

СТРУКТУРА,  
ПРОДУКТИВНОСТЬ  
И ДИНАМИКА  
РАСТИТЕЛЬНОГО  
ПОКРОВА

---

УДК 581.524

**Структура, продуктивность и динамика растительного покрова:**  
Сб. науч. трудов. Свердловск: УрО АН СССР, 1990.

Излагаются результаты исследований флористического состава, структуры, закономерностей распределения и продуктивности различных типов растительных сообществ (лугов, степей, горных тундр) и их изменения под влиянием природных и антропогенных факторов. Сборник рассчитан на научных работников и аспирантов.

Ответственный редактор

доктор биологических наук профессор **П. Л. Горчаковский**

Рецензент

доктор биологических наук профессор **И. К. Кишин**

А. В. АБРАМЧУК, П. Л. ГОРЧАКОВСКИЙ

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО СУХОДОЛЬНОГО ЛУГА ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Дефицит кормовых угодий в Нечерноземной зоне Урала и Приуралья неуклонно возрастает. Неумеренные пастбищные и сенокосные нагрузки привели во многих районах к истощению естественных лугов, снижению их продуктивности и ухудшению кормовых достоинств травостоя. В связи с этим возникает необходимость разработки научных основ повышения продуктивности и улучшения кормовых достоинств травостоя естественных лугов путем внесения удобрений. Исследования в этом направлении проводились в ряде районов СССР (Алтунин, 1983; Бахарь, Рабцевич, 1983; Друзина и др., 1987; Работнов, 1973; Ромашов, 1969). Однако для Урала и Приуралья таких разработок нет.

Задача нашего исследования — установить влияние нарастающих доз азотных удобрений (на фоне фосфорных и калийных) на флористический состав, структуру и продуктивность суходольного луга. При этом особое внимание уделяли закономерностям вертикального распределения надземной и подземной фитомассы.

### РАЙОН И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на западном склоне Среднего Урала на территории совхоза «Староуткинский» в подзоне южной тайги. В качестве объекта был избран участок суходольного мелкозлаково-разнотравного луга с преобладанием *Trollius europaeus*, *Cirsium heterophyllum*, *Alchemilla murbeckiana*, *Agrostis tenuis*. Этот луг сформировался на месте ранее вырубленного леса и длительное время использовался в качестве сенокоса. Луга такого типа широко распространены на Среднем Урале.

Во флоре изученного участка насчитывается 55 видов цветковых растений, относящихся к 19 семействам, 44 родам (табл. 1). Наиболее представлены семейства мятликовых —

## Флористический состав травостоя опытного участка

Вид	Экологическая группа	Ценогическая группа	Тип фенологического развития	Продолжительность жизни	Тип корневой системы и побегообразование	Способ перезимовывания	Кормовая ценность
Злаки							
<i>Agrostis gigantea</i> . . . . .	М	лг	пл	мн	кк	Гкр	7
<i>A. tenuis</i> . . . . .	М	лг	пл	мн	кх	Гкр	4
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	М	лг	рсл	мн	рд	Гкр	3
<i>Dactylis glomerata</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	рд	Гкр	7
<i>Deschampsia caespitosa</i>	ГМ	лг	рсл	мн	пд	Гкр	3
<i>Elytrigia repens</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	дк	Гкр	6
<i>Festuca pratensis</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	рд	Гкр	8
<i>F. rubra</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	крд	Гкр	6
<i>Phleum pratense</i> . . . . .	М	лг	пл	мн	рд	Гкр	7
<i>Poa pratensis</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	крд	Гкр	7
Бобовые							
<i>Lathyrus pratensis</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	дк	Гкр	7
<i>L. vernus</i> . . . . .	М	л	пв	мн	дк	Гкр	2
<i>Trifolium medium</i> . . . . .	М	л	рсл	мн	дк	Гкр	7
<i>T. pratense</i> . . . . .	М	лг	рсл	ми	дст	Гкр	7
<i>T. repens</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	нзст	Гкр	8
<i>T. spadicum</i> . . . . .	ГМ	лг	рсл	о	кст	Т	4
<i>Vicia cracca</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	дк	Гкр	7
<i>V. sepium</i> . . . . .	М	л	пв	мн	дк	Гкр	7
Разнотравье							
<i>Achillea millefolium</i> . . . . .	М	лг	пл	мн	дк	Гкр	4
<i>Aegopodium podagraria</i>	ГМ	л	рсл	мн	дк	Гкр	3
<i>Alchemilla murbeckiana</i> . . . . .	М	лг-л	пв	мн	кк	Гкр	5
<i>A. tubulosa</i> . . . . .	М	лг-л	пв	мн	кк	Гкр	5
<i>Ajuga reptans</i> . . . . .	ГМ	л	пв	мн	кк	Гкр	1
<i>Archangelica officinalis</i>	М	л	пл	д	дст	Гкр	2
<i>Asarum europaeum</i> . . . . .	М	л	пв	мн	кк	Гкр	Я
<i>Betonica officinalis</i> . . . . .	М	л	рсл	мн	кстк	Гкр	1
<i>Campanula patula</i> . . . . .	М	лг	рсл	д	кст	Т	3
<i>Cerastium holosteoides</i>	М	лг	пв	мн	дк	Гкр	3
<i>Cirsium heterophyllum</i>	М	лг-л	рсл	мн	дк	Гкр	1
<i>Coronaria flos-cuculi</i> . . . . .	МГ	лг-б	рсл	мн	кк	Гкр	1
<i>Dianthus deltoides</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	дк	Гкр	2
<i>Filipendula ulmaria</i> . . . . .	МГ	лг-б	рсл	мн	дк	Гкр	3
<i>Galium aparine</i> . . . . .	МГ	лг-б	рсл	о	кст	Т	В
<i>G. boreale</i> . . . . .	М	л	пл	мн	дк	Гкр	В
<i>G. mollugo</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	дк	Гкр	В
<i>Geranium sylvaticum</i> . . . . .	М	л	пв	мн	кк	Гкр	2
<i>Hieracium pratense</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	кстк	Гкр	Я
<i>Hypericum perforatum</i> . . . . .	М	лг-л	пл	мн	дк	Гкр	Я
<i>Leucanthemum vulgare</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	кстк	Гкр	2
<i>Melampyrum pratense</i> . . . . .	М	лг-л	рсл	о	кстк	Т	1
<i>Polemonium coeruleum</i> . . . . .	ГМ	лг-л	пл	мн	кк	Гкр	3

Вид	Экологическая группа	Ценооточеская группа	Тип фенологического развития	Продолжительность жизни	Тип корневой системы и побегообразованье	Способ переживания	Кормовая ценность
<i>Potentilla erecta</i> . . . . .	ГМ	лг	пв	мн	кк	Гкр	2
<i>Prunella vulgaris</i> . . . . .	ГМ	лг	рсл	мн	кк	Гкр	2
<i>Ranunculus acer</i> . . . . .	М	лг	пв	мн	кстк	Гкр	Я
<i>Rhinanthus vernalis</i> . . . . .	М	лг	рсл	о	кст	Г	В
<i>Rumex acetosa</i> . . . . .	ГМ	лг	рсл	мн	кк	Гкр	В
<i>Solidago virgaurea</i> . . . . .	М	л	пл	мн	кк	Гкр	2
<i>Stellaria graminea</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	дк	Гкр	Я
<i>Succisa pratensis</i> . . . . .	ГМ	лг-л	пл	мн	кстк	Гкр	2
<i>Thalictrum simplex</i> . . . . .	М	лг	рсл	мн	кстк	Гкр	1
<i>Trollius europaeus</i> . . . . .	ГМ	лг-л	пв	мн	кстк	Гкр	Я
<i>Veratrum lobelianum</i> . . . . .	ГМ	лг	пл	мн	кк	Кр	Я
<i>Veronica chamaedrys</i> . . . . .	М	лг-л	пв	мн	дк	Гкр	2
<i>Viola canina</i> . . . . .	М	лг	пв	мн	дк	Гкр	1
<i>V. mirabilis</i> . . . . .	ГМ	лг-л	рсл	мн	кк	Гкр	1

## Условные обозначения.

М — мезофиты; ГМ — гигромезофиты; МГ — мезогигрофиты; лг — луговые; л — лесные; лг-л — лугово-лесные; лг-б — лугово-болотные; пв — поздневесенние; рсл — раннесредне-летние; пл — позднелетние; о — однолетники; д — двулетники; мн — многолетники; дк — длиннокорневищные; кк — короткорневищные; крд — корневищно-рыхлодерновинные; рд — рыхлодерновинные; дст — длинностержнекорневые; кст — короткостержнекорневые; кстк — кистекопьевые; нзст — надземностелющиеся; Гкр — гемикриптофиты; Кр — криптофиты; Т — терофиты; Я — ядовитые; В — вредные; 1—2 — с низким, 3—4 — средним, 5—8 — высоким качеством фитомассы.

10 видов (18,5 %), бобовых — 8 (14,8 %), астровых — 5 (9,3 %). Основу флористического состава образуют мезофиты — 39 видов (72,2 %), существенна примесь гигромезофитов (*Potentilla erecta*, *Trollius europaeus*, *Veratrum lobelianum* и др.) — 12 видов (22,2 %). Участие в травостое мезогигрофитов (*Filipendula ulmaria*, *Coronaria flos-cuculi* и др.) незначительно — 3 вида (5,6 %). В фитоценоотическом спектре преобладают собственно луговые виды (*Agrostis tenuis*, *Festuca pratensis*, *Lathyrus pratensis* и др.) — всего 31 (57,4 %). На долю лесных (*Galium boreale*, *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum* и др.) и лугово-лесных (*Trollius europaeus*, *Viola mirabilis*, *Cirsium heterophyllum*) видов приходится 20,3 и 16,7 % соответственно. Кроме того, в небольшом количестве отмечены лугово-болотные (*Filipendula ulmaria*, *Coronaria flos-cuculi*, *Galium aparine*) виды (5,6 %). Большинство растений относится к многолетним — 48 видов (88,9 %), 7,4 % составляют однолетники (*Trifolium spadicum*, *Rhinanthus vernalis*, *Melampyrum pratense*). Двулетники представлены двумя видами: *Campanula patula*, *Archangelica officinalis* (3,7 %). Выражен моховой покров из *Aulacomnium palustre*, *Climacium dendroides*, *Thuidium abietinum*, *Rhytidiadelphus calvescens*.

По фенологической ритмике в травостое можно выделить

Динамика видового состава на фоне возрастающих доз

Название растений	Вариант опыта			
	Контроль	Р60К60 — фон		Фон + N 30
		А	А	Б
Злаки				
<i>Agrostis gigantea</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sp.
<i>A. tenuis</i> . . . . .	sp.-cop. <sub>1</sub>	sp.-cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>1</sub>	sp.-cop. <sub>1</sub>
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	sp.	sp.	sp.	sp.
<i>Dactylis glomerata</i> . .	sol.	sol.	sol.-sp.	—
<i>Deschampsia caespitosa</i> .	sol.-sp.	sp.	sol.	sp.
<i>Elytrigia repens</i> . . . .	sol.	—	—	—
<i>Festuca pratensis</i> . . . .	sol.-sp.	sp.	sp.-cop. <sub>1</sub>	sp.-cop. <sub>1</sub>
<i>F. rubra</i> . . . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Phleum pratense</i> . . . .	—	—	—	sol.
<i>Poa pratensis</i> . . . . .	sol.-sp.	sp.	sp.	sp.
Бобовые				
<i>Lathyrus pratensis</i> . . .	sol.	sp.	sp.	sol.
<i>L. vernus</i> . . . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Trifolium medium</i> . . . .	sol.-sp.	sp.	sp.	sol.-sp.
<i>T. pratense</i> . . . . .	sol.-sp.	sp.	sp.-cop. <sub>1</sub>	sp.
<i>T. repens</i> . . . . .	sol.	sp.	sp.	sol.
<i>T. spadiceum</i> . . . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Vicia cracca</i> . . . . .	sol.	sp.	sp.	sol.
<i>V. sepium</i> . . . . .	sol.	sp.	sp.	sol.
Разнотравье				
<i>Achillea millefolium</i> . .	sol.-sp.	sol.	sol.	sol.
<i>Aegopodium podagraria</i>	sol.	sol.	sol.	—
<i>Ajuga reptans</i> . . . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Alchemilla murbeckiana</i>	cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>2</sub>
<i>A. tubulosa</i> . . . . .	sp.	—	—	—
<i>Archangelica officinalis</i>	—	—	sol.	—
<i>Asarum europaeum</i> . . .	sol.	sol.	sol.	—
<i>Betonica officinalis</i> . .	—	—	sol.	—
<i>Campanula patula</i> . . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Cerastium caespitosum</i> .	sol.	—	sol.	—
<i>Cirsium heterophyllum</i>	cop. <sub>1</sub>	sp.-cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>1</sub>
<i>Coronaria flos-cuculi</i> . .	sol.	—	—	sol.
<i>Dianthus deltoides</i> . . . .	sol.	—	sol.	sol.
<i>Filipendula ulmaria</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Galium aparine</i> . . . . .	—	sol.	sol.	—
<i>G. boreale</i> . . . . .	sol.-sp.	sol.	sol.-sp.	sp.
<i>G. mollugo</i> . . . . .	—	—	sol.	—
<i>Geranium sylvaticum</i> . . .	sol.-sp.	sol.	sol.-sp.	sol.-sp.
<i>Hieracium pratense</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Hypericum perforatum</i> . . .	sol.-sp.	sol.	sol.	sol.
<i>Leucanthemum vulgare</i> . .	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sp.
<i>Melampyrum pratense</i> . .	sol.	sol.	sol.	sol.-sp.
<i>Polemonium coeruleum</i> . .	sol.	—	scl.	—



Название растений	Вариант опыта			
	Контроль	Р60К60 — фон		Фон + N 30
		А	А	Б
<i>Potentilla erecta</i> . . .	sol.-sp.	sol.	sol.-sp.	sp.
<i>Prunella vulgare</i> . . .	sol.-sp.	sol.	sol.-sp.	sol.
<i>Ranunculus acer</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Rhinanthus vernalis</i> . . .	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sp.
<i>Rumex acetosa</i> . . .	sol.	—	—	sol.
<i>Solidago virgaurea</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Stellaria graminea</i> . . .	sol.	sol.	sol.	—
<i>Succisa pratensis</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Thalictrum simplex</i> . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>Trollius europaeus</i> . . .	cop. <sub>2</sub>	cop. <sub>1</sub>	cop. <sub>1</sub>	sp.-cop. <sub>1</sub>
<i>Veratrum lobelianum</i> . . .	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	sol.
<i>Veronica chamaedrys</i> . . .	sol.	sol.-sp.	sp.	sol.
<i>Viola canina</i> . . . . .	sol.	sol.	sol.	sol.
<i>V. mirabilis</i> . . . . .	sol.	sol.	sol.	—
Всего видов:	50	44	50	42

три группы растений: с поздневесенними сроками цветения (конец мая — начало июня) — *Vicia sepium*, *Trollius europaeus*, *Ajuga reptans*; раннесреднелетними (июнь — начало июля) — *Festuca pratensis*, *Elytrigia repens*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*; цветущие в позднелетнюю фазу развития луга (конец июля — август) — *Hypericum perforatum*, *Agrostis tenuis*, *Phleum pratense*, *Solidago virgaurea*. Подавляющее число видов, слагающих травостой опытного участка, характеризуется поздневесенними и раннесреднелетними сроками цветения, что связано с сенокосным режимом использования.

По типу корневых систем и характеру побегообразования (Ларин, 1969) выделяются следующие основные группы: длиннокорневищные (например, *Elytrigia repens*), короткорневищные (*Agrostis gigantea*), корневищно-рыхлодерновинные (*Poa pratensis*), рыхлодерновинные (*Festuca pratensis*), плотнодерновинные (*Deschampsia caespitosa*), длинностержнекорневые (*Trifolium pratense*), короткостержнекорневые (*Melampyrum pratense*), кистекопные (*Ranunculus acer*), надземностелющиеся (*Trifolium repens*).

