

СОДЕРЖАНИЕ И БАЛАНС ЗАПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОБЕГАХ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ РЕИНТРОДУКЦИИ В НИЖЕГОРОДСКУЮ ОБЛАСТЬ

А.О. Есичев^{1, 2}, Н.Н. Бессчетнова¹, В.П. Бессчетнов^{1✉},
А.Н. Бабич³, Е.Ж. Кентбаев⁴, Б.А. Кентбаева⁴

¹Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97

²Министерство лесного хозяйства и охраны объектов животного мира Нижегородской области, 603107, Нижний Новгород, ул. Костина, д. 2

³Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 163002, Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17

⁴Казахский национальный аграрный исследовательский университет, 050010, Республика Казахстан, Алматы, пр. Абая, д. 8

lesfak@bk.ru

Представлены результаты исследования содержания и соотношения крахмала и жиров в побегах семенного потомства лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) при ее реинтродукции в Нижегородскую обл. на участок с географическими координатами 56°14'32,7"N 43°57'20,7"E и абсолютной высотой 178 м. Зафиксированы фенотипические различия между особями семенного происхождения по содержанию и балансу запасных веществ. Выявлены деревья с наибольшим суммарным содержанием крахмала и жиров в тканях однолетних побегов. Обозначены объекты с их наименьшим содержанием. Установлен факт наследственной обусловленности внутривидовой изменчивости лиственницы сибирской по всем тестируемым характеристикам физиологического состояния ее деревьев, обусловленного присутствием в тканях побегов запасных веществ. Показано, что наибольшие значения коэффициента наследуемости признаков ($64,12 \pm 3,59$ %) характерны для общего суммарного содержания крахмала и жиров, а наименьшие ($49,99 \pm 5,00$ %) — для оценок доли участия крахмала и доли участия жиров в формировании их общего запаса. Отмечено значительное влияние неконтролируемых в опыте факторов, традиционно связываемых с пестротой экологических условий в местах расположения объектов исследования, на формирование внутривидовой фенотипической изменчивости лиственницы сибирской. Определены критические пороги различий между сравниваемыми растениями, достигнув уровня которых, фактическая разность в показателях может быть признана существенной. Сделано заключение о выраженном контроле со стороны генотипа над проявлением признаков физиологического состояния деревьев лиственницы сибирской, имеющих семенное происхождение, и об их внутривидовом полиморфизме. Доказана перспективность отбора из их числа особей, физиологический статус которых наиболее полно соответствует сложившимся условиям произрастания.

Ключевые слова: лиственница сибирская, реинтродукция, запасные вещества, крахмал, жиры, индивидуальная изменчивость, наследственная обусловленность

Ссылка для цитирования: Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Бабич А.Н., Кентбаев Е.Ж., Кентбаева Б.А. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 1. С. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27

Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года указала направления и перспективы его перехода к инновационному типу эксплуатации и воспроизводства лесных ресурсов. В соответствии с этим разработан комплекс программных документов федерального уровня, определивших конкретные задачи, решение которых необходимо для достижения намеченных целей. Одной из них является селекционное совершенствование основных лесобразующих пород, сохранение их биологического разнообразия и внутривидового полиморфизма. В Российской Федерации такой породой можно назвать лиственницу (*Larix* Mill.). Массивы лиственницы составляют почти 40 %

всей лесопокрытой площади страны, в них сосредоточено более 30 % запасов деловой древесины. Виды, входящие в таксономическую систему этого рода, постоянно находятся в поле зрения отечественных [1–5] и зарубежных [6–12] специалистов. Предметом систематических и разносторонних исследований служат их биологические и хозяйственно значимые признаки [1, 2, 13–25].

На территории Нижегородской обл. в естественных условиях произрастает лиственница Сукачева (*L. Sukaczewii* Dylis), а также созданы лесные культуры, защитные и озеленительные насаждения лиственницы сибирской (*L. sibirica* Ledeb.) в порядке ее реинтродукции в Среднее Поволжье. Некоторые виды успешно введены в культуру в указанном регионе: лиственница европейская (*L. decidua* Mill.), лиственница Гмелина

(*L. gmelinii* (Rupr.) Kuzen.), лиственница японская (*L. kaempferi* Lamb.) и др. [4, 5, 13–16].

Физиологическое состояние древесных растений кардинально влияет на их продуктивность и устойчивость, определяет глубину их адаптации к сложившимся условиям среды и, как следствие, селекционную ценность и потенциал интродукции [3, 26–33]. Исследования физиологии деревьев и кустарников невозможно «оторвать» от всестороннего изучения их биологии [2, 32, 34]. Это же напрямую относится и к хвойным породам, распространенным в Нижегородской обл. [5, 31, 34–36]. Фенотипические проявления содержания и баланса запасных веществ в их тканях находится под выраженным контролем со стороны генотипа, что подтверждено в некоторых публикациях [28, 34–40]. Вместе с тем накопленные в этом секторе научных знаний сведения нуждаются в дальнейшем углублении и детализации.

Цель работы

Цель работы — установление наследственной обусловленности индивидуальной изменчивости лиственницы сибирской по содержанию и соотношению крахмала и жиров в тканях годичных побегов ее особой семенной происхождения.

Материалы и методы

Объект исследования — интродукционные посадки лиственницы сибирской (*L. sibirica* Ledeb.) в дендрарии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии (ГСХА). Его географические координаты — 56°14'32,7"N 43°57'20,7"E; высота н. у. м. — 178 м. По лесорастительному районированию участок входит в зону хвойно-широколиственных лесов, район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации с характерными для местности почвами [41]. В целом почвенно-климатические условия данного региона благоприятны для многих видов лиственницы, о чем свидетельствует расположение на его территории высокобонитетных естественных насаждений лиственницы Сукачева (*L. Sukaczewii* Dylis).

Методология проводимых работ обоснована принципом единственного логического различия, репрезентативностью выборок и рендомизированным подходом к их формированию. При этом были соблюдены требования к типичности, пригодности и надежности опыта. На этапе полевых исследований вид был представлен десятью учетными деревьями с модальными характеристиками развития, установленными при сплошном перечете согласно действующим правилам натурной таксации. Высоту деревьев измеряли высотомером «Suunto PM-5/360 PC» с ценой деления шкалы 0,1 м; диаметр ствола на высоте

1,3 м — мерной вилкой с точностью до 1 см. Возраст определяли с точностью до 1 года по числу годичных колец на кервах, добытых с помощью возрастного бурава. На момент отбора биологических проб учетные деревья имели одинаковый возраст, который соответствовал второму классу для хвойных и твердолиственных пород. На каждом учетном дереве в периферии среднего яруса хорошо освещенного участка кроны было одновременно заготовлено по 10 нормально развитых побегов без признаков поражения внешними факторами. Из их центральной части готовили поперечные срезы для дальнейших микроскопических исследований с помощью оптического микроскопа «Микмед-1».

