

Проскуряков М.А., Хомулло О.Н. Экспериментальный анализ дифференциации всходов ели Шренка

Статья. – Монография «Растительный и животный мир заповедников Казахстана». Труды Главн. управления заповедников и охот. хозяйства при Совете Министров Казахской ССР. Том III. - Алма-Ата: Издательство «Кайнар». - 1973. – С. 119 – 150.

В статье предложена методика исследования жизнеспособности всходов ели Шренка в режиме естественного варьирования среды их обитания. Проанализирован опыт применения этой методики в высотном поясе горных темнохвойных лесов Тянь-Шаня. Полученные результаты иллюстрируют широкие возможности их использования для разработки научной основы рациональной организации работы питомниковых хозяйств, оптимизации создания лесных культур, содействия естественному возобновлению, планирования рубок ухода и типизации условий обитания горных лесообразующих пород.

Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВСХОДОВ ЕЛИ ШРЕНКА

М. А. Проскуряков, О. Н. Хомулло
(Алма-Атинский государственный заповедник)

УДК 581.524.12 : 581.55

Изучение факторов, определяющих дифференциацию и сохранность молодого поколения ели Шренка, весьма важно для рациональной организации питомниковых хозяйств, для содействия естественному возобновлению и его прогнозирования, для планирования рубок ухода и для оценки условий обитания еловых лесов в целом.

Согласно исследованиям (М. А. Ахметов, 1966; Б. А. Быков, 1950; Д. Е. Гуриков, 1960; В. Н. Данилик, 1959; Н. Қ. Камчибеков, 1965, 1962; М. Г. Попов, 1940; И. И. Ролдугин, 1958; Л. Н. Соболев, 1959, 1963, 1965 и др.), проведенным в питомниковых хозяйствах, а также в природных условиях, наиболее высокий отпад наблюдается в период формирования еловых всходов.

По данным (В. П. Орлова, 1959), в посевах первого года отпад появляющихся всходов достигает 54,6% даже на высоком агротехническом фоне. В естественных же условиях, когда вступают в силу влияния неблагоприятных факторов (недостаток увлажнения, конкуренция травостоя, радиационный перегрев и пр.), величина отпада должна составлять еще больший процент.

Как отмечают Н. Қ. Камчибеков (1962) и В. П. Орлов (1959), на открытых участках наибольший процент отпада семян обуславливается ожогом корневой шейки. По данным П. А. Гана (1970), отпад за счет ожога наблюдается уже при затенении щитами менее 50% просветов. Суммарный отпад от ожогов в летние месяцы за три года в питомниках Гана составлял 63,4%.

Большой ущерб приносит и выжимание семян морозом (В. Г. Рубаник, 1954). Даже в питомниках отпад за счет этого фактора достигает 28% (П. А. Ган, 1970).

По мнению большинства авторов в естественных местообитаниях основная вероятная причина гибели самосева на участках с развитым травостоем — сильная задернованность и иссушение верхнего слоя почвы. На участках, лишенных травостоя — ожог. В развитом моховом покрове всходы погибают вследствие зависания корневых систем и отсутствия контакта с почвой.

Лучше всего самосев сохраняется под прикрытием камней, сгнивших пней, вывороченных деревьев, кустарников, на границах крон материнских деревьев.

Практическое использование разработанных общих положений однако очень затруднительно: так как практическое использование результатов невозможно без понимания частных особенностей жизнедеятельности самосева. В связи с этим попытки воспроизведения естественному возобновлению ели Шренка и создания лесных культур посевом на постоянное место оканчиваются полной неудачей (П. А. Ган, 1970).

Выяснение частных особенностей формирования елового самосева в условиях полевых исследований сопряжено с большими трудностями.

Поэтому на первом этапе целесообразно провести экспериментальное изучение. Моделируя комплексное воздействие основных факторов, можно выявить особенности их влияния и затем использовать результаты опыта для интерпретации поведения самосева в природных ситуациях.

В данной работе излагаются результаты изучения дифференциации еловых всходов в условиях эксперимента.

Наши опыты были поставлены в долинном участке реки Правый Талгар (у слияния ее с рекой Средний Талгар) в центральной части хребта Заилийский Алатау (территория Алма-Атинского заповедника). Абсолютная высота местоположения — 1640 м над у. м. Для эксперимента был выбран почти горизонтальный участок размером 30×40 м с уклоном не более 2° к западу, расположенный на надпойменной террасе послеселевого происхождения в 150 м от реки. Боковое затенение соседними склонами отсутствует.

Как показали прикопки, почва экспериментального участка однообразна. Подстилающая порода — селевые наносы в виде мелкого песка и дресвы. По данным Г. Д. Петерсона (1970), последний сель в этом районе отмечен 50—60 лет назад. Верхний горизонт почвы — гумусовый, сильно задерненный, мощностью 12—15 см (объемный вес 0,21 г/см³). Толщина подстилки не превышает 1 см.

Травостой участка лугового характера, с богатым разнообразием травянистых растений (20 видов). Основную характеристику травяного покрова определяют восемь видов: это злаки (*Agropyron tianschanicum* Drob; *Dactylis glomerata* L; *Koeleria gracilis* Pers; *Poa nemoralis* L.), герань (*Geranium collinum* Steph.), манжетка (*Alchimilla obtusa* Buser), клевер (*Trifolium pratense* L.). Наряду с ними в формировании травяного покрова участвуют: *Taraxacum vulgare* Schrenk; *Lamium album* L; *Myosotis silvatica* (L.) Hoffm; *Ranunculus grandifolius* C. A. Mey; *Viola acutifolia* (K. et K.) Beck; *Ligularia macrophylla* D. C. и др.

Методика работы. Для получения и исследования еловых всходов сделаны экспериментальные посевы семян ели Шренка в площадки размером 1×1 м. Лабораторная всхожесть использованных семян — 88%. Вес 1000 шт. — 6,97 г. Предпосевную обработку семян не производили.

На каждую площадку семена высевали строчками (по десять строк) с заделкой на глубину 0,5 см. В каждой строке — 100 семян, через 1 см друг от друга. Расстояние между строками — 5 см. Такое размещение позволило в дальнейшем учитывать процент появляющихся всходов по десяти повторностям (из десяти сотен семян) на каждой площадке. Все работы по посевам были закончены к 25 апреля.

В связи с тем, что условия формирования всходов в питомниках и в лесу различны, нами было заложено два основных варианта опыта: с сохранением травостоя и с удалением его. В вариантах опыта без травостоя рано весной, перед посевом, из почвы удалена корневая система травянистых растений. В дальнейшем за чистотой участка следили регулярно.

Основные варианты опыта разбивались на подварианты: с затенением щитами (100%, 70%, 40%) и без затенения; а также с дополнением осадков до норм открытых местообитаний и без него.

Каждый вариант опыта закладывали в трех повторностях. Для этого на опытном участке семена сеяли в 3 блока (рис. 1), внутри которых варианты с затенением и режимом осадков размещались в различных комбинациях. Общий вид такого участка в натуре показан на рис. 2.

Для затенения и регулирования количества поступающих осадков использовались щиты с жестяными желобками, изготовленными в виде равнобедренного треугольника (в поперечном сечении). Желобки позво-

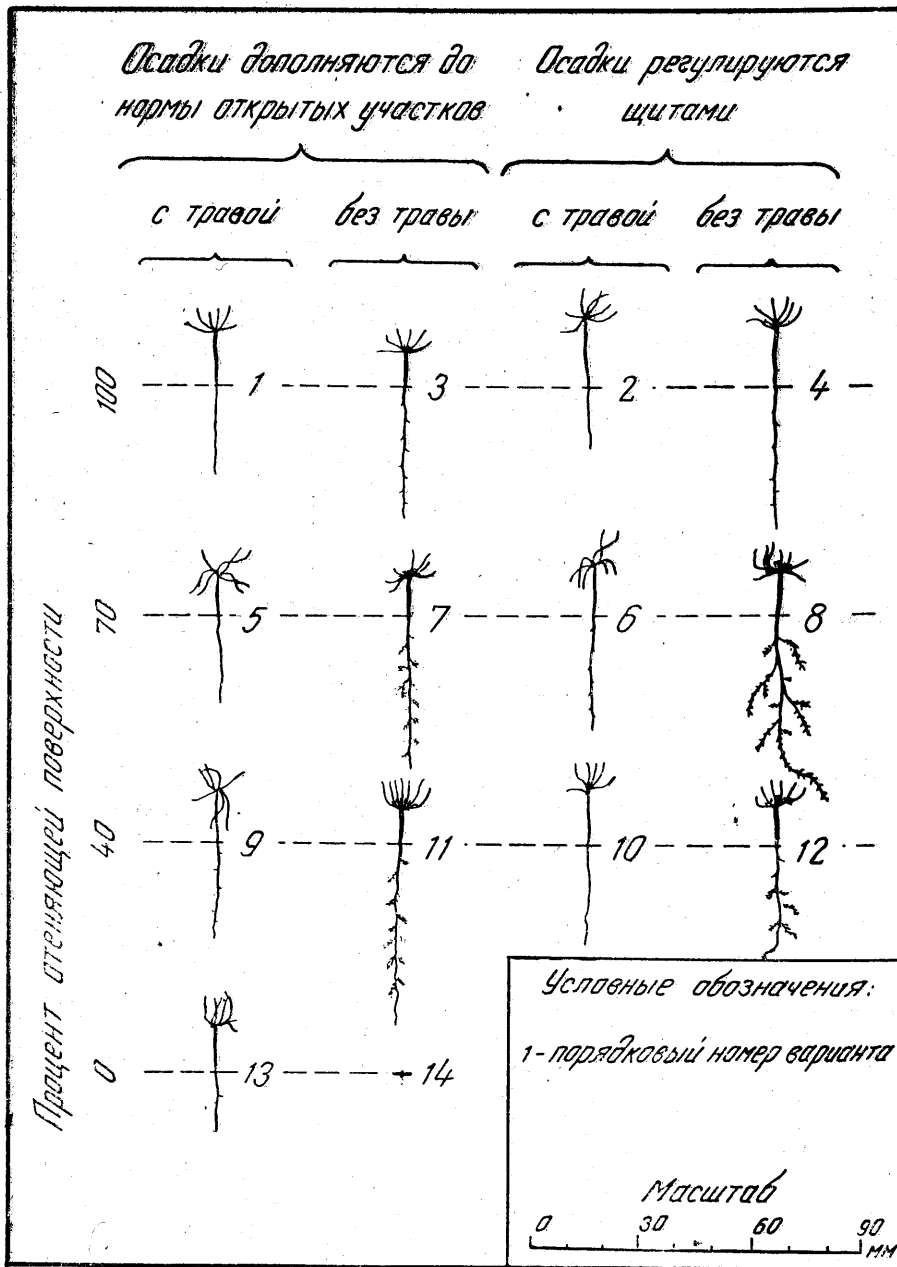
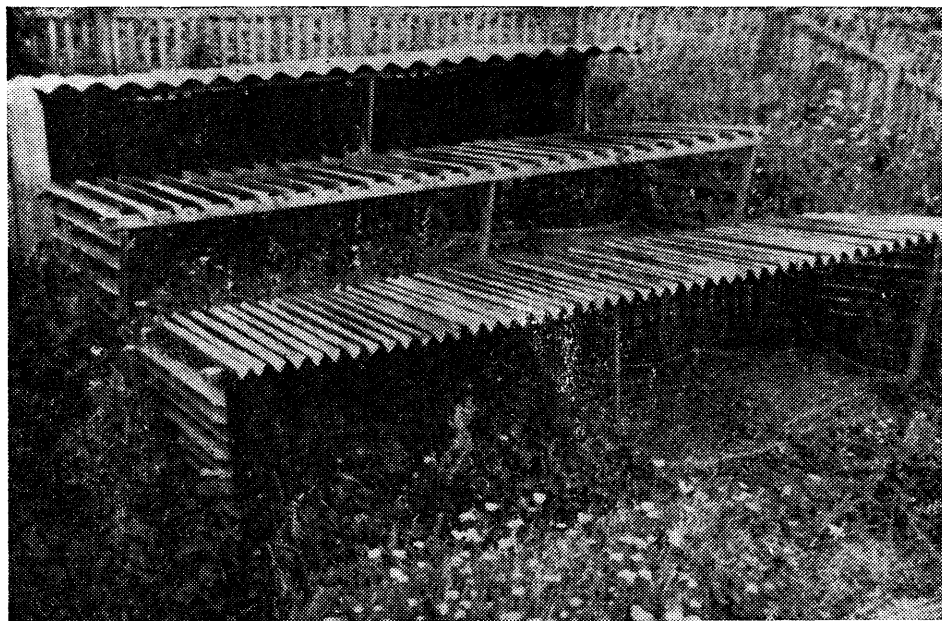


Рис. 1. Применяемая схема опыта и габитус еловых всходов по данным на 3 сентября

лили с большой точностью регулировать дождевые осадки, так как практически исключали боковой сток влаги. Стекающая по желобкам вода собиралась и использовалась для дополнения осадков в тех вариантах, где их количество должно было поддерживаться на уровне открытых местообитаний.