Питательная ценность травостоя невысокая: 33,0 % видов имеют низкие, 18,5—25,9 % — высокие показатели кормового достоинства. Кроме того, встречаются вредные (*Galium aparine*, *Rumex acetosa* и др.) и ядовитые (*Hypericum perforatum*, *Veratrum lobelianum*, *Ranunculus acer*) виды, на их долю прихо-



Вариант опыта						
Фон + N 30	Фон + N 60		Фон + N 90		Фон + N 120	
Б	А	Б	А	Б	А	Б
sol.	sp.	sol.-sp.	sp.	sp.	sp.	sol.-sp.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	—
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	—	sol.	—	sol.	—
sol.	—	sol.	—	—	—	—
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	—
—	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	—	sol.	—	sol.	—
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	—
sp.-cop.1	cop.1	sp.-cop.1	cop.1 - 2	sp.	cop.1 - 2	sp.
sol -sp.	sol.	sol.	sol.	sol.	sp.	sol.
sp.	sol.	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sp.	sol.-sp.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	—	—
—	—	—	—	—	sol.	—
48	42	42	41	34	42	27

дится соответственно 9,6 и 13,0 % от всего видового состава. Как видно, в травостое опытного участка (контроль) доминируют многолетние мезофиты с поздневесенними и ранне-среднелетними сроками цветения. Преобладающий тип корневой системы — корневищный. По способу перезимовывания доминируют гемикриптофиты. Кормовая ценность травостоя невысокая.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыт проводили в течение четырех лет (1983—1986) в следующих вариантах: I — контроль (без удобрений); II — РК (фон); III — РК+N 30 кг/га; IV — РК+N 60; V — РК+N 90; VI — РК+N 120 кг/га. Фосфорные и калийные удобрения (двойной суперфосфат и хлористый калий) вносили в дозах по 60 кг/га действующего вещества, а азотные (аммиачная селитра) — в возрастающих дозах от 30 до 120 кг/га действующего вещества. Удобрения вносили в один прием — ранней весной, в фазе весеннего отрастания трав. Размер делянок 10 м<sup>2</sup> (2×5 м), учетная площадь 4 м<sup>2</sup> (1×4 м), повторность восьми-кратная.

Для определения запаса надземной фитомассы травостой срезали на уровне поверхности почвы. Укосы разбирали в свежем виде по агроботаническим группам (злаки, бобовые, разно-

травье). Кроме того, отдельно учитывали доминирующие виды. Разобранные укосы высушивали и взвешивали в воздушно-сухом состоянии.

Для выявления стратификации (послойного распределения по вертикальному профилю) надземной фитомассы срезали травостой у поверхности почвы на площадках (0,15×1 м) в четырех повторностях. Полученный укос (снопик) травостоя разрезали, начиная от основания срезанных стеблей на отрезки: 0—7 см, 7—10, 10—20, 20—30 см и т. д. Затем в каждом отрезке выделяли фракции (листья, соцветия и стебли), которые высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

Для определения запаса подземной фитомассы использовали круглый стальной бур с внутренним диаметром 80 мм (площадь сечения 50 см<sup>2</sup>). Образцы брали послойно через каждые 5 см в восьмикратной повторности. Почву с подземными частями растений промывали в ситах в проточной воде. Отмытую фитомассу высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Изменение соотношения компонентов

За четыре года наблюдений (1983—1986) под влиянием удобрений произошли качественные изменения в фитоценозе. Особенно резко изменился видовой состав в вариантах V и VI, где доза азота превышала 60 кг/га действующего вещества. Для этих вариантов характерно существенное обеднение флористического состава: если на контрольном участке присутствует 50 видов, то в варианте VI на четвертый год исследований в травостое отмечено только 27 (табл. 2). Из травостоя выпали лесные виды (*Asarum europaeum*, *Ajuga reptans*, *Viola canina*, *V. mirabilis*), а также некоторые лугово-лесные (*Polemonium coeruleum*, *Betonica officinalis*, *Solidago virgaurea*). Сократилось число представителей лугового разнотравья (*Coronaria flos-cuculi*, *Dianthus deltoides*), а также синантропных видов (*Rumex acetosa*, *Melampyrum pratense*, *Galium aparine*, *G. mollugo*). Нельзя не обратить внимание на почти полное исчезновение бобовых (за исключением *Trifolium pratense*). Впрочем, на контрольном участке они встречались изредка, но не вносили существенного вклада в состав надземной биомассы.

Внесение удобрений привело к перераспределению соотношения видов в травостое. Если на контрольном участке из злаков доминировали такие виды, как *Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, то под воздействием азотных удобрений резко возросло обилие *Agrostis gigantea*, активно стал внедряться в травостой *Phleum pratense* — вид, отсутствующий в варианте без удобрений.

Изменение вертикального распределения фитомассы под влиянием удобрений: 1983 (А) и 1986 (Б) гг.

Вариант опыта	Высота подъяруса, см			Уровень сосредоточенности основной части фитомассы (85 %), см	Фитомасса, %			
	I	II	III		ниже уровня скашивания (0—7 см)		выше 50 см	
					А	Б	А	Б
Контроль (б/у)	50	25	10	0—20	34,4	36,7	—	—
P60K60 (фон)	60	25	10	0—25	32,2	33,9	3,0	4,3
Фон+N30	80	35	15	0—30	27,4	27,7	4,3	5,9
Фон+N60	90	45	20	0—40	28,6	25,8	4,5	11,9
Фон+N90	110	45	20	0—50	17,9	16,3	9,3	14,1
Фон+N120	120	50	20	0—60	15,8	14,4	13,6	19,4

Овсяница луговая (*Festuca pratensis*) и мятлик луговой (*Poa pratensis*) положительно реагировали на все дозы азотных удобрений. Причем овсяница оказалась самым продуктивным видом в фитоценозе: в варианте VI ее биомасса на четвертый год внесения удобрений увеличилась в 29 раз по сравнению с контролем и составила 291,4 г/м<sup>2</sup> (рис. 2). Мятлик луговой сформировал наибольшую продукцию также при внесении азота в дозе 120 кг/га, где его масса возросла в 7,9 раза. Такие виды, как полевица тонкая и душистый колосок, имели незначительные колебания массы по вариантам. В целом при улучшении обеспеченности питательными веществами продуктивность злаков существенно возрастает. Максимальное увеличение отмечено в варианте VI, где биомасса злаков достигла 516,9 г/м<sup>2</sup>, что составляет 80,9 % от общего запаса надземной фитомассы.

