

УДК 630*232.324.3:630*561

Л.С. Пшеничникова

Пшеничникова Лариса Семеновна родилась в 1946 г., окончила в 1968 г. Сибирский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет 80 печатных работ по вопросам лесоведения, лесоводства.



РОСТ СОСНЫ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОСАДКАХ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ*

Рассмотрен продукционный процесс 17-летних сосновых ценозов, созданных искусственным путем в подзоне южной тайги Красноярского края. Выявлено существенное влияние густоты на текущий прирост и основные таксационные показатели ценозов.

17-летние сосновые ценозы, подзона южной тайги, полиномы 2-й степени, влияние густоты.

С давних пор в лесоведении была актуальна задача поиска оптимальных режимов лесовыращивания, которые обеспечивали бы наивысший текущий прирост древесины и биомассы на единице площади. Однако в естественных условиях реальная продуктивность лесного фитоценоза не совпадает с потенциальной. Сдерживающей причиной является конкуренция между растениями за ресурсы среды, с одной стороны, и реакция растений на плотность ценопопуляции – с другой. Вследствие этого масса растений в ценозе может различаться на 2-3 порядка [1, 7].

Изначально растущие свободно древесные растения (до смыкания крон) по своему ценотическому положению примерно равноправны, даже имея разные размеры [4]. В процессе формирования насаждений деревья меняют свое ценотическое положение по-разному [6, 8]. Отмечается более устойчивое положение самых крупных и отстающих деревьев и подвижность средних [3, 5]. Однако недостаточна информация о том, как происходит этот процесс во времени, особенно до смыкания крон насаждения и после него, как эти перемещения связаны с конкуренцией, влиянием соседей.

В густых насаждениях процесс дифференциации деревьев протекает быстрее, естественное изреживание ускоряется. Но нет информации о том, как густота влияет на организационный строй ценопопуляции, особенно в

* Работа выполнена при поддержке Красноярского фонда науки (грант 7 F0110).

пространстве. Изменение структуры формирующихся насаждений разной густоты во временном аспекте практически не изучено.

В 1982 г. сотрудниками лаборатории лесоводства Института леса СО РАН был заложен эксперимент в подзоне южной тайги Красноярского края, Большемурутинском лесхозе, на серых лесных почвах. На площади 15 га созданы посадки 2-летних сеянцев сосны, ели, лиственницы, кедра по 18 вариантам густоты для каждой породы (от 0,5 до 128 тыс. экз./га). В каждом варианте густоты высаживали не менее 500 растений. Этот эксперимент рассчитан на получение информации о структуре, росте, продуктивности, форме стволов, вступлении в репродукцию, биометрических показателей особей и сообществ и других зависимых от густоты характеристик. Результаты подобных экспериментов весьма важны для дальнейшего развития как теоретических основ лесовыращивания, так и для практики лесоводства. В.А. Усольцевым [10] показано, что чистый эксперимент на статистическом наборе временных пробных площадей в принципе невозможен, поскольку одной и той же текущей густоте при неизвестной начальной может соответствовать несколько уровней продуктивности.

Цель настоящей работы – оценить влияние густоты на рост и продуктивность молодых насаждений сосны.

Как показали исследования, спустя 15 лет после посадки густота основных ценозов уменьшилась в 1,1–2,6 раза и составила 0,24 ... 50 тыс. шт./га. При этом чем гуще были посадки, тем интенсивнее происходил отпад.

Выяснилось, что 17-летние сосновые ценозы разной густоты существенно различаются по таксационным и биометрическим показателям, а их зависимость от густоты имеет закономерный характер (табл. 1).

