

УДК 631.526.59; 155,2; 658,8

Л. И. Шофман¹, Е. Э. Абарова²

¹ РУП «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси», п. Натальевск Червеньского р-на Минской обл.

² Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СМЕНА ВИДОВ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ТРАВСТОЯХ

Приведены результаты экспериментальных данных по формированию урожаев разновозрастных травостоев. Показана изменчивость, интенсивность и плотность луговых ценозов разных лет пользования, биохимический состав отдельных видов, их роль в формировании урожая и качества травяного корма.

Введение. Для производства планируемых в Беларуси 6 млн т молока, 600 тыс. кг говядины, 500 тыс. кг свинины необходимо ежегодно производить не менее 16 млн т кормовых единиц (далее — к. ед.) и 2,6 млн т сырого растительного протеина. При этом доля травянистых кормов в общем объёме по питательной ценности должна составлять не менее 75%.

Основные источники производства травянистых кормов в республике — естественные и улучшенные сенокосы и пастбища, а также многолетние травы на пашне в системе севооборотов. При потенциальной продуктивности 9—10 т к. ед. с 1 га они используются лишь на 30—35% [1].

Корма травянистой группы — самые дешёвые и (при соблюдении всех технологических операций заготовки) энергонасыщенные. Каждые 100 дол. США, вложенных в лугопастбищное хозяйство Беларуси, обеспечивают самое высокое поступление кормов — 3,2—3,7 т к. ед. и 326—766 кг протеина [2].

При создании искусственного луга (залужении) подбирают наиболее подходящие виды для разных типов почв по показателям урожайности, скороспелости, конкурентоспособности. Сочетают влаголюбивые и засухоустойчивые виды, чтобы полностью использовать условия обитания и получать более стабильный урожай по годам пользования.

Многокомпонентность — одно из условий успешного функционирования искусст-

венного луга, которое также усиливает конкурентные взаимоотношения между видами за свет и элементы питания [3], [4].

Старовозрастные травостои мало чувствительны к изменениям внешних условий, а фитоценотически молодой травостой не равновесен, изменчив, способен к быстрой саморегуляции [5]. Именно поэтому прикладные исследования по луговодству должны дополняться знаниями сопутствующих отраслей, в частности, геоботаники, что позволит совершенствовать познания о функционировании такой сложной экосистемы, как травяное сообщество.

Цель исследования — установить особенности формирования урожая и его качества на разновозрастных травостоях пастбищного типа. Особое внимание уделялось побегообразованию и определению участия в нём внедрившихся видов, биохимическому составу основных компонентов ценоза и их участию в сборе белка.

Методология и методы исследования. Исследования проводились в стационарных опытах, заложенных на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта: рН_{KCl} — 5,9—6,0, содержание гумуса — 1,9—2,1%, подвижного фосфора — 150—185, калия — 189—210 мг / кг почвы. Площади делянок в старовозрастном (20 лет пользования) опыте — 66 м², в «молодом»

(6 лет пользования) — 25 м², учётная площадь — 50 и 20 м² соответственно, расположение делянок — систематическое, двухъярусное, со смещением вариантов. Объекты исследований — две травосмеси. В первую изначально включали шесть видов трав: клевер луговой Слуцкий, клевер ползучий Волат, ежа сборная Магутная, тимофеевка луговая Майская, кострец безостый Марианский 760 и фестулолиум Вик-90. В состав второй травосмеси включали три верховых (ежа сборная, тимофеевка луговая, овсяница луговая) и три низовых вида (райграс пастбищный, овсяница красная и клевер ползучий) при их разном соотношении в норме высева.

Урожай определяли методом сплошного учёта с отбором образцов для химических анализов и разбором по видовому составу. На основании фактического содержания питательных веществ рассчитывали концентрацию обменной энергии по А. И. Фицеву (2002) и Ван Сиесту (1985). Лабораторные анализы на биохимический состав травостоев и отдельных компонентов проводили согласно существующим отраслевым стандартам.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Травостой длительного пользования.

Установлено, что в старовозрастных травостоях при разной интенсивности отчуждения вегетативной массы и уровня минерального питания плотность стеблестоя варьируется в значительной степени — 638—1 752 шт. / м² (таблица 1). Наибольшее влияние на побегообразование оказывала кратность отчуждения. Снижение числа укусов уменьшало количество побегов на единице площади на 22,6—36,1%, причём среди них начинали преобладать удлиненные вегетативные и генеративные. При подкормке старовозрастных травостоев полной смесью минеральных удобрений наблюдалась обратно пропорциональная зависимость: чем выше дозы азота, тем меньше плотность стеблестоя. В варианте с внесением 60 кг д. в. / га азота на фоне РК при разной интенсивности отчуждения

формировалось максимальное количество побегов. Более высокие дозы азота снижали плотность стеблестоя на 12,8—31,0%. Экспериментально доказана возможность сохранения ценных видов в луговом агрофитоценозе более 20 лет.

С увеличением длительности использования травостоя смена видов (сукцессия) происходит более интенсивно. Количество побегов внедрившихся видов (мятлик луговой, овсяница красная, райграс пастбищный и др.) в общей структуре стеблестоя в варианте без подкормок минеральными удобрениями достигало 80,7—82,3%. Такой травостой всё больше напоминал естественный фитоценоз, характерный для супесчаных почв при техногенной системе ведения луговодства. Потребление элементов питания неудобренным травостоем обеспечивалось естественным плодородием почвы. Внесение удобрений и снижение числа скашивания замедляло сукцессионную активность регрессивного типа вплоть до полного прекращения при высоких дозах азота (180—240 кг д. в. / га).

Оптимизация структуры стеблестоя в конечном итоге направляется на повышение накопления энергии в надземной массе. Установлено энергетическое достоинство некоторых видов трав (как сохранившихся, так и внедрившихся), входящих в состав старовозрастного травостоя (таблица 2). Полученные среднестатистические данные, основанные на многочисленных анализах разных лет пользования и характеризующие вид, могут отклоняться под действием антропогенных факторов. Тем не менее на них можно ориентироваться при создании травостоев разного целевого назначения. Так, сохранившиеся в травостое сеяные злаки при некоторых различиях в показателях содержания протеина, клетчатки и других питательных веществ, обладают примерно равной концентрацией обменной энергии (далее — КОЭ) в сухом веществе (далее — СВ) (9,29—9,48 МДж / кг). У клевера ползучего этот показатель на 22,8—25,4% выше.

Т а б л и ц а 1 — Плотность стеблестоя и сукцессионная активность старовозрастных травостоев на разном уровне минерального питания

Вариант	Показатели	Интенсивность отчуждения	
		четырёхкратное	двукратное
Контроль (без удобрений)	Всего побегов, шт. / м ²	1 222	1 112
	В том числе внедрившихся видов	987	701
	% от общего количества	80,7	63,0
Р ₆₀ К ₁₈₀ — фон	Всего побегов, шт. / м ²	1 212	1 179
	В том числе внедрившихся видов	710	703
	% от общего количества	58,5	60,1
N ₆₀ + фон	Всего побегов, шт. / м ²	1 486	785
	В том числе внедрившихся видов	824	308
	% от общего количества	55,4	39,2
N ₉₀ + фон	Всего побегов, шт. / м ²	1 378	870
	В том числе внедрившихся видов	802	245
	% от общего количества	58,2	28,2
N ₁₂₀ + фон	Всего побегов, шт. / м ²	1 531	820
	В том числе внедрившихся видов	969	89
	% от общего количества	63,3	10,9
N ₁₈₀ + фон	Всего побегов, шт. / м ²	1 299	735
	В том числе внедрившихся видов	490	0
	% от общего количества	37,7	0
N ₂₄₀ + фон	Всего побегов, шт. / м ²	1 484	656
	В том числе внедрившихся видов	514	0
	% от общего количества	34,6	0

Внедрившиеся в травостой низовые злаки по энергетическому достоинству не уступали сеянным. В группе разнотравья высоким содержанием протеина и низким клетчатки выделялся одуванчик лекарственный, по показателю КОЭ приближающийся к клеверу ползучему. В пастбищных травостоях этот вид является целебным, питательным и молокогонным компонентом, хотя количественные критерии содержания его в травостое в настоящее время не определены. Пока же он является показателем запущенности пастбищ, особенно при полном доминировании и достижении фазы цветения.

Установлено, что на старовозрастных травостоях внесение только фосфорно-калийных удобрений повышает сбор сырого протеина с 1 га в 2 раза, а применение 120 кг д. в. азота на фоне РК — в 5,1 раза (таблица 3).

В сборе протеина долевое участие каждого вида различно. Так, на неудобрённом травостое 30,8% приходится на протеин внедрившихся видов. На фоне РК в общем сборе протеина 28,3% составляет протеин клевера ползучего, а в варианте N₁₂₀P₆₀K₉₀ 74,8% приходится на доминанты травостоя — ежу сборную и кострец безостый.

Многолетние исследования позволили установить, что для устойчивого сбора СВ наиболее благоприятным является двухукосный режим использования с внесением НРК (таблица 4). В среднем за 20 лет пользования травостоем двухукосное отчуждение обеспечивало более высокую урожайность (на 21,8—43,1%) по сравнению с четырёхукосным, но при этом питательность сухого вещества составляла 8,9—9,6 МДж и 0,79—0,86 к. ед. Преимущество внесения минерального азота проявлялось в течение

Т а б л и ц а 2 — Биохимический состав компонентов старовозрастного травостоя

Вид травы	Показатели							
	СВ, г/кг	Зола, %	Протеин, %	Клетчатка, %	Жир, %	БЭВ, %	КОЭ, МДж / кг СВ	К. ед. / кг СВ
Сеянные								
Ежа сборная	296,40	6,75	11,37	28,91	4,38	48,59	9,29	0,79
Тимофеевка луговая	298,00	5,76	8,32	28,02	2,84	55,06	9,48	0,83
Кострец безостый	348,10	5,11	12,68	29,20	3,90	49,11	9,31	0,80
Клевер ползучий	191,10	8,49	18,98	12,61	5,01	62,86	11,65	0,98
Внедрившиеся								
Мятлик луговой	345,90	6,03	13,99	27,83	3,35	48,80	9,50	0,83
Овсяница красная	375,10	4,76	6,99	27,57	2,17	58,51	9,54	0,92
Райграс пастбищный	303,60	6,78	13,19	27,72	4,20	48,11	9,52	0,92
Одуванчик лекарственный	181,00	10,08	9,88	14,76	6,05	59,73	11,39	0,94
Тысячелистник мелкоцветковый	268,20	10,91	13,78	15,03	4,08	56,20	11,28	0,96
Подорожник ланцетовидный	258,30	9,14	4,19	26,65	2,94	57,08	9,62	0,83

Примечание. БЭВ — безазотистые экстрактивные вещества.

Т а б л и ц а 3 — Участие видов в сборе протеина старовозрастного пастбищного травостоя 15—20-го года пользования

Источник	Контроль	P ₆₀ K ₉₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀
Сбор протеина, кг / га	133	267	681
Сеянные виды, %:			
ежа сборная	33,6	20,9	41,2
timoфеевка луговая	14,1	—	—
кострец безостый	21,5	—	37,2
клевер ползучий	—	28,3	—
Внедрившиеся виды, %:			
мятлик луговой	10,8	20,3	7,3
одуванчик лекарственный	18,2	16,8	8,1
тысячелистник мелкоцветковый	1,8	7,7	—

всех лет пользования. По сравнению с контролем даже невысокие (60—90 кг д. в. / га) дозы азота обеспечивают повышение урожайности на 23,0—38,1 ц / га. Оптимальной

следует считать дозу азота в 120 кг д. в. / га, вносимого под старовозрастной травостой в два приёма при двухкочном использовании. В этом случае окупаемость 1 кг минеральных

Т а б л и ц а 4 — Урожайность старовозрастного травостоя при разной интенсивности использования

Вариант	Частота отчуждений	Сбор СВ, ц/га		Прибавка, ц/га	Окупаемость удобрений урожаем СВ, кг	
		в среднем за 20 лет	в том числе за 20-й год		1 кг NPK	1 кг N
Контроль (без удобрений)	4	21,4	15,2	—	—	—
	2	28,5	25,7	—	—	—
P ₆₀ K ₁₈₀ — фон	4	38,5	25,4	17,1	7,2	—
	2	39,4	38,1	10,9	4,5	—
N ₆₀ + фон	4	44,4	33,8	23,0	7,7	9,9
	2	54,1	54,9	25,6	8,5	24,5
N ₉₀ + фон	4	50,2	42,4	28,8	8,7	13,0
	2	66,6	65,0	38,1	11,5	30,3
N ₁₂₀ + фон	4	52,4	49,2	31,0	8,6	11,6
	2	77,5	94,2	49,0	13,6	31,8
N ₁₈₀ + фон	4	65,5	57,4	44,1	10,5	15,0
	2	86,4	93,5	57,9	13,8	26,2
N ₂₄₀ + фон	4	74,7	73,1	53,3	11,1	15,1
	2	98,1	97,7	69,6	14,5	24,5

туков в среднем за 20 лет составила 13,6, а 1 кг азота — 31,8 кг СВ.

II. Фитоценологически молодой травостой краткосрочного пользования. Травостой создавался набором трёх верховых и трёх низовых видов, но с разным соотношением семян в норме высева при залужении. К шестому году пользования интенсивность побегообразования, характеризующая нарастание вегетативной массы, значительно менялась по укосам. Максимальное количество побегов на 1 м² отмечено во втором укосе с последующим снижением на 14,1—32,0% к третьему и четвёртому. Независимо от соотношения семян в первоначальной травосмеси, формируется типично пастбищный белоклеверо-овсяничный травостой низового типа. В общей плотности стеблестоя на долю этих доминантов приходится 57,7% всех побегов (вариант равного соотношения всех высеваемых видов). Но даже при снижении в первоначальной норме высева количества семян низовых в два раза по отношению к верховым их доля в стеблестое повышалась до 71,0%. В условиях максимальной биологизации,

без подкормок минеральным азотом, происходит естественная смена видов с преобладанием низовых с многочисленными укороченными побегами. В течение вегетации нарастание вегетативной массы связано с увеличением количества побегов и их мощностью, а снижение — с их отмиранием по укосам. Наблюдается неравномерное распределение видов в травостое, обусловленное случайностью в рассеивании семян при посеве, приживанием всходов, т. е. имеет место ярко выраженная горизонтальная неоднородность травостоя, или мозаичность. Смена видов происходит постоянно — появляются несеянные злаки, преимущественно мятлик луговой (2,5—6,6%). Более значительным было внедрение разнотравья, среди которого доминировали одуванчик лекарственный и тысячелистник мелкоцветковый (6,3—13,5% всего стеблестоя).

Рассчитаны парные коэффициенты корреляции признаков «общая плотность стеблестоя—участие видов в нём». Отмечена довольно высокая зависимость участия овсяницы красной в формирующейся вегетативной

массе. Слабая положительная связь этого признака отмечена у тимфеевки луговой, клевера ползучего и ежи сборной. Участие других видов в общей плотности стеблестоя нестабильно, изменчиво и статистически недостоверно. Следует отметить, что в пастбищной травосмеси клевер ползучий (самый ценный в кормовом плане компонент) положительно взаимодействует лишь с тимфеевкой луговой ($r = +0,395$); с прочими связь слабая и отрицательная, т. е. увеличение количества побегов клевера ползучего снижает аналогичный показатель остальных видов (таблица 5).

Агрофитоценозу из сеянных лугопастбищных трав, как любой биологической системе, присуще приспособительное поведение. Оно обусловлено двумя взаимоисключающими тенденциями: способностью стремиться к максимально большому разнообразию за счёт внедрения новых, несеянных видов под действием антропогенных факторов, с одной стороны, и способностью сокращать число видов в травостое до 1—2 доминантов, обладающих повышенной конкурентоспособностью, — с другой [6], [7].

При описании продукционного процесса многовидового сообщества, каковым является сеянный луг, существуют трудности принципиального и технического характера.

Т а б л и ц а 5 — Парные коэффициенты корреляции некоторых показателей смены видов

Группа	Участие видов	Общая плотность стеблестоя, шт. / м ²
Верховые	Ежа сборная	0,260
	Тимфеевка луговая	0,344
	Овсяница луговая	0,014
Низовые	Райграс пастбищный	-0,010
	Овсяница красная	0,547
	Клевер ползучий	0,269
Внедрившиеся	Несеянные злаки	0,201
	Разногравье	-0,030

Принципиальная разница состоит в том, что не существует систематических правил вывода математических уравнений, а процедуры их составления основываются на полуэмпирических закономерностях. Технические трудности связаны с высокой размерностью задач: требуется подбор множества уравнений для каждого вида. Из-за мозаичности размещения видов на площади в качестве основной единицы учёта выступает не масса одного растения, а масса одного побега (генеративного, удлинённого, укороченного), которая в зависимости от вида может колебаться (таблица 6).

Оптимальные параметры массы побега, при которых нарастает максимальная урожайность вегетативной массы, максимизирующей разнообразие w , можно выразить формулой

$$Y = N \int_0^w p(w) = Nm, \quad \text{где } p(w) \text{ — вероятное распределение урожая; } N \text{ — количество побегов на единице площади; } m \text{ — средняя биомасса побега.}$$

Общее количество побегов N на 1 м² можно представить в следующем виде:

$$N = \sum 1^n = 1^a \rightarrow a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n \leq 100,$$

где a_1 — ежа; a_2 — тимфеевка; a_3 — овсяница луговая; a_n — другие виды.

Эта задача линейного программирования решается заменой переменных и вводом дополнительных положительных цифр. В результате можно установить, как меняется масса побегов одних видов с изменениями других, и определить оптимальную массу одного побега, что даёт возможность создать математическую имитационную модель.

В условиях эксперимента продуктивность пастбищного травостоя и качество корма менялась по годам пользования с сильно выраженной сезонной изменчивостью. Следует отметить, что при одинаковом наборе культур (но при разном соотношении семян в норме высева) сбор СВ и энергии в пастбищном травостое колеблется в довольно широком диапазоне — 47,0—55,8 ц / га. Преобладание в травостое низовых видов

Т а б л и ц а 6 — Плотность стеблестоя и масса одного побега компонентов травостоя (среднее за 6 лет пользования)

Группа	Масса одного побега, г	Количество побегов, шт. / м ²	
		минимальное	максимальное
Верховые	0,19 ≤ ежа сборная ≤ 1,25	106	455
	0,33 ≤ тимофеевка луговая ≤ 1,21	16	148
	0,36 ≤ овсяница луговая ≤ 1,10	10	39
Низовые	0,14 ≤ райграс пастбищный ≤ 1,20	21	147
	0,10 ≤ овсяница красная ≤ 0,40	135	1 176
	0,17 ≤ клевер ползучий ≤ 0,24	166	894
Внедрившиеся	0,10 ≤ мятлик луговой ≤ 0,19	8	37
	0,25 ≤ одуванчик лекарственный ≤ 0,88	54	262
	0,09 ≤ тысячелистник многоцветковый ≤ 0,24	4	123
	0,13 ≤ пырей ползучий ≤ 1,07	10	78

повышает содержание протеина в СВ на 7,4—10,7% и незначительно снижает содержание сырой клетчатки (таблица 7), кроме того, позволяет снивелировать летнюю депрессию трав, приходящуюся на третий и четвёртый укосы.

Заключение. На основании проведённых исследований доказана возможность создания и эффективного использования в течение 20 лет высокопродуктивных травостоев на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

При ежегодной подкормке умеренными дозами азота (60—90 кг д. в. / га) на фоне РК окупаемость 1 кг минеральных туков составляет 11,5—13,6, а 1 кг азота — 30,3—31,8 кг СВ. Отчуждать такие травостой следует не больше двух раз за вегетацию.

Смена видов и интенсивность побегообразования являются важными показателями нарастания надземной массы в разновозрастных травостоях и их качественных параметров. В фитоценотически молодых травостоях пастбищного типа при включении в норму высева семян низовых видов в соотношении 2:1 к верховым при прочих равных условиях повышается сбор СВ с 1 га на 15,7%.

Список цитируемых источников

1. *Мееровский, А. С.* Оптимизация травостоев сенокосов и пастбищ / А. С. Мееровский, А. Л. Бирюкович. — Минск : Беларус. наука, 2009. — 231 с.
2. *Интенсификация и повышение эффективности кормопроизводства в новых условиях хозяйствования / В. Г. Гусаков [и др.].* — Минск : Ин-т экономики НАН Беларуси, 2008. — 92 с.

Т а б л и ц а 7 — Влияние соотношения семян в норме высева на качество пастбищного корма (2006—2011 годы)

Соотношение семян верховых и низовых трав в норме высева	Выход с 1 га			Содержание в 1 кг СВ		
	СВ, ц	к. ед., ц	ОЭ, ГДж	протеина, г	клетчатки, г	ОЭ, МДж
1:1 (по 2 млн семян каждого вида)	47,0	43,5	52,8	121	187	10,8
1:1 (по 3 млн семян каждого вида)	52,6	49,3	53,6	124	192	10,2
1:2 (6 млн семян верховых + 12 млн низовых трав)	54,4	50,1	60,6	121	208	10,5
2:1 (12 млн верховых + 6 млн низовых трав)	50,3	46,0	57,1	133	179	10,8

Примечание. ОЭ — обменная энергия.

3. *Кутузова, А. А.* Продуктивность долголетних самовозобновляющихся фитоценозов на культурных пастбищах / А. А. Кутузова, А. В. Радионова // Кормопроизводство. — 2009. — № 11. — С. 5—7.

4. *Шофман, Л. И.* Продуктивное долголетие трав / Л. И. Шофман // Земляробства і ахова раслін. — 2008. — № 2. — С. 63—66.

5. *Косолапов, В. М.* Перспективы развития кормопроизводства России / В. М. Косолапов // Кормопроизводство. — 2008. — № 8. — С. 2—10.

6. *Алешенко, Г. Н.* Некоторые вопросы моделирования разнообразия в биологических системах разных типов / Г. Н. Алешенко, Е. Н. Букварёва // Успехи соврем. биол. — 1999. — Т. III, вып. 6. — С. 803—811.

7. *Привалова, К. Н.* Продукционная и средообразующая роль самовозобновляющихся злаковых пастбищных травостоев / К. Н. Привалова // Кормопроизводство. — 2007. — № 2. — С. 6—9.

Материал поступил в редакцию 10.05.2013 г.

Results of experimental data on formation of crops of multi-aged herbage are presented. Variability, intensity and density meadow cenoses of different periods of use, biochemical structure of separate kinds, their role in formation of a crop and quality of a grassy forage are shown.