Участие бобовых в сложении травостоя невелико. В варианте, где вносились только фоновые фосфорно-калийные удобрения, биомасса бобовых увеличилась в 2,5—4,8 раза по сравнению с контролем, особенно на четвертый год исследований, когда доля бобовых достигла 15 % от общей надземной фитомассы (рис. 1). При внесении достаточно высоких доз азота (90 и 120 кг/га) бобовые на четвертый год исследований полностью выпали из травостоя в связи с тем, что густая сомкнутость препятствует их развитию.

Из группы разнотравья на контрольном участке преобладает купальница европейская (*Trollius europaeus*). Обильны бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum*) и манжетка (*Alchemilla murbeckiana*). Под влиянием удобрений соотношение их по массе существенно изменилось. Биомасса купальницы уменьшилась во всех вариантах. Особенно заметное снижение отмечено в 1986 г. при внесении азотных удобрений в дозах 90—120 кг/га (рис. 2). Если на неудобряемом участке биомасса

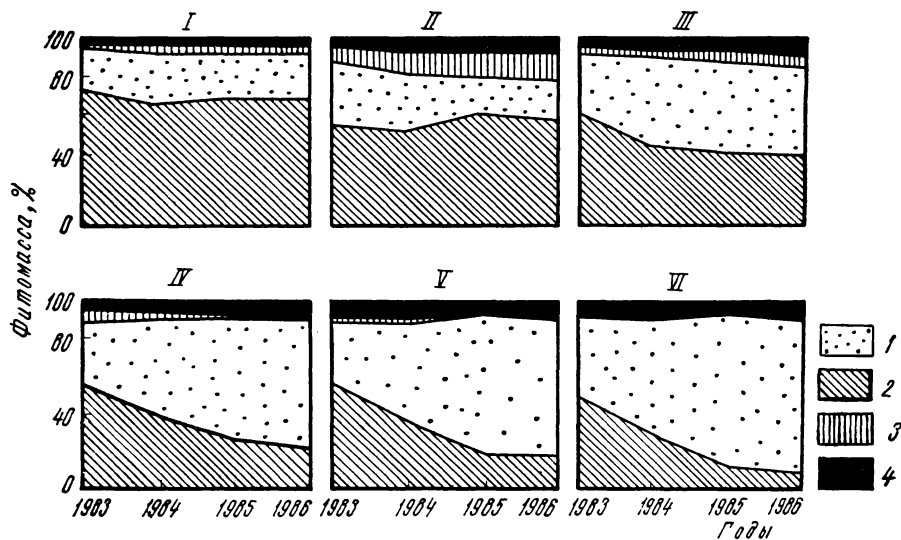


Рис. 1. Изменение процентного соотношения агроботанических групп травостоя за период эксперимента.

I—VI — варианты опыта. 1 — злаки; 2 — разнотравье; 3 — бобовые; 4 — ветошь.

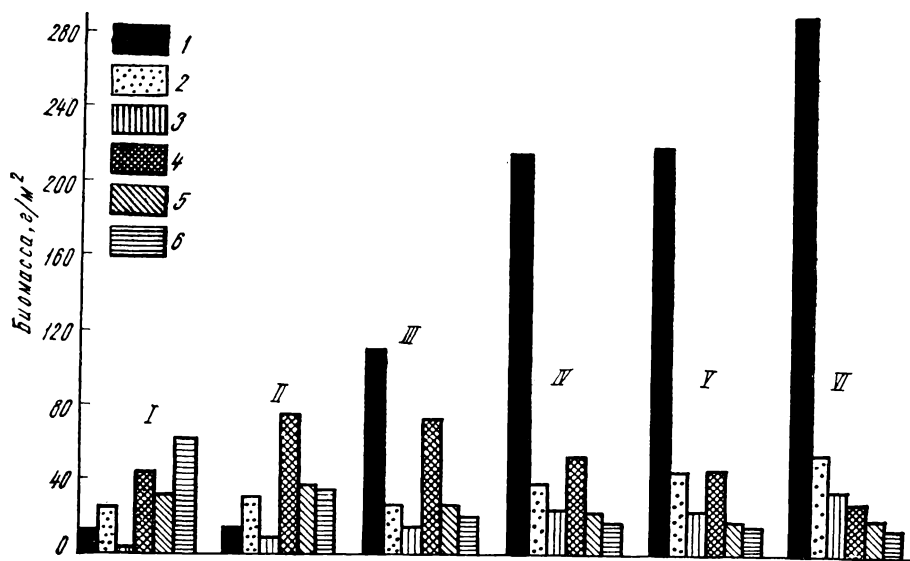


Рис. 2. Реакция основных видов трав на внесение удобрений.

I—VI — варианты опыта. 1 — *Festuca pratensis*; 2 — *Agrostis tenuis*; 3 — *Poa pratensis*; 4 — *Alchemilla murbeckiana*; 5 — *Cirsium heterophyllum*; 6 — *Trollius europaeus*.

