

Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 101 с.

Поступила 16 марта 1992 г.

УДК 630*562 : 630*533

ОБЩАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ СВЯЗИ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ПО ЗАПАСУ С ПОЛНОТОЙ ДРЕВОСТОЕВ

В. К. ХЛЮСТОВ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Проведенные ранее исследования [4] закономерностей изменения текущего прироста Z_M сосняков Казахского мелкосопочника позволили установить ряд взаимосвязей этого показателя с другими. Особую практическую и теоретическую значимость имеет зависимость прироста от полноты древостоев, остающаяся наиболее дискуссионной в теории производительности древостоев. В настоящее время эта зависимость оценивается довольно неоднозначно, указывая на формирование наибольшего прироста в сомкнутых древостоях.

Нами сделана попытка выявить общую закономерность изменения Z_M с полнотой. Для решения этого вопроса закладывали пробные площади на участках леса разной полноты, древостои которых охватывают весь диапазон классов возраста и бонитета в различных лесорастительных регионах Северного Казахстана.

На каждой пробной площади определяли местоположение деревьев в пределах квадратов, на которые разбивали участок. Общее число деревьев, включенных в пробные площади, составило: в сосняках Казахского мелкосопочника — 8037, в ленточных борах Прииртышья — 5438, в островных борах Кустанайской области — 5994 шт. У всех деревьев на пробных площадях измеряли диаметр на высоте груди с точностью 0,1 см; а также радиальный прирост на кернях древесины за последние 10 лет.

Сканирование по плану лесонасаждений учетных площадок размером от 10×10 до 40×40 м (в зависимости от густоты древостоя) позволило получить данные о полноте и текущем приросте по сумме площадей сечения для каждого микроучастка. Всего в статистический анализ было включено около 1,5 тыс. площадок.

Величину Z_M устанавливали через процент текущего прироста по запасу по формуле Ю. М. Руденко

$$P_M = P_G + P_{HF} - \frac{n P_G P_{HF}}{100},$$

где P_M , P_G , P_{HF} — процент текущего прироста соответственно по запасу, сумме площадей сечения наличного древостоя и видовой высоте;

n — число лет в периоде осреднения прироста, и запас наличного древостоя [1].

Величина P_{HF} , учитывающая характер изменения ширины годовичных слоев по длине ствола и снижение темпа роста древостоя в высоту с возрастом, довольно точно отражается в региональных таблицах хода роста.

Так, располагая достоверными данными о приросте по запасу и сумме площадей сечения на каждой площадке, выполняли статистиче-

ский анализ рассматриваемой взаимосвязи. Соблюдение такого методического подхода позволило соблюсти одно из основных требований полевого опыта — принцип единственного различия лишь по полноте.

Исследования, проведенные в сосняках Казахского мелкосопочника [4], позволили обосновать правомерность использования парного анализа связи Z_M с полнотой и в других регионах республики.

В табл. 1 приведены статистические показатели тесноты связи текущего прироста по запасу ($m^3/га$) с полнотой древостоев ленточных боров Прииртышья, островных боров Кустанайской области и сосняков Казахского мелкосопочника.

Таблица 1.