Содержание в растительных клетках запасных веществ определяли с помощью лабораторных методов гистохимического анализа, широко и традиционно применяемого при изучении биологических особенностей древесных и кустарниковых видов [32, 34–40], в том числе лиственницы [2, 5, 42]. Наличие крахмала выявляли раствором Люголя, присутствие жиров фиксировали по реакции на жирорастворимый краситель Судан-III, количественную оценку их содержания приводили в условных баллах [5, 28, 31, 34, 35, 37]. Принятая организационно-методическая схема опыта была неоднократно апробирована в работе с широким перечнем видов древесных и кустарниковых растений, что подтвердило ее высокую эффективность [5, 28, 31, 34, 35, 37, 43–45]. Статистический и дисперсионный анализ выполняли согласно общепринятым методикам с использованием вычислительных алгоритмов для электронных таблиц Excel, разработанных авторами [28, 34–40].

Результаты и обсуждение

Установлена индивидуальная изменчивость особой лиственницы сибирской по фенотипическим проявлениям показателей содержания и соотношения запасных веществ в тканях их побегов (табл. 1–4).

Исследуемые деревья лиственницы сибирской, имеющие семенное происхождение, показали неоднородность по суммарному содержанию крахмала и жиров в тканях побегов (см. табл. 1). Наибольшее количество этих запасных веществ ($19,20 \pm 0,52$ балла) отмечено у дерева № 2, а наименьшее — у дерева № 4 ($12,95 \pm 0,37$ балла). В представленных данных наибольшее среднее превышает соответствующий минимум в 1,48 раза или больше на 6,25 балла, а обобщенное для всего массива данных среднее значение (вариант total) составило $15,88 \pm 0,30$ балла. Соотношение лимитов указанных характеристик было существенно больше — 2,25 раза.

Т а б л и ц а 1

Суммарное содержание крахмала и жиров в побегах лиственницы сибирской

The total content of starch and fats in the shoots of Siberian larch

Номер учетного дерева	Содержание, баллы			Коэффициент вариации, %	Критерий Стьюдента	Точность опыта, %
	mid	max	min			
1	17,75 ± 0,86	13,50	9,00	15,39	20,55	4,87
2	19,20 ± 0,52	17,00	5,50	8,61	36,72	2,72
3	18,85 ± 0,53	15,00	6,00	8,93	35,40	2,83
4	13,20 ± 0,63	10,00	6,00	15,07	20,99	4,76
5	16,70 ± 0,72	13,50	5,50	13,70	23,08	4,33
6	17,85 ± 0,70	15,50	7,00	12,46	25,38	3,94
7	15,30 ± 0,38	13,50	3,50	7,89	40,10	2,49
8	13,30 ± 0,57	10,00	6,00	13,64	23,19	4,31
9	12,95 ± 0,37	11,50	3,00	9,00	35,14	2,85
10	13,70 ± 0,34	12,50	3,00	7,92	39,92	2,51
Total	15,88 ± 0,30	10,00	12,50	18,60	53,75	1,86

Т а б л и ц а 2

Соотношение содержания крахмала и жиров в побегах лиственницы сибирской

The ratio of starch and fat content in the shoots of Siberian larch

Номер учетного дерева	Содержание, баллы			Коэффициент вариации, %	Критерий Стьюдента	Точность опыта, %
	mid	max	min			
1	1,33 ± 0,09	1,85	0,96	20,50	15,42	6,48
2	1,09 ± 0,10	1,73	0,67	29,08	10,87	9,20
3	1,35 ± 0,06	1,63	1,11	13,78	22,94	4,36
4	0,76 ± 0,05	1,00	0,43	20,34	15,54	6,43
5	0,80 ± 0,04	1,00	0,59	16,11	19,63	5,09
6	0,85 ± 0,04	1,00	0,63	14,52	21,78	4,59
7	1,14 ± 0,09	1,43	0,59	24,62	12,85	7,78
8	0,93 ± 0,09	1,46	0,59	31,79	9,95	10,05
9	0,93 ± 0,04	1,09	0,71	15,11	20,93	4,78
10	0,74 ± 0,05	1,00	0,47	21,01	15,05	6,64
Total	0,99 ± 0,03	1,85	0,43	30,22	33,10	3,02

Т а б л и ц а 3

Доля крахмала в общем содержании запасных веществ в побегах лиственницы сибирской

The content of starch in the total content of storage compounds in the shoots of Siberian larch

Номер учетного дерева	Содержание, баллы			Коэффициент вариации, %	Критерий Стьюдента	Точность опыта, %
	mid	max	min			
1	0,57 ± 0,02	0,65	0,49	8,76	36,11	2,77
2	0,51 ± 0,02	0,63	0,40	13,92	22,72	4,40
3	0,57 ± 0,01	0,62	0,53	5,90	53,58	1,87
4	0,43 ± 0,02	0,50	0,30	12,69	24,91	4,01
5	0,44 ± 0,01	0,50	0,37	9,21	34,35	2,91
6	0,46 ± 0,01	0,50	0,39	8,17	38,71	2,58
7	0,53 ± 0,02	0,59	0,37	13,36	23,67	4,22
8	0,47 ± 0,02	0,59	0,37	16,49	19,17	5,22
9	0,48 ± 0,01	0,52	0,42	8,23	38,42	2,60
10	0,42 ± 0,02	0,50	0,32	12,37	25,56	3,91
Total	0,49 ± 0,01	0,65	0,30	15,13	66,11	1,51

Т а б л и ц а 4

Доля жиров в общем содержании запасных веществ в побегах лиственницы сибирской

The content of fats in the total content of storage compounds in the shoots of Siberian larch

Номер учетного дерева	Содержание, баллы			Коэффициент вариации, %	Критерий Стьюдента	Точность опыта, %
	mid	max	min			
1	0,43 ± 0,02	0,51	0,35	11,44	27,65	3,62
2	0,49 ± 0,02	0,60	0,37	14,59	21,67	4,61
3	0,43 ± 0,01	0,47	0,38	7,89	40,10	2,49
4	0,57 ± 0,02	0,70	0,50	9,42	33,57	2,98
5	0,56 ± 0,01	0,63	0,50	7,28	43,45	2,30
6	0,54 ± 0,01	0,61	0,50	6,91	45,75	2,19
7	0,47 ± 0,02	0,63	0,41	14,79	21,38	4,68
8	0,53 ± 0,02	0,63	0,41	14,68	21,54	4,64
9	0,52 ± 0,01	0,58	0,48	7,55	41,89	2,39
10	0,58 ± 0,02	0,68	0,50	9,00	35,12	2,85
Total	0,51 ± 0,01	0,70	0,35	14,37	69,58	1,44

Фенотипическая неоднородность состава исследованных деревьев лиственницы сибирской достаточно отчетливо проявилась и по отношению содержания крахмала к содержанию жиров в тканях годичного побега (см. табл. 2).

Отчетливо обозначились объекты, занимавшие лидирующие позиции по средним значениям данного показателя: учетное дерево № 1 ($1,33 \pm 0,09$) и учетное дерево № 3 ($1,35 \pm 0,06$). Наименьшие значения были присущи учетным деревьям № 4 ($0,76 \pm 0,05$) и № 10 ($0,74 \pm 0,05$). Наибольшее среднее значение указанной характеристики физиологического состояния побегов ($1,35 \pm 0,06$) отмечено у дерева № 3, оно превысило наименьшее значение ($0,74 \pm 0,05$), отмеченное у дерева № 10, в 1,82 раза или на 0,61 ед. Соотношение лимитов (1,85 или 0,43 ед.) в этом случае достигло 4,31 раза, а обобщенное среднее (вариант Total) составило $0,99 \pm 0,03$.

Фенотипическая неоднородность состава исследованных деревьев лиственницы сибирской отчетливо наблюдалась по доле участия крахмала в формировании общего содержания запасных веществ (крахмала и жиров) (см. табл. 3).

Как и по предыдущему признаку, наиболее высокими оценками обладали учетное дерево № 1 ($0,57 \pm 0,02$) и учетное дерево № 3 ($0,57 \pm 0,01$), а наименьшими — учетное дерево № 4 ($0,43 \pm 0,02$) и учетное дерево № 10 ($0,42 \pm 0,02$). Характеристики остальных учетных деревьев в той или иной степени приближались к обобщенному среднему (вариант Total) — $0,49 \pm 0,01$. Превышение наибольшей оценки среднего относительно наименьшей составило 0,15 долевых единицы т. е. в 1,36 раза. Максимум лимитов превысил соответствующий минимум в 2,16 раза.

Доля участия жиров в формировании общего содержания запасных веществ также отражала специфику особой семенного происхождения

в указанном плане (см. табл. 4). По понятным причинам, соотношение между характеристиками учетных деревьев оказалось зеркально-обратным по сравнению с предыдущим признаком. Наиболее высокие значения соответствовали учетным деревьям № 4 ($0,57 \pm 0,02$) и № 10 ($0,58 \pm 0,02$), а наименьшие — учетному дереву № 1 ($0,43 \pm 0,02$) и учетному дереву № 3 ($0,43 \pm 0,01$). Остальные учетные деревья в большей или меньшей мере по значениям приближались к обобщенному среднему (вариант Total), которое составило $0,51 \pm 0,01$. Превышение наибольшего значения среднего относительно наименьшего составило 0,15 долевых единицы или в 1,35 раза. Наибольший лимит превысил абсолютный минимум в 1,99 раза.

В статистическом плане полученный материал (см. табл. 1–4) достоверен и надежен по подавляющему большинству случаев, поскольку расчетные величины критерия Стьюдента значительно превосходили соответствующий минимально допустимый предел ($t_{05} = 1,98$), а относительная ошибка (точность опыта) не превысила 5%. Исключение составили отдельные значения соотношения содержания крахмала и жиров в побегах.

Хорошо заметная изменчивость показателей физиологического состояния деревьев лиственницы сибирской (см. табл. 1–4) свидетельствует о значительном фенотипическом разнообразии ее особей, имеющих семенное происхождение. Поскольку зафиксированная неоднородность их состава проявилась на выровненном фоне условий произрастания (характера почв, климата, условий освещения, схем размещения, площади питания, агротехнических особенностей создания и содержания посадок и пр.) и в ситуации, при которой ни одному из растений заведомо не предоставлялись преимущества в росте и развитии, причину ее возникновения в значи-

Существенность различий между деревьями семенного происхождения по содержанию и соотношению крахмала и жиров

Significance of differences between trees of seed origin in the content and ratio of starch and fats

Признаки	Критерий Фишера опытный	Доля влияния фактора ($h^2 \pm s_h^2$)		Критерии различий	
		по Плохинскому	по Снедекору	наименьшая существенная разность	критерий Тьюки
Содержание крахмала	16,94	0,6288 \pm 0,0371	0,6145 \pm 0,0386	1,277	2,098
Содержание жиров	10,24	0,5059 \pm 0,0494	0,4802 \pm 0,0520	0,909	1,494
Суммарное содержание крахмала и жиров	17,87	0,6412 \pm 0,0359	0,6279 \pm 0,0372	1,643	2,700
Отношение содержания крахмала к содержанию жиров	10,78	0,5188 \pm 0,0481	0,4945 \pm 0,0506	0,193	0,317
Доля крахмала в суммарном содержании веществ	10,00	0,4999 \pm 0,0500	0,4736 \pm 0,0526	0,048	0,080
Доля жиров в суммарном содержании веществ	10,00	0,4999 \pm 0,0500	0,4736 \pm 0,0526	0,048	0,080

Примечание. Критерий Фишера на 5%-м и 1%-м уровне значимости соответственно равен: $F_{05} = 1,99$; $F_{01} = 2,59$.

тельной мере можно связать с индивидуальными эндогенными особенностями исследуемых деревьев, прежде всего со спецификой их генотипов. Дисперсионный анализ, выполненный по однофакторной схеме, подтвердил указанные предположения (табл. 5).

Различия между сравниваемыми деревьями по всем анализируемым признакам оказались существенными, на что указывают величины опытных критериев Фишера, значительно превысившие минимально допустимые табличные значения как на 5%-м, так и на 1%-м уровне значимости. Такой результат позволил продолжить выполнение расчетов и вычислить долю влияния генотипически обусловленных различий между особями (организованного фактора опыта).

Наибольшие значения в расчетах по алгоритму Плохинского составили 64,12 \pm 3,59 % и наблюдались по общему суммарному содержанию крахмала и жиров, наименьшие (49,99 \pm 5,00 %) — по оценкам долей участия крахмала и жиров в формировании общего запаса указанных веществ. Полученные данные в полной мере надежны в статистическом плане, о чем свидетельствуют значения критерия достоверности показателя доли влияния организованного фактора (F_h^2). Выполнение расчетов по алгоритму Снедекора дало сопоставимые величины. Обнаруженный уровень влияния индивидуальных внутривидовых различий на формирование общего фона фенотипической изменчивости (см. табл. 5) позволяет сделать заключение о выраженном контроле со стороны генотипа над проявлением признаков физиологического состояния растений, в частно-

сти характеристик содержания и соотношения крахмала и жиров в тканях побегов.