купальницы составляет 61,7—62,9 г/м<sup>2</sup> (29,7—23,6 % от общей надземной фитомассы), то в варианте VI ее участие в 1986 г. снизилось до 12,8 г/м<sup>2</sup> (2 %). Отмечено уменьшение биомассы манжетки и бодяка разноотравья при увеличении доз азотных удобрений. Для группы разноотравья характерна четко выраженная тенденция сокращения продуктивности в зависимости от доз азотных удобрений. Минимальная масса — в варианте VI, где участие разноотравья в общем запасе не превышает 10 %.

Как видно, нарастающие дозы азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных оказывают избирательное влияние на видовой состав травостоя. При этом возрастает роль злаков, ценных по своим кормовым достоинствам (*Festuca pratensis*, *Agrostis gigantea*, *Phleum pratense* и др.), уменьшается доля разноотравья и бобовых. Если в первый год исследования коэффициент флористического сходства между контрольной и опытными площадками достигал 89,9 %, то после четырех лет внесения азотных удобрений в дозе 120 кг/га он снизился до 65 %.

### Изменение стратификации надземной и подземной фитомассы

Исходный травостой опытного участка низкорослый, слабо расчленен на три подъяруса: первый (50 см) образуют овсяница луговая, полевица тонкая и др.; второй (25—30 см) — мятлик луговой, душистый колосок, герань лесная, манжетка и др.; третий (10—15 см) — фиалка удивительная (*Viola mirabilis*), гвоздика-травянка (*Dianthus deltoides*), вероника дубровка (*Veronica chamaedrys*) и др. В целом для контрольного участка исследуемого луга характерен укороченный вертикальный профиль травостоя с большой насыщенностью нижних горизонтов надземными органами. В горизонте до высоты скашивания (0—7 см) сосредоточено 34,4—36,7 % общей фитомассы травостоя (см. табл. 3). Таким образом, при скашивании треть фитомассы остается в виде стерни.

Внесение фосфорно-калийных удобрений лишь незначительно влияет на стратификацию надземной фитомассы (рис. 3). Однако внесение азотных удобрений в дозах 30 и 60 кг/га (на фоне РК) вызывает существенное изменение вертикальной структуры травостоя. Высота его увеличивается до 80—100 см. За счет перераспределения фитомассы ее доля в горизонте 0—7 см уменьшается по отношению к общей надземной фитомассе до 27,4—25,8 %. В связи с этим сокращаются возможные потери части урожая при скашивании. Распределение фитомассы по горизонтам становится более равномерным. Большая ее часть (85 %) сосредоточена в горизонте 0—45 см, около 10 % — в горизонте 30—50 см, а выше 50 см — 5,9—11,9 %.

Внесение азотных удобрений в дозах 90 и 120 кг/га на фоне РК вызывает увеличение высоты травостоя более чем в 2 раза

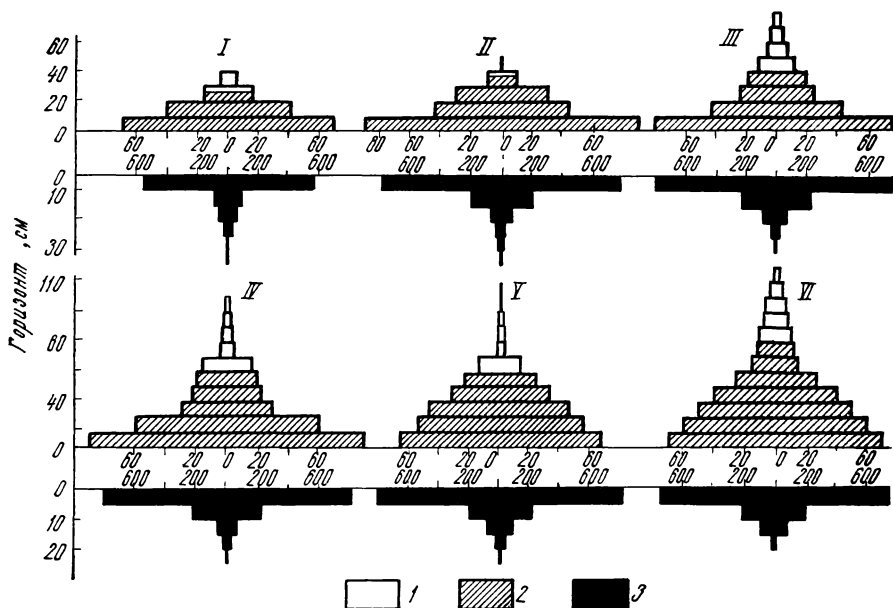


Рис. 3. Изменение стратификации фитомассы ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) под влиянием удобрений. I-VI — варианты опыта. 1+2 — вся надземная, 2 — 85 % надземной, 3 — подземная фитомасса.

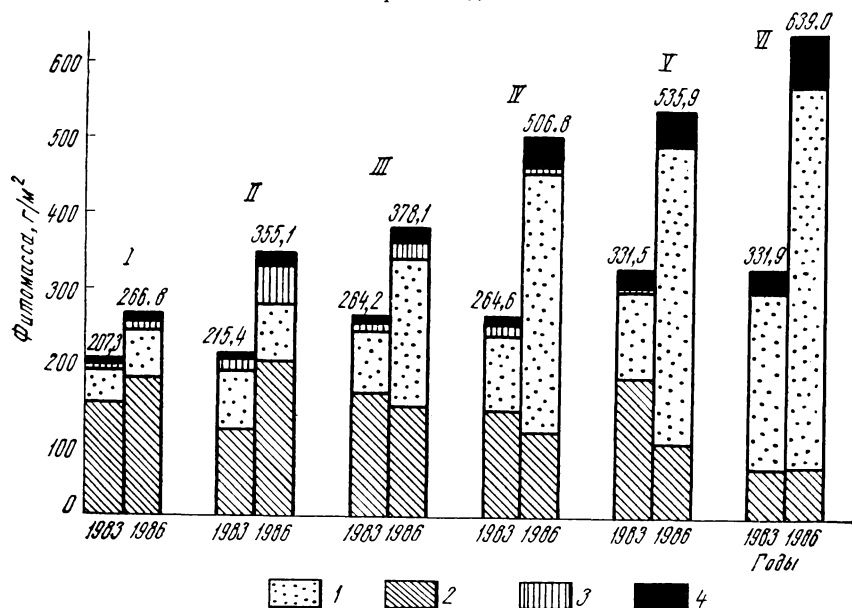


Рис. 4. Изменение продуктивности и количественного соотношения агроботанических групп травостоя.