Возраст, лет Класс бонитета	Пределы полноты	$r \pm m_r$	$\eta \pm m_\eta$	t	F	$F_{05/01}$
Ленточные боры Прииртышья						
35/IV	0,4 ... 0,9	0,945 ± 0,020	0,996 ± 0,012	14,5	1,3	2,3/3,3
42/V	0,2 ... 0,5	0,934 ± 0,017	0,946 ± 0,014	18,8	1,9	2,1/2,8
52/II	0,5 ... 1,1	0,883 ± 0,033	0,917 ± 0,024	12,1	1,5	2,1/2,9
57/II	0,5 ... 0,9	0,963 ± 0,011	0,973 ± 0,008	22,3	1,3	2,1/3,0
58/IV	0,5 ... 1,1	0,932 ± 0,022	0,949 ± 0,017	14,3	0,9	2,2/3,1
72/II	0,5 ... 1,1	0,877 ± 0,026	0,892 ± 0,026	13,5	0,7	2,1/2,8
78/III	0,3 ... 0,9	0,936 ± 0,014	0,944 ± 0,012	22,3	1,0	2,0/2,7
100/IV	0,5 ... 1,0	0,921 ± 0,025	0,933 ± 0,0210	13,4	0,5	2,2/3,1
112/V	0,5 ... 1,0	0,899 ± 0,030	0,930 ± 0,021	12,6	1,6	2,1/3,0
118/IV	0,4 ... 1,0	0,836 ± 0,046	0,860 ± 0,040	9,5	0,5	2,1/2,9
118/III	0,3 ... 1,0	0,720 ± 0,058	0,775 ± 0,048	8,4	1,4	2,0/2,7
121/II	0,3 ... 0,7	0,904 ± 0,028	0,947 ± 0,016	13,1	2,8	2,1/3,0
Островные боры Кустанайской области						
37/I	0,6 ... 1,4	0,935 ± 0,028	0,963 ± 0,016	10,9	0,8	2,5/3,7
34/III	0,8 ... 1,3	0,968 ± 0,013	0,977 ± 0,009	16,6	0,4	2,5/3,7
34/II	0,7 ... 1,4	0,982 ± 0,010	0,997 ± 0,001	16,4	1,3	3,0/5,0
35/I	0,6 ... 1,3	0,814 ± 0,084	0,891 ± 0,051	5,2	0,4	2,7/4,1
42/II	0,8 ... 1,4	0,915 ± 0,043	0,945 ± 0,028	7,8	2,2	2,8/4,5
83/II	0,5 ... 1,3	0,942 ± 0,012	0,949 ± 0,011	24,1	1,1	2,0/2,7
84/IV	0,6 ... 1,2	0,892 ± 0,023	0,914 ± 0,018	16,8	2,0	2,0/2,7
117/II	0,4 ... 1,2	0,880 ± 0,030	0,894 ± 0,028	13,2	0,5	2,1/2,8
Казахский мелкосопочник						
37/III	0,4 ... 1,3	0,894 ± 0,020	0,911 ± 0,017	18,7	1,9	2,0/2,6
45/IV	0,6 ... 1,1	0,927 ± 0,019	0,943 ± 0,015	18,6	1,4	2,1/2,9
75/III	0,4 ... 1,2	0,816 ± 0,035	0,825 ± 0,033	13,2	0,4	2,0/2,6
94/IV	0,6 ... 1,2	0,732 ± 0,080	0,785 ± 0,066	6,9	0,6	2,3/3,3
98/III	0,3 ... 0,9	0,914 ± 0,018	0,932 ± 0,014	19,8	2,2	2,0/2,7
102/V	0,7 ... 1,0	0,871 ± 0,025	0,886 ± 0,023	16,4	1,1	2,0/2,6
105/III	0,4 ... 1,3	0,701 ± 0,043	0,741 ± 0,038	11,4	2,0	2,0/2,6
135/IV	0,5 ... 1,0	0,904 ± 0,023	0,914 ± 0,020	16,3	0,6	2,1/2,8
137/V	0,3 ... 1,2	0,729 ± 0,039	0,760 ± 0,035	12,6	1,7	2,0/2,6

Табулированные значения статистических показателей свидетельствуют о высокозначимой тесноте связи Z_M с полнотой древостоев, проявляющейся в линейном виде на всех стадиях онтогенеза ($F < F_{01}$).

Результаты регрессионного анализа показали, что исследуемая взаимосвязь наиболее точно аппроксимируется степенным уравнением

$$Z_M = a\Pi^\beta,$$

где a — константа начального роста, равная приросту при полноте 1,0;

β — константа равновесия, определяющая направление линии регрессии;

Π — полнота древостоя.

Применительно к биологическим объектам указанная зависимость довольно подробно описана Д. Гексли [5], а к древесным породам — Г. Томазиусом [6] и В. В. Кузьмичевым [2].