Наименьшая существенная разность ($НСР_{05}$) и D -критерий Тьюки (D_{05}) позволили установить, между какими именно объектами, вошедшими в дисперсионный комплекс, различия соответствуют уровню существенных (см. табл. 1–4). Так, при парном сравнении каждого из деревьев с каждым из остальных по суммарному содержанию крахмала и жиров по значениям наименьшей существенной разности учетные деревья № 1, № 6, № 10 имели существенные различия с пятью остальными (каждое). В то же время учетное дерево № 7 — с семью остальными. При использовании более строгого критерия (D -критерий Тьюки) число превышений порога существенности у тех же деревьев было существенно меньше. По другим признакам, например, по отношению содержания крахмала к содержанию жиров, получены иные значения. В частности, учетное дерево № 3, отличалось высоким уровнем индивидуальности значений, т. е. имело существенные различия с восемью другими из десяти представленных в дисперсионном комплексе объектами (см. табл. 2), а деревья № 1 и № 7 — с семью. В то же время учетные деревья № 8 и № 9, имея сходство с большинством других объектов, участвующих в опыте, существенно отличались только от трех других, а учетные деревья с номерами № 4–6 и № 10 — от четырех. Как и по общему содержанию запасных веществ, уровень сходства деревьев по соотношению содержания крахмала и жиров в оценках по D -критерию Тьюки был заметно ниже.

Выводы

1. Содержание и соотношение крахмала и жиров в общем составе запасных веществ в побегах лиственницы сибирской при ее реинтродукции на территорию Нижегородской обл. подвержены внутривидовой изменчивости на организменном уровне.

2. Различия между деревьями лиственницы сибирской по содержанию и соотношению запасных веществ обусловлены особенностями генотипов особей, составляющих их исследованную совокупность, что проявилось на выровненном экофоне и подтверждено результатами дисперсионного анализа.

3. Наличие индивидуальных различий физиологического состояния деревьев лиственницы сибирской, имеющих семенное происхождение, при значительном уровне генотипической обусловленности их фенотипических проявлений свидетельствует о внутривидовом полиморфизме и о перспективах отбора из их числа особей, физиологический статус которых наиболее полно соответствует сложившимся условиям произрастания.

Список литературы

- [1] Карасева М.А. Продуктивность и углероддепонирующие функции лиственничных фитоценозов в Среднем Поволжье // ИВУЗ Лесной журнал, 2002. № 4. С. 22–27.
- [2] Карасева М.А., Карасев В.Н., Маторкин А.А. Физиологическая оценка устойчивости лиственницы сибирской в Среднем Поволжье // Хвойные бореальной зоны, 2003. Т. 21, № 1. С. 27–35.
- [3] Алексеев В.М., Жигунов А.В., Бондаренко А.С. Перспективы плюсовой селекции лиственницы сибирской при интродукции в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2014. Вып. 209. С. 6–15.
- [4] Есичев А.О. Сравнительная оценка ассортимента клонов плюсовых деревьев лиственницы Сукачева (*L. Sukaczewii* Djl.) на лесосеменной плантации в Нижегородской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2016. № 3 (59). С. 66–68.
- [5] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Есичев А.О. Оценка физиологического состояния представителей рода лиственница (*Larix* Mill.) в условиях Нижегородской области // ИВУЗ Лесной журнал, 2018. № 1. С. 9–17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9
- [6] Bonnet-Masimbert M., Pâques L.E., Baldet P., Philippe G. From flowering to artificial pollination in larch for breeding and seed orchard production // The Forestry Chronicle, 1998, v. 74, iss. 2, pp. 195–202. DOI: 10.5558/tfc74195-2
- [7] Sigurdsson B.D., Magnusson B., Elmarsdottir A., Bjarnadottir B. Biomass and composition of understory vegetation and the forest floor carbon stock across Siberian larch and mountain birch chronosequences in Iceland // Annals of Forest Science, 2005, v. 62, no. 8, pp. 881–888. DOI: 10.1051/forest:2005079.
- [8] Colas F., Perron M., Tousignant D., Parent C., Pelletier M., Lemay P. A novel approach for the operational production of hybrid larch seeds under northern climatic conditions // The Forestry Chronicle, 2008, v. 84, iss. 1, pp. 95–104. DOI: 10.5558/tfc84095-1
- [9] Aniszewska M. Analysis of opening cones of selected coniferous trees // Annals of Warsaw University of Life Sciences — SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering), 2010, v. 55, pp. 57–64.
- [10] Vilcan A., Holonec L., Täut I., Sestras R.E. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: II. The energy and capacity of germination of seeds // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 2011, v. 68, no. 1, pp. 481–487.
- [11] Vilcan A., Täut I., Holonec L., Mihalte L., Sestras R.E. The variability of different larch provenances on the response to the attack by its main pests and fungal diseases // Trees Structure and Function, 2013, v. 27, no. 3, pp. 697–705. DOI 10.1007/s00468-012-0825-1
- [12] Williams G.M., Nelson A.S., Affleck D.L.R. Vertical distribution of foliar biomass in western larch (*Larix occidentalis*) // Canadian J. of Forest Research, 2018, v. 48, no. 1, pp. 42–57. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0299
- [13] Есичев А.О. Корреляция признаков пигментного состава хвои представителей рода лиственница (*Larix* Mill.) в дендропарке Сергачского лесничества Нижегородской области // ИВУЗ Лесной журнал, 2018. № 3. С. 43–53. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.43
- [14] Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н. Изменчивость пигментного состава хвои клонов плюсовых деревьев лиственницы Сукачева (*L. Sukaczewii* Djl. spec. nov.) в ассортименте лесосеменных плантаций на примере Нижегородской области // Экономические аспекты развития АПК и лесного хозяйства. Лесное хозяйство Союзного государства России и Белоруссии: Матер. Междунар. науч.-практ. конф.: Нижний Новгород, 26 сентября 2019 г. / под ред. Н.Н. Бессчетновой. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской ГСХА, 2019. С. 156–164.
- [15] Улитин М.М., Бессчетнов В.П., Орнатский А.Н. Морфологические показатели шишек лиственницы сибирской в полезащитных полосах Нижегородской области // Экономические аспекты развития АПК и лесного хозяйства. Лесное хозяйство Союзного государства России и Белоруссии: Матер. Междунар. науч.-практ. конф.: Нижний Новгород, 26 сентября 2019 г. / под общ. ред. Н.Н. Бессчетновой. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской ГСХА, 2019. С. 220–225.
- [16] Улитин М.М., Бессчетнов В.П. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) при интродукции в Нижегородской области // ИВУЗ Лесной журнал, 2020. № 6. С. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41
- [17] Markiewicz P. Problems with seed production of European larch in seed orchards in Poland // Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September 2007. Uppsala, Sweden: Publikationstjänst, 2008, pp. 161–164.
- [18] Mihai G., Teodosiu M. Genetic diversity and breeding of larch (*Larix decidua* Mill.) in Romania // Annals of Forest Research, 2009, v. 52, no. 1, pp. 97–108. DOI: 10.15287/af.2009.126
- [19] Nagaike T., Hayashi A., Kubo M. Diversity of naturally regenerating tree species in the overstorey layer of *Larix kaempferi* plantations and abandoned broadleaf coppice stands in central Japan // Forestry: An International Journal of Forest Research, 2010, v. 83, iss. 3, pp. 285–291. DOI: 10.1093/forestry/cpq011
- [20] Repáč I., Tučeková A., Sarvašová I., Vencurik J. Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season // J. of Forest Science, 2011, v. 57, iss. 8, pp. 349–358. DOI: 10.17221/130/2010-JFS

