

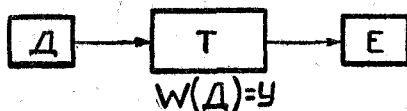
А. Ф. Лисенков

### Определение первоначальной густоты культур лиственницы сибирской

(Сибирский технологический институт)

Под первоначальной густотой лесных культур понимают количество растений, высаживаемых на единицу площади. Обычно ее определяют опытным путем. Нами разработан расчетный способ определения первоначальной густоты культур лиственницы по развитию крон. В основу работы положены материалы изучения опытных культур лиственницы сибирской в Сонском лесхозе Красноярского края, закладки 1961 и 1962 гг., а также материалы обследования 15 участков производственных культур, заложенных в разные годы в Сонском и Копьевском лесхозах. Культуры лиственницы заложены на вырубках различной давности в типе леса лиственничник разнотравный. Почвы темносерые, лесные. Густота культур около 4 тыс. растений на 1 га.

До смыкания крон растения в культурах произрастают без значительного влияния друг на друга, а только под воздействием среды. Связь роста растений с воздействиями среды в этот период можно изобразить в виде следующей схемы:



где  $D$  — воздействия среды (вход системы);

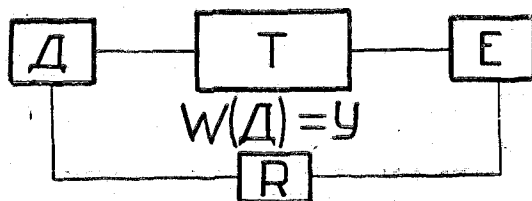
$T$  — растения;

$E$  — процессы роста растения (выход системы);

$W(D)=Y$  — математическое описание связей между входом и выходом системы.

На первой стадии смыкания культур, когда кроны расте-

ний станут соприкасаться, в культурах начинает проявляться взаимное влияние растений, то есть начинает проявляться действие обратной связи ( $R$ ) выхода системы на ее вход. Связь роста растений с воздействиями среды в этот период можно изобразить следующей схемой:



Растения, смыкаясь кронами, сами оказывают влияние на свой рост через изменения условий среды (входа системы): вызывают замедление прироста по диаметру проекции кроны, вызывают изменения приростов и по другим таксационным показателям. Однако в этот период наиболее тесная корреляционная связь наблюдается между густотой культур и приростом по диаметру проекции кроны: как только наступает первая стадия смыкания культур (ПСК), так прирост по диаметру проекции крон начинает уменьшаться.

Сомкнутость культур в первой стадии определяется как отношение площади проекции кроны растения (равной приблизительно  $\pi R^2$ ) к площади квадрата со стороны, равной  $2R$ :

$$\text{ПСК} = \frac{\pi R^2}{4R^2} \approx 0,78.$$

Из материалов таблицы видно, что в культурах лиственницы сибирской с густотой стояния саженцев около 4 тыс. растений на 1 га первая стадия смыкания крон наступила на тринадцатом году. В этом возрасте кроны растений начали соприкасаться. На рисунке 1 показана связь количества растений лиственницы сибирской на одном гектаре культур с их возрастом в период выступления первой стадии смыкания насаждений. Эта связь выражается уравнением:

$$y = ae^{-bx}, \quad (1)$$

где  $y$  — оптимальная густота культур в первой стадии смыкания, в тыс. растений на 1 га;

$x$  — возраст растений, в годах;

$a$  и  $b$  — коэффициенты.

Таблица 1

Возраст растений в культурах, лет	Рост лиственницы сибирской				Количество растений, тыс. шт. на 1 га
	высота, см	ежегодный прирост в высоту, см	диаметр проекции крон, см	сомкнутость крон в культурах	
1	2,0	—	3	—	11000
2	10,2	8,2	10	—	1000
3	17,0	6,8	15	—	440
4	29,5	12,5	20	0,01	250
5	54,4	24,9	24	0,02	174
6	73,5	19,1	37	0,04	73
7	86,7	13,2	43	0,05	54
8	104,1	18,4	67	0,14	22
9	136,0	31,0	90	0,25	12
11	229,5	51,0	135	0,56	5,5
12	287,0	57,5	150	0,70	4,4
13	340,0	53,0	160	0,80	3,9
15	442,0	51,0	175	0,95	3,3

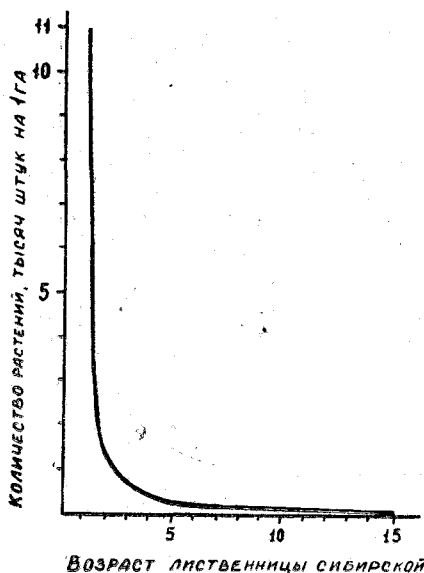


Рис. 1. Оптимальное количество растений в культурах лиственницы сибирской в возрасте до 15 лет.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  определялись по способу наименьших квадратов. Для этого преобразовали уравнение (1) в логарифмическое:

$$lgy = lga - bx lge. \quad (2)$$

В уравнении (2) произвели следующую замену:

$$lgy = \gamma; \quad lga = c; \quad - blge = d,$$

тогда уравнение (2) приняло такой вид:

$$\gamma = dx + c. \quad (3)$$

Для решения уравнения (3) по методу наименьших квадратов составляется система из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{aligned} d \sum x^2 + c \sum x &= \sum x \gamma, \\ d \sum x + cn &= \sum \gamma. \end{aligned} \quad (4)$$