Помимо корреляционного и регрессионного анализов было осуществлено статистическое сравнение линий регрессии текущего прироста по запасу [3].

Значения статистических показателей линий регрессии в 85 % случаев указали на совпадение анализируемых трендов по дисперсиям ($F < F_{01}$), угловым коэффициентам ($t < t_{01}$) и непосредственному их наложению друг на друга ($t < t_{05}$).

Более того, для каждого региона, относящегося по лесотаксационному районированию к отдельному району, показаны пределы колебаний константы равновесия, средняя величина и характеризующие ее статистические показатели (табл. 2).

Таблица 2

Регион	$\lim \beta$	$\beta \pm m_{\beta}$	σ	$C, \%$	$P, \%$
Казахский мелкосопочник (Кокчетавская, Целиноградская области)	0,66 ... 0,88	$0,774 \pm 0,036$	0,108	14,02	4,65
Ленточные боры Прииртышья (Павлодарская, Семипалатинская области)	0,62 ... 0,91	$0,784 \pm 0,030$	0,104	13,26	3,83
Островные боры Кустанайской области	0,61 ... 0,97	$0,792 \pm 0,048$	0,154	19,44	6,06

Использование в уравнениях коэффициента прироста K_Z констант β , имеющих предельные значения (0,774 и 0,792), при установлении отклонений по коэффициентам прироста, соответствующим полноте 0,4, позволило получить величины K_Z , равные соответственно 0,492 и 0,484. Отклонение составило 1,6 % при допустимой ошибке определения прироста ± 10 %. Вместе с тем был выполнен статистический анализ существенности различий между средними показателями β , результаты которого приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравниваемые лесорастительные регионы	t-критерий Стьюдента	
	t	t ₀₅
Казахский мелкосопочник — ленточные боры Прииртышья	0,212	2,09
Казахский мелкосопочник — островные боры Кустанайской области	0,322	2,11
Ленточные боры Прииртышья — островные боры Кустанайской области	0,150	2,09

Судя по табулированным значениям ($t < t_{05}$), различие коэффициентов β по лесорастительным регионам на 5 %-м уровне значимости несущественно.

Статистический анализ сходства констант позволил объединить все значения β в одну совокупность и рекомендовать единую для сосняков Казахстана зависимость коэффициентов прироста по запасу от полноты древостоев, описываемую уравнением вида

$$K_Z = P^{0,784 \pm 0,021}$$

Преимущество его использования по сравнению с уравнением параболы заключается в том, что независимо от суммы площадей сечений (G), принятой за эталон полноты 1,0, значения коэффициентов прироста постоянны в пределах ступени полноты (табл. 4).

Таблица 4

Эта- лон пол- ноты от G сом- кну- тых на- саж- де- ний	Коэффициент прироста при полноте древостоев						
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

Расчет по формуле $K_Z = P^{0,784}$

0,7	1,00	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58	0,49
1,0	1,00	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58	0,49
1,3	1,00	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58	0,49

Расчет по формуле $K_Z = (1,48 - 0,48P)P^*$

0,7	1,00	0,92	0,85	0,76	0,67	0,58	0,49
1,0	1,00	0,94	0,88	0,80	0,72	0,62	0,53
1,3	1,00	0,96	0,92	0,86	0,77	0,68	0,59

* Уравнение получено для сосняков Казахского мелкосопочника IV класса бонитета.

О достоверности выявленной закономерности довольно убедительно свидетельствуют незначительные отклонения K_Z , рассчитанные по уравнению, от результатов, полученных разными исследователями в различных лесорастительных регионах (табл. 5).