Р и с. 2. Вид одного из экспериментальных блоков, включающих все варианты посева

Выравнивание фона осадков на части площадок позволило, с одной стороны, проследить характер влияния травостоя и затенения на влажность почвы; с другой — расширить диапазон варьирования влажности почвы при одинаковом режиме затенения.

Влажность почвы определяли, начиная с 10 июля на глубинах 0—5 см, 5—10 см, 10—15 см через каждые 10 дней, термовесовым способом.

Наблюдение за температурой поверхности почвы и на глубине 5 см проводили ежедневно в 7, 13 и 19 часов местного времени. Ночную температуру учитывали минимальными термометрами.

Учет фенологического состояния, высоты травостоя, а также процента проективного покрытия производился через каждые 10—12 дней, начиная с 21 апреля — по конец вегетации. Процент покрытия измерялся сеткой Раменского, размером 1×1 м.

В расчетах использовали оценку травостоя по его высоте, вычисленную как средневзвешенное по проценту проективного покрытия всех представленных видов. Такой подход обуславливался тем, что практически по всем вариантам опыта процент покрытия был близок к 90—100%, и потому он, очевидно, не мог быть существенным показателем воздействия травостоя на еловые всходы. Средняя же высота травостоя, характеризующая степень его эдифицирующего влияния (ослабление освещенности, изменение режима влажности воздуха над почвой и т. д.), а также конкурентную мощьность, представляется более подходящим критерием. В отличие от процента проективного покрытия средняя высота травостоя по вариантам опыта изменялась в широких пределах.

Динамику появления и отпада всходов учитывали по каждой строчке посевов через 10—12 дней.

В связи с предположением, что на формирование еловых всходов

действует совокупность факторов, а зависимость сохраняемости всходов от этих факторов может иметь нелинейный характер, нами был применен метод информационно-логического анализа (Ю. Г. Пузаченко, А. В. Мошкин, 1969). Это позволило не только изучить большое количество факторов, но и выявить среди них косвенные, а также вывести формулу логической функции для прогнозирования процента сохраняющихся всходов.

Для удобства обработки материала были введены следующие буквенные обозначения: А — изучаемое явление, количество еловых всходов, выраженное в процентах от числа высеванных семян; Б — фактор затенения посевов, выраженный в процентах отеняющей поверхности щитов; Д — фактор теплообеспеченности поверхности почвы, выраженный в суммах среднесуточных тем-

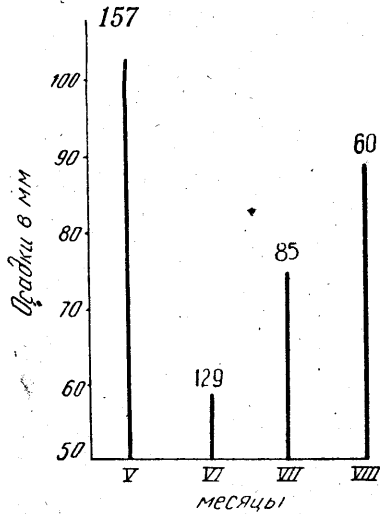


Рис. 3. Месячные суммы дождевых осадков, выпавших в районе экспериментального участка. Над ординатами — среднее многолетнее количество осадков для изучаемого района по данным Алма-Атинской селестоковой станции

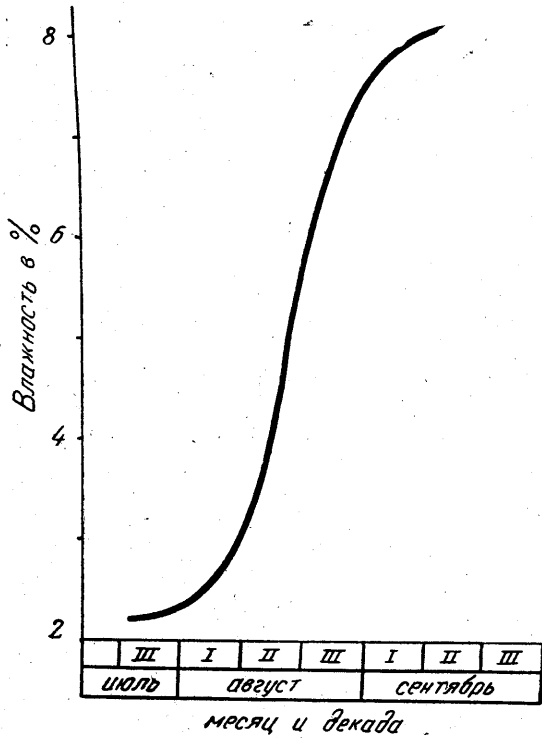


Рис. 4. Динамика влажности верхнего (0—5 см) слоя почвы на экспериментальном участке. Блок 3, вариант 13: без отенения, травостой сохранен

ператур поверхности почвы за период с 14 мая по дату анализа результатов опыта; Д_{макс} — фактор температуры (максимальной) поверхности почвы за период, предшествовавший дате исследования; Г — влажность почвы в %; Е — средняя высота травостоя в см.

Каждый из перечисленных факторов и явление были предварительно ранжированы по состояниям. Символы и границы классов факторов приводятся по датам изучения в процессе анализа материала.

Результаты исследований. Прежде чем перейти к детальному анализу влияния факторов на еловые всходы, представляется целесообразным кратко остановиться на общей характеристике условий опыта.

За период проведения эксперимента (с 22 апреля по 19 сентября) суммарное

количество выпавших на открытом месте осадков составило 359,2 мм. В первой половине лета распределение осадков по месяцам довольно существенно отличалось от среднемноголетнего, наблюдаемого за период с 1891 по 1965 г. на рядом расположенной Алма-Атинской селестоковой станции (1711 м над уровнем моря). Сравнение средних многолетних данных и данных 1970 г. (рис. 3) позволяет отметить, что в мае и июне количество выпавших на опытном участке осадков оказалось в 1,5—2 раза ниже, чем среднее многолетнее, а в июле и августе — было близким к среднемноголетнему уровню.

Так как количество осадков в июле и августе несущественно отличалось от среднемноголетнего уровня, можно предположить, что тенденции в динамике влажности верхнего слоя почвы в этот период должны также быть близкими к средним. Влажность верхнего слоя почвы на открытых участках с травостоем в июле очень низка (2,4%). К августу и сентябрю она резко возрастает в связи с общим понижением температуры и увеличением количества осадков (рис. 4).

Интересно отметить, что температура поверхности почвы на открытых участках, лишенных травостоя, была значительно выше, чем на открытых участках с сохранным травостоем. В отдельные периоды лета

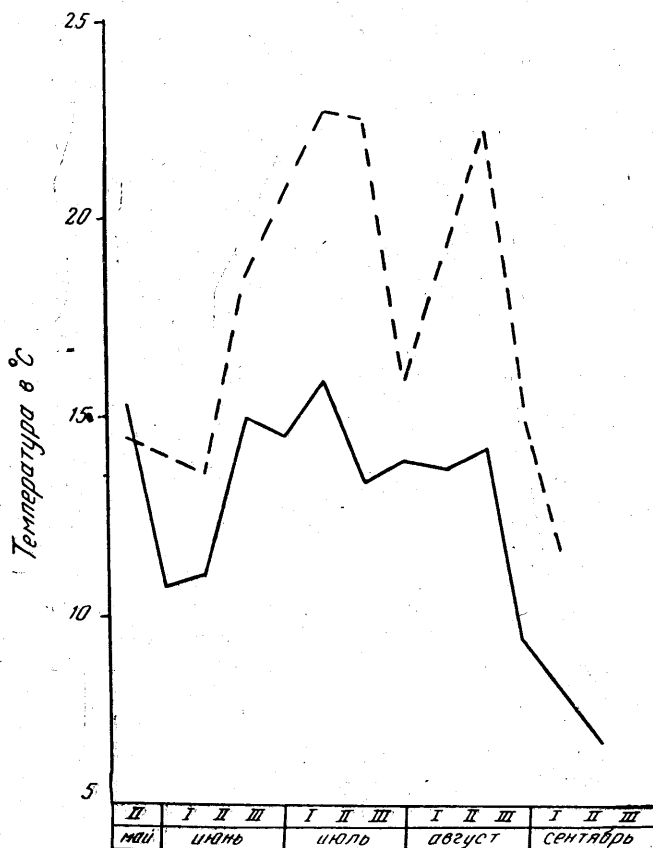


Рис. 5. Динамика среднесуточной температуры на поверхности почвы для открытых площадок: с сохранным травостоем (линия) и без травостоя (пунктир)

(особенно в июле — августе) отличия в среднесуточной температуре достигали более 7° (рис. 5). Причем эти отличия в температурном режиме поверхности почвы возрастали в соответствии с увеличением высоты травостоя, его проективного покрытия (рис. 6) и уменьшались к концу периода вегетации (последняя декада августа).

На опытных участках, лишенных травостоя, степень ослабления прямой солнечной радиации соответствовала проценту отеняющей поверхности щитов. Наряду с этим регулировалось и количество поступающей рассеянной радиации. Однако, благодаря тому, что с северной стороны площадки были открыты, на участках, лишенных травостоя, количество задержанной рассеянной радиации (выраженное в процентах от доли рассеянной радиации открытых местообитаний) имело следующие значения: под щитами с 40% отеняющей поверхности — 20%; под щитами с 70% отеняющей поверхности — 50%; под щитами со 100% отеняющей поверхности — 80%.

В целом в условиях поставленного эксперимента было достигнуто довольно широкое варьирование режима осадков, прямой и рассеянной солнечной радиации, влажности почвы и температуры. Благодаря этому представилась возможность изучать динамику появления, отпада и характер формирования еловых всходов, как в крайне неблагоприятных условиях, так и в условиях, близких к оптимальным. (рис. 7).

Как видно из приведенных графиков, к 29 мая еловые всходы появились на большинстве площадок. Но в дальнейшем динамика появления и отпада всходов по каждому варианту опыта отличалась весьма существенно. На площадках с сохраненным травостоем (рис. 7. А, В) максимальное количество еловых всходов появилось к концу первой декады — середине июня. Затем наблюдался очень высокий процент их отпада.

Очевидно, что динамика отпада всходов тесно связана с характером формирования травостоя. На площадках, лишенных травостоя, максимальное количество всходов появилось в те же сроки, что и в вариантах с травостоем (рис. 6 и 7). Однако резкого уменьшения их количества в последующий период не наблюдалось.

Из всех вариантов опыта наилучшими оказались те, в которых всходы воспитывались без травостоя, а осадки поддерживались на уровне открытых местообитаний.

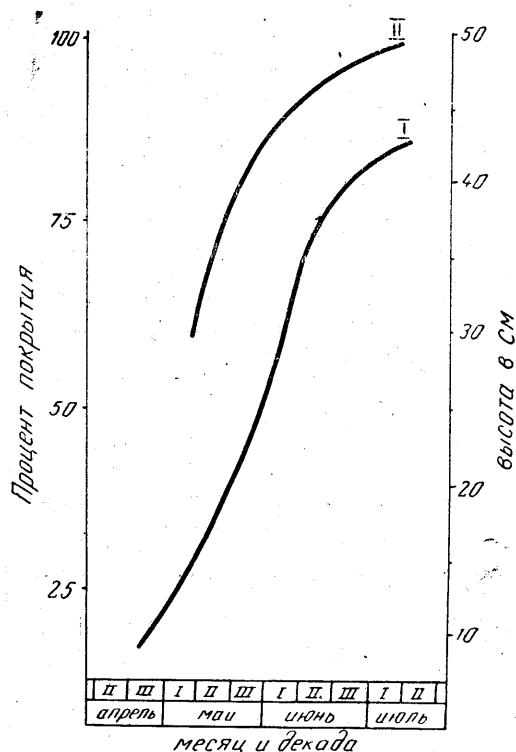


Рис. 6. Динамика средней высоты (I) и процента проективного покрытия (II) травостоя на открытых местообитаниях экспериментального участка

Результаты осеннего (на 3 сентября) описания и изучения всходов представлены в таблице 1. На рис. 1 показан габитус всходов (растения вычерчены в одинаковом масштабе).

