoides x P. nigra genotypes / N. Marron, F. Brignolas, F.M. Delmottel, E. Dreyer // *Annals of Forest Science.* - 2008. - Volume 65, Number 4, Article Number 404. - Pp. 404p1 - 404p8. DOI: 10.1051/forest:2008016.

26. Milla-Moreno, E.A. Leaf mass per area predicts palisade structural properties linked to mesophyll conductance in balsam poplar (Populus balsamifera L.) / E.A. Milla-Moreno, A.D. McKown, R.D. Guy, R.Y. Soolanayakanahally // *Canadian Journal of Botany.* - 2016. - Volume 94, Issue 3. - Pp. 225 - 239. DOI: 10.1139/cjb-2015-0219.

27. Dosepkhov B.A. *Metodika polevogo opyta: (S osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy).* [Field experience methodology: (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kolos, 1985. P. 416.

28. Gataulin A.M. *System of applied statistical and mathematical methods for processing experimental data in agriculture.* [Sistema prikladnykh statistiko-matematicheskikh metodov obrabotki eksperimentalnykh dannykh v sel'skom khozyaystve]. - Moscow: Izd-vo MShA, 1992. - P. 192.

29. Mamaev S.A. *O problemakh i metodakh vnutrividovoy sistematiki drevesnykh rasteniy. II. Amplituda izmenchivosti. // Zakonomernosti formoobrazovaniya i differentsiatsii vida u drevesnykh rasteniy: Trudy Instituta ekologii rasteniy i zhivotnykh.* [On the problems and methods of intraspecific systematics of woody plants. II. Amplitude of variability. / S.A. Mamaev // *Laws of Formation and Differentiation of Species in Woody Plants: Proceedings of the Institute of Ecology of Plants and Animals.*] - Sverdlovsk, 1969. - P. 3 - 38.

Authors:

Besschetnov Petr Vladimirovich - post-graduate student, e-mail: lesfak@bk.ru
Besschetnova Natalya Nikolaevna - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia.