

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОПТИМАЛЬНОГО РОСТА ЛЖЕТСУГИ МЕНЗИСА ПРИ ЕЕ ИНТРОДУКЦИИ В НОВЫЕ УСЛОВИЯ МЕСТООБИТАНИЯ

© 2001 г. А.Б. Беляев

Воронежский государственный университет

Методом информационного анализа выявлены экологические факторы оптимального роста псевдотсуги Мензиса на уровне I-Ia класса бонитета при её интродукции в новые условия местообитания на территории Европейской части стран СНГ.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из способов улучшения качественного состава и разнообразия лесов, повышения их продуктивности является интродукция быстрорастущих и хозяйственно-ценных древесных пород в лесное хозяйство.

Условием правильного планирования интродукции инородных пород является подбор таких экологических условий, которые бы соответствовали их биологическим особенностям.

Наиболее перспективной древесной породой во многих странах Европы считается лжетсуга Мензиса (псевдотсуга или дугласия) благодаря скорости роста, хорошей декоративности и отличному качеству древесины [12].

Лжетсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franko) естественно произрастает в западной части Северной Америки между Каскадными горами и Тихим океаном в пределах между 55 и 35° северной широты, где образует леса с огромными запасами древесины – до 1600 м³/га [14, 17]. Площадь ее ареала около 700 тыс. км². Почвенный покров этого района представлен в основном почвами вулканического происхождения [17] мощностью часто свыше одного метра, а также горными бурными лесными почвами. В ареале своего произрастания псевдотсуга предпочитает хорошо дренированные мощные слаббокислые (рН 5,0 – 5,5) почвы. На плохо дренированных плотных и бедных почвах она не может нормально развиваться [17]. При ее интродукции в страны Западной Европы лучшие насаждения она также образует на хорошо дренированных суглинистых и супесчаных почвах [9]. Во многих странах псевдотсуга введена в культуру. В Германии посадки ее занимают десятки тысяч гектар [18, 19], во Франции она является основной культурой при лесоразведении [15], а в Нидерландах занимает почти треть всей площади лесонасаждений моложе 40 лет [21]. Выращивают ее и в других европейских странах.

Ее интродукция в государства Прибалтики, на Украину, в Белоруссию и в Россию была начата в середине XIX века [7]. Здесь она растет в парках, садах и лесных культурах, но общая площадь незначительна и, видимо, лишь в Украинских Карпатах она составляет 2 тысячи гектар [3]. В других районах СНГ ее площадь ограничена и не превышает сотен гектар. К тому же идет процесс постепенного старения и отмирания насаждений, что уменьшает генетический потенциал вида. Имеющиеся насаждения на территории России и стран СНГ показывают высокую продуктивность по запасу стволовой древесины (до 1160 м³/га), что значительно превышает запасы аборигенных пород [8]. Для более широкого внедрения и планирования размещения псевдотсуги в насаждения необходимо прежде всего изучить экологические условия в местах ее первичной интродукции. Эта задача решалась при участии автора в составе комплексных экспедиций в 1972-1985 гг. Этими исследованиями были охвачены насаждения, почвенный покров под ними и климатические условия в местах произрастания псевдотсуги на Украине (Закарпатская, Львовская, Хмельницкая, Киевская области), в Белоруссии (Брестская и Минская области), в России (Калининградская, Брянская, Курская, Липецкая, Пензенская, Нижегородская области, республики Татарстан и Марий Эл).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевое изучение проводилось методом закладки пробных площадей с определением таксационных показателей и изучением почвенного покрова в соответствии с требованиями при биогеоэкологических исследованиях [10]. Отбор хвои текущего года проводился из средней части кроны 10-12 деревьев с наиболее освещенной южной стороны [13,24]. Полученный смешанный образец высушивался при t= 60° размалывался до размера 0,5 мм. Определение азота, фосфора, калия осуществлялось из одной навески мокрым озолением [5].