Таблица 1

Густота, тыс. шт./га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Относительная высота (H/D)	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га
0,24	10,5	5,6	54	2,0	6,0
0,43	11,0	5,8	58	4,1	12,7
0,57	11,5	6,1	53	5,9	19,1
0,84	11,0	6,3	54	8,0	24,7
1,2	10,8	6,4	60	11,0	36,5
2,1	9,7	6,2	64	15,6	54,4
3,5	8,9	5,9	66	21,6	72,0
6,5	7,5	6,0	80	29,1	101,1
7,8	6,7	5,7	85	27,4	93,9
9,9	6,2	5,5	89	29,3	94,1
12,3	5,7	5,8	102	31,9	101,0
14,2	5,8	6,0	103	38,1	127,8
18,6	5,5	5,9	107	44,6	148,6
21,9	4,8	5,7	119	39,8	131,2
32,7	4,5	5,8	127	54,0	180,0
36,9	4,3	5,7	132	55,2	195,8
50,0	4,2	5,5	133	70,3	242,8

Изменение среднего диаметра ценозов в густотном ряду происходит неоднозначно. Средний диаметр свободно растущих деревьев в вариантах с густотой посадки 500 ... 1000 шт./га возрастает с увеличением плотности, по мере дальнейшего загущения ценозов его значения снижаются. Максимальное и минимальное значения среднего диаметра различаются в 2,7 раза. Увеличение диаметра стволов в редких ценозах можно объяснить влиянием так называемого эффекта группы, который проявляется во взаимопомощи и активном функционировании группы растений по мере перехода от одиночного стояния к групповому [9]; снижение диаметра с густотой при загущении ценозов происходит в результате накопления тонкомера и уменьшения числа крупных особей. В общем виде связь среднего диаметра с густотой ценозов аппроксимируется степенным уравнением

$$y = 9,9804x^{-0,2093}, R^2 = 0,93.$$

Распределение количества деревьев по диаметру в разнугустотных ценозах представлено одновершинными простыми рядами, которые существенно различаются между собой (рис. 1). В ценозах невысокой густоты ряды распределения более растянуты по сравнению с загущенными вследствие широкой представленности как крупных, так и мелких деревьев. С увеличением плотности ценозов и уменьшением размеров деревьев ряды распределения по диаметру сужаются, изменяются их статистические показатели. Так, в крайне редком и крайне загущенном ценозах коэффициенты изменчивости различаются в 2 раза и составляют соответственно 24,8 и 47,3 %, а отрицательное значение коэффициента асимметрии (-0,73) меняется на положительное (+0,66) – табл. 2. Связь этих коэффициентов с густотой аппроксимируется следующими уравнениями полинома 2-й степени:

коэффициент вариации – густота

$$y = -0,0197x^2 + 1,4018x + 22,233, R^2 = 0,871;$$

коэффициент асимметрии – густота

$$y = -0,0007x^2 + 0,0642x - 0,7332, R^2 = 0,943.$$

Средняя высота под влиянием плотности ценоза изменяется не столь заметно, как средний диаметр. Диаметр среднего дерева сильнее отстает в

Рис. 1. Распределение относительного количества деревьев по 1-сантиметровым ступеням толщины в 17-летних сосновых ценозах разной густоты. Цифрами обозначена густота, тыс. шт./га

