

АНАЛИЗ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОРЫ ПСЕВДОТСУГИ МЕНЗИСА, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЕЕ ИНТРОДУКЦИЕЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

И.С. Левин ¹, С.В. Левин ²

¹- аспирант кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации,
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия

² – к. с.-х. н., научный сотрудник отдела опытных испытаний,
Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции
и биотехнологии, г. Воронеж, Россия

Аннотация. Внешний вид и рельеф поверхности коры поражают своим многообразием, которое определяется как видовыми особенностями, так и возрастом растения, а также условиями его произрастания. Учитывая, что корреляция между архитектурой коры и ее отношением к экологическим стрессам остается преимущественно неисследованной, прослежено распределение деревьев псевдотсуги Мензиса с учетом типа коры в одновозрастном насаждении при ее адаптации в условиях лесостепи Воронежской области. Установлено, что уже с 40-45 лет у псевдотсуги, когда различия в коре становятся хорошо заметными, можно эффективно проводить мероприятия по уходу за лесом и собирать семена с целью селекционного отбора для искусственного разведения, ориентируясь на этот признак. В рубки ухода следует назначать деревья с трещиноватым типом коры, исключая их из перспективного семенного фонда.

Ключевые слова: псевдотсуга Мензиса, тип коры, адаптация, культуры, таксационные признаки, интродукция

ANALYSIS OF PHENOTYPIC CHARACTERISTICS OF DOUGLAS FIR BARK CAUSED BY ITS INTRODUCTION IN THE VORONEZH REGION

I.S. Levin ¹, S.V. Levin ²

¹ - Postgraduate student of the Department of Forest Cultures, Breeding and Forest Reclamation, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

² – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Department of Experimental Trials,
All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

Abstract. The appearance and surface relief of bark impress with their diversity, determined by species characteristics, plant age, and growing conditions. Considering that the correlation between bark architecture and its response to ecological stresses remains largely unexplored, the distribution of Douglas fir trees was traced based on bark type in a uniform-age stand in the forest-steppe of the Voronezh region. It was established that already at 40-45 years, when differences in bark become noticeable, effective forest management activities can be conducted, and seeds can be collected for selective breeding based on this trait. Trees with cracked bark type should be designated for thinning, excluding them from the prospective seed fund.

Keywords: *Pseudotsuga menziesii*, bark type, adaptation, culture, taxonomic traits, introduction

Введение

Благодаря своему интенсивному росту и ценной древесине, псевдотсуга Мензиса, или дугласия (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) давно и успешно культивируется за пределами своего естественного ареала. Искусственные насаждения этой породы в этих регионах отличаются весьма высокой производительностью [11].

По своей уникальности свойств, как природного материала, древесная кора открывает широкие перспективы ее использования в различных сферах нашей деятельности: медицине, энергетике, сельском хозяйстве, при производстве плит, с использованием пробки, химической обработке, очистке воды и газа, при производстве пластмасс и наполнителей, изготовлении одежды и посуды [6]. Сочетание сложного химического состава, множества вторичных метаболитов и благоприятных физико-механических свойств позволяет находить новые пути ее применения и существенно обогащать рынок разнообразными продуктами.

Кора – это динамичный орган растения, выполняющий множество жизненно важных функций, причем ее характеристики меняются по мере взросления. Внешний вид и рельеф поверхности коры поражают своим многообразием, которое определяется как видовыми особенностями, так и возрастом растения, а также условиями его произрастания. Эти вариации могут проявляться на разных участках одного и того же дерева. По своему объему кора составляет от 5 до 28% от общей массы растения [6]. Структурная целостность коры в процессе тангенциального расширения, а также наличие или отсутствие специализированных разделительных слоев, обеспечивающих периодическое отторжение наружных частей, играют решающую роль в формировании ее внешнего облика. Эти критерии позволяют классифицировать кору на четыре основных морфологических типа: растянутая, отшелушивающаяся, бороздчатая, отслаивающаяся кора и их комбинации.

Два типа коры, а именно, растягивающаяся и отшелушивающаяся, демонстрируют схожую способность к значительному расширению без нарушения целостности поверхности. Это расширение часто сопровождается появлением чечевичек и глазоподобных отметин. Внешне растянутая кора гладкая, в отличие от отшелушивающейся, которая несет на себе рубцы от опавших чешуек. Структурно оба типа коры имеют общую тонкую перидерму или ритидом, под которыми располагается непрерывный паренхиматозный слой (псевдокортекс или пролиферирующая ткань) или/и участки тонкостенных клеток, возникающие в результате деятельности расширяющихся меристем. Ключевое различие между ними заключается в наличии у отшелушивающейся коры поверхностных разделительных слоев, состоящих из тонкостенных клеток феллема [12].

В отличие от коры двух других типов, бороздчатая кора при расширении демонстрирует на поверхности отчетливые продольные трещины, обычно лишенные чечевичек и глазовидных образований. Бороздчатая кора не имеет разделительных слоев и состоит в основном из прочного, устойчивого ритидома, под которым отсутствует паренхиматозный слой. Отличительной чертой отслаивающейся коры является заметное отшелушивание ее внешних частей, при этом ритидом у нее относительно тонкий. В этом случае перидерма может выполнять функцию разделительных слоев, а непроводящая флоэма (включая разрушенные слои, если они присутствуют), остающаяся после удаления перидермы, берет на себя защитную функцию [12]. Тем не менее, у некоторых видов отслаивающейся коры наблюдается иное распределение функций: перидерма отвечает за защиту, а непроводящая флоэма – за отделение слоев.

Детальное понимание анатомических механизмов, лежащих в основе растяжения коры без деструкции поверхности, и закономерностей распределения защитных и отделительных ее структур различных таксонов растений остается ограниченным, в том числе и у псевдотсуги Мензиса, как в целом, так и с учетом ее разновидностей. При этом экологическая значимость таких фенотипических признаков коры, как пигментация, фотосинтетическая функция и плотность, также изучена в недостаточной степени. Биомеханика коры является областью, где

существует значительный пробел в знаниях. Неясно, является ли наблюдаемая дилатация коры результатом механических напряжений или же представляет собой гормонально опосредованную реакцию. Данный вопрос требует междисциплинарного подхода и проведения высокоточных измерений [9,10,12].

Учитывая, что корреляция между архитектурой коры и ее отношением к экологическим стрессам остается преимущественно неисследованной, целесообразно проследить распределение деревьев псевдотсуги Мензиса с учетом типа коры в одновозрастном насаждении при ее адаптации в условиях лесостепи Воронежской области.

Материалы и методы исследований

Настоящие исследования проводились на территории Семилукского коллекционно-маточного дендрария Воронежской области в насаждении псевдотсуги Мензиса квартала № 86 возрастом 57 лет с его назначением в качестве культур I класса бонитета, созданных из семенного фонда из Липецкой области (Лесостепной опытно-селекционной станции) на площади 0,076га.

Исходная густота культур при размещении 2,5х2,5м составляла 1600шт./га. На момент исследования густота составляет 925 шт./га при сохранности 57,8%. При абсолютной полноте 70,1 м²/га запас насаждения составил 698 м³/га, которые оказались очень высокими на территории интродукции по Воронежской области [5]. Высокая жизнеспособность псевдотсуги Мензиса проявляется в ее способности к размножению и адаптации потомства к изменяющимся условиям окружающей среды. Наблюдаемое естественное возобновление подтверждает это.

В ходе исследований оценивались высота деревьев и диаметр ствола на высоте груди [1] с учетом морфологического типа по коре и анализом категории санитарного состояния.

Результаты и их обсуждение

Ранее в этом направлении получены результаты исследований культур вида на территории Карпат, где псевдотсуга зеленая (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) обладает хорошим ростом, высокой продуктивностью и устойчивостью [8]. Здесь по строению поверхностного слоя коры в насаждениях выделены 3 формы: широкобороздчатая, среднебороздчатая и узкобороздчатая. Различия между формами псевдотсуги проявляются в следующих внешних морфологических характеристиках. У широкобороздчатой разновидности крона имеет форму узкого конуса, образованного множеством относительно тонких ветвей. Стволы таких деревьев сужаются кверху, что обусловлено толстой корой в нижней части. Деревья со среднебороздчатой корой обладают более классической конической кроной, с нижними ветвями, которые толще и отходят дальше от ствола. Их стволы более полные и лучше освобождаются от нижних сучьев. Особи с узкобороздчатой корой демонстрируют наилучшее естественное очищение от сучьев и наименьшую степень закомелистости, но при этом их продуктивность несколько ниже по сравнению с двумя предыдущими формами.

О форме ствола дерева, которая играет важную роль в успешном выращивании псевдотсуги, определяя качество древесины и способность к самоочищению от сучьев, говорится и в других работах [2,3,7]. Деревья с грубой или среднебороздчатой корой обычно хуже очищаются от сучьев и имеют более выраженную конусность ствола по сравнению с деревьями с гладкой корой. Однако, во всех случаях не было выявлено прямой связи между характеристиками коры (толщиной и формой) и общей продуктивностью псевдотсуги.

Также была изучена интенсивность роста разных форм вида *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco) по строению коры в культурах 45- и 103-летнего возраста [4]. Установлены очень похожие показатели объема среднего дерева у всех исследованных форм породы. Высота деревьев составила 28,4-39,8 м, диаметр 34,4-56,6 см при густоте 292-412 шт./га, запас стволовой древесины - 549-1489 м³/га. Все оговоренные результаты указывают на специфику развития деревьев в насаждениях и лишний раз подчеркивают необходимость выявления

лучших деревьев породы в условиях лесостепи Воронежской области с учетом феномена коры.

В исследуемом насаждении псевдотсуги Мензиса было выделено 3 морфологических типа коры (феномена): трещиноватый, глубокотрещиноватый и пробковый. На диаграмме приведено процентное соотношение количества стволов по феномену коры (рис.1).

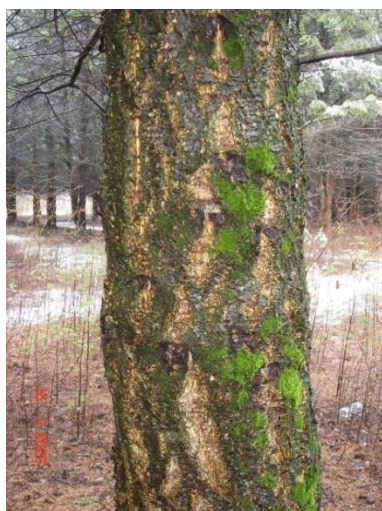


Рис.1 - Процентное соотношение по феномену (типу) коры в насаждении

Как видно на рис.1 наиболее многочисленной оказалась группа деревьев с трещиноватым типом коры (43%), а самой малочисленной – с пробковым (23%).

Наблюдаемые типы по коре можно охарактеризовать следующим образом:

- трещиноватый, который характеризуется ранним образованием и преобладанием в составе коры корки (рис.2а). При слабо изменяющемся слое живой флоэмы равным 5- 6 мм, общая толщина коры за счет развития корки увеличивается до 1,5- 2 см. Корка растрескивается не глубокими продольными и поперечными бороздами. Высота поднятия корки до 4 м. Форма кроны пирамидальная. Ветви толстые, крона плотная. Побеги желто-бурые, охвоение густое. Хвоя длиной 2-2,5 см, сверху светло-зеленая, снизу бледно-сизая. Менее продуктивный тип (табл.1). Преобладает в насаждении. Слабо подвержен снеголому.



а) б) в)

Рис.2 - Феномены (типы) коры: трещиноватый-а; бороздчатый- б; пробковый- в

- глубокотрещиноватый (бороздчатый) тип отличается от предыдущего мощным развитием корки, в составе которой преобладают пробка повторных перидерм до 3 -4 см (рис.2б). Корка растрескивается 2-3 см продольными трещинами. Стенки трещин светло-коричневые. По характеру кроны, побегам и хвое сходен с трещиноватым типом. Наиболее продуктивный (табл.1).

- пробковый, как особый, наиболее отличный от других по развитию ритидома тип в насаждении встречается реже (рис.2в). При надавливании на кору она пружинит. Корка растрескивается продольными трещинами. Уступает по продуктивности бороздчатому типу (табл.1). Представляет значительный интерес для селекции в целях создания специализированных промышленных плантаций для регулярных заготовок пробки в целях ее промышленного использования и химической переработки. Здесь стоит отметить, что исходя из зарубежного опыта, сьем пробки может осуществляться с растущего дерева без нанесения ему ущерба [10, 12]. При этом можно снимать до 90% общей толщины коры.

В результате полученных результатов коэффициентов изменчивости в насаждении: диметра ствола – 26,8% и высоты дерева – 14,8%, можно утверждать об однородности показателей, т.к. коэффициент вариации признака не превышает 33%. Также средняя изменчивость высот деревьев косвенно указывает на незавершенность процесса дифференциации в насаждении.

Таблица 1. Таксационные показатели по группам деревьев с учетом типа коры

Феномен (тип) коры	Высота дерева (Н, м)	Диаметр ствола (Д, см)	Объем ствола (V, м³)	Категория санитарного состояния
Бороздчатый	21,73±2,33	35,51±7,42	1,07±0,49	1,33±0,64
Пробковый	20,44±3,03	30,53±7,56	0,75±0,37	1,63±0,20
Трещиноватый	19,47±3,24	25,37±5,75	0,51±0,25	1,50±0,73
Средние значения	20,46±3,04	30,03±8,04	0,76±0,44	1,47±0,77

На основании результатов по таксационным показателям на рисунке 3 наблюдаем, что наименее продуктивными оказались деревья с трещиноватой корой, которые уступают деревьям с иными типами коры. Деревья с пробковым типом коры занимают центральное положение, приравняваясь к средним показателям всего насаждения.

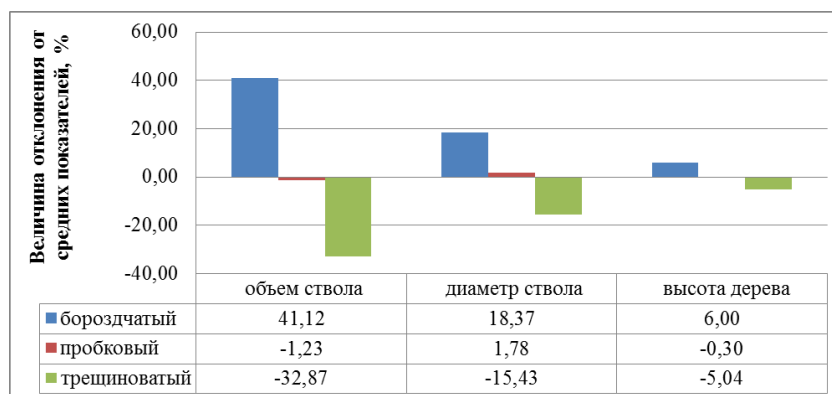


Рис.3 – Отклонения таксационных показателей в группах деревьев с учетом их типа коры от средних значений насаждения

Подтверждением успешного развития деревьев с бороздчатым типом коры, наряду с их ростом, следует считать категорию санитарного состояния (1,33).

Заключение

В результате установлено, что благодаря различиям деревьев породы по типу коры, лесоводы могут эффективно проводить мероприятия по уходу за лесом и собирать семена с целью селекционного отбора для искусственного разведения, ориентируясь на этот признак. Это становится возможным уже с 40-45 лет, когда различия в коре становятся хорошо заметными. В рубки ухода следует назначать деревья с трещиноватым типом коры, исключая их из перспективного семенного фонда. Деревья с пробковым типом коры могут представлять значительный интерес для селекции в целях создания специализированных промышленных плантаций для регулярных заготовок пробки с последующим ее промышленным использованием и химической переработкой.