Основные физические, химические и физико-химические показатели определяли по общепринятым методикам [1,4]. Для установления влияния почвенных факторов и их действенности на продуктивность псевдотсуги, в зависимости от взятого для исследования объема почвы, были рассчитаны средневзвешенные показатели для горизонтов: А, А+В, слоям 0-100 см и КОС (корнеобитаемый слой), почвенному профилю. В ряде случаев – для валового гумуса, обменных катионов, подвижных форм фосфора и калия, сделан перерасчет веществ в запасы на гектар (т/га и кг/га). Все эти данные по горизонтам и слоям, а также климати-

ческие показатели (факторы) обрабатывались методом информационного анализа [11]. Каждый из факторов оценивался по величине КЭПИ (коэффициент эффективности передачи информации) к изучаемому явлению, за показатель которой был взят средний прирост по запасу в чистых культурах при полноте 1,0. Для установления связей между почвенно-климатическими показателями и продуктивностью составляли таблицы условных распределений. Предварительно значения ранжировались. Величина шага в каждом случае определялась природой признака, количеством наблюдений, максимальным и минимальным значениями. Сред-

Таблица 1

**Основные показатели почв в местах произрастания лжетсуги Мензиса
(числитель – гор. А; знаменатель – средневзвешенные в КОС)**

Мощность числ. – гор.А знам. – КОС, см	Пороз- ность, %	Частицы физглины, %	РН сол.	Валовой гумус, %	Обменные катионы, мг-экв./100г почвы	Степень насыщ. основа- ниями, %	Подвижные	
							P ₂ O ₅	K ₂ O
							т/га	
Пп.-54 Бурая лесная сл. оподзоленная сильно щелбнистая среднесуглинистая. Украина, Турьеремитское лесничество								
13/145	49/41	36/40	4,3/4,0	3,3/1,0	15,3/7,1	65/42	0,07/0,12	0,27/0,82
Пп.-51. Бурая лесная оподзоленная с погребенным гумусовым горизонтом, Украина Винниковское лесничество								
35/75	67/47	16/20	4,1/4,1	3,7/1,3	10,7/7,2	57/48	0,03/1,0	0,08/0,70
Пп.-17 Бурая лесная супесчаная. Калининградская обл. Светлогорское л-во.								
10/100	65/52	14/15	3,2/3,7	7,2/2,7	1,9/1,1	10/12	0,01/0,16	0,12/0,19
Пп.-25. Бурая лесная супесчаная Калининградская обл. Большаковское л-во.								
12/160	45/42	10/25	3,9/4,0	1,6/0,8	1,0/0,6	9/15	0,13/0,90	0,08/0,7
Пп.-21. Бурая глубокооподзоленная легкосуглинистая. Калининград. обл. Матросовское л-во.								
17/160	72/56	22/25	3,3/3,6	4,4/1,1	8,2/10,6	34/56	Сл./0,13	0,10/1,1
Пп.-24 Бурая лесная оподзоленная легкосуглинистая Калинингр. обл. Матросовское л-во								
11/100	51/41	21/21	3,7/3,9	5,7/2,9	4,0/2,8	36/33	0,01/0,18	0,09/1,37
Пп.-29. Дерново-сл.-подзолистая маломощная легкосуглинистая. Белоруссия. Минское л-во.								
28/82	56/49	24/25	4,1/4,0	2,2/1,1	22/13	69/63	0,07/1,9	0,30/1,6
Пп.-32. Бурая лесная оподзоленная супесчаная. Калининградская обл. Боровское л-во.								
13/70	60/53	18/19	3,3/3,7	4,8/1,9	3,1/1,8	18/17	0,01/0,13	0,13/1,44
Пп.-27. Бурая лесная супесчаная. Калининградская обл. Большаковское л-во.								
11/145	44/41	11/28	4,0/4,1	1,7/0,7	1,5/0,5	10/16	0,14/1,0	0,08/0,8
Пп.-20. Бурая лесная слабооподзоленная супесчаная. Калининградская обл. Боровское л-во.								
11/90	61/50	12/11	4,1/4,4	2,2/1,1	3,9/2,3	48/42	0,09/0,9	0,12/1,1
Пп.-41. Дерново слабооподзоленная оглеенная супесчаная. Белоруссия Поречское л-во.								
10/88	50/39	12/13	3,3/4,1	2,5/1,1	2,8/3,0	19/41	0,10/3,9	0,05/0,3
Пп.-36. Слабодерново-слабооподзоленная песчаная. Брянская обл. Опыт. Лесхоз. БТИ								
14/120	46/44	9/11	4,8/4,4	0,6/0,3	9,5/11,0	95/89	0,11/2,63	0,10/0,53
Пп.-8 Светло-серая лесная слабооподзоленная песчаная. Курская обл. Глушковское л-во								
10/148	42/40	8,4/9,1	4,1/4,5	1,5/0,6	3,8/3,2	44/62	0,11/1,93	0,10/0,51
Пп.-3 Чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый. Липецкая обл., ЛОСС								
23/130	58/49	56/62	4,6/5,7	7,6/4,1	44/44	81/90	0,05/0,50	0,35/3,67
Пп.-74 Светло-серая лесная оподзоленная легкосуглинистая. Горьковский ботсад								
14/180	56/47	26/29	1,7/0,9	4,0/4,0	8/13	55/73	0,12/0,15	0,03/0,18
Пп.-75 Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая. Дендропарк Марийского ПТИ								
16/130	56/46	26/33	5,3/4,3	4,2/1,4	16/17	83/80	0,02/0,50	0,08/1,7
Пп.-77 Дерновая аллювиальная среднесуглинистая. Раифское л-во Татарстан								
16/100	52/46	33/33	4,6/4,2	2,9/1,0	22/19	77/79	0,01/0,20	0,05/0,76

ний прирост по запасу, колеблющийся в исследуемых насаждениях от 5,1 до 15,5 м³/га разбивали на три ранга: <10, 10-13 и >13. Экологические факторы в каждом конкретном случае также разбивали в основном на три ранга. Для каждого состояния (ранга) факторов выделяли специфические ранги приростов. Всего было обработано 18 почвенных и климатических показателей (факторов) и составлено более 50 таблиц условных распределений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованные насаждения лжетсуги Мензиса произрастают на дерново-подзолистых, дерново-аллювиальных, светло-серых лесных, бурых лесных, горных бурых лесных почвах и черноземах выщелоченных, различных по своему генезису, степени выраженности почвообразовательного процесса и уровню плодородия (таблица 1).

В местах ее произрастания сумма активных температур выше +10⁰ колеблется в пределах от 2200 до 3065⁰, количество осадков за вегетационный период – от 267 до 559 мм, а за год от 514 до 752 мм, средняя годовая температура – от +3,7 до +9,6⁰С продолжительность безморозного периода составляет 136-172 дня, абсолют-

ный минимум температуры может опускаться до -42⁰. В этих условиях псевдотсуга растет на уровне I^a-II классов бонитета. Ее запас колеблется в пределах от 125 до 1160 м³/га в зависимости от возраста насаждений и типов местообитания.

Проведенный анализ зависимости продуктивности насаждений псевдотсуги (по КЭПИ) от почвенных факторов, взятых по различным горизонтам и слоям и климатическим показателям, позволил установить в каждом ряду определенное, иногда достаточно большое, наличие связи и приоритетность тех или иных факторов (таблицы 2-3). Среди почвенных факторов значительное влияние на продуктивность псевдотсуги оказывают гранулометрический состав (содержание частиц физической глины), рН, запасы обменного калия в КОС, общая порозность в гор. А+В, мощность гор. А, степень насыщенности основаниями и содержание обменных катионов в гор.А и А+В (КЭПИ=0,370-0,260). Среднюю степень связи с продуктивностью обнаруживают: плотность в гор. А, запасы подвижного фосфора в КОС и влажность в КОС. Слабым оказалось влияние гумуса, его запасов и запасов обменных оснований.

Среди климатических показателей наибольшее влияние на продуктивность оказывают осадки за год,

Таблица 2

Влияние свойств почв на продуктивность псевдотсуги

Показатели	КЭПИ 10 ⁻²				
	Гор. А	Гор. А+В	Слой 0-100 см	КОС	Профиль до гор. С
Физическая глина, %	5	19	37	36	35
рН	14	13	24	22	36
Запасы обменного калия, кг/га	1	12	21	31	6
Общая порозность, %	12	30	6	14	11
Мощность горизонтов, см	29	11	-	5	-
Степень насыщенности основаниями, мг-экв/100г	28	22	22	22	19
Обменные основания, мг-экв/ 100 г почвы	12	26	-	16	6
Плотность почвы, г/см ³	19	10	-	-	-
Запасы подвижного фосфора, кг/га	13	13	15	15	15
Влажность				15	
Запасы валового гумуса, т/га			10		
Валовой гумус, %	9	5	5	2	9
Запасы обменных оснований, т/га			6		

Таблица 3

Влияние климатических факторов на продуктивность псевдотсуги (КЭПИ •10⁻²)

Осадки за год, мм	Абсолютный минимум t ⁰ С	Сумма температур выше +10 ⁰ С	ГТК	Осадки за вегетацию, мм	Относит. влажность воздуха, %	Безморозный период, дней	Среднегодовая температура, ⁰ С
36	36	31	30	26	24	12	10

Специфические состояния среднего прироста псевдотсуги для каждого ранга факторов

Показатели	Средний прирост, м ³ /га		
	>13	10-13	< 10
	Ранги факторов		
Физическая глина в слое 0-100см, %	>30	15-20 20-30	<15
РН сол. в профиле	4,0-4,5	>4,0	< 4,5
Запасы обменного калия в КОС, кг/га	>2000	1000-2000	<1000
Общая порозность в гор. А+В, %	>55	45-55	<45
Мощность гор. А, см	>25 ;	15-25	<15
Степень насыщ. основаниями в гор. А, %	50-70	<50	>70
Обменные основания в гор. А+В, мг-экв/100 г почвы	3-10	<3	>10
Плотность гор. А, г/см ³	<1.0	1.0-1.3	>1.3
Запасы фосфора в КОС, кг/га	1000-2000	<1000	>2000
Влажность в КОС, %	15-25	15-25	<15
Гумус в гор. А, %	3-5	>5	<3
Запасы валового гумуса в слое 0-100 см	100-200	>200	<100
Запасы Са+Мg в слое 0-100 см, т/га	5-10	<5	>10
Осадки за год, мм	>700	600-700	<600
Абсолютный минимум температур, °С	<35	35-38	>38; 35-38
Сумма активных температур выше +10 ⁰ С	>2500	2300-2500	<2300
ГТК	>1,5	>1,5	<1,5
Осадки за вегетацию, мм	>500	300-500	<300
Относит. влажность воздуха за вегетац. период, %	>60	55-60	<55
Безморозный период, дней	>170	>170	<160
Среднегодовая температура, °С	>+7	+5-+7	<+5

абсолютный минимум температур, сумма активных температур выше +10⁰С, гидротермический коэффициент увлажнения территории (ГТК), осадки за вегетацию и относительная влажность воздуха.

На основании полученных условных распределений были выявлены состояния явления (ранги продуктивности) наиболее характерные для каждого состояния (ранга) факторов (таблица 4). Они свидетельствуют о том, что продуктивность псевдотсуги находится в прямой зависимости практически от всех почвенно-климатических показателей за исключением абсолютного минимума температур и плотности почвы, имеющих обратную зависимость.

Логичность этой связи для большинства показателей (факторов) не вызывает сомнений. Кажущаяся противоречивость связи некоторых показателей с продуктивностью (РН, Р₂О₅, обменные основания) требует объяснений. В частности, значительная продуктивность псевдотсуги при высокой кислотности почвы объясняется, видимо, тем, что в процессе филогенеза она приспособилась к кислой реакции почв и оказывается более чувствительной к избытку кальция [13]. Это проявляется уже на стадии выращивания в лесных питомниках, где оптимальным значением кислотности почв для нее яв-

ляется рН – 4-5. Такая кислотность у большинства почв обусловлена обменным алюминием, который оказывает, видимо, благотворное влияние на ее рост [22, 23]. Наличие в кислых почвах алюминия (и железа) приводит к связыванию фосфатов в малорастворимые алюмо- и железофосфаты и это также объясняет генетическую обусловленность высокой продуктивности при небольших запасах подвижного фосфора.

На основании представленных в таблицах 2-4 данных можно спрогнозировать оптимальные экологические условия для успешного роста псевдотсуги. Типовые особенности почв в данной модели будут иметь подчиненное значение. Главное, чтобы в пределах каждого типа почв и в границах климатических условий были правильно подобраны выявленные показатели.

Дополнительным методом оценки продуктивности насаждений от условий почвенного питания является метод листовой диагностики. Для ряда местных древесных пород, в основном сосны и ели, получены так называемые “предельные числа” достаточности или недостаточности содержания азота, фосфора и калия в хвое. Однако для большинства интродуцированных древесных пород, за исключением видов пихты [2], таких данных нет. В связи с этим нами отбира-

лась хвоя псевдотсуги во всех местах ее произрастания для определения валовых азота, фосфора и калия. Исследования показали, что пределами, обеспечивающими высокую продуктивность на уровне I–Ia класса бонитета являются величины: по азоту – 1,4–1,8%, по фосфору – 0,20–0,39% и калию – 0,60–0,92%, но они не дают четких придержек для различных классов роста. Более показательной оценкой оказалось соотношение элементов в хвое. Рассчитанные нами коэффициенты показывают определенную закономерность их соотношения в зависимости от уровня роста. Так, для самого высокого Ia класса бонитета соотношение N : P : K составляет 60:10:30, что близко для имеющихся данных по ели обыкновенной [6], которую можно принять в качестве эталонной породы. Для I класса бонитета это соотношение составляет 53:14:33 и для II класса – 53:16:31 соответственно. Из этого следует, что вместе с ухудшением роста ослабляется накопление азота в хвое и значительно увеличивается содержание фосфора при некоторой индифферентности калия. То-есть, если отношение 60:10:30 принять как некое “видовое генотипическое отношение”, то всякое отклонение от него будет свидетельствовать о несбалансированности питания и будет сказываться на ухудшении роста, что подтверждают наши исследования.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости комплексной оценки всех факторов роста древесных интродуцированных пород в новых для них условиях местообитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Александрович В.Е., Беляев А.Б., Болотов Н.А. Генетика, селекция, семеноводство и интродукция древесных пород. Сб. науч. тр., вып. 3. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1976. С 115-120.
3. Бродович Т.М., Шляхта Я.М. // Лесн. хозяйство. 1986, N 4. с. 32-34.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
5. Куркаев В.Т. // Почвоведение, 1959 N 9. С. 117.
6. Лавриченко В.М. // Лесн. хозяйство. 1968, N 8. С. 41.

7. Латин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесн. Промышленность, 1979. 224с.

8. Лесная энциклопедия в 2-х томах. М.: Сов. Энциклопедия, 1985. Т.1. 563с.

9. Пирагс Д.М. Дугласия в Латвийской ССР. Рига: Зинатне, 1979. 154 с.

10. Программа и методика биогеоэкологических исследований. М.: Наука, 1974. 403с.

11. Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. // Закономерности пространственного варьирования свойств почв. М., 1969. С. 103-121.

12. Райт Дж.В. Введение в лесную генетику /Пер. с англ. М.: Лесн. промышленность, 1978. 470с.

13. Шумаков В.С., Федорова Е.Л. Применение минеральных удобрений в лесу. М.: Лесн. промышленность, 1970. 88с.

14. Эйзенрейх Х. Быстрорастущие древесные породы. М. ИЛ, 1959. 508с.

15. Birot Y. // Silvae Genetica. Bd. 21. N. 6. 1972. S. 230-242.

16. Empfehlungen zum Anbau der Douglassie in Nordhein-Westfalen. Allg. Forstzeitschrift., 1980. 35. N 9-10. S. 219-220. Fowels H.A. Silvies of forest trees of the United States Agrikulture Handbook. Wachington, 1965. Pp. 234.

17. Fowels H.A. Silvies of forest trees of the United States Agrikulture Handbook. Wachington, 1965. Pp. 762.

18. Göhre K. Die Douglassie und ihr Holz. Berlin, Akademieverlag, 1958. S.596.

19. Kleinschmit von J., Racz J., Weißgeber H. und andere // Silvae Genetica. Bd. 23. N. 6, 1974. S. 167-176.

20. Richards B.N. and Bevege D.V. // Plant and Soil, 1972. Vol. 36 N 1 pp109-119.

21. Soest J. // Allgem. Forstzeitschrift, 1959. Bd. 14. N. 8. S. 155-157.

22. Steinbrenner E.C. The Influence of Individual Soil and Physiographic Factors on the Site Index of Douglas-fir in Western Washington// Forest Soil Relationships in North America. Oregon St. Univ. Corvallis, 1963. P. 261-277.

23. Stephens F.R. Relation of Douglas-fir Productivity to some Zonal Soils in the Northwestern Cascades of Oregon // Forest Soil Relationships in North America. Oregon St. Univ. Corvallis. 1963. P. 245-260.

24. Wehrmann J. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft. // Landwirtschaft. Forsch., 1963. Bd. 16 N 2 .S. 130-145.