- [21] Danek M., Chuchro M., Walanus A. Variability in Larch (*Larix Decidua* Mill.) Tree-Ring Growth Response to Climate in the Polish Carpathian Mountains // *Forests*, 2017, v. 8, iss. 10, article number 354, pp. 354 (1–22). DOI: 10.3390/f8100354
- [22] Aniszewska M., Gendek A., Zychowicz W. Analysis of Selected Physical Properties of Conifer Cones with Relevance to Energy Production Efficiency // *Forests*, 2018, v. 9, iss. 7, article number 405, pp. 405(1–12). DOI: 10.3390/f9070405
- [23] Williams G.M., Nelson A.S., Affleck D.L.R. Vertical distribution of foliar biomass in western larch (*Larix occidentalis*) // *Canadian J. of Forest Research*, 2018, v. 48, no. 1, pp. 42–57. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0299
- [24] Vilcan A., Holonec L., Tăut I., Sestras R.E. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: I. The influence of the provenance // *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 2011, v. 68, no. 1, pp. 474–480.
- [25] Vilcan A., Mihalte L., Sestras A.F., Holonec L., Sestras R.E. Genetic variation and potential genetic resources of several Romanian larch populations // *Turkish J. of Agriculture & Forestry*, 2017, v. 41, no. 1, pp. 82–91. DOI: 10.3906/tar-1610-57
- [26] Бессчетнова Н.Н. Скорость сезонного роста ксилемы в годичных побегах клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*, 2008. № 2 (59). С. 4–10.
- [27] Бессчетнова Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны по степени развития ксилемы // *Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки*, 2012. № 7. С. 9–14.
- [28] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2012. № 2/326. С. 58–64.
- [29] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2013. № 2 / 332. С. 45–52.
- [30] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Яханова Е.А., Горелова З.В., Соколова А.А., Кентбаев Е.Ж., Кентбаева Б.А., Шабалина М.В. Развитие ксилемы и лигнификация ее клеток у семян сосны с открытой и закрытой корневой системой // *Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии*, 2014. Т. 4. С. 25–35.
- [31] Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Мишукова И.В. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (*Picea A. Dietr.*) в условиях интродукции // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2017. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57
- [32] Kramer P.J. The role of physiology in forestry // *The Forestry Chronicle*, 1956, v. 32, no. 3, pp. 297–308. DOI: 10.5558/tfc32297-3
- [33] Cherbuy B., Joffre R., Gillon D., Rambal S. Internal remobilization of carbohydrates, lipids, nitrogen and phosphorus in the Mediterranean evergreen oak *Quercus ilex* // *Tree Physiology*, 2001, v. 21, no. 1, pp. 9–17. DOI: 10.1093/treephys/21.1.9
- [34] Бессчетнова Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Эффективность отбора плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской ГСХА, 2016. 464 с.
- [35] Бессчетнова Н.Н. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала в побегах // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*, 2010. № 2 (9). С. 49–55.
- [36] Бессчетнова Н.Н. Содержание водорастворимых сахаров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // *Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-техн. конф. Вып. 28. / под ред. Е.А. Памфилова. Брянск: Изд-во БГТА*, 2011. С. 15–19.
- [37] Бессчетнова Н.Н. Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2012. № 4/328. С. 48–55.
- [38] Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Черных В.Л. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по физиологическому состоянию побегов // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование*, 2015. № 4 (28). С. 35–49.
- [39] Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В. Сравнительная оценка представителей рода Ель (*Picea* L.) по содержанию жиров в тканях годичных побегов // *Научные и инновационные разработки молодых ученых-аграриев: Сб. тр. в молодых ученых ФГБОУ ВПО «Нижегородская ГСХА» за 2014–2015 гг. / под ред. А.Г. Самоделькина. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской ГСХА*, 2015. С. 53–58.
- [40] Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В. Содержание запасных питательных веществ в клетках тканей годичных побегов представителей рода Ель (*Picea* L.) в условиях Нижегородской области // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2019. № 6. С. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52
- [41] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Храмова О.Ю., Клишина Л.И., Печникова Н.Д. Показатели химического и гранулометрического состава дерново-подзолистых почв под сосновыми лесами на территории заповедника «Керженский» Нижегородской области // *Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии*, 2020. № 2 (26). С. 34–42.
- [42] Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н. Динамика физиологического состояния представителей рода лиственница (*Larix* Mill.) при интродукции // *Инновационные разработки молодых ученых в сфере АПК. Материалы Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 85-летию ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»: Нижний Новгород, 15 декабря 2015 года. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской ГСХА*, 2016. С. 14–18.
- [43] Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В. Содержание запасных питательных веществ в клетках тканей годичных побегов представителей рода Ель (*Picea* L.) в условиях Нижегородской области // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2019. № 6. С. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52
- [44] Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Бессчетнов П.В. Содержание и баланс запасных веществ в тканях побегов тополей в Нижегородском Поволжье // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 2020. Вып. 232. С. 92–104. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.92-104
- [45] Бессчетнов П.В., Бессчетнова Н.Н. Видоспецифичность тополей по содержанию жиров в тканях побегов // *Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии*, 2020. № 3 (27). С. 21–33.

Сведения об авторах

Есичев Андрей Олегович — нач. отдела лесного планирования и цифровизации Министерства лесного хозяйства и охраны объектов животного мира Нижегородской области, andrey.esichev@mail.ru

Бессчетнова Наталья Николаевна — д-р с.-х. наук, доцент, декан факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, besschetnova1966@mail.ru

Бессчетнов Владимир Петрович [✉] — д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, lesfak@mail.ru

Бабич Николай Алексеевич — д-р с.-х. наук, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова forest@narfu.ru

Кентбаев Ержан Жунусович — д-р с.-х. наук, профессор, директор департамента по науке Казахского национального аграрного исследовательского университета, yerzhan.kentbayev@kaznau.kz

Кентбаева Ботагоз Айдарбековна — д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой лесных ресурсов и охотоведения Казахского национального аграрного исследовательского университета, kentbayeva@mail.ru

Поступила в редакцию 07.06.2021.