Перед решением системы уравнений (4) по исходным данным определяли сумму независимых переменных ( $\sum x$ ), сумму их квадратов ( $\sum x^2$ ), сумму зависимых переменных ( $\sum \gamma$ ) и сумму произведений зависимых и независимых переменных ( $\sum x \gamma$ ). Определение этих величин производилось с помощью таблицы 2:

Таблица 2

$x$	$y$	$\gamma = lgy$	$x^2$	$x\gamma$	Вычисленное количество растений на 1 га, тыс. шт.
1	11000,0	4,0414	1	4,0414	1780,0
2	1000,0	3,0000	1	6,0000	1030,0
3	440,0	2,6435	9	7,9305	600,0
4	250,0	2,3979	16	9,6056	350,0
5	174,0	2,2405	25	11,2025	206,0
6	73,0	1,8633	36	11,1798	120,0
7	54,0	1,7324	49	12,1268	70,0
8	22,0	1,3424	64	10,5392	41,0
9	12,0	1,0792	81	9,7128	24,0
11	5,5	0,7404	121	8,1444	8,2
12	4,4	0,6435	144	7,7220	4,8
13	3,9	0,5911	169	7,6843	3,0
15	3,3	0,5185	225	7,7775	0,9
Сумма 96		22,8341	944	113,6668	

По материалам таблицы 2 составим систему уравнений (4):

$$\begin{aligned} 944d + 96c &= 113,6668, \\ 96d + 13c &= 22,8341. \end{aligned} \quad (5)$$

Разделим левые и правые части уравнений (5) на коэффициенты при  $c$ :

Решая эти два уравнения, находим, что

$$\begin{aligned} d &= -0,234; & c &= 3,4834; \\ d &= 3044; & b &= 0,54. \end{aligned}$$

Следовательно, уравнение корреляционной связи оптимальной густоты культур лиственницы сибирской с их возрастом в период первой стадии смыкания крон для условий темно-серых лесных почв Хакасии имеет вид:

$$y = 3044 e^{-0,54x} \quad (6)$$

Вычисленная по уравнению (6) оптимальная густота культур лиственницы сибирской близка к фактической (табл. 2). Она оказалась равной 4,8 тыс. растений на 1 га. При этой густоте культуры лиственницы сибирской сохраняют наибольший прирост в высоту до полного смыкания крон, а прирост по диаметру проекции крон уже начинает снижаться. Первоначальная густота культур лиственницы сибирской должна быть больше оптимальной на величину отпада, устанавливаемую по многолетним данным в своем хозяйстве. Обычно величина отпада в культурах лиственницы в Хакасии находится в пределах 10—20%. Таким образом, первоначальная густота культур лиственницы сибирской на темно-серых лесных почвах в лиственничниках равнотравных должна быть 5,3—5,8 тыс. растений на 1 га.

Такие же уравнения составлены нами для культур сосны и дуба. В общем виде уравнение корреляционной связи оптимальной густоты культур с их возрастом имеет следующий вид:

$$y = ae^{-bx} \quad (7)$$

а для первоначальной густоты культур —

$$y^1 = ae^{-bx} (1 + 0,01 \rho), \quad (8)$$

где  $y^1$  — первоначальная густота культур, в тыс. шт. растений 1 га;

$\rho$  — величина отпада культур, в %.

Для определения коэффициентов  $a$  и  $b$  достаточно замерить проекции крон на двух участках культур лиственницы (или другой какой-либо породы), произрастающих в одинаковых почвенно-климатических условиях, выращенных при одинаковой агротехнике, но отличающихся друг от друга по возрасту на 3—7 лет. Полученные материалы подставляют в уравнение (7) и определяют коэффициенты  $a$  и  $b$ , а по уравнению (8) — первоначальную густоту культур. При этом за оптимальную густоту принимают то количество растений, когда начинается снижение прироста по диаметру

проекции крон растений или исходя из лесоводственных и экономических соображений: целевого назначения культур, особенностей лесокультурных машин и орудий, возможности проведения рубок ухода в том или ином возрасте и проч.

Если мы не знаем, в каком возрасте начинается снижение прироста по диаметру проекции крон у растений в изучаемых культурах, то его можно определить расчетным путем. Для этих целей нами выведено с применением метода наименьших квадратов уравнение корреляционной связи развития крон растений с их возрастом:

$$СК = ax^b \quad (9)$$

Расчет производят следующим образом: в уравнение (9) подставляют полученные величины диаметров проекции крон в культурах двух возрастов и вычисляют коэффициенты  $a$  и  $b$ . Затем правую часть уравнения (9) с определенными коэффициентами  $a$  и  $b$  приравнивают к 0,78, так как в первой стадии смыкания крон  $СК = 0,78$ , и находят возраст культур ( $x$ ), в котором наступает эта стадия.

В нашем примере уравнение (9) для культур лиственницы сибирской имело следующий вид:

$$СК = 0,00002 x^{4,18} \quad (10)$$

Приравняв правую часть уравнения (10) к 0,75, находим, что  $x = 12,4$ , то есть первая стадия смыкания крон в культурах лиственницы сибирской в условиях лиственничников разнотравных Хакасии наступает на тринадцатом году. Уточненная первоначальная густота культур лиственницы сибирской для возраста 12,4 года определяется по уравнению (8). Она находится в пределах 4,2—4,8 тыс. сеянцев на 1 га.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966.