I-VI — варианты опыта. 1 — злаки; 2 — разнотравье; 3 — бобовые; 4 — ветошь.

по сравнению с контрольным участком (до 120 см) с существенным снижением доли фитомассы в приземном слое 0—7 см (14,4—15,8 %). Фитомасса в верхнем горизонте (выше 50 см) достигает 14,1—19,4 % ее общего запаса. Большая часть надземной фитомассы (85 %) сосредоточена в горизонте 0—60 см.

Представляет интерес изменение соотношения между фитомассой листьев и стеблей. Наибольшая доля массы листьев (219,6 г/м<sup>2</sup>, или 82,3 %) и самая низкая доля массы стеблей (47,2 г/м<sup>2</sup>, или 17,7 %) отмечены на контрольном участке. Отношение массы листьев к массе стеблей 4,6 : 1. Значительное преобладание фитомассы листьев связано с тем, что в травостое доминирует разнотравье с крупными листьями (*Alchemilla murbeckiana*, *Trollius europaeus* и др.).

При внесении возрастающих доз азотных удобрений в травостое изменяется соотношение как массы отдельных видов, так и основных компонентов надземной фитомассы. Такие изменения наиболее существенны в варианте VI, где фитомасса листьев достигает 383,4 г/м<sup>2</sup>, а стеблей — 255,6 г/м<sup>2</sup>. Причем отношение массы листьев к массе стеблей становится 1,5 : 1. В этом случае доля листьев увеличивается в 1,8 раза, а стеблей — в 5,4 раза по сравнению с контрольным участком. Такое резкое возрастание массы стеблей по отношению к массе листьев связано, с одной стороны, со снижением в травостое доли крупнолистного разнотравья, а с другой — с увеличением доли злаков (Гребенщикова, Работнов, 1974; Работнов, 1973), у которых при внесении минеральных удобрений возрастает количество генеративных побегов, отличающихся меньшей облиственностью.

Внесение удобрений оказывает значительное влияние и на вертикальное распределение подземной фитомассы. Как на контрольном участке, так и при внесении разных доз азотных удобрений, основная масса корневых систем (73,1—85,5 %) сконцентрирована в верхнем (0—5 см) слое. По мере перехода к более глубоким горизонтам запас подземной фитомассы резко снижается. В первые два года он возрастает преимущественно за счет освоения корневыми системами поверхностного (0—10 см) слоя почвы, так как здесь сосредоточены вносимые питательные вещества. В последующие годы наблюдается снижение продуктивности подземной массы, особенно в вариантах V, VI. На контрольном участке в горизонте 0—10 см содержится 1146,0—1303,8 г/м<sup>2</sup> фитомассы (83,8—89,0 %), а в варианте VI — 1921,3—2676,5 г/м<sup>2</sup> (90,7—92,4 %). Особенно существенно изменился запас подземной фитомассы в горизонте 20—30 см. На контрольном участке здесь сосредоточено 96,0 г/м<sup>2</sup> (7,0 %), а в варианте VI — 20,0 г/м<sup>2</sup> (0,7 %) фитомассы. Следовательно, при внесении удобрений развитие корневых систем вглубь прекращается, запас массы подземных органов в горизонте 20—30 см уменьшается в 4,8 раза по сравнению с контрольным вариантом.

**Изменение биологической продуктивности суходольного луга  
в результате четырехлетнего внесения удобрений**

Вариант опыта (доза удобрений, кг/га)	Запас фитомассы, г/м <sup>2</sup>					Отношение надземной фитомассы к подземной
	надземной			подземной	общий	
	живой	мертвой *	всего			
Контроль	258,8	8,0/7,4	274,2	1465,7	1739,9	1:5,4
P60K60 (фон)	337,0	18,1/27,1	382,2	1984,3	2366,5	1:5,2
Фон+N30	348,2	29,9/40,2	418,3	2197,4	2615,7	1:5,3
Фон+N60	465,1	41,7/59,5	566,3	2280,6	2846,9	1:4,0
Фон+N90	494,3	41,6/79,1	615,0	2229,8	2844,8	1:3,6
Фон+N120	584,0	55,0/95,0	734,0	2117,5	2851,5	1:2,9

\* В числителе — прикрепленной, в знаменателе — неприкрепленной.

Нарастающие дозы азотных удобрений вызывают изменение отношения надземной массы к подземной: на контрольном участке оно составляет 1:5,4, а в вариантах V, VI — соответственно 1:3,6 и 1:2,9.