Одобрено после рецензирования 09.09.2021.

Принята к публикации 06.12.2021.

CONTENT AND BALANCE OF STORAGE COMPOUNDS IN SIBERIAN LARCH SHOOTS UNDER ITS REINTRODUCTION IN NIZHNY NOVGOROD REGION

A.O. Yesichev^{1,2}, N.N. Besschetnova¹, V.P. Besschetnov^{1✉},
N.A. Babich³, E.Zh. Kentbayev⁴, B.A. Kentbayeva⁴

¹Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97, Gagarin av., 603107, Nizhny Novgorod, Russia

²Ministry of Forestry and Wildlife Protection Nizhny Novgorod reg., 2, Kostina st., 603134, Nizhny Novgorod, Russia

³Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

⁴Kazakh National Agrarian Research University, 8, Abay av., 050010, Almaty, Republic of Kazakhstan

lesfak@bk.ru

The study of the content and ratio of starch and fat in the shoots of the seed progeny of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) shoots during its reintroduction to the Nizhny Novgorod region was carried out. The objects of the study were located in the arboretum of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy with geographical coordinates — 56°14'32,7"N 43°57'20,7"E and an absolute height — 178 m. The experimental site is assigned to the zone of coniferous-broad-leaved forests and is included in the area of coniferous-broad-leaved (mixed) forests of the European part of the Russian Federation. The work took into account the principle of the only logical difference, the representativeness of the samples, and the requirements for the typicality, suitability, and reliability of the experience. Ten accounting trees with modal development characteristics were examined in the field. From them, 10 normally developed shoots were harvested without signs of damage by external factors. To determine the content of spare substances, laboratory methods of histochemical analysis were used. Phenotypic differences between individuals of seed origin in the content and balance of spare substances were revealed. The highest content of starch and fat (19,20 ± 0,52 points) was observed in tree No. 2, and the lowest-in tree No. 4 (12,95 ± 0,37 points). The average value generalized for the entire data set was 15,88 ± 0,30 points. The hereditary conditionality of intraspecific variability of Siberian Larch for all tested characteristics of spare substances is established. The highest estimates of the heritability coefficient (64,12 ± 3,59 %) were observed for the total total content of starch and fat, the lowest (49,99 ± 5,00 %) — according to the estimates of the share of starch and the share of fat in the formation of their total stock. The conclusion is made about the control on the part of the genotype over the physiological state of Siberian larch trees of seed origin, and about their intraspecific polymorphism. The prospects of selection from their number of individuals whose physiological status most fully corresponds to the existing conditions of growth are proved.

Keywords: Siberian larch, reintroduction, spare substances, starch, fats, individual variability, hereditary conditionality

Suggested citation: Yesichev A.O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Babich N.A., Kentbayev E.Zh., Kentbayeva B.A. *Soderzhanie i balans zapasnykh veshchestv v pobegakh listvennitsy sibirskoy v usloviyakh reintroduktsii v Nizhegorodskuyu oblast'* [Content and balance of storage compounds in Siberian larch shoots under its reintroduction in Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 1, pp. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27