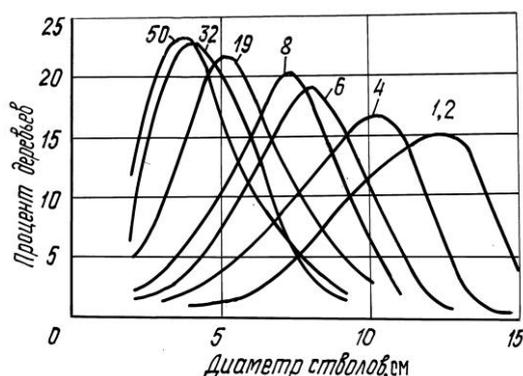


Таблица 2

Густота, тыс.шт./га	Средний диаметр, см	Коэффициент изменчивости, %	Показатель асимметрии
0,24	10,20 ± 0,15	24,8	-0,73
0,43	10,80 ± 0,13	21,7	-0,86
0,57	11,30 ± 0,13	20,1	-0,50
0,84	10,60 ± 0,17	21,7	-0,59
1,2	10,50 ± 0,14	19,6	-0,53
2,1	9,40 ± 0,13	26,2	-0,65
3,5	8,50 ± 0,12	28,6	-0,64
6,5	7,20 ± 0,09	29,9	-0,46
7,8	6,40 ± 0,10	32,0	-0,35
9,9	5,80 ± 0,10	36,9	-0,31
12,3	5,30 ± 0,11	40,9	0,09
14,2	5,40 ± 0,13	40,1	0,07
18,6	5,20 ± 0,12	41,1	0,12
21,9	4,40 ± 0,13	47,6	0,54
32,7	4,20 ± 0,10	39,5	0,60
36,9	4,10 ± 0,10	43,0	0,49
50,0	3,80 ± 0,12	47,3	0,66

росте по мере загущения. В пределах густотного ряда амплитуда средних высот не превышает 1 м, а коэффициент изменчивости равен 4,4 %. Теснота связи средней высоты с густотой характеризуется как умеренная и отрицательная ($r = -0,53$).

Диспропорция роста в высоту и по диаметру в зависимости от густоты отчетливо прослеживается у деревьев одинаковой толщины. Как видно из рис. 2, высота деревьев возрастает от редких к загущенным вариантам в 1,2–1,6 раза в зависимости от протяженности густотного ряда, амплитуда высот составляет 1,0 ... 2,6 м. Чем больше диапазон высот, тем эти показатели больше. Связь высот деревьев разного диаметра с густотой ценоза аппроксимируется степенными уравнениями ($R^2 = 0,75 \dots 0,95$).

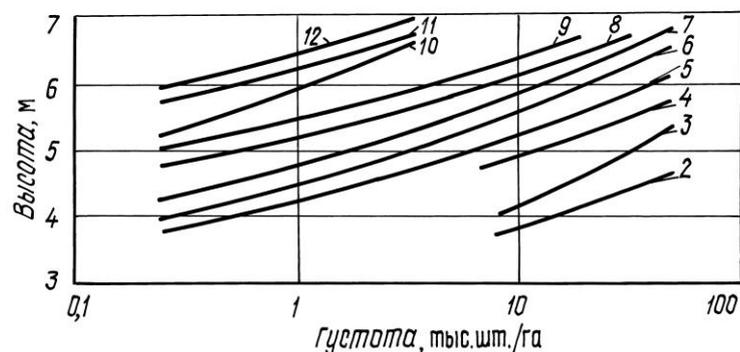


Рис. 2. Зависимость высоты деревьев разной толщины от густоты ценозов. Цифрами обозначены диаметры стволов

Относительная высота среднего дерева (H/D) увеличивается в 2,5 раза от редких ценозов к загущенным и изменяется в пределах 54 ... 133. Это свидетельствует о том, что в насаждении функционируют ценоотические механизмы регуляции роста и численности деревьев в связи с густотой. Реакция организма на изменение густоты в процессе конкуренции выражается в диспропорции прироста в высоту и по диаметру. Как результат крайнего напряжения роста количество сухостоя в загущенных ценозах составляет 60 % от общего числа стволов.

Несмотря на уменьшение показателей роста деревьев с усилением конкуренции, запас стволовой древесины растущих деревьев и абсолютная полнота тесно коррелируют с густотой, достигая наибольшего значения в самом загущенном варианте – соответственно 243 м³/га и 70 м²/га. Зависимость показателей продуктивности от густоты хорошо аппроксимируется степенным уравнением ($R^2 = 0,96$).

Для оценки реакции отдельных деревьев на густоту мы попытались проанализировать динамику прироста в высоту и по диаметру у деревьев одинаковой толщины, представленных во всех вариантах густот. Для этой цели был подобран ряд модельных деревьев с диаметром ствола 7 см. Мы исходили из того, что изначально с момента посадки древесные растения находились в одинаковых условиях роста и были одинакового размера и качества. В процессе формирования насаждений меняется ценоотический статус модельного дерева: в загущенных вариантах учетные деревья являются лидирующими

(I класс роста), в редких относятся к III-IV классам роста.

(I класс роста), в редких относятся к III-IV классам роста.