Таблица 1

Характеристика еловых всходов по вариантам эксперимента
(данные на 3 сентября 1970 г.)

Процент огеняющей поверхности щитов	Исследуемые параметры всходов ели	В а р и а н т ы о п ы т а			
		осадки дополняются до нормы открытых местоположений		Осадки регулируются щитами	
		травостой сохранен	травостой удален	травостой сохранен	травостой удален
100	Вес, мг: сырой	23,0±0,4	37,1±0,8	15,5±1,0	35,0±1,1
	сухой	4,8±0,1	9,3±0,3	5,8±0,1	10,6±0,3
	Размеры, мм: семядоли	14,9±0,3	14,1±0,6	13,4±0,5	15,3±0,5
	штамба	33,7±1,9	19,1±1,4	37,0±1,8	29,6±1,8
100	корня	24,2±2,6	51,4±4,0	21,8±1,1	61,1±3,3
	Процент сохранившихся всходов	7,1±1,2	16,0±1,7	0,2±0,1	1,3±0,4
70	Вес, мг: сырой	26,5±1,0	57,4±1,2	21,7±0,5	76,2±1,7
	сухой	6,0±0,1	15,8±0,3	3,8±0,1	24,0±0,5
	Размеры, мм: семядоли	14,1±1,4	13,5±0,4	14,1±0,5	14,0±0,3
	штамба	23,4±1,5	19,0±1,0	26,1±1,8	22,4±0,7
70	корня	30,0±2,8	81,7±2,7	33,1±3,4	91,8±3,1
	Процент сохранившихся всходов	0,9±0,1	27,3±2,0	1,1±0,2	16,2±2,0
40	Вес, мг: сырой	23,5±0,5	47,8±1,9	25,1±1,9	31,2±0,9
	сухой	3,0±0,1	13,5±0,5		12,2±0,2
	Размеры, мм: семядоли	14,0±0,3	12,8±0,4	13,1±0,7	13,8±0,6
	штамба	26,8±1,8	15,6±1,0	31,4±1,8	22,5±0,3
40	корня	26,7±2,1	73,1±4,1	29,0±2,0	54,0±6,5
	Процент сохранившихся всходов	1,1±0,1	11,3±1,2	1,0±0,2	5,8±0,9
0	Вес, мг: сырой	26,7±1,0	Всходы погибли		
	сухой	7,4±0,5			
	Размеры, мм: семядоли	15,2±0,4			
	штамба	27,1±1,2			
0	корня	28,8±1,9			
	Процент сохранившихся всходов	0,8±0,2			

Как видно из таблицы 1, травостой особенно угнетает развитие корневых систем и наземной части всходов. Корневая система еловых всходов, выросших под травостоем, в большинстве случаев не ветвится и значительно короче, чем корневая система всходов, выросших без травостоя. Травостой замедляет также развитие семядолей, штамба, снижает общую продуктивность всходов.

Более подробно каждый вариант опыта мы проанализируем позже. Такой детальный анализ должен осуществляться с учетом комплексного воздействия факторов среды. Причем, как уже говорилось в разделе методики, при данной постановке опыта рационально применить информационно-логический метод обработки материала. Другие способы математического анализа оказались бы в значительной мере формальными. Использование корреляционного метода весьма ограничено, так как связь между действующими факторами и изучаемым явлением в большинстве случаев не имеет линейного характера. Применение дисперсионного метода нецелесообразно из-за трудности сравнения еловых всходов на однородном фоне действующих факторов: влажность почвы и ее температура варьируют в зависимости от затенения и мощности травостоя; в свою очередь и сам травостой по каждому варианту опыта сильно отличается.

Основываясь на общей оценке динамики появления и отпада еловых всходов, а также учитывая характер формирования травостоя и изменение микроклиматических факторов, для большинства вариантов опыта представляется целесообразным провести анализ еловых всходов в следующие сроки периода вегетации: 30 мая — четко выражена картина появления всходов; 10 июня — количество еловых всходов почти по всем вариантам достигает максимума; 10 июля — наглядно выражено отрицательное влияние травостоя; 3 сентября — дифференциация всходов в основном закончилась. Дальнейшее изложение и обсуждение материала работы построено в соответствии с этими периодами.

Анализ результатов на 30 мая. Как мы уже видели из графиков (рис. 7), на 30 мая наблюдается главным образом появление ело-

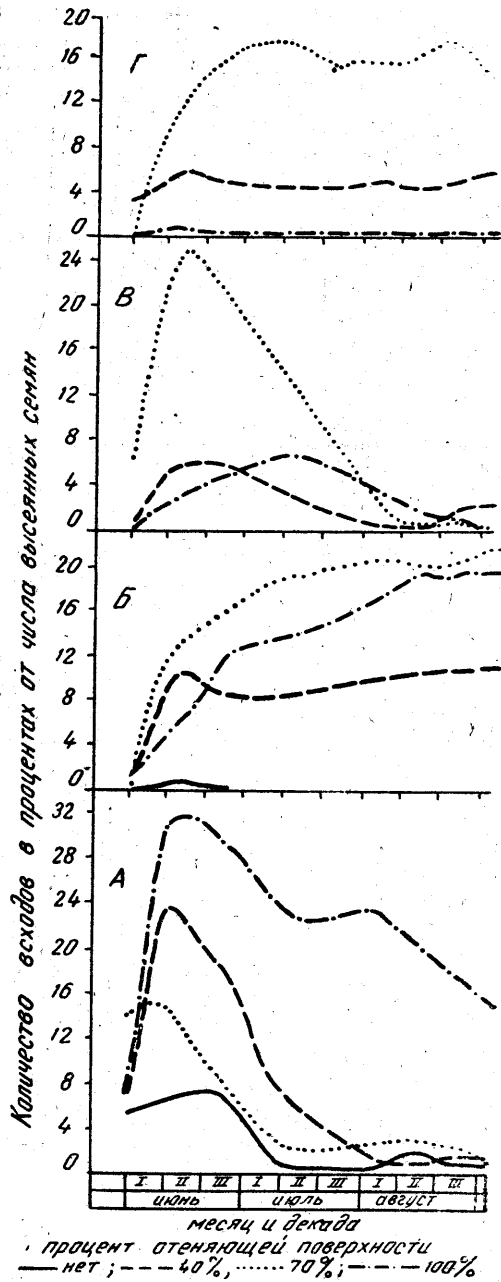


Рис. 7. Динамика появления и отпада всходов на первом блоке экспериментального участка. Варианты с дополнением осадков до нормы открытых местообитаний: травостой сохранен — А, травостой удален — Б. Варианты с осадками, регулируемые щитами: травостой сохранен — В, травостой удален — Г

вых всходов. Отпад их еще незначителен. Поэтому анализ влияния факторов на этот период сводится к рассмотрению вопроса: как те или иные факторы определяют интенсивность процесса появления всходов.

Для изучаемых факторов и явления были приняты следующие градации: По фактору Б: $b_1=0\%$; $b_2=40\%$; $b_3=70\%$; $b_4=100\%$. По фактору Е: $e_1=17,8-20,5$ см; $e_2=20,6-23,2$ см; $e_3=23,3-28,6$ см; $e_4=28,7-36,7$ см; $e_5=36,8-39,4$ см. По фактору Д: $d_1=102,8^\circ-111,1^\circ$; $d_2=111,2^\circ-119,4^\circ$; $d_3=119,5^\circ-127,7^\circ$; $d_4=127,8^\circ-152,6^\circ$; $d_5=152,7^\circ-160,9^\circ$; $d_6=161^\circ-169,2^\circ$. По фактору Д_{макс}: $d_{1\text{макс}}=21-24,5^\circ$; $d_{2\text{макс}}=26-28^\circ$; $d_{3\text{макс}}=31,5-33,5^\circ$; $d_{4\text{макс}}=40^\circ$; $d_{5\text{макс}}=51^\circ$. Градации явления (А) по вариантам без травы: $a_1=0-0,5\%$; $a_2=0,6-2,0\%$; $a_3=2,1-3,0\%$; $a_4=3,1-5,8\%$; по вариантам с травой: $a_1=0-0,5\%$; $a_2=0,6-2,0\%$; $a_3=2,1-10,0\%$; $a_4=10,1-17,4\%$.

Сравнение величины информации, передаваемой от факторов к явлению, показывает, что в варианте с травостоем и без него основная доля информации приходится на фактор затенения (табл. 2).

Таблица 2

Результаты анализа информации от факторов к явлению на 30 мая

Комбинация изучаемых факторов и явления	Величина информации системы (Т) в битах	Коэффициент эффективности передачи информации от факторов к явлению (К)
Травостой сохранен		
АБ	0,6520	0,3343
АД	0,6772	0,3675
АД _{макс}	0,2026	0,1469
АЕ	0,6260	0,3175
АБД	0,7071	—
АБЕ	1,1217	—
АБДЕ	1,1216	—
Травостой удален		
АБ	0,9665	0,4955
АД	0,6280	0,3408
АД _{макс}	0,8785	0,3928
АБД	1,1543	—
АБД _{макс}	1,1645	—
АБДД _{макс}	1,2196	—

Весьма важную роль в этот период играет также теплообеспеченность поверхности почвы Д. Правда, для участков с травостоем фактор теплообеспеченности поверхности почвы на фоне затенения выделяется слабее (сравните информативность сочетаний АБЕ и АБДЕ в таблице 2). Поэтому оценку процента появляющихся всходов здесь можно дать, учитывая лишь величину притенения.

Наблюдающееся в варианте с травостоем ослабление связи процента всходов с теплообеспеченностью почвы обуславливается, очевидно, влиянием травостоя, выравнивающего температурный режим на опытных делянках. Это подтверждается тем, что влияние максимальной температуры на поверхности почвы здесь невелико (информация АД_{макс} = 0,2026 бит). Несколько иная обстановка имеет место в варианте с удаленным травостоем. Здесь факторы теплообеспеченности почвы и максимальная температура ее поверхности, хотя и сильно связаны с режимом затенения, но в то же время несут значительную долю прямой информации.

Параллельное сравнение и анализ многофакторных каналов связи, рассчитанных для вариантов опыта с травостоем и без него, позволяют отметить следующее (табл. 3, 4).

Таблица 3

Трехфакторный канал связи от режима затенения, теплообеспеченности поверхности почвы и ее максимальной температуры к явлению
(вариант без травостоя, данные 30 мая)

Затене- ние	Сумма темпера- тур	Макси- мальная темпера- тура	Градации явления А				Информация от факторов в битах	Доля инфор- мации от общей
			a ₁	a ₂	a ₃	a ₄		
b ₁	D ₅	D ₅ макс	0 ⁺ ,666	—	—	0 ⁺ ,333	1,0363	0,1482
b ₂	D ₅	D ₃ макс	—	—	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,666	1,0363	0,1482
		D ₂ макс	—	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,333	0,3702	0,0529
b ₃	D ₃	D ₂ макс	—	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,666	—	1,0363	0,1482
	D ₄	D ₃ макс	—	1 ⁺ ,000	—	—	1,9551	0,2796
b ₄	D ₁	D ₁ макс	0 ⁺ ,666	0 ⁺ ,333	—	—	1,0363	1,1482
	D ₄	D ₁ макс	1 ⁺ ,000	—	—	—	1,0363	1,1482
p(a)	—	—	0,333	0,286	0,190	0,190	—	—

Таблица 4

Трехфакторный канал связи от режима затенения, теплообеспеченности поверхности почвы и высоты травостоя к явлению
(вариант с травой, данные 30 мая)

Затенение	Сумма темпера- тур	Высота травостоя	Градации явления А				Информация от факторов в битах	Доля инфор- мации от общей
			a ₁	a ₂	a ₃	a ₄		
b ₁	D ₅	e ₂	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	—	—	0,5630	0,0535
		e ₃	—	1 ⁺ ,000	—	—	1,5630	0,0735
b ₂	D ₃	e ₄	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,5630	0,2235
		e ₃	0 ⁺ ,500	—	0 ⁺ ,500	—	0,5630	0,0535
		e ₅	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,5630	0,0735
b ₃	D ₃	e ₃	—	—	0 ⁺ ,666	0 ⁺ ,333	0,6442	0,0921
		e ₄	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,5630	0,2235
b ₄	D ₂	e ₁	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,5630	0,0535
		e ₂	1 ⁺ ,000	—	—	—	1,5630	0,0735
		e ₃	0 ⁺ ,666	0 ⁺ ,333	—	—	0,6442	0,0921
p(a)	—	—	0,238	0,143	0,571	0,047	—	—

На открытых участках быстрее и в большем количестве всходы появляются при отсутствии травостоя. Однако в этом случае максимальная температура поверхности почвы достигает 51° и потому значительная часть всходов гибнет от ожога. В варианте с травостоем количество появляющихся всходов на открытых участках не превышает 2%, но отпада их не наблюдается.

При 40% отенении присутствие травостоя способствует более дружному появлению всходов (до 10%). Чем выше травостой, тем выше процент появляющихся всходов. На минерализованных площадках количество появляющихся всходов не превышает 3—6%.

Общее увеличение процента всходов на участках с сохраненным травостоем объясняется, по-видимому, повышенной влажностью верхнего слоя почвы. Как будет показано при дальнейшем обсуждении, влажность верхнего слоя почвы под травостоем выше, чем на участках, лишенных травостоя, даже в сухой и жаркий период лета. Кроме того, под травостоем создаются условия «умеренного» температурного микроклимата, характеризующегося выравненным температурным режимом в течение суток. На участках же, лишенных травостоя, ночью почва сильно остывает, что может задерживать рост всходов (рис. 8).

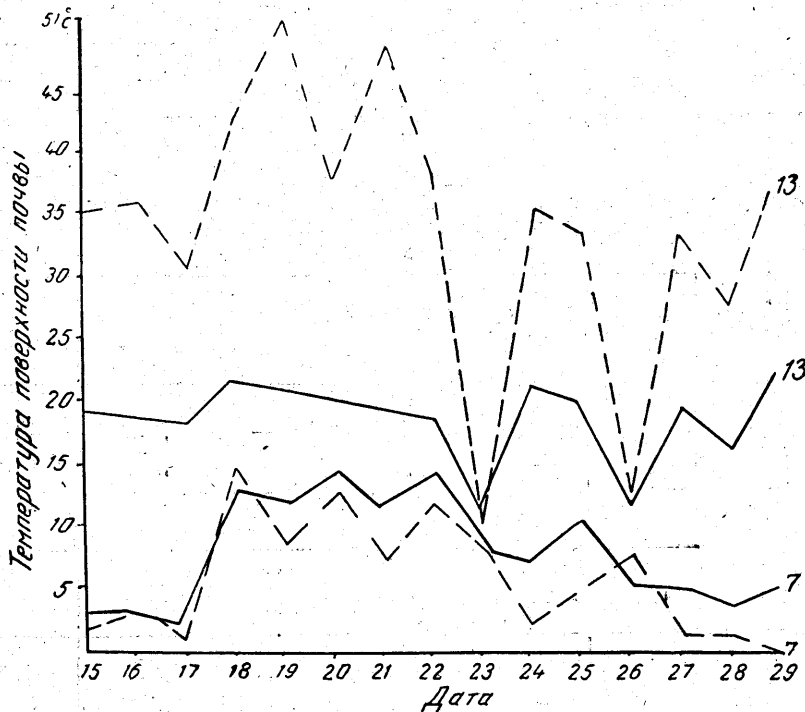


Рис. 8. Динамика температуры в 7 и 13 часов на открытых площадках: с сохраненным травостоем (линия), без травостоя (пунктир)

При 70%-ном отенении в варианте с травостоем сохраняются те же основные тенденции появления всходов, что и под щитами, обеспечивающими 40%-ное затенение. На участках, лишенных травостоя, процент появляющихся всходов снижается до 0,6—3%, что связано с недостаточным прогревом почвы в ночные часы.

Полное затенение прямой солнечной радиацией и значительное ослабление рассеянной радиации задерживает появление всходов, как в вариантах с травостоем, так и без него.

Таким образом, в период появления всходов вероятность их ожога на открытых горизонтальных участках без травостоя очень высока. Присутствие травостоя на участках «открытые — 70% отенения щитами» не только не снижает количества появляющихся всходов, а наоборот, является благоприятным фактором. Травостой выравнивает микроклимат в сфере роста всходов. Оптимальными для появления всходов на участках без травостоя являются варианты, где отеняющая поверхность щитов была 40%, а для участков с травостоем — 40—70%.

Прогноз количества появляющихся всходов по частным каналам связи вполне возможен. Точность его, определенная по величине «шума» (Пузаченко и др., 1969) измеряется пределами: 12—20% — для вариантов без травостоя; 7% — для вариантов с сохранным травостоем.

Анализ результатов на 10 июня. Процент появляющихся всходов близок к максимальным величинам (рис. 7). Это позволяет считать указанный срок переломным в отношении формирования еловых всходов и потому анализ влияния факторов за прошедший период здесь представляет определенный интерес.

Для изучаемых факторов и явления были приняты следующие градации. По фактору Е: $e_1=20-26$ см; $e_2=26,1-29,0$ см; $e_3=29,1-32,0$ см; $e_4=32,1-41,0$ см; $e_5=41,1-44,0$ см. По фактору Д: $d_1=196-209^\circ$; $d_2=209,1-235,0^\circ$; $d_3=235,1-274^\circ$; $d_4=274,1-287^\circ$; $d_5=287,1-300^\circ$. По фактору $D_{\text{макс}}$: $d_{1\text{макс}}=14-15^\circ$; $d_{2\text{макс}}=18-22^\circ$; $d_{3\text{макс}}=24,5-31^\circ$; $d_{4\text{макс}}=38,5-40,5^\circ$; $d_{5\text{макс}}=53,5^\circ$. Градации явления (А) по вариантам без травостоя: $a_1=0-0,5\%$; $a_2=2,3-10,0\%$; $a_3=10,1-22,6\%$; $a_4=22,7-24,0\%$. Градации явления по вариантам с травой: $a_1=0,9-3\%$; $a_2=3,1-10\%$; $a_3=10,1-22,6\%$; $a_4=22,7-31,3\%$. Здесь и в последующих случаях фактор Б имеет одинаковые с майскими градации.

Величины информации, передаваемой к изучаемому явлению от факторов и их различных комбинаций представлены в таблице 5. По данным таблицы 5 можно отметить, что, как в вариантах с травостоем, так и без него, факторы теплообеспеченности поверхности почвы

Таблица 5

Результаты анализа информации от факторов к явлению на 10 июня

Комбинация изучаемых факторов и явления	Величины информации системы в битах (Т)	Коэффициент эффективности передачи информации от факторов к явлению (К)
Травостой сохранен		
АБ	0,5313	0,2724
АД	0,4086	0,2334
АЕ	0,5358	0,2435
АБД	0,6640	—
АДЕ	1,2133	—
АБЕ	1,0949	—
АБДЕ	1,2235	—
Травостой удален		
АБ	0,7817	0,4008
АД	0,7448	0,3330
АД _{макс}	0,8042	0,4123
АБД	1,0308	—
АБД _{макс}	1,1282	—
АБДД _{макс}	1,3168	—

и степени затенения щитами несут большую долю «косвенной» информации за счет сильной зависимости температурного режима почвы от режима затенения. Однако наряду с этим можно констатировать, что соотношение величин информации показывает и существование их прямого влияния.

Общие тенденции влияния факторов наглядно проявляются при параллельном сравнении таблиц 6 и 7, где представлены расчеты многофакторных каналов связи.

Таблица 6

Трехфакторный канал связи от режима затенения, теплообеспеченности почвы и ее максимальной температуры к явлению (вариант без травостоя, данные на 10 июня)

Процент затенения	Сумма температур	Максимальная температура	Градации явления А				Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
			a_1	a_2	a_3	a_4		
b_1	D_5	D_5 макс	1+, 000				1, 7029	0, 2435
b_2	D_4	D_3 макс D_4 макс		1+, 000	1+, 000		1, 7029 1, 7029	0, 2435 0, 2435
b_3	D_2 D_3	D_3 макс D_4 макс			0+, 666 1+, 000	0+, 333	0, 7841 1, 7029	0, 1121 0, 2435
b_4	D_1 D_3	D_2 макс D_2 макс	0+, 666	0+, 333 0+, 333	0+, 666		0, 7841 0, 7841	0, 1121 0, 1121
$p(a)$	—		0, 238	0, 238	0, 476	0, 047		

Как видим из таблиц 6 и 7, на открытых участках без травостоя все всходы погибли (сравните с данными на 30 мая). Гибель всходов, без сомнения, вызвана ожогом, так как максимальные температуры на поверхности почвы за исследуемый период здесь достигали 53,5°. В этом же варианте присутствие травостоя способствует сохранению всходов, поддерживая их количество на уровне 3—22%. Чем выше травостой, тем больше процент сохраняющихся всходов.

На участках с 40% отенением всходы на площадках, лишенных травостоя, имеются, но даже и здесь все еще сказывается отрицательное влияние высокой температуры поверхности почвы. Травостой способствует увеличению процента сохраняющихся всходов.

Под щитами с 70% отенением на участках, лишенных травостоя, процент всходов достигает наибольших для всего опыта значений. Такая же картина наблюдается и в варианте с сохраненным травостоем. Но здесь уже намечается тенденция к снижению процента сохраняющихся всходов с увеличением высоты травостоя.

В варианте со 100% отеняющей поверхностью щитов обсуждение результатов не может быть полным из-за отсутствия данных по влажности почвы, которая, вероятно, здесь играет большую роль. Однако сильное затенение задерживает появление всходов, вследствие чего их количество меньше, чем в предыдущих вариантах опыта.

В целом можно отметить, что в период до конца первой декады июня травостой может способствовать увеличению количества еловых всходов, даже при условии высокого затенения (до 70% отеняющей по-

Таблица 7

Трехфакторный канал связи от режима затенения, теплообеспеченности поверхности почвы и высоты травостоя к явлению (вариант с травостоем, данные на 10 июня)

Зате-нение	Сумма темпера-тур	Высота травостоя	Градации явления А				Информа-ция от факторов, в битах	Доля информа-ции от общей
			a ₁	a ₂	a ₃	a ₄		
б ₁	Д ₂	е ₂	—	1+,000	—	—	1,8182	0,0855
		е ₃	—	1+,000	—	—	1,8182	0,0855
	Д ₄	е ₄	—	—	1+,000	—	1,8182	0,0855
б ₂	Д ₂	е ₄	—	—	0+,500	0+,500	0,8182	0,0777
		е ₅	—	—	1+,000	—	1,8182	0,0855
	Д ₃	е ₂	—	—	1+,000	—	1,8182	0,0855
		е ₄	—	1+,000	—	—	1,8182	0,0855
		е ₅	—	—	1+,000	—	1,8182	0,0855
б ₃	Д ₂	е ₃	—	—	—	1+,000	1,8182	0,2600
		е ₄	—	—	0+,666	0+,333	0,8994	0,1286
б ₄	Д ₁	е ₁	0+,250	0+,250	0,250	0,250	—0,1818	—0,0345
		е ₂	—	—	1+,000	—	1,8182	0,0855
		е ₃	1+,000	—	—	—	1,8182	0,0855
p(a)		—	0,095	0,190	0,428	0,286	—	—

верхности щитов). Однако в отличие от данных майских наблюдений наибольшее количество еловых всходов отмечено уже на площадках с 70% отеняющей поверхности щитов.

Вычисленная по величине «шума» ошибка распознавания состояний явления по частным каналам связей равна: для варианта с травостоем — 7—12%; для варианта без травостоя — 5—7%.

Анализ результатов на 10 июля. При исследованиях зависимости процента сохранившихся всходов от действующих факторов среды были приняты следующие градации факторов и явления: По фактору Е: е₁=20,0—25,0 см; е₂=25,1—30 см; е₃=30,1—50 см; е₄=50,1—60 см. По фактору Д: д₁=539—572°; д₂=572,1—605°; д₃=605,1—638°; д₄=638,1—671°; д₅=671,1—770°; д₆=770,1—803°. По фактору Д_{макс}: д_{1макс}=17—30°; д_{2макс}=35°; д_{3макс}=40°; д_{4макс}=48°; д_{5макс}=52°. По фактору Г: г₁=1,3—6,5%; г₂=6,6—11,7%; г₃=11,8—16,9%; г₄=17,0—22,1%; г₅=22,2—27,3%; г₆=27,4—52%. Градации явления (А) по вариантам без травостоя: а₁=0—5%; а₂=3,1—10%; а₃=10,1—22,6%; а₄=22,7—33%. Градации явления по вариантам с травостоем: а₁=0—0,5%; а₂=2—3%; а₃=3,1—10%; а₄=10,1—22,6%.

Обсуждение результатов опыта на 10 июля заслуживает наибольшего внимания, так как к этому сроку основные тенденции процесса дифференциации всходов вполне определились.

Прежде, чем приступить к анализу процента сохранившихся всходов в июле, целесообразно остановиться на общей оценке условий их обитания по вариантам опыта.

Как уже отмечалось, температурный режим поверхности почвы в сильной степени зависит от притенения и наличия травостоя.

Более сложным представляется характер изменчивости увлажнения верхнего слоя почвы в зависимости от микроусловий каждого варианта опыта. Для исследования влажности почвы лучше всего использовать варианты с одинаковым количеством получаемых осадков.

Таблица 8

Результаты исследования информации от факторов к влажности верхнего (0—5 см) слоя почвы (данные на 10 июля)

Комбинация изучаемых факторов и явления	Величина информации системы (Т) в битах	Коэффициент эффективности передачи информации от факторов к явлению
ГБ	0,7839	0,3939
ГД	0,9082	0,4036
ГЕ	0,0821	0,0821
ГБД	1,1572	—
ГДЕ	1,2434	—
ГБЕ	1,2424	—
Н (Г)	1,9330	—

Примечание. Травостой как фактор, имел два состояния: «наличие» и «отсутствие».

Из систематизированных в таблице 8 результатов анализов видно, что наибольшую информацию о величине влажности почвы передают такие факторы, как степень затенения и температура поверхности почвы. Менее информативен фактор наличия или отсутствия травостоя.

Сравнение величин информации, передаваемой по частным и совместным каналам связи показывает, что сочетание факторов Б и Д содержит большую долю косвенной информации, за счет зависимости Д от Б. Из сравнения же частных и совместных каналов связей вида ГБ и ГДЕ (табл. 9 и 10) можно заметить, что там, где информативность затенения в отношении влажности почвы не очень велика (например,

Таблица 9

Однофакторный канал связи от затенения к влажности почвы (данные на 10 июля)

Затенение	Градации фактора Г				Информация от факторов, в битах	Доля информации от общей
	Г ₁	Г ₂	Г ₃	Г ₄		
б ₁	0+,572	0+,428	—	—	0,9470	0,2765
б ₂	—	0+,400	0,200	0+,400	0,4110	0,0855
б ₃	—	—	0+,666	0+,333	0,0142	0,2536
б ₄	—	0,166	0+,666	0,166	0,6823	0,1706
p(a)	0,167	0,250	0,375	0,208	—	—

при 40% отеняющей поверхности щитов), присутствие травостоя может существенно повышать влажность почвы. В нашем эксперименте при 40% отенении щитами на участках без травостоя влажность верхнего слоя почвы поддерживалась на уровне 5—14%, а с травостоем достигала 52%. На открытых площадках в результате сильного перегрева почвы такая зависимость не наблюдалась и влажность почвы вообще не превышала 14%.

Таким образом, существующее мнение о том, что травостой «иссушает» почву и тем самым вызывает гибель еловых всходов, вероятно, не вполне обосновано. Главную роль в иссушении верхних слоев почвы играет радиационный режим ее поверхности. В связи с этим роль травостоя в повышении влажности почвы при средних режимах радиации сводится к увеличению степени затенения. Иссушающее же влияние травостоя, по-видимому, не так велико. Чтобы убедиться в этом, достаточно проанализировать режим увлажнения почвы при 100%-ном отенении (табл. 10).

Таблица 10

Двухфакторный канал связи от затенения и высоты травостоя к влажности почвы
(данные на 10 июля)

Затенение	Травостой	Градации фактора Г				Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
		Г ₁	Г ₂	Г ₃	Г ₄		
б ₁	есть	0+,667	0+,333	—	—	1,0150	0,1269
	нет	0+,667	0+,333	—	—	1,0150	0,1269
б ₂	есть	—	—	0,333	0+,667	1,0150	0,1269
	нет	—	1+,000	—	—	1,9330	0,2426
б ₃	есть	—	—	0,333	0+,667	1,0150	0,1269
	нет	—	—	1+,000	—	1,9330	0,2426
б ₄	есть	—	0+,333	0+,667	—	1,0150	0,1269
	нет	—	—	0+,667	0+,333	1,0150	0,1269
p(a)	—	0,162	0,250	0,375	0,208	—	—

Примечание. В таблицах 9 и 10 приняты следующие градации состояний влажности почвы: Г₁=1,3—5%; Г₂=5,1—14,1%; Г₃=14,2—24,1%; Г₄=24,2—51,9%.

Из данных таблицы 10 видим, что при 100%-ном отенении с травостоем лишь намечается тенденция к понижению влажности почвы, а в наибольшем числе вариантов, как в присутствии травы, так и без нее, имеется одинаковая степень увлажнения.

Проведенный анализ позволяет предположить, что влияние травостоя на отпад еловых всходов происходит, при прочих равных условиях, за счет аллелопатии или ослабления фотосинтетически активной радиации в сфере обитания всходов. Последнее наиболее вероятно, так как у всходов, сформировавшихся под травостоем, как правило, очень вытянутые, тонкие штаб и семядоли, сами всходы бледнозеленой окраски, что свидетельствует об их этиолированности.

Общая оценка динамики появления и отпада всходов дает возможность отметить, что к 10 июля во всех вариантах опыта дифференциация всходов закончилась. Поэтому важно обсудить величину эффективности передачи информации к всходам от действующих факторов в более ранние сроки.

Как видно из таблицы 11, коэффициенты эффективности передачи информации от факторов, учтенных за предыдущий период (май — июнь) к июльской оценке численности всходов, ниже, чем эффективность передачи информации от факторов за исследуемый период. Из этого

Таблица 11

Коэффициенты эффективности передачи информации от факторов, учтенных за май — июль, к проценту сохранившихся еловых всходов на 10 июля

Дата	Факторы по вариантам опыта			
	без травы		с травой	
	сумма среднесуточных температур поверхности почвы (Д)	максимальная температура поверхности почвы (Д _{макс})	сумма среднесуточных температур поверхности почвы (Д)	Высота травостой (Е)
30 мая	0,20	0,42	0,34	0,32
10 июня	0,35	0,33	0,33	0,30
10 июля	0,37	0,42	0,36	0,49

можно заключить, что для большинства вариантов опыта результирующая оценка процента сохраняющихся всходов определяется влиянием факторов за период с 10 июня по 10 июля.

Величины информации, передаваемые возможными комбинациями факторов, действующих в июле, к явлению, представлены в таблицах 12 и 13.

Для вариантов с удаленным травостоем анализ связи двухкомпонентных систем вида АБ, АД, АД_{макс}, АГ позволяет установить, что каждая из перечисленных комбинаций дает нам определенную долю информации об изучаемом явлении (табл. 12). Коэффициент эффективности передачи информации наиболее высок от фактора Б (величины затенения) и ниже всего от фактора Г (влажности почвы). Наивысшей информативностью обладают факторы затенения и температуры поверхности почвы. Однако, сравнивая информацию в двух- и трехфакторных каналах связи (табл. 12), видим, что $T(АД) + T(АБ) + T(АГ) = 2,2401$ бита, то есть величина информации, передаваемая в двухкомпонентных системах, значительно превышает их информацию в совместной многофакторной системе $T(АДБГ) = 1,4428$ бит. Это свидетельствует о том, что значительная часть передаваемой информации в двухкомпонентных системах — косвенная.

Сравнение позволяет также установить, для каких исследуемых систем характерна косвенная информация. Так, например, $T(АБ) + T(АГ) = 1,5562$ бит больше, чем $T(АБГ) = 1,3275$ бит.

$T(АБ) + T(АД) = 1,6450$ бит больше, чем $T(АБД) = 1,2102$ бит. Но при этом $T(АБГ) = 1,3275$ бит меньше, чем $T(АДБГ) = 1,4428$ бит. Как видим, наибольшую величину косвенной информации для вариантов опыта с удаленным травостоем несет фактор температуры поверхности почвы. Фактор влажности почвы также зависит от степени затенения, но значительно в меньшей степени. Величина информации, передаваемая в системе АДБГ, близка к величине информации системы АБГ, что позволяет строить прогноз явления (особенно в практических целях), учитывая лишь влияние факторов Б и Г, а температуру поверхности почвы считать производной от затенения.

Сравнивая данные таблиц 12 и 13, легко заметить, что присутствие травостой резко снижает коэффициенты эффективности передачи информации от других факторов: степени затенения, влажности почвы, которые в варианте опыта с удаленным травостоем являлись основными. По величине передаваемой информации травостой занимает ведущее положение.

Косвенный характер влияния температуры поверхности почвы

Таблица 12

Результаты анализа информации от факторов к явлению
(варианты с удаленным травостоем, данные на 10 июля)

Комбинация изучаемых факторов и явлений	Величина информации системы (Т) в битах	Коэффициент эффективности передачи информации от факторов к явлению
АБ	0,9611	0,4928
АД _{макс}	0,8984	0,4220
АД	0,6839	0,3711
АГ	0,5951	0,2625
АДГ	1,2528	—
АБД	1,2102	—
АБГ	1,3275	—
АДБГ	1,4428	—

Таблица 13

Результаты анализа информации от факторов к явлению
(варианты с сохраненным травостоем, данные на 10 июля)

Комбинация изучаемых факторов и явлений	Величины информации системы (Т) в битах	Коэффициент эффективности передачи информации от факторов к явлению
АБ	0,6190	0,3174
АД	0,6276	0,3618
АГ	0,4164	0,1812
АЕ	0,7094	0,4937
АБД	0,7763	—
АБГ	1,1662	—
АДГ	1,1193	—
АБЕ	1,2307	—
АГЕ	1,0682	—
АДГЕ	1,2582	—
АБГЕ	1,5156	—
АБДГЕ	1,5156	—

в вариантах с сохраненным травостоем проявляется еще более четко, чем в вариантах без травостоя: $T(АБГЕ) = T(АБДГЕ)$. Здесь уже сумма температур на поверхности почвы не несет прямой информации.

В целом в вариантах опыта с сохраненным травостоем взаимодействие между действующими факторами, а следовательно, и значение косвенной связи довольно велико (табл. 13), так как $T(АБ) + T(АГ) + T(АЕ) = 1,7448$ бит больше, чем $T(АБГЕ) = 1,5156$ бит. Тем не менее, каждый из перечисленных факторов несет в себе долю прямой информации о явлении.

По вариантам опыта с сохраненным травостоем и без него целесообразно дать параллельный анализ трехфакторных каналов связи.

Как видно из таблицы 14 и рис. 7, на открытых участках, лишенных травостоя, наблюдается массовый отпад всходов. Это обуславливается ожогом корневой шейки всходов, но дополнительно корректируется и сильным иссушением верхних слоев почвы. Влажность почвы здесь снижается к 10 июля до уровня 1,3—11,7%. Основную информацию несет отсутствие затенения (сравните характеристику информации по b_1 и Γ в двухкомпонентных системах АБ и АГ — таблицы 17).

Таблица 14

Двухфакторный канал связи от степени затенения и влажности верхнего слоя почвы к явлению (вариант без травостоя, данные на 10 июля)

Затенение	Влажность	Градации явления А				Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄		
б ₁	Г ₁	1+,000	—	—	—	1,8721	1,1778
	Г ₂	1+,000	—	—	—	1,8721	0,0880
б ₂	Г ₂	—	1+,000	—	—	1,8721	0,1778
	Г ₃	—	0+,750	0,250	—	1,0608	0,2016
б ₃	Г ₁	—	—	1+,000	—	1,8721	0,0880
	Г ₂	—	—	1+,000	—	1,8721	0,1778
	Г ₄	—	—	0+,500	0+,500	0,8721	0,0828
	Г ₅	—	—	1+,000	—	1,8721	0,0880
б ₄	Г ₁	0+,500	0+,500	—	—	0,8721	0,0828
	Г ₂	1+,000	—	—	—	1,8721	0,0880
	Г ₄	—	1+,000	—	—	1,8721	0,0880
	Г ₅	—	—	0+,500	0+,500	0,8721	0,0828
p(a)		0,238	0,333	0,333	0,095	—	—

Таблица 15

Трехфакторный канал связи от степени затенения, влажности почвы и высоты травостоя к явлению (варианты с сохранным травостоем, данные на 10 июля)

Затенение	Влажность	Высота травостоя	Градации явления А				Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
			a ₁	a ₂	a ₃	a ₄		
б ₁	Г ₁	e ₃	—	1+,000	—	—	1,6996	0,0799
		e ₄	—	1+,000	—	—	1,6996	0,0799
	Г ₃	e ₃	1+,000	—	—	—	1,6996	0,0799
б ₂	Г ₁	e ₃	—	1+,000	—	—	1,6996	0,0799
		e ₄	—	1+,000	—	—	1,6996	0,1615
	Г ₆	e ₃	—	0+,500	0+,500	—	0,6996	0,0655
		e ₄	1+,000	—	—	—	1,6996	0,0799
б ₃	Г ₃	e ₃	—	—	1+,000	—	1,6996	0,0799
		e ₃	—	—	1+,000	—	1,6996	0,1615
		e ₃	—	—	1+,000	—	1,6996	0,0799
	Г ₆	e ₃	—	—	1+,000	—	1,6996	0,0799
б ₄	Г ₁	e ₂	—	—	1+,000	—	1,6996	0,0799
		e ₁	—	—	—	1+,000	1,6996	0,0799
	Г ₄	e ₃	—	0+,500	0+,500	—	0,6996	0,0665
		e ₁	—	—	—	1+,000	1,6996	0,0799
		e ₂	—	—	1+,000	—	1,6996	0,0799
p(a)		—	0,095	0,381	0,428	0,095	—	

При тех же условиях поступления осадков и влажности почвы на открытых площадках присутствие травостоя благоприятно сказывается. Очевидно, что некоторое повышение сохраняемости всходов (до 2—3%) здесь вызвано дополнительным затенением со стороны травостоя (табл. 15).

На участках с 40% отеняющей поверхности щитов в вариантах без травостоя количество сохраняющихся всходов увеличивается до 3—10% (табл. 14). Фактор затенения в этом варианте опыта является определяющим. Всходы имеют здоровый вид и относительно развитую корневую систему (рис. 1).

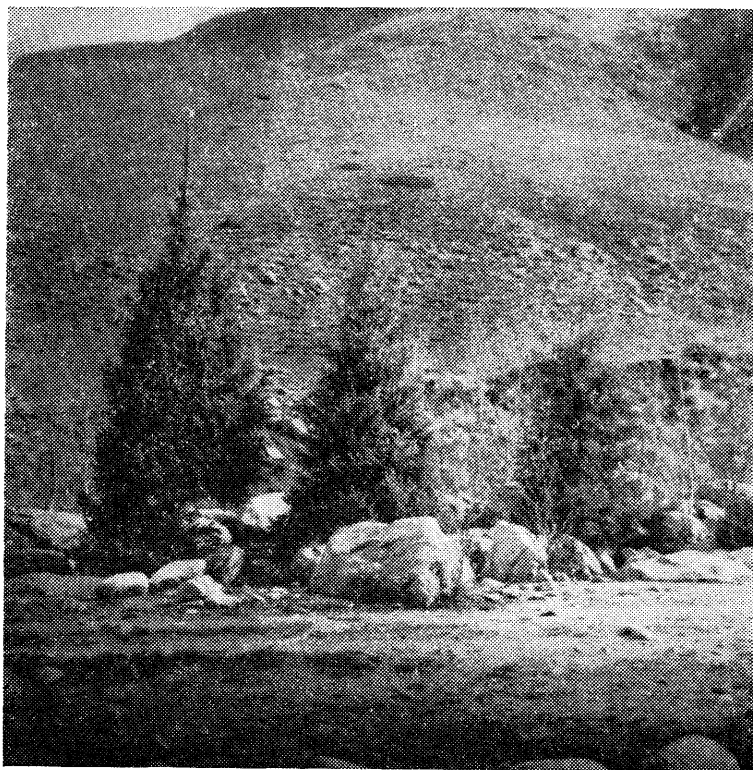


Рис. 9. Поселение елового самосева на селевом наносе в долине реки Талгар

В этих же условиях затенения и увлажнения почвы присутствие травостоя снижает процент сохраняющихся всходов до уровня 2—3% (сравните варианты по б₂ в таблицах 14 и 15):

На наиболее увлажненных площадках травостой развит сильнее (достигает 45—60 см высоты) и соответственно этому процент сохраняющихся всходов падает до нулевого значения.

В целом, корневые системы всходов, растущих совместно с травостоем, значительно менее развиты, чем при тех же условиях притенения и увлажнения, но без травостоя.

При 70% отеняющей поверхности щитов, без травостоя, обстановка для еловых всходов наиболее благоприятна (табл. 14). Во всех исследованных пределах увлажнения почвы (от г₁ до г₅) сохраняется наиболь-

шее количество всходов: 10—22%. Здесь они имеют хорошо развитую, ветвящуюся корневую систему, короткий и толстый штаб (рис. 1).

Присутствие травостоя (табл. 15), так же, как и в варианте с 40% отенением, снижает процент сохраняющихся всходов до 3—10%. Однако по сравнению с вариантами 40% отенения щитами количество сохраняющихся всходов в целом увеличивается. Это обусловлено намечающейся тенденцией к угнетению травостоя в направлении от 40 к 70% затенению щитами. Все же в отдельных вариантах, например, где влажность почвы достигает уровня 27—52% (Γ_6), травостой по-прежнему хорошо развит и потому может снижать процент сохраняющихся всходов (см. связь в направлении δ_3 — Γ_6 табл. 15). В целом, с ослаблением травостоя при 70% отенении щитами, очевидно, связывается некоторое улучшение габитуса еловых всходов и появление тенденции к ветвлению их корневой системы (рис. 1).

В вариантах со 100% отеняющей поверхностью щитов без травостоя (табл. 14) еловые всходы испытывают недостаток освещения. Вследствие этого увлажнение почвы начинает играть существенную роль. При низких значениях влажности почвы (Γ_1 — Γ_2) процент сохраняющихся всходов близок к нулю. С увеличением влажности почвы (до Γ_4 — Γ_5) существенно увеличивается процент сохраняющихся всходов (до 22—33%), компенсируя, очевидно, недостаток освещения. Значение увлажнения на фоне сильного отенения становится особенно наглядным при сравнении процента сохраняющихся всходов на одинаковом уровне увлажнения почвы по вариантам затенения 70 и 100%.

В целом степень развитости корневых систем и общий габитус всходов в вариантах 100% отенения щитами оцениваются значительно ниже, чем в вариантах с 70% отеняющей поверхности щитов (рис. 1). Некоторое увеличение количества сохраняющихся всходов при наличии 100% отенения щитами и травостоя обуславливается, очевидно, повышенной влажностью приземного слоя воздуха под травостоем, на фоне незначительной конкурентной мощности последнего. В этой группе вариантов опыта травостой сильно угнетен, растения полегают.

Как и в предыдущих случаях, в вариантах с травостоем сеянцы выглядят более слабыми, чем в вариантах без травостоя. Корневые системы их значительно короче, совершенно не ветвятся. Штаб вытянут и ослаблен (табл. 1, рис. 1).

Наряду с анализом сохраняемости всходов, определенный интерес представляет обсуждение особенностей варьирования высоты травостоя. Из таблицы 16 можно заключить, что высота травостоя достигает наибольших величин в вариантах: открытые участки — 70% отеняющей поверхности щитов. Причем в вариантах 40 и 70% отенения высота травостоя закономерно увеличивается с увеличением влажности почвы. В варианте 100% отенения травостой угнетен из-за недостатка света, а увеличение влажности почвы ведет к полеганию растений, что отражается на уменьшении их средней высоты.

Оптимум для формирования травостоя по вариантам опыта находится при 0—70% отенении щитами и высоких значениях влажности почвы.

При отсутствии травостоя, как уже отмечалось (табл. 14), optimum для еловых всходов наблюдается в вариантах с 70% отеняющей поверхностью щитов.

Сопоставляя поведение травостоя и всходов, можно прийти к выводу, что пределы экологических optimumов для травостоя и еловых всходов совпадают на уровне вариантов с 70% отеняющей поверхностью щитов, но не совпадают на участках: открытых, 40% и 100% отенения.



Рис. 10. Естественное возобновление ели на оползневых участках ущелья Правый Талгар.

Поскольку экологические оптимумы для травостоя и еловых всходов в пределах 70% отенения совпадают, а травостой в конкурентном отношении обладает большей мощностью, то фитоценотический оптимум для еловых всходов в условиях опыта сдвигается в направлении большего затенения. Это хорошо прослеживается по данным таблицы 15.

Можно полагать, что в сходных с опытными природных ситуациях наблюдается картина, весьма близкая к рассмотренной выше.

Прогноз процента сохраняющихся в июле всходов по частным каналам связи и логическим формулам. Прогноз процента сохраняющихся всходов по частным каналам связей представляется наиболее точным в пределах тех комбинаций действующих факторов, которые имели место в опыте. При этом прогнозирование процента сохраняющихся всходов для участков с сохраненным травостоем и лишенных его должно производиться по частным каналам связи отдельно в соответствии с расчетами по этим двум вариантам опыта. Использование каналов связи, рассчитанных в вариантах с сохраненным травостоем, для прогнозирования процента всходов на участках, лишенных травостоя, нежелательно, так как травостой накладывает существенный отпечаток на динамику формирования всходов, их габитус и физиологические показатели.

Точность прогнозирования по частным каналам связи была определена нами по величине «шума». Для вариантов без травостоя величина «шума» равна 0,5446 бита, что соответствует пределам ошибки распознавания 7—12%. Для вариантов с травостоем величина «шума» значитель-

Таблица 16

**Двухфакторный канал связи от степени затенения щитами и влажности почвы
к высоте травостоя**

Затенение	Влажность почвы	Градации фактора E				Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
		e_1 (20—25 см)	e_2 (25—40 см)	e_3 (40—45 см)	e_4 (45—60 см)		
б ₁	Г ₁	—	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	0,8623	0,0819
	Г ₃	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,8623	0,0875
б ₂	Г ₁	—	1 ⁺ ,000	—	—	1,8623	0,0875
	Г ₅	—	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	0,8623	0,0819
	Г ₆	—	—	0,333	0 ⁺ ,666	0,9435	0,1349
б ₃	Г ₃	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,8623	0,0875
	Г ₄	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	—	0,8623	0,0819
	Г ₅	—	—	1 ⁺ ,000	—	1,8623	0,0875
	Г ₆	—	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	0,8623	0,0819
б ₄	Г ₁	—	1 ⁺ ,000	—	—	1,8623	0,0875
	Г ₃	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,666	—	—	0,9435	0,1349
	Г ₄	1 ⁺ ,000	—	—	—	1,8623	0,0875
	Г ₅	—	1 ⁺ ,000	—	—	1,8623	0,0875
p(a)	—	0,095	0,286	0,381	0,238	—	—

Примечание. Значения факторов указаны в начале этого раздела.

но ниже (0,1840 бит) и соответствует ошибке распознавания менее 5%. Высокая точность прогноза в вариантах с травостоем объясняется большей выравненностью микроусловий под травой. В вариантах без травостоя на точности опыта, очевидно, сказались ограниченность размеров экспериментальных площадок, из-за чего на них могли оказывать влияние соседние участки, занятые травостоем.

Результаты анализа связи по каналам от факторов к явлению для обоих вариантов опыта приводятся в таблице 17.

Принципы прогнозирования по частным каналам связи подробно рассматриваются автором информационно-логического метода Ю. Г. Пузаченко и в сущности сводятся к следующему: «Действительно состояние функции, к которому направлено наибольшее число связей; если одинаковое число связей направлено к различным состояниям, действительно то из них, по отношению к которому по направлениям связи передается наибольшая информация; если решение двойственно и распознаваемые состояния соседние, действительно то из них, для которого сумма коэффициентов связи наибольшая; если при двойственном решении прогнозируемые состояния удалены друг от друга на один ранг, истинное состояние лежит между ними. В любом случае отрицанию состояния функции придается абсолютное значение» (Пузаченко и др., 1969, стр. 48).

Как уже отмечалось, прогноз состояний явления по частным каналам связи достаточно точен, но, наряду с этим, он обладает и существенным недостатком: прогнозирование явления в области не исследованных при постановке опыта комбинаций состояний факторов может привести к значительным ошибкам.