### Изменение продуктивности

Изменение биологической продуктивности суходольного луга под влиянием удобрений более ярко прослеживается по данным четвертого года наблюдений (табл. 4), когда обнаруживается и последствие доз, внесенных в первые годы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что внесение удобрений в нарастающих дозах влечет за собой увеличение общего запаса фитомассы (надземной и подземной) в 1,7 раза (1739,9 г/м<sup>2</sup> — в варианте I, 2851,5 г/м<sup>2</sup> — в варианте VI). Наименьший прирост общей биологической продуктивности отмечен под влиянием лишь фоновых фосфорно-калийных удобрений. Причем как надземная, так и подземная фитомасса в этом варианте возросла на 13,5—13,9%. Внесение низких доз азотных удобрений (вариант III) влияет незначительно на запас как надземной фитомассы (приращение составляет 144,1 г/м<sup>2</sup>, или 52,6%), так и подземной (731,7 г/м<sup>2</sup>, или 49,9%).

По мере возрастания доз азотных удобрений наблюдается существенное увеличение прироста надземной фитомассы (рис. 4). Самый значительный ее прирост отмечен при внесении максимальной дозы азота (фон+N 120 кг/га), он достиг 459,8 г/м<sup>2</sup> (167,7%). В ходе эксперимента прослежено существенное изменение соотношения агроботанических групп: если в контроле в составе травостоя преобладало разнотравье при меньшем участии злаков и незначительном — бобовых, то на четвертый год в вари-



анте VI формируется травостой в основном злакового состава. На запас подземной фитомассы удобрения оказывают менее выраженное влияние. Внесение азота в дозах 60 и 120 кг/га (на фоне РК) дает почти одинаковую прибавку соответственно 1107,0 и 1111,6 г/м<sup>2</sup> (63,6 и 63,9 %), т. е. увеличения подземной фитомассы не происходит. В целом отмечена более высокая отзывчивость надземной фитомассы на внесение возрастающих доз азота, чем подземной. Это вполне согласуется с имеющимися в литературе данными (Демин, 1970; Смелов, 1966).

Кроме того, в ходе эксперимента было прослежено влияние удобрений на запас прикрепленной и неприкрепленной мертвой фитомассы (некромассы), а также на моховой покров. Оказалось, что по мере внесения повышенных доз азотных удобрений (60—120 кг/га на фоне РК) значительно увеличивается доля некромассы. Если на участке, где удобрения не вносились, ее запас составил 15,4 г/м<sup>2</sup>, то в варианте VI он возрос до 150,0 г/м<sup>2</sup>. Это связано с более интенсивным отмиранием листьев в нижних горизонтах вследствие увеличения высоты, вертикальной расчлененности травостоя, его сомкнутости, снижения доступа света к нижним горизонтам.

Существенные изменения претерпевает моховой покров. Известно, что мхи лучше развиваются на низкопродуктивных лугах и обычно являются индикаторами бедных кислых почв. Травостой исходного опытного участка низкорослый, почва имеет кислую реакцию (рН 3,6—3,8), поэтому для роста мхов здесь сложились благоприятные условия. При внесении удобрений прослеживается закономерное снижение биомассы мхов, причем чем выше доза азотных удобрений, тем меньше развит моховой покров. Меньшая биомасса мхов отмечена в вариантах V и VI (соответственно 22,1 и 21,0 г/м<sup>2</sup>), тогда как на участке, где удобрения не вносились, она достигла 107,5 г/м<sup>2</sup>. Внесение только фоновых фосфорно-калийных удобрений на развитие мохового покрова заметного влияния не оказало.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Четырехлетний эксперимент показал, что внесение нарастающих доз азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных оказывает существенное влияние на биологическую продуктивность суходольного луга. При этом формируется более дифференцированная и совершенная вертикальная структура травостоя, что ведет к увеличению фотосинтезирующей поверхности, более полному использованию солнечной энергии и повышению биологической продуктивности, снижению доли возможных потерь надземной фитомассы при скашивании.

Общий запас фитомассы возрастает в 1,7 раза, в том числе надземной — в 2,7, подземной — в 1,4 раза. Нарастающие дозы азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных оказывают

избирательное влияние на отдельные виды, входящие в фитоценоз. Внесение азота в дозе 120 кг/га вызывает обеднение флористического состава. При этом коэффициент флористического сходства (по сравнению с контролем) снижается с 89,9 до 65 %. Меняется и соотношение агроботанических групп в составе травостоя. Во всех вариантах при увеличении доз азотных удобрений (N 60—120 кг/га) прослеживается закономерное увеличение доли злаков по отношению к разнотравью и полное подавление бобовых.

Наиболее эффективным оказалось внесение азотных удобрений в дозе 60 кг/га (по фону Р60К60), под влиянием которых на четвертый год формируется качественно новый, высокопродуктивный разнотравно-злаковый луговой фитоценоз.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алтунин Д. А. Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1983. 144 с.

Бахарь М. Ф., Рабцевич Г. П. Повышение продуктивности сенокосов. Минск: Урожай, 1983. 80 с.

Гребенщикова Н. В., Работнов Т. А. Влияние агрохимических приемов на состав фитоценозов сеяных суходольных лугов // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. 1974. № 1. С. 57—64.

Демин А. П. Подземная масса луговой растительности поймы р. Оки и воздействие на нее удобрений // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1970. № 6. С. 79—85.

Друзина В. Д., Кириллова В. П., Макаревич В. Н., Титов Ю. В. Реакция суходольного луга на минеральные удобрения. Л.: Наука, 1987. 160 с.

Ларин И. В. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. Л.: Колос, 1969. 550 с.

Работнов Т. А. Влияние минеральных удобрений на луговые растения и луговые фитоценозы. М.: Наука, 1973.

Ромашов П. И. Удобрение сенокосов и пастбищ. М.: Колос, 1969. 184 с.

Смелов С. П. Теоретические основы лугового хозяйства. М.: Колос, 1966. 366 с.