Для непосредственного расчета текущего прироста по запасу достаточно значение регионального норматива Z_M при полноте 1,0 ум-

Таблица 5

Автор (регион исследования)	Древесная порода	Отклонение, %, при полноте					
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
В. В. Антанайтис, П. Ю. Якас (Литва)	Сосна	0,3	0,9	1,9	3,4	5,6	8,8
	Ель	-1,6	-2,9	-3,5	-3,7	-3,2	-1,7
В. Г. Рубцов, Е. Н. Мартынов, Г. В. Филиппов (Карельский перешеек)	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ю. И. Сигунов (европейская часть РСФСР)	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
В. В. Гончарук (Приангарье)	Сосна	-0,3	-0,5	-0,9	-1,4	-1,9	-2,4
	Ель	-0,6	-1,2	-1,8	-3,1	-3,4	-4,3
Р. С. Разин (Ленинградская область)	Сосна	-2,7	-6,0	-7,2	-8,0	—	—
	Ель	0,1	0,2	-0,5	-0,5	-0,4	-0,2
В. С. Писанов (Дарвинский заповедник)	Сосна	0,0	0,0	0,1	0,7	-1,9	-4,7
В. Ертельд (Германия)	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,1	—	—
Р. О. Куртис (США)	Дугласова пихта	-1,6	-2,8	-2,5	-0,7	—	—

ножить на установленное по уравнению K_L при заданной полноте древостоя.

Итак, статистический анализ закономерности связи коэффициентов текущего прироста запаса наличных древостоев с полнотой, а также сопоставление полученной модели с результатами разных исследователей позволяет рекомендовать эту модель для практического использования не только в сосняках Казахстана, но и в более широких масштабах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Антанайтис В. В., Жадейкис Р. С. Стандартизация в области древесного прироста.— Каунас: ЛитСХА, 1977.— 104 с. [2]. Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев.— Новосибирск: Наука, 1977.— 158 с. [3]. Урбах В. Ю. Биометрические методы.— М.: Наука, 1974.— 415 с. [4]. Хлюстов В. К. Текущий прирост сосняков Казахского мелкосопочника // Рациональные способы формирования насаждений и рубок главного пользования в лесах Казахстана.— Алма-Ата: Кайнар, 1983.— С. 155—176. [5]. Huxley I. S. Problems of relative growth.— London, 1932.— 196 p. [6]. Thomasius H. Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wack Stummsgrossen von Baumen und Beständen für die quantitative Standortsbeurteilung // Archiv. Forstwesen.— 1963.— Bd. 12, H. 12.— S. 1267—1323.

Поступила 9 декабря 1991 г.

УДК 581.132 : 630*114.445

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ СУБСТРАТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ВСХОДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

А. В. ВЕРЕТЕННИКОВ, ЭМАД ЭЛЬ ДИН ТАВФИК

Воронежский лесотехнический институт

Прорастание семян и формирование проростков или всходов — наиболее критический этап в жизни древесных растений [1, 2, 4, 5]. Всходы весьма чувствительны к различным внешним воздействиям, вызывающим серьезные нарушения хода физиолого-биохимических процессов и структур клеточных органелл, а нередко и их распад. Одним из неблагоприятных внешних факторов, влияющих на жизнедеятельность, рост и развитие всходов древесных растений, является засоление почвы. Воздействие этого фактора на фотосинтез проростков древесных пород практически не изучено, что и предопределило задачу настоящего исследования.

Опыты ставили в песчаных культурах лаборатории кафедры ботаники и дендрологии ВЛТИ. Исследовали всходы акации белой, ясеня зеленого и сосны обыкновенной в возрасте от 2 до 42 сут. Представлены следующие варианты: 1 — контроль, полив питательным раствором Кюппа половинной концентрации; 2—4 — опытные варианты, полив раствором Вант-Гоффа в концентрации соответственно 0,025, 0,05 и 0,1 моль/л. Освещенность над растениями поддерживали на уровне 5,0... 5,5 клк.

Интенсивность процесса фотосинтеза различных частей всходов устанавливали радиометрическим методом с использованием меченой по углероду CO_2 [3]. Радиоактивность порошков различных фотосинтезирующих частей всходов подсчитывали на радиометрической установке малого фона УМФ-1500. Освещенность при определении потенциальной скорости фотосинтеза (ПСФ) поддерживали на уровне 5,5 клк.

Результаты определений ПСФ семядолей всходов исследованных древесных пород представлены в табл. 1.