Таблица 17

Каналы связи от факторов к явлению (по результатам опыта на 10 июля)

Факторы и их состояние	Градации явления А				Вероятность состояний из факторов	Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄			
Варианты без травостоя							
По фактору Б							
b ₁	1 ⁺ ,000	—	—	—	0,143	1,8727	0,2678
b ₂	—	0 ⁺ ,833	0,166	—	0,286	1,2230	0,3498
b ₃	—	—	0 ⁺ ,833	0 ⁺ ,166	0,286	0,2230	0,3498
b ₄	0 ⁺ ,333	0,333	0,167	0 ⁺ ,167	0,286	-0,0441	-0,0441
p(a)	0,238	0,333	0,333	0,095	—	—	—
По фактору Г							
г ₁	0 ⁺ ,600	0,200	0,200	—	0,238	0,5011	0,1193
г ₂	0 ⁺ ,333	0,333	0,333	—	0,286	0,2872	0,0821
г ₃	—	0 ⁺ ,750	0,250	—	0,190	1,0608	0,2016
г ₄	—	0,333	0,333	0 ⁺ ,333	0,143	0,2872	0,0411
г ₅	—	—	0 ⁺ ,666	0 ⁺ ,333	0,143	0,9533	0,1363
p(a)	0,238	0,333	0,333	0,095	—	—	—
Варианты с сохраненным травостоем							
По фактору Б							
b ₁	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,666	—	—	0,143	0,7808	0,1116
b ₂	0 ⁺ ,166	0 ⁺ ,666	0,166	—	0,286	0,4631	0,1324
b ₃	—	0,166	0 ⁺ ,833	—	0,286	1,0570	0,1630
b ₄	—	0,166	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,333	0,286	0,5570	0,1593
p(a)	0,095	0,381	0,428	0,095	—	—	—
По фактору Г							
г ₁	—	0 ⁺ ,750	0,250	—	0,190	0,8883	0,1688
г ₃	0 ⁺ ,200	0,200	0,400	0 ⁺ ,200	0,238	-0,2224	-0,0529
г ₄	—	—	0 ⁺ ,666	0 ⁺ ,333	0,143	0,7808	0,1117
г ₅	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	—	0,190	0,6996	0,1329
г ₆	0 ⁺ ,200	0 ⁺ ,400	0,400	—	0,238	0,1776	0,0423
p(a)	0,095	0,381	0,428	0,095	—	—	—
По фактору Е							
e ₁	—	—	—	1 ⁺ ,000	0,095	1,6996	0,1615
e ₂	—	—	1 ⁺ ,000	—	0,095	1,6996	0,1615
e ₃	0,071	0 ⁺ ,428	0 ⁺ ,500	—	0,666	0,4047	0,2695
e ₄	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,666	—	—	0,143	0,7808	0,1117
p(a)	0,095	0,381	0,428	0,095	—	—	—

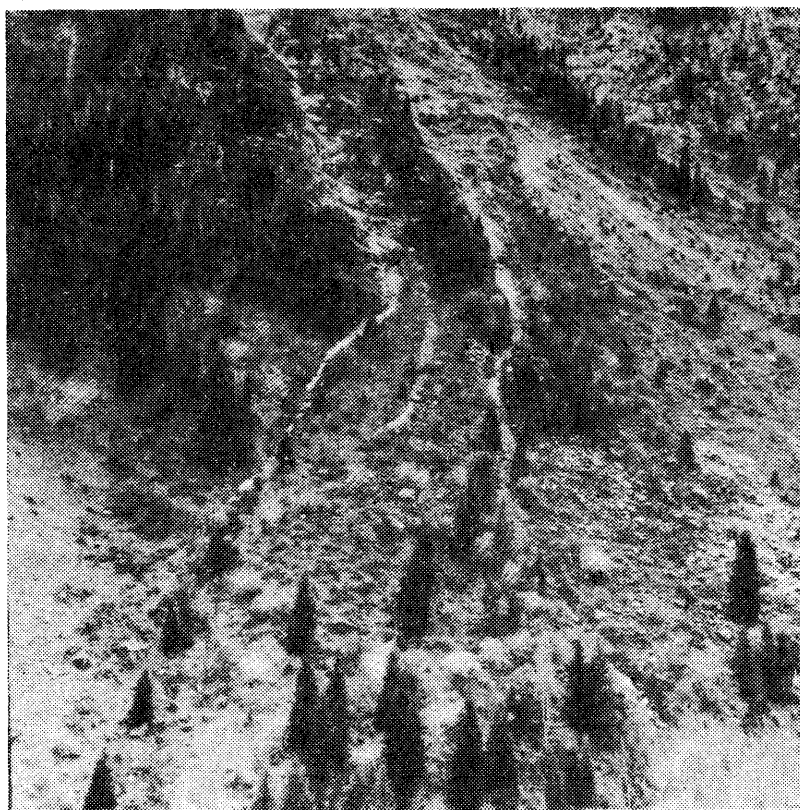


Рис. 11. Зарастание мест камнепадов и снеголавинных лотков в ущелье реки Средний Талгар.

Вполне естественно, что прогноз в более широком диапазоне очень желателен и потому нам представлялось необходимым выяснить логическую форму влияния факторов на исследуемое явление.

Учитывая специфику влияния факторов и их сочетаний, которая рассматривалась выше, логические функции подбирались по каждому варианту опыта (с травой и без травы) отдельно.

Для варианта без травостоя фактор теплообеспеченности поверхности почвы исключен из проекта формулы, так как значительная часть передаваемой им информации косвенная. Конечно, исключение фактора Д в некоторой степени увеличивает ошибку распознавания. Зато существенно упрощается практическое применение формулы.

Факторы Б и Г содержат наибольшую долю прямой информации о явлении. В двухфакторных каналах «новая связь» отсутствует. Это исключает взаимодействие аргументов по форме логики равнозначности.

Логическая формула зависимости явления от факторов для варианта опыта без травостоя имеет вид: $A = B \boxtimes G$.

Сравнения направлений и величин коэффициентов связи позволило установить следующие соответствия между состояниями аргументов и функции: $b_1 \rightarrow a_1$; $b_2 \rightarrow a_2$; $b_3 \rightarrow a_3$; $b_4 \rightarrow a_4$; $g_1 \rightarrow a_1$; $g_2 \rightarrow a_2$; $g_3 \rightarrow a_2$; $g_4 \rightarrow a_3$; $g_5 \rightarrow a_4$.

Проверка показала, что предложенный вариант логической функции лучше других отражает состояния явления. Все же общая ошибка рас-

познавания довольно велика (42,7%). Однако в подавляющем большинстве случаев она не превышает одного ранга и лишь в 4,8% состояний равна I рангу.

Сравнение теоретического распределения частот состояний явления (рассчитанного по формуле функции) с фактическим распределением, наблюдавшимся в опыте, показало, что теоретическое распределение в высокой степени подобно наблюдаемому («лямбда» = 0,2626).

Для варианта с травостоем каждый из факторов (Б, Г, Е) содержит прямую информацию о явлении. Отсутствие «новой связи» в двухфакторных каналах свидетельствует о том, что взаимодействия аргументов по форме «логика равнозначности» также не имеется.

В результате анализа связи явления с факторами установлено, что логическая функция должна иметь вид: $A = E \boxtimes (B \boxtimes G)$. При этом соответствия состояний по факторам и явлению следующие: $b_1 \rightarrow a_1$; $b_2 \rightarrow a_2$; $b_3 \rightarrow a_3$; $b_4 \rightarrow a_4$; $e_1 \rightarrow a_4$; $e_2 \rightarrow a_3$; $e_3 \rightarrow a_2$; $e_4 \rightarrow a_1$; $g_1 \rightarrow a_2$; $g_3 \rightarrow a_3$; $g_4 \rightarrow a_4$; $g_5 \rightarrow a_2$; $g_6 \rightarrow a_1$. Как показала проверка, полученная формула функции является вполне удовлетворительным вариантом. При прогнозе по ней ошибок в распознавании более чем на один ранг состояния явления нет. Общая ошибка распознавания равна 23,8%.

Значение критерия «лямбда» (0,2451) подтверждает отсутствие расхождений между эмпирическим (наблюдаемым в опыте) и теоретическим (прогнозируемым по формуле) распределениями состояний явления даже при «жестком» уровне значимости.

Анализ результатов на 3 сентября. Процент сохраняющихся всходов в сентябре по каждому из вариантов опытов весьма близок к июльским данным. Это свидетельствует об относительной стабилизации процесса отпада семян в конце вегетационного периода, а также о том, что основное влияние на дифференциацию всходов в пределах исследуемого района оказывают летние месяцы.

Таблица 18

Результаты анализа информации от факторов
к проценту сохранившихся всходов в сентябре

Факторы учтены в сентябре		Коэффициент эффективности передачи информации	Факторы учтены в июле	
комбинации факторов и явления	информация системы (Т) в битах		информация системы (Т) в битах	коэффициент эффективности передачи информации
Травостой сохранен				
АБ	0,2774	0,1422	0,2774	0,1422
АГ	0,4651	0,2148	0,5570	0,2420
АЕ	—	—	0,4754	0,3310
АБГ	1,1068	—	1,1721	—
АБГЕ	—	—	1,3375	—
Травостой удален				
АБ	0,8725	0,4473	0,8725	0,4473
АГ	0,5790	0,2986	0,6251	0,2757
АБГ	1,2727	—	1,4728	—

Действительно, как видно из таблицы 18, в отношении сентябрьской оценки процентов сохраняющихся всходов информативность влажности почвы, высоты травостоя и их совместных комбинаций со степенью за-

тенения, как правило, выше в июле, чем в сентябре. Учитывая это обстоятельство, прогноз сентябрьского состояния всходов можно осуществлять в конце первой декады — середине июля.

Переходя к обсуждению особенностей и возможностей такого прогноза, отметим, что в данном разделе значения факторов и градации их состояний были приняты те же, что и на 10 июля (см. выше), а явление (процент сохранившихся всходов) — учтено 3 сентября. В связи с этим явление было распределено по следующим градациям. Для вариантов с сохранным травостоем: $a_1=0,0-0,5\%$; $a_2=0,6-2,0\%$; $a_3=2,1-10\%$; $a_4=10,1-15,3\%$. Для вариантов без травостоя: $a_1=0,0-0,8\%$; $a_2=3,1-10,0$; $a_3=10,1-22,6\%$; $a_4=22,7-34,7\%$.

Как и в июле, прогноз сентябрьского процента сохраняющихся всходов должен осуществляться отдельно для вариантов с травостоем и без него. Основные принципы прогноза по частным каналам связи обсуждались в процессе анализа июльского периода.

Расчеты частных каналов связи от факторов к явлению приводятся в таблице 19.

Ошибки прогноза по частным каналам связи, определенные исходя из величины «шума», соответствуют пределам: для вариантов без травостоя — 5—10%; для вариантов с травостоем — меньше 5%. Как видим, точность прогнозирования довольно высока. Однако возможности распознавания ограничиваются количеством испытанных в эксперименте комбинаций факторов.

Чтобы расширить возможности прогнозирования, необходимо исследовать логику взаимодействия факторов и явления.

Логические функции для прогноза процента сохраняющихся всходов строились на основе анализов частных каналов связей в сопоставлении их с совместными.

Прогноз процента сохраняющихся всходов в сентябре на основе значений факторов, учтенных в июле, может быть осуществлен по следующим формулам.

I. Для варианта без травостоя — $A=B \boxtimes G$; где соответствия между состояниями аргументов и функции следующие: $b_1 \rightarrow a_1$; $b_2 \rightarrow a_2$; $b_3 \rightarrow a_4$; $b_4 \rightarrow a_1$; $g_1 \rightarrow a_1$; $g_2 \rightarrow a_2$; $g_3 \rightarrow a_3$; $g_4 \rightarrow a_4$; $g_5 \rightarrow a_4$. Общая ошибка распознавания по формуле $P(e) = 0,333$ довольно велика. Правда, она в основном не имеет принципиального значения: ошибка более, чем на один ранг состояния явления, наблюдается лишь в 4,7% случаев.

II. Для варианта с сохранным травостоем — $A=E \boxtimes (G \boxtimes B)$, где состояния аргументов и функции находятся в следующем соответствии: $b_1 \rightarrow a_1$; $b_2 \rightarrow a_2$; $b_3 \rightarrow a_3$; $b_4 \rightarrow a_4$; $g_1 \rightarrow a_1$; $g_2 \rightarrow a_2$; $g_3 \rightarrow a_4$; $g_4 \rightarrow a_3$; $g_5 \rightarrow a_3$; $e_1 \rightarrow a_3$; $e_2 \rightarrow a_2$; $e_3 \rightarrow a_2$; $e_4 \rightarrow a_1$. Общая ошибка распознавания $P(e) = 0,38$ близка к ошибке, полученной в варианте без травостоя. Точно так же и ошибка более чем на один ранг состояния явления наблюдается лишь в 4,7% случаев.

Полнота описания явления логическими функциями может быть показана путем сравнения теоретического распределения частот состояний явления (процент сохраняющихся всходов, который наблюдался бы в том случае, если все состояния функции появлялись бы только в строгом соответствии с ней) с фактическим распределением, наблюдавшимся в опыте. Такое сопоставление распределений прогнозируемых и действительно наблюдаемых результатов показало, что теоретическое распределение для обоих вариантов опыта в высокой степени подобно наблюдаемому. Критерий «лямбда» соответственно равен: для вариантов с травостоем — 0,3186; для вариантов без травостоя — 0,3952.