Список литературы

1. Анучин, Н. П. Сортиментные и товарные таблицы. 7-е изд., перераб. и доп./ Н. П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 536 с.
2. Бродович Т.М. Акклиматизация и адаптация дугласии тиссолистной в лесных насаждениях запада УССР/ Т.М. Бродович // Лесной журнал – 1978.- № 4. – С. 33-36.
3. Бродович Т.М. Лжетсуга (дугласия) в лесных насаждениях УССР/ Т.М. Бродович // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1969.- Вып. 16. – С. 99-104.
4. Дебринюк, Ю. М. Производительность *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco) в связи с формами вида по строению коры / Ю. М. Дебринюк // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2008. – Т. XI. – С. 23-26.
5. Левин И. С. Оценка развития псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco) в условиях лесостепного района европейской части России/ И. С. Левин// Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2(78). – С. 73-81. URL: https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_2_73-81.
6. Пастори З. Состояние и перспективы использования древесной коры/З. Пастори, Г.А. Горбачева, В.Г. Санаев, И.Р. Мохачине, З. Борчок // Лесной вестник / Forestry Bulletin - 2020. -Т. 24. -№ 5.- С. 74–88. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-5-74-88
7. Смаглюк К.К. К вопросу о высотно-экологическом диапазоне лжетсуги тиссолистной на северных мегасклонах Украинских Карпат/ К.К. Смаглюк // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1971. – Вып.25. – С. 21-26.
8. Шляхта Я.М. Формы дугласии зеленой по строению коры в Карпатах/ Я.М. Шляхта // Лесное хозяйство.- 1982. - № 6. - С.40-41.
9. Cardoso, S., Quilhó T. , Pereira H.. 2019. Influence of cambial age on the bark structure of Douglas-fir. Wood Science and Technology, 53(1). DOI:10.1007/s00226-018-1055-5
10. Rosell, J.A. Bark in woody plants: Understanding the diversity of a multifunctional structure. Integr. Comp. Biol. 2019, 59, 535–547.
11. Ruge F., Nicke A., Kohnle U. Douglasien–Naturverjüngung unter Schirm. AFZ–Der Wald. 2019. №17. S. 42-46. URL: <https://www.waldwissen.net/en/forestry/silviculture/forest-regeneration/douglasien-naturverjuengung-kein-sicherer-stand-bei-konkurrenz-und-ueberschirmung>
12. Shtein, I.; Gricar, J.; Lev-Yadun, S.; Oskolski, A.; Pace, M.R.; Rosell, J.A.; Crivellaro, A. Priorities for Bark Anatomical Research: Study Venues and Open Questions. Plants 2023, 12, 1985. <https://doi.org/10.3390/plants12101985>

References

1. Anuchin, N. P. Sorting and commodity tables. 7th ed., revised and additional/ N. P. Anuchin.–M.:ForestIndustry,1981.-536p
2. Brodovich T.M. Acclimatization and adaptation of thyssolistous douglasia in forest plantations of the west of the Ukrainian SSR/ T. M. Brodovich // Forest Journal – 1978.- No. 4. – Pp.33-36.
3. Brodovich T.M. Lizhetsuga (douglasia) in the forest plantations of the Ukrainian SSR/ T.M. Brodovich // Forestry and agroforestry. – 1969.- Vol. 16. Pp. 99-104.
4. Debrinyuk, Yu. M. Productivity of *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco) in connection with the forms of the species according to the structure of the bark / Yu. M. Debrinyuk // Fruit growing, seed production, introduction of woody plants. – 2008. – Vol. XI. – Pp. 23-26.
5. Levin I. S. Assessment of the development of *Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco in the conditions of the forest-steppe region of the European part Russia/ I. S. Levin// Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. -2024. – № 2(78). – Pp. 73-81. URL: https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_2_73-81
6. Pastory Z. The state and prospects of using tree bark. Pastory, G.A. Gorbacheva, V.G. Sanaev, I.R. Mokhachine, Z. Borchok // Forest Bulletin / Forestry Bulletin - 2020. -Vol. 24. -No. 5. - pp.74-88.DOI:10.18698/2542-1468-2020-5-74-88
7. Smaglyuk K.K. On the question of the altitude and ecological range of the thyssolistous false grass on the northern megasclones of the Ukrainian Carpathians/ K.K. Smaglyuk // Forestry and agroforestry.–1971.–Issue25.–pp.21-26.
8. Shlyakhta Ya.M. The forms of the green douglas according to the structure of the bark in the Carpathians/ Ya.M. Shlyakhta // Forestry.- 1982. - No. 6. - pp.40-41.
9. Cardoso, S., Quilhó T., Pereira H.. 2019. Influence of cambial age on the bark structure of Douglas-fir. Wood Science and Technology, 53(1). DOI:10.1007/s00226-018-1055-5
10. Rosell, J.A. Bark in woody plants: Understanding the diversity of a multifunctional structure. Integr. Comp. Biol. 2019, 59, 535–547.
11. Ruge F., Nicke A., Kohnle U. Douglasien–Naturverjüngung unter Schirm. AFZ–Der Wald. 2019. №17. S. 42-46. URL: <https://www.waldwissen.net/en/forestry/silviculture/forest-regeneration/douglasien-naturverjuengung-kein-sicherer-stand-bei-konkurrenz-und-ueberschirmung>
12. Shtein, I.; Gricar, J.; Lev-Yadun, S.; Oskolski, A.; Pace, M.R.; Rosell, J.A.; Crivellaro, A. Priorities for Bark Anatomical Research: Study Venues and Open Questions. Plants 2023, 12, 1985. <https://doi.org/10.3390/plants12101985>