Reference

- [1] Karaseva M.A. *Produktivnost' i uglevododeponiruyushchie funktsii listvennichnykh fitotsenozov v Srednem Povolzh'e* [Productivity and carbon-depositing functions of larch phytocenoses in the Middle Volga region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2002, no. 4, pp. 22–27.
- [2] Karaseva M.A., Karasev V.N., Matorkin A.A. *Fiziologicheskaya otsenka ustoychivosti listvennitsy sibirskoy v Srednem Povolzh'e* [Physiological assessment of the stability of Siberian larch in the Middle Volga region]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal area], 2003, t. 21, no. 1, pp. 27–35.
- [3] Alekseev V.M., Zhigunov A.V., Bondarenko A.S. *Perspektivy plyusovoy selektsii listvennitsy sibirskoy pri introduktsii v usloviyakh Leningradskoy oblasti* [Prospects of positive selection of Siberian larch during introduction in the conditions of the Leningrad region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy], 2014, v. 209, pp. 6–15.
- [4] Esichev A.O. *Sravnitel'naya otsenka assortimenta klonov plyusovykh derev'ev listvennitsy Sukacheva (L. Sukaczewii Djil.) na lesosemnoy plantatsii v Nizhegorodskoy oblasti* [Comparative evaluation of the assortment of clones of Sukachev's larch (*L. Sukaczewii* Djil.) plus trees on a forest seed plantation in the Nizhny Novgorod region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2016, no. 3 (59), pp. 66–68.
- [5] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Esichev A.O. *Otsenka fiziologicheskogo sostoyaniya predstaviteley roda listvennitsa (Larix Mill.) v usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti* [Assessment of the physiological state of representatives of the genus larch (*Larix* Mill.) in the conditions of the Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 1, pp. 9–17. DOI: 10.17238/issn 0536-1036. 2018.1.9
- [6] Bonnet-Masimbert M., Pâques L.E., Baldet P., Philippe G. From flowering to artificial pollination in larch for breeding and seed orchard production. *The Forestry Chronicle*, 1998, v. 74, iss. 2, pp. 195–202. DOI:10.5558/tfc74195-2
- [7] Sigurdsson B.D., Magnusson B., Elmarsdottir A., Bjarnadottir B. Biomass and composition of understory vegetation and the forest floor carbon stock across Siberian larch and mountain birch chronosequences in Iceland. *Annals of Forest Science*, 2005, v. 62, no. 8, pp. 881–888. DOI: 10.1051/forest:2005079.
- [8] Colas F., Perron M., Tousignant D., Parent C., Pelletier M., Lemay P. A novel approach for the operational production of hybrid larch seeds under northern climatic conditions. *The Forestry Chronicle*, 2008, v. 84, iss. 1, pp. 95–104. DOI: 10.5558/tfc84095-1
- [9] Aniszewska M. Analysis of opening cones of selected coniferous trees. *Annals of Warsaw University of Life Sciences — SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)*, 2010, v. 55, pp. 57–64.
- [10] Vilcan A., Holonec L., Tăut I., Sestras R. E. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: II. The energy and capacity of germination of seeds. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 2011, v. 68, no. 1, pp. 481–487.
- [11] Vilcan A., Taut I., Holonec L., Mihalte L., Sestras R.E. The variability of different larch clone provenances on the response to the attack by its main pests and fungal diseases. *Trees Structure and Function*, 2013, v. 27, no. 3, pp. 697–705. DOI 10.1007/s00468-012-0825-1
- [12] Williams G.M., Nelson A.S., Affleck D.L.R. Vertical distribution of foliar biomass in western larch (*Larix occidentalis*). *Canadian J. of Forest Research*, 2018, v. 48, no. 1, pp. 42–57. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0299
- [13] Esichev A.O. *Korrelatsiya priznakov pigmentnogo sostava khvoi predstaviteley roda listvennitsa (Larix Mill.) v dendroparke Sergachskogo lesnichestva Nizhegorodskoy oblasti* [Correlation of signs of the pigment composition of needles of representatives of the genus larch (*Larix* Mill.) in the arboretum of the Sergachsky forest district of the Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 3, pp. 43–53. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.43
- [14] Esichev A.O., Besschetnova N.N. *Izmenchivost' pigmentnogo sostava khvoi klonov plyusovykh derev'ev listvennitsy Sukacheva (L. Sukaczewii Djil. spec. nov.) v assortimente lesosemennykh plantatsiy na primere Nizhegorodskoy oblasti* [Variability of the pigment composition of needles of clones of Sukachev's larch (*L. Sukaczewii* Djil. spec. nov.) plus trees in the assortment of forest-seed plantations on the example of the Nizhny Novgorod region]. *Ekonomicheskie aspekty razvitiya APK i lesnogo khozyaystva. Lesnoe khozyaystvo Soyuznogo gosudarstva Rossii i Belorussii: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konferentsii* [Economic aspects of the development of agriculture and forestry. Forestry of the Union State of Russia and Belarus: Materials international scientific and practical conferences], Nizhny Novgorod, September 26, 2019. Ed. N.N. Besschetnova. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2019, pp. 156–164.
- [15] Ulitin M.M., Besschetnov V.P., Ornatskiy A.N. *Morfologicheskie pokazateli shishek listvennitsy sibirskoy v polezashchitnykh polosakh Nizhegorodskoy oblasti* [Morphological indicators of Siberian larch cones in the protective strips of the Nizhny Novgorod region]. *Ekonomicheskie aspekty razvitiya APK i lesnogo khozyaystva. Lesnoe khozyaystvo Soyuznogo gosudarstva Rossii i Belorussii: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konferentsii* [Economic aspects of the development of agriculture and forestry. Forestry of the Union State of Russia and Belarus: Materials of the international scientific and practical conference], Nizhny Novgorod, September 26, 2019. Ed. N.N. Besschetnova. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2019, pp. 220–225.
- [16] Ulitin M.M., Besschetnov V.P. *Sravnitel'naya otsenka taksatsionnykh pokazateley lesnykh kul'tur listvennitsy sibirskoy (Larix sibirica) pri introduktsii v Nizhegorodskoy oblasti* [Comparative assessment of the taxation indicators of forest crops of Siberian larch (*Larix sibirica*) during introduction in the Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2020, no. 6, pp. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41
- [17] Markiewicz P. Problems with seed production of European larch in seed orchards in Poland. *Seed orchards: Proceedings from a conference at Umeå, Sweden, 26–28 September 2007*. Uppsala, Sweden: Publikationstjänst, 2008, pp. 161–164.
- [18] Mihai G., Teodosiu M. Genetic diversity and breeding of larch (*Larix decidua* Mill.) in Romania. *Annals of Forest Research*, 2009, v. 52, no. 1, pp. 97–108. DOI: 10.15287/afr.2009.126
- [19] Nagaïke T., Hayashi A., Kubo M. Diversity of naturally regenerating tree species in the overstorey layer of *Larix kaempferi* plantations and abandoned broadleaf coppice stands in central Japan. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 2010, v. 83, iss. 3, pp. 285–291. DOI: 10.1093/forestry/cpq011