Таблица 19

Каналы связи от факторов, действующих в июле, к проценту сохраняющихся в сентябре всходов ели

Факторы и их состояния	Градация явления А				Вероятность состояния из факторов	Информация от факторов в битах	Доля информации от общей
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄			
Варианты без травостоя							
По фактору Б							
b ₁	1 ⁺ ,000	—	—	—	0,143	1,9388	0,2772
b ₂	—	0 ⁺ ,666	0,333	—	0,286	1,0200	0,2917
b ₃	—	—	0 ⁺ ,666	0 ⁺ ,333	0,286	1,0200	0,2917
b ₄	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,333	0,166	0 ⁺ ,166	0,286	0,0220	0,0063
p(a)	0,238	0,286	0,333	0,143	—	—	—
По фактору Г							
Г ₁	0 ⁺ ,600	0,200	0,200	—	0,238	0,5678	0,1351
Г ₂	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,333	0,333	—	0,286	0,3539	0,1012
Г ₃	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	—	0,190	0,9388	0,1784
Г ₄	—	0 ⁺ ,333	0,333	0 ⁺ ,333	0,143	0,3539	0,0506
Г ₅	—	—	0,333	0 ⁺ ,667	0,143	1,0200	0,1459
p(a)	0,238	0,286	0,333	0,143	—	—	—
Варианты с сохраненным травостоем							
По фактору Б							
b ₁	1 ⁺ ,000	—	—	—	0,143	1,6135	0,2307
b ₂	0,333	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,166	—	0,286	0,1551	0,0444
b ₃	0,500	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,166	—	0,286	0,1551	0,0444
b ₄	0,500	0,166	0 ⁺ ,166	0 ⁺ ,166	0,286	—0,1768	—0,0505
p(a)	0,524	0,286	0,143	0,047	—	—	—
По фактору Г							
Г ₁	0 ⁺ ,750	0,250	—	—	0,190	0,8022	0,1524
Г ₃	0 ⁺ ,600	0,200	0 ⁺ ,200	—	0,238	0,2425	0,0577
Г ₄	0 ⁺ ,333	0 ⁺ ,333	—	0 ⁺ ,333	0,143	0,0286	0,0041
Г ₅	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	—	0,190	0,6135	0,1166
Г ₆	0 ⁺ ,800	0,200	—	—	0,238	0,8916	0,2122
p(a)	0,524	0,286	0,143	0,047	—	—	—
По фактору Е							
e ₁	—	—	0 ⁺ ,500	0 ⁺ ,500	0,095	0,6135	0,0583
e ₂	0,500	0 ⁺ ,500	—	—	0,095	0,6135	0,0583
e ₃	0,500	0 ⁺ ,357	0,143	—	0,666	0,1818	0,1211
e ₄	1 ⁺ ,000	—	—	—	0,143	1,6135	0,2307
p(a)	0,524	0,286	0,143	0,047	—	—	—

Таким образом, на основе знания характера отенения, увлажнения почвы и степени развития травостоя в середине лета вполне возможен прогноз количества сохраняющихся в сентябре еловых всходов.

ВЫВОДЫ

1. Режим отенения, увлажнения и степень влияния травостоя являются наиболее существенными факторами, регулирующими характер формирования еловых всходов.

2. При появлении еловых всходов (конец мая, начало июня) вероятность их ожога наиболее велика на открытых горизонтальных участках, лишенных травостоя.

В этот период травостой не только не снижает количество сохраняющихся всходов, но, наоборот, способствует их появлению, выравнивая микроклиматический режим в сфере их обитания.

Наибольшее количество жизнеспособных всходов на участках без травостоя встречается под щитами с 40% отеняющей поверхности, а для участков с травостоем — 40—70% отеняющей поверхности.

3. К концу первой декады июня процент появляющихся всходов близок к максимальным величинам. Не достигая еще предельной мощности, травостой оказывает, главным образом, выравнивающее действие на режим увлажнения и температуры в сфере обитания всходов и предохраняет их от ожогов. Тем самым травостой способствует увеличению количества сохраняющихся всходов.

К 10 июня наиболее благоприятные условия для сохранения всходов в обоих основных вариантах опыта наблюдались под щитами с 70% отеняющей поверхности.

4. В конце июня — начале июля в вариантах с сохраненным травостоем происходит основная дифференциация и отпад еловых всходов. К этому времени травостой достигает максимальных размеров и его влияние на формирование еловых всходов сказывается крайне отрицательно: на участках с хорошо развитым травостоем отпад всходов наибольший, а сохранившиеся экземпляры елочек выглядят крайне ослабленными.

В этот же период на лишенных травостоя участках отпад всходов наблюдается лишь при условии избыточного перегрева семян и недостатка влаги.

5. В целом для условий опыта экологический оптимум для формирования травостоя при достаточном увлажнении почвы наблюдается в пределах: открытые местоположения — 70% отенения щитами.

Экологический оптимум для еловых всходов наблюдается при 70% отеняющей поверхности щитов.

Совместный рост травостоя и всходов обуславливает сдвиг фитоценотического оптимума для еловых всходов в сторону большего затенения и увлажнения.

6. По численности всходов, их продуктивности, степени развитости наземной и подземной части лучшие результаты получены при следующих условиях опыта: влияние травостоя отсутствует; прямая солнечная радиация задерживается на 70%; рассеянная радиация — на 50%; влажность почвы в наиболее жаркий период лета (июль) поддерживается на уровне 20 и более процентов.

7. Прогноз процента сохраняющихся на конец вегетации (сентябрь) всходов может быть осуществлен по состояниям факторов на начало июля с помощью логических формул вида:

$A=E \boxtimes (G \boxtimes B)$ — для случаев, когда травостой присутствует, или
 $A=B \boxtimes G$ — для случаев, когда участки лишены травостоя.

В заключение отметим, что предлагаемая работа может представлять и методологический интерес при оценке экологических характеристик растений других видов на ювенильных этапах их формирования. В связи с этим представляется целесообразным дальнейшее совершенствование методики проведенного эксперимента и разработка рекомендаций для практического его осуществления в конкретных хозяйствах с целью оптимизации ведения лесных культур и питомников.

Для районов, в климатическом отношении сходных с изученным или близких к нему, изложенные материалы позволяют достаточно объективно прогнозировать количество еловых всходов, которые могут сохраниться к концу периода вегетации. Однако область возможного применения результатов эксперимента, вероятно, не ограничивается только питомниковыми хозяйствами. Проанализированные комбинации факторов имеют место и в природных условиях.

Минерализованные участки, например, встречаются на свежих селевых наносах, осыпях, лавинных лотках, оползневых участках, около поваленных, вывороченных с корнем деревьев или под кронами взрослых еловых биогрупп в мертвопокровной микроне. В отношении же возможного совместного роста еловых всходов с травостоем не приходится и говорить, ибо — это наиболее распространенный факт, имеющий место не только на лесосеках, но и в девственных лесах. В связи с этим хотя бы краткое обсуждение некоторых из вариаций местообитаний в аспекте их перспективности для закрепления еловых всходов весьма интересно. Рассмотрим несколько примеров.

В местах селевых наносов, поверхность которых обычно имеет незначительный уклон и в первые годы лишена травостоя, роль затеняющих предметов чаще всего выполняют камни. Увлажнение почвы здесь, как правило, вполне удовлетворительное из-за близости речек и грунтовых вод. Для подобной ситуации (сочетание полного затенения прямой радиации с северной стороны камней, с достаточным увлажнением и отсутствием травостоя) прогноз в отношении еловых всходов по данным нашего эксперимента — положителен. И, действительно, при условии достаточного обсеменения зарастание селевых наносов елью происходит быстро. Причем самосев закрепляется преимущественно в местообитаниях, приуроченных к северной, теневой стороне крупных камней (рис. 9).

На оползневых участках роль ослабляющего радиационный нагрев фактора выполняет крутой склон естественного откоса (достигающий иногда 60°), образовавшийся в результате сползания верхнего слоя грунта, который к тому же несколько лет остается почти без травостоя. Согласно приближенному расчету по формуле в таких местообитаниях ель должна возобновляться удовлетворительно, что и наблюдается в природе (рис. 10).

Близкие к перечисленным комбинациям микроусловия встречаются на минерализованных участках послелавинного происхождения в снеgolавинных лотках и в местах камнепадов (рис. 11).

Когда мы имеем дело с участками, расположенными под кронами взрослых еловых биогрупп, то, исходя из данных эксперимента, совершенно очевидно, что фиксированное в природе многими авторами отсутствие всходов в мертвопокровной микроне обуславливается недостатком в увлажнении почв. Как показали наши наблюдения, к мертвопокровной микроне взрослых еловых биогрупп, даже при ливневых

дождях проникает не более 1 мм осадков, что ведет к сильному иссушению верхнего слоя почвы.

Рассмотренные примеры представляют лишь простейшие случаи применения полученных результатов. В дальнейшем же, опираясь на данные сети подобных экспериментов, было бы весьма заманчиво попытаться интерпретировать особенности размещения деревьев для различных местообитаний и, в связи с этим,—пространственную структуру лесов. Для этого необходимо дальнейшее углубление и расширение исследований. Особенно важным представляется изучение процессов последующей дифференциации как сеянцев, так и самосева, уточнение характера дифференциации елового самосева в различных природных ситуациях.

Развитие этих исследований, вероятно, позволит не только давать оценку условий местообитания ели в целом, их типизацию, но и сделает возможным перейти от сложного и дорогостоящего способа восстановления лесов посадкой взрослых (4—5-летних) саженцев к более рациональным способам содействия естественному возобновлению или созданию культур посевами на постоянное место.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахметов М. А., 1966. Биоэкологические основы содействия естественному возобновлению темнохвойных лесов Джунгарского Алатау. Автореферат канд. диссертации. Алма-Ата. КазСХИ.
- Быков Б. А., 1950. Еловые леса Тянь-Шаня, их история, особенности и типология. Алма-Ата, «Наука».
- Ган П. А., 1970. Экологические основы интродукции и лесоразведения в поясе словых лесов Тянь-Шаня. Фрунзе, «Илим».
- Грейг-Смит П., 1967. Количественная экология растений. М., «Мир».
- Гуриков Д. Е., 1960. Биоэкологические особенности естественного возобновления тянь-шанской ели. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук. Алма-Ата.
- Данилик В. Н., 1959. Рубки главного пользования в древостоях ели тянь-шанской. Тр. научно-произв. конференции по системе рубок главного пользования. Ноябрь, 1957 г., Алма-Ата.
- Камчибеков Н. К., 1962. Некоторые вопросы естественного возобновления ели тянь-шанской в условиях Центрального Тянь-Шаня. Тр. Киргизской ЛОС. Вып. III. Фрунзе.
- Камчибеков Н. К., 1965. Ход естественного возобновления ели тянь-шанской в условиях Центрального Тянь-Шаня. Тр. Кирг. ЛОС. Вып. IV. Фрунзе.
- Орлов В. П., 1959. Выращивание сеянцев хвойных пород в горных условиях северной Киргизии. Тр. Кирг. ЛОС. Вып. II. Фрунзе.
- Петерсон Г. Д., 1970. Грязекаменные потоки в бассейне реки Талгар. В книге «Животный и растительный мир Алма-Атинского заповедника». Алма-Ата, «Кайнар».
- Попов М. Г., 1940. Растительный покров Казахстана. Изд. АН СССР. М.-Л.
- Пузаченко Ю. Г., Мошкин А. В., 1969. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях. Мед. география. Вып. III. М.
- Ролдугин И. И., 1958. Напочвенный покров и его влияние на возобновление тянь-шанской ели в восточной части Кунгей-Алатау. Изд. АН КазССР. Серия ботаники и почвоведения. Вып. III.
- Рубаник В. Г., 1954. К вопросу о биологии ели тянь-шанской (*Picea schrenkiana* F. et M.) и типах еловых лесов Мало-Алмаатинского лесничества. Тр. Алма-Атинского ботсада АН КазССР. Т. II.
- Соболев Л. Н., 1959. Растительность лесо-луго-степного пояса в средней части хребта Терской Алатау. Тр. ин-та географии АН СССР. Вып. XXV.
- Соболев Л. Н., 1963. Особенности распределения растительности и почв в парковидных ельниках Тянь-Шаня. Бюллетень МОИП, отд. биологии. Т. XVIII (3).
- Соболев Л. Н., 1965. Особенности распределения растительности и почв в сплошных ельниках Тянь-Шаня. Бюллетень МОИП, отд. биол. Том XX (3).