После смыкания и перекрытия крон в густых ценозах начинает проявляться острая конкуренция за ресурсы среды, в результате чего прирост в высоту здесь снижается, а в редких, напротив, усиливается и с 15 лет оказывается выше, чем в загущенных (рис. 3). Контрастные по густоте ценозы характеризуются различной стратегией роста, которая аппроксимируется соответствующими функциями: полино-

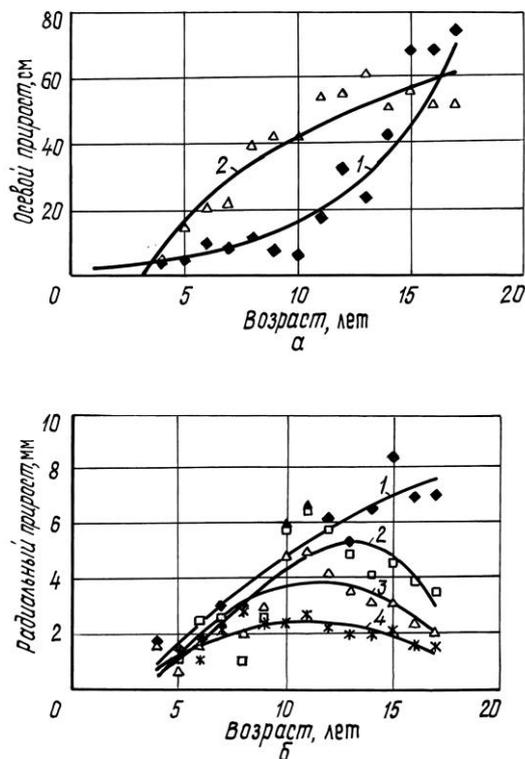


Рис. 3. Динамика осевого (а) и радиального (б) прироста в сосновых ценозах разной густоты: 1 – 0,4; 2 – 3,5; 3 – 10; 4 – 50 тыс. шт./га

мом 2-й степени и степенным уравнением ($R^2 = -0,86 \dots -0,89$).

Радиальный прирост осевого побега в редких ценозах с возрастом пропорционально увеличивается, а в сомкнутых эта зависимость имеет характер нормального распределения. При этом максимальные значения прироста по мере загущения смещаются в сторону более раннего возраста. Так, при густоте 4 тыс. шт./га наибольший прирост отмечается в 14 лет, при густоте 50 тыс. шт./га – в 11 лет. Независимо от густоты ценоза связь между радиальным приростом и возрастом аппроксимируется полиномом 2-й степени ($R^2 = 0,70 \dots 0,86$).

Прирост осевого побега в 5–14-летнем древостое пропорционален густоте, затем положительная связь ослабевает и к 17 годам становится отрицательной. Зависимость радиального прироста от густоты в 5-летнем возрасте не прослеживается, в 8 лет она имеет характер нормального распределения. Максимальные значения прироста соответствуют густоте около 30 тыс. шт./га. В 14 ... 17 лет максимальные значения прироста смещаются к редким густотам, а зависимость имеет вид ниспадающей кривой и выражается степенным уравнением с коэффициентом детерминации 0,91 ... 0,92 (рис. 4).

В силу молодого возраста адаптация растений, вероятно, проявилась не в полной мере. Насаждения находятся в активной стадии роста, сопряженной с конкурентными взаимоотношениями между индивидами и проявлениями ценотических эффектов.

В более благоприятных лесорастительных условиях Литвы кривая нормального распределения зависимости запаса ели от густоты начинает вырисовываться в 14 лет, когда при густоте примерно около 20 тыс. шт./га отмечается наивысший запас. В 18 лет максимальный запас ели смещается на густоту примерно 6 тыс. шт./га. С увеличением возраста в процессе формирования насаждений реакция на густоту изменяется: чем больше первоначальная густота, тем раньше и при меньших абсолютных показателях слагающих ценоз деревьев наблюдается кульминация максимальной продуктивности [2].

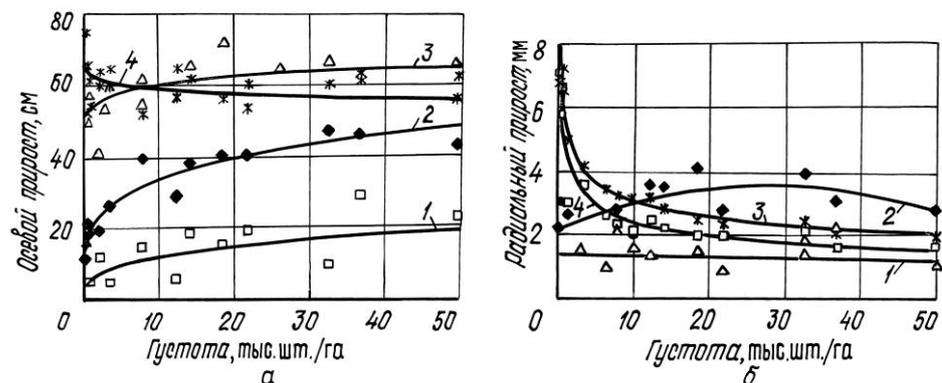


Рис. 4. Зависимость прироста в высоту (а) и по диаметру (б) от густоты сосновых ценозов разного возраста: 1 – 5; 2 – 8; 3 – 14; 4 – 17 лет

Оценка продуктивности естественных 34-летних сосняков на песчаных почвах в Восточной Сибири (юго-западное Приангарье) в диапазоне густот 18 ... 950 тыс. шт./га показала, что с увеличением плотности древостоев необратимо ослабевает взаимодействие между кронами и корневыми системами, вызывающее снижение жизнеспособности и в конечном счете элиминацию ослабленных деревьев [7].

Таким образом, оказалось, что все таксационные показатели 17-летних сосновых ценозов существенно зависят от их густоты. По мере ее увеличения изменяется структура ценозов, уменьшаются индивидуальные размеры деревьев, но возрастают запас древесины и абсолютная полнота.

Благодаря широкому диапазону густот ценозы находятся в различных состояниях взаимодействия и конкуренции деревьев друг с другом, по-разному используют ресурсы среды на продуцирование древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузыкин А.И. О географических и эдафоценотических факторах продуктивности лесов // Вопросы лесоведения. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1970. – Т. 1. – С. 80-91.
2. Кайрюкитис Л.А., Юодвалькис А.И. Явление смены внутривидовой конкуренции на взаимную толерантность индивидов в еловых фитоценозах // Со временные исследования продуктивности и рубок леса. – Каунас, 1976. – С. 47-64.
3. Макаренко А.А., Смирнов Н.Т. Формирование сосновых и сосново-березовых насаждений. – Алма-Ата, 1973. – 187 с.
4. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. – М.; Л., 1949. – 456 с.
5. Огиевский В.В. Лесные культуры Западной Сибири. – М.: Наука, 1966. – 187 с.
6. Основы лесной биогеоценологии /Под ред. В.Н.Сукачева и В.Н.Дылиса. – М.: Наука, 1964. – 574 с.
7. Пшеничникова Л.С. Продуктивность сосновых молодняков разной густоты // Факторы продуктивности леса. – Новосибирск : Наука, 1978. – С. 36-52.
8. Сукачев В.Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщ. Ин-та леса АН СССР. – 1953. – Вып. 1. – С. 5-44.
9. Титов Ю.Ф. Эффект группы у растений. – М.: Наука, 1978. – 151 с.
10. Усольцев В.А. Расчленение эдафической и ценотической составляющих продуктивности древостоев по данным густотного эксперимента // Леса Урала и хозяйство в них: Сб. науч. тр. – Екатеринбург, 1994. – Вып. 17. – С. 77-85.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
Поступила 02.02. 99

L.S. Pshenichnikova

Pine Growth in the Experimental Planting of Different Density

The production process is analyzed for the 17 year-old pine cenoses of the artificial origin in the subzone of the southern taiga of the Krasnoyarsk Kraj. The considerable influence of the density on the current increment and main inventory indices of cenoses is revealed.