- [20] Repáč I., Tučeková A., Sarvašová I., Vencurik J. Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season. *J. of Forest Science*, 2011, v. 57, iss. 8, pp. 349–358. DOI: 10.17221/130/2010-JFS
- [21] Danek M., Chuchro M., Walanus A. Variability in Larch (*Larix Decidua* Mill.) Tree-Ring Growth Response to Climate in the Polish Carpathian Mountains. *Forests*, 2017, v. 8, iss. 10, article number 354, pp. 354(1–22). DOI: 10.3390/f8100354
- [22] Aniszewska M., Gendek A., Zychowicz W. Analysis of Selected Physical Properties of Conifer Cones with Relevance to Energy Production Efficiency // *Forests*, 2018, v. 9, iss. 7, article number 405, pp. 405(1–12). DOI: 10.3390/f9070405
- [23] Williams G.M., Nelson A.S., Affleck D.L.R. Vertical distribution of foliar biomass in western larch (*Larix occidentalis*). *Canadian J. of Forest Research*, 2018, v. 48, no. 1, pp. 42–57. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0299.
- [24] Vilcan A., Holonec L., Täut I., Sestras R. E. Variability of the traits of cones and seeds in different larch clones: I. The influence of the provenance. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 2011, v. 68, no. 1, pp. 474–480.
- [25] Vilcan A., Mihalte L., Sestras A.F., Holonec L., Sestras R. E. Genetic variation and potential genetic resources of several Romanian larch populations. *Turkish J. of Agriculture & Forestry*, 2017, v. 41, no. 1, pp. 82–91. DOI:10.3906/tar-1610-57
- [26] Besschetnova N.N. *Skorost' sezonnogo rosta ksilemy v godichnykh pobegakh klonov plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy* [The rate of seasonal growth of xylem in annual shoots of clones of plus trees of Scots pine]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2008, no. 2 (59), pp. 4–10.
- [27] Besschetnova N.N. *Mnogomernaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny po stepeni razvitiya ksilemy* [Multidimensional assessment of plus pine trees by the degree of xylem development]. / *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskie, ekonomicheskie nauki* [Herald of Saratov State Vavilov Agrarian University. Natural, Technical, Economic Science], 2012, no. 7, pp. 9–14.
- [28] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. *Selektsionnaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy metodami mnogomernogo analiza* [Selection evaluation of plus trees of scots pine by methods of multidimensional analysis] // *Izvestiya vuzov. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2012, no. 2/326, pp. 58–64.
- [29] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. *Obrazovanie i lignifikatsiya ksilemy plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy* [Formation and lignification of xylem of plus trees of Scots pine]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2013, no. 2/332, pp. 45–52.
- [30] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Yakhanova E.A., Gorelova Z.V., Sokolova A.A., Kentbaev E.Zh., Kentbaeva B.A., Shabalina M.V. *Razvitie ksilemy i lignifikatsiya ee kletok u seyantsev sosny s otkrytoy i zakrytoy kornevoy sistemoy* [Xylem development and lignification of its cells in pine seedlings with open and closed root systems]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2014, v. 4, pp. 25–35.
- [31] Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kul'kova, A.V. Mishukova I.V. *Soderzhanie krakhmala v tkanyakh pobegov raznykh vidov eli (Picea A. Dietr.) v usloviyakh introduktsii* [Starch content in the tissues of shoots of different types of spruce (*Picea A. Dietr.*) in the conditions of introduction]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2017, no. 4, pp. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57
- [32] Kramer P.J. The role of physiology in forestry. *The Forestry Chronicle*, 1956, v. 32, no. 3, pp. 297–308. DOI: 10.5558/tfc32297-3
- [33] Cherbuy B., Joffre B., Gillon D., Rambal S. Internal remobilization of carbohydrates, lipids, nitrogen and phosphorus in the Mediterranean evergreen oak *Quercus ilex*. *Tree Physiology*, 2001, v. 21, no. 1, pp. 9–17. DOI: 10.1093/treephys/21.1.9
- [34] Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Effektivnost' otbora plyusovykh derev'ev* [Scots pine (*Pinus sylvestris L.*). Efficiency of selection of plus trees]. *Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*, 2016, 464 p.
- [35] Besschetnova N.N. *Sravnitel'naya otsenka plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy po sodержaniyu krakhmala v pobegakh* [Comparative assessment of plus trees of Scots pine according to the starch content in shoots]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie (Bulletin of the Mari State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management)*, no. 2 (9), 2010, pp. 49–55.
- [36] Besschetnova N.N. *Soderzhanie vodorastvorimykh sakharov v kletkakh pobegov plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy* [The content of water-soluble sugars in the cells of shoots of plus trees of scots pine]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Collection of scientific papers on the results of the international scientific and technical conference]. Iss. 28. Bryansk: BGTA, 2011, pp. 15–19.
- [37] Besschetnova N.N. *Soderzhanie zhirov v kletkakh pobegov plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy* [The content of fats in the cells of shoots of plus trees of Scots pine]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2012, no. 4/328, pp. 48–55.
- [38] Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Chernykh V.L. *Genotipicheskoe neskhdstvo plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po fiziologicheskomu sostoyaniyu pobegov* [Genotypic dissimilarity of plus trees of scots pine (*Pinus sylvestris L.*) according to the physiological state of shoots]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management], 2015, no. 4 (28), pp. 35–49.
- [39] Besschetnova N.N., Kul'kova A.V. *Sravnitel'naya otsenka predstaviteley roda el' (Picea L.) po sodержaniyu zhirov v tkanyakh godichnykh pobegov* [Comparative assessment of representatives of the genus spruce (*Picea L.*) on the content of fats in the tissues of annual shoots]. *Nauchnye i innovatsionnye razrabotki molodykh uchenykh-agrariyev: Sbornik trudov molodykh uchenykh FGBOU VPO «Nizhegorodskaya GSKhA» za 2014–2015 gg.* [Scientific and innovative developments of young agricultural scientists: A collection of works of young scientists of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy for 2014–2015] Ed. A.G. Samodelkin. *Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*, 2015, pp. 53–58.
- [40] Besschetnova N.N., Kul'kova A.V. *Soderzhanie zapasnykh pitatel'nykh veshchestv v kletkakh tkaney godichnykh pobegov predstaviteley roda el' (Picea L.) v usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti* [The content of spare nutrients in the tissue cells of annual shoots of representatives of the genus spruce (*Picea L.*) in the conditions of the Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2019, no. 6, pp. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52

- [41] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Khranova O.Yu., Klishina L.I., Pechnikova N.D. *Pokazateli khimicheskogo i granulometricheskogo sostava dornovo-podzolistykh pochv pod sosnovymi lesami na territorii zapovednika «Kerzhenskiy» Nizhegorodskoy oblasti* [Indicators of chemical and granulometric composition of sod-podzolic soils under pine forests in the territory of the Kerzhensky Nature Reserve of the Nizhny Novgorod region]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2020, no. 2 (26), pp. 34–42.
- [42] Esichev A.O., Besschetnova N.N. *Dinamika fiziologicheskogo sostoyaniya predstaviteley roda listvennitsa (Larix Mill.) pri introduksii* [Dynamics of the physiological state of representatives of the genus larch (*Larix* Mill.) at introduction]. *Innovatsionnye razrabotki molodykh uchenykh v sfere APK. Materialy Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 85-letiyu FGBOU VO Nizhegorodskaya GSKhA* [Innovative developments of young scientists in the field of agriculture. Proceedings of the All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 85th Anniversary of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy: Nizhny Novgorod, December 15, 2015]. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2016, pp. 14–18.
- [43] Besschetnova N.N., Kul'kova A.V. *Soderzhanie zapasnykh pitatel'nykh veshchestv v kletkakh tkaney godichnykh pobegov predstaviteley roda el' (Picea L.) v usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti* [The content of spare nutrients in the tissue cells of annual shoots of representatives of the genus spruce (*Picea* L.) in the conditions of the Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2019, no. 6, pp. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52
- [44] Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Besschetnov P.V. *Soderzhanie i balans zapasnykh veshchestv v tkanyakh pobegov topoley v Nizhegorodskom Povolzh'e* [Content and balance of spare substances in the tissues of poplar shoots in the Nizhny Novgorod Volga region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the Saint Petersburg forestry Academy], 2020, v. 232, pp. 92–104. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.92-104
- [45] Besschetnov P.V., Besschetnova N.N. *Vidospetsifichnost' topoley po sodержaniyu zhirov v tkanyakh pobegov* [Species specificity of poplars in terms of fat content in the tissues of shoots]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2020, no. 3 (27), pp. 21–33.

Authors' information

Esichev Andrey Olegovich — Head of the Department of Forest Planning and Digitalization of the Ministry of Forestry and Wildlife Protection of the Nizhny Novgorod Region, andrey.esichev@mail.ru

Besschetnova Natal'ya Nikolaevna — Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Forestry of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, besschetnova1966@mail.ru

Besschetnov Vladimir Petrovich — Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Forest crops of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, lesfak@mail.ru

Babich Nikolay Alekseevich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, forest@narfu.ru

Kentbayev Yerzhan Zhunusovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Director of the Department of Science of the Kazakh National Agrarian Research University, yerzhan.kentbayev@kaznau.kz

Kentaeva Botagoz Aidarbekovna — Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Forest Resources and Hunting Studies of the Kazakh National Agrarian Research University, kentbayeva@mail.ru

Received 07.06.2021.

Approved after review 09.09.2021.

Accepted for publication 06.12.2020.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest