

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК**

**Всероссийский научно-исследовательский институт  
мясного скотоводства**

**Агроэнергетическая оценка производства кормов из люцерны и эспарцета**

**РЕКОМЕНДАЦИИ**

**Левахин Г. И.  
Маляренко А. Е.  
Резниченко В. Г.**

Оренбург – 2003

УДК 636.085  
ББК 42.2.  
П 92

**Рецензенты:**

Ю.И. Левахин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
В.А. Сечин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л 22 Левахин Г.И., Маляренко А.Е., Резниченко В.Г. Агроэнергетическая оценка производства кормов из люцерны и эспарцета (РЕКОМЕНДАЦИИ) / Оренбург: Изд-во ВНИИМС, 2003. – 26 с. (Утверждено на научно-методической комиссией ВНИИМС).

В рекомендациях обобщены материалы по Агроэнергетической оценке производства кормов из люцерны и эспарцета.

Расчитана на специалистов агропромышленных формирований, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов сельскохозяйственных вузов и НИИ.

### Сравнительный анализ состава и урожайности люцерны и эспарцета по фазам вегетации

На основе технологических карт возделывания культур, данных урожайности и методических рекомендаций по агроэнергетической и экономической оценке системы кормопроизводства (РСХА, ВНИИК, 1995) была рассчитана эффективность использования люцерны и эспарцета при заготовке из них сена.

Комплексная сравнительная оценка растений люцерны и эспарцета в основном проводилась в фазе бутонизации – начало цветения. В этот же период заготавливались из них и корма.

Вместе с тем в процессе проведения исследований сравнительный анализ качественных показателей был сделан и в более поздние фазы вегетации.

При проведении полевых опытов перед нами стояла задача сравнить две бобовые культуры – люцерну и эспарцет, выявить положительные и отрицательные стороны и определить их кормовой потенциал при возделывании в равных условиях сухостепной зоны на богаре.

Как показали исследования, по мере развития растений формирование урожая зеленой массы не одинаково. Более высоким он был у эспарцета. В период бутонизации выход зеленой массы этой культуры составил 78,9 ц, а в период цветения и образования семян увеличился на 8,8 и 15,5%. Повышение урожайности зеленой массы люцерны за этот период составило соответственно 10,1 и 20,8% (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зеленой массы сравниваемых культур по фазам вегетации, ц/га

Фаза вегетации	Культура	
	люцерна	эспарцет
Бутонизация	68,1±8,80	78,9±6,33
Цветение	75,0±8,60	85,9±5,40
Образование семян	82,3±7,31	91,1±6,83

Однако во все периоды развития эспарцет по урожайности превосходил люцерну на 10,7-15,9%.

В среднем же разница по выходу зеленой массы между эспарцетом и люцерной в 1998 г. составила 13,5% в пользу эспарцета.

Кроме учета урожайности в задачу исследований входило изучение химического состава как целых растений, так и отдельных их частей.

Наличие в растениях нескольких вегетативных частей, выполняющих различные функции, предполагает различия их химического состава, а их соотношение оказывает значительное влияние на кормовые достоинства получаемых кормов (Г.И.Левахин, Г.Б.Родионова, С.А.Мирошников и др., 1998).

Как известно, стебли растений, особенно высокорослых, имеют более низкую кормовую ценность, а листья и генеративные части, напротив, более питательны (М.Ф.Томмэ, 1964). Поэтому, чем больше в культуре содержится листовой и генеративной частей, тем ценней она в кормовом отношении.

По мере созревания растения структура вегетативных частей претерпевала определенные изменения (табл.2).

Таблица 2

**Динамика структуры вегетативных частей  
зеленой массы люцерны и эспарцета, %**

Фаза вегетации	Люцерна			Эспарцет		
	стебли	листья	генеративные органы	стебли	листья	генеративные органы
Бутонизация	43,4 ±0,42	53,3 ±0,63	3,3 ±1,02	41,1 ±0,92	47,7 ±0,47	11,2 ±0,79
Цветение	44,4 ±0,87	50,0 ±0,57	5,6 ±0,74	43,5 ±0,51	44,3 ±1,12	12,2 ±0,81
Образование семян	45,4 ±1,02	46,4 ±0,84	8,2 ±0,67	46,9 ±0,96	38,0 ±0,83	15,1 ±0,77

В частности, стеблевая часть люцерны по мере созревания увеличивалась на 1,0-5,8%, а доля генеративных органов - на 2,3-4,9%, у эспарцета соответственно на 2,4-5,8 и 1,0-3,9%. Количество листьев, наоборот, снижалось у первых на 3,3-6,9%, у вторых – на 3,4-9,7%.

Сравнение растений по фазам вегетации подчеркнуло преимущественные стороны культур. Так, надземная часть эспарцета в фазу бутонизации состояла на 41,1% из стеблей, что на 2,3% меньше, чем у люцерны, а в фазу цветения разница сократилась до 0,9%. В период образования семян процентное содержание стеблей в растениях эспарцета на 1,5% превышало аналогичный показатель люцерны.

Заметные различия имелись по генеративным органам растений. Наименьшая их доля в анализируемые фазы была у люцерны. Так в фазу бутонизации и цветения разница составила 7,9 и 6,6% , а при образовании семян – 6,9% в пользу эспарцета.

Наибольшее количество листьев было зафиксировано у люцерны и составило в фазу бутонизации 53,3%, а цветения и образования семян - 50,0 и 46,4%, что соответственно на 5,6; 5,7 и 8,4% выше, чем у эспарцета.

**Динамика химического состава и качества протеина  
зеленой массы культур**

По мере развития в растениях отмечаются заметные изменения как в структуре отдельных вегетативных частей (А.Г.Ларионов, 1952; Е.И.Ильина, 1969; Г.И.Левахин, 1996), так и в химическом составе (М.Ф.Томмэ, 1964; А.К.Кудашев, 1978).

Изучение химического состава растений позволяет наиболее полно определить динамику их питательной ценности, изменяющуюся в процессе вегетации.

Наряду с накоплением сухого вещества, в растениях отмечается увеличение содержания безазотистых экстрактивных веществ и клетчатки. При этом обнаруживается отрицательная корреляционная связь между содержанием клетчатки и уровнем протеина (Ф.И.Димменитийн и др., 1958; В.Н.Баканов и др., 1977).

Результаты исследований показали, что динамика химического состава в сравниваемых культурах была не одинаковой и это, прежде всего, относилось к содержанию сухого вещества (табл.3).

Таблица 3

Динамика содержания сухого вещества  
в растениях сравниваемых культур, %

Вегетативная часть	Фаза вегетации		
	бутонизация	цветение	образование семян
<b>Люцерна</b>			
Целое растение	26,85	30,18	34,97
Стебли	26,73	32,47	38,30
Листья	27,00	29,15	33,90
Генеративные органы	25,90	27,83	31,01
<b>Эспарцет</b>			
Целое растение	25,93	28,20	32,58
Стебли	24,49	30,00	35,62
Листья	25,90	27,02	29,16
Генеративные органы	24,76	26,09	28,64

Так, количество сухого вещества в целом растении от фазы бутонизации до образования семян увеличилось в люцерне на 8,12%, а в эспарцете - на 6,65%.

Накопление сухого вещества в испытуемых культурах проходило, в основном, за счет стеблей и листьев. Изменение этого показателя за счет генеративных частей у эспарцета было незначительным и составляло 3,88%, тогда как у люцерны – 5,11%.

В разных частях растений увеличение количества сухого вещества шло примерно одинаково с некоторым преобладанием содержания этого показателя в фазу бутонизации в листьях, а при цветении и образовании семян в стеблях.

Анализ динамики химического состава растений показал, что во все рассматриваемые фазы вегетации содержание сухого вещества в люцерне, выращиваемой на багаре на 0,92-2,39% выше, чем в растениях эспарцета.

С возрастом характерные изменения наблюдались и в химическом составе сухого вещества растений, которые, прежде всего, выражались в снижении количества протеина и увеличении доли клетчатки (табл.4, прил.1).

Динамика химического состава сухого вещества люцерны и эспарцета, %

Показатель	Люцерна			Эспарцет		
	бутонизация	цветение	образование семян	бутонизация	цветение	образование семян
Органическое вещество	90,62	93,79	93,26	92,08	94,30	94,17
Сырой протеин	22,03	18,74	15,46	20,68	16,86	14,76
Сырой жир	2,54	2,70	2,77	2,49	2,65	2,68
Сырая клетчатка	19,22	22,20	30,50	20,82	23,81	29,84
БЭВ	46,83	50,15	44,53	48,09	50,98	46,95

В сухом веществе люцерны содержание БЭВ в период цветения повысилось на 3,32%, а при образовании семян, напротив, снизилось на 5,62%. Изменение данного показателя в сухом веществе эспарцета произошло соответственно на 2,89 и 4,03%.

Сравнительная оценка химического состава испытуемых культур показала, что во все фазы вегетации люцерны по сравнению с эспарцетом больше содержит протеина и жира соответственно на 0,07-1,88 и 0,05-0,09%, а клетчатки и БЭВ на 1,6 и 0,83-2,42% меньше, кроме фазы образования семян, где сырой клетчатки в сухом веществе люцерны на 0,66% выше, чем в эспарцете.

В период цветения содержание протеина по отношению к эспарцету было больше в люцерне на 1,88%, а клетчатки соответственно меньше на 1,60%.

В фазе образования семян процесс синтеза БЭВ в растениях эспарцета шёл более интенсивно, что привело к увеличению разницы по этому питательному веществу до 2,42%. При этом различия по содержанию протеина между испытуемыми культурами несколько снижаются, а по содержанию клетчатки преимущество переходит к люцерне.

Изменения количества питательных веществ в сухом веществе характеризовалось не только динамикой отдельных питательных веществ, но и их перераспределением между вегетативными частями растения (табл.6, прил.2).

В частности, листья и генеративные органы по сравнению со стеблевой частью, независимо от фазы вегетации, содержали в своем составе больше протеина и жира, но меньше сырой клетчатки.

Так, в фазу бутонизации в листовой части люцерны содержалось протеина на 19,57%, а в бутонах на 19,96% больше, чем в стеблях. В то же время количество клетчатки было соответственно на 18,76 и 13,20% меньше. Аналогичная закономерность обнаруживается и у эспарцета, у которого содержание протеина в листьях на 15,08% выше, чем в стеблевой части, а сырой клетчатки на 17,46% меньше.

В фазу цветения и образования семян наряду с увеличением количества клетчатки, в надземных частях растений увеличилось процентное содержание БЭВ при одновременном снижении жира и протеина. Массовая доля азотсодержащих веществ в этот период приходилась на листья и генеративные части, которые в среднем на 16,5% превосходили по этому показателю стебли и сохраняли в своем составе более 20% всего протеина целого растения.

Таблица 5

Динамика химического состава сухого вещества  
вегетативных частей люцерны и эспарцета, %

Вегетативная часть	Люцерна				Эспарцет			
	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	БЭВ	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	БЭВ
<b>Бутонизация</b>								
Стебли	10,94	2,52	29,65	49,19	11,97	1,53	30,68	48,62
Листья	30,51	3,85	10,89	45,05	27,05	3,33	13,22	48,01
Бутоны	30,90	2,88	16,45	44,61	25,60	2,41	16,99	46,57
<b>Цветение</b>								
Стебли	9,58	1,86	34,31	49,63	8,11	2,00	34,05	51,99
Листья	26,05	3,42	11,56	50,84	24,32	3,28	13,99	52,68
Цветки	26,21	2,92	21,23	48,19	28,03	2,71	22,98	52,37
<b>Образование семян</b>								
Стебли	6,43	2,03	43,8	39,78	6,72	7,14	39,17	45,23
Листья	22,96	3,40	20,16	48,12	23,17	2,81	21,08	46,67
Семена	23,03	2,98	17,44	50,06	18,63	3,00	22,90	53,02

Следует отметить, что в отдельные фазы вегетации по содержанию протеина люцерна несколько превосходила эспарцет.

Так, если в фазу бутонизации химический состав стеблей испытываемых культур был практически одинаков, то листья и бутоны люцерны содержали в своем составе протеина на 3,46-5,30% больше. Более высокое содержание азотсодержащих веществ в листьях люцерны характерно и для фазы цветения.

К фазе образования семян протеиновая ценность стеблей и листьев обеих культур выравнивается, а имеющаяся разница по этому показателю в генеративных частях не оказывает существенного влияния на содержание азотсодержащих веществ в целых растениях.

В этот период достаточно четко проглядывается тенденция к более интенсивному накоплению клетчатки, содержание которой в стеблях люцерны было на 4,63% выше, чем у эспарцета, а в семенах, напротив, на 5,46% меньше. В свою очередь стебли и генеративные части эспарцета преобладали по содержанию БЭВ и превосходили люцерну на 5,45 и 2,96% соответственно.

Рассматривая вопрос о синтезе углеводов, к которым, как известно, относится и клетчатка, следует отметить, что растения люцерны и эспарцета содержали незначительное количество легкогидролизуемых углеводов, хотя и здесь наблюдались некоторые различия (табл.6).

Таблица 6

## Динамика содержания сахара и крахмала в различных частях растений, %

Вегетативная часть	Бутонизация		Цветение	
	сахар	крахмал	сахар	крахмал
<b>Люцерна</b>				
Целое растение	2,01	2,16	1,21	3,27
Стебли	4,04	2,18	2,37	2,80
Листья	0,46	3,09	0,20	3,71
Генеративные органы	0,28	1,83	1,15	2,33
<b>Эспарцет</b>				
Целое растение	3,17	2,26	3,70	3,01
Стебли	2,70	1,65	2,01	1,98
Листья	3,83	3,03	0,95	4,20
Генеративные органы	2,12	1,23	3,25	2,18

Так, если в фазу бутонизации целое растение люцерны содержало сахара на 1,16% меньше, чем эспарцет, то в период цветения разница не превышала 0,49%. Кроме того, по мере созревания растений отмечалась общая тенденция к снижению количества сахара (на 0,80-1,47%) и увеличению удельной доли крахмала (на 0,75-1,11%).

Анализ химического состава вегетативных частей испытуемых растений показывает, что сахар локализовался в основном в стеблях, а крахмал - в листовой части.

В фазу бутонизации стебли люцерны по сравнению с эспарцетом содержали сахара на 1,34% больше, тогда как в листовой части и бутонах по величине этого показателя превосходством обладал эспарцет. При этом разница составляла соответственно 3,37 и 1,84%, при практически одинаковом количестве крахмала.

В период цветения культур движение БЭВ происходило несколько иначе. В результате перераспределения сахаристых веществ, наибольшее их количество сосредотачивалось в генеративных органах, причем цветы эспарцета содержали их на 2,1% больше. Наибольшее содержание крахмала по-прежнему наблюдалось в листовой части.

В связи с тем, что люцерна и эспарцет являются бобовыми культурами, обладающими значительным потенциалом протеина, изучение качественных показателей азотсодержащих веществ в их составе приобретают особый интерес.

В соответствии с современными требованиями оценки качества кормов для жвачных животных, важное значение приобретает качественная характеристика протеина (табл.7).

Таблица 7

## Переваримость сухого вещества (in vitro) и качественная характеристика протеина люцерны и эспарцета

Вегетативная часть	Бутонизация			Цветение			Образование семян		
	переваримость сухого вещества (in vitro)	качество протеина		переваримость сухого вещества (in vitro)	качество протеина		переваримость сухого вещества (in vitro)	качество протеина	
		растворимость	расщепляемость		растворимость	расщепляемость		растворимость	расщепляемость
<b>Люцерна</b>									
Целое растение	73,40 ±0,30	38,07 ±0,73	73,72	69,31 ±0,71	35,57 ±0,89	70,83	61,88	33,20±0,33	68,16
Стебли	64,86 ±0,26	39,55 ±0,64	72,00	58,96 ±0,21	32,40 ±0,68	69,10	50,36	30,89±0,71	66,15
Листья	83,35 ±0,18	42,73 ±0,53	75,20	78,02 ±0,41	38,71 ±0,71	72,30	74,82	36,20±0,62	69,73
Генеративные органы	80,27 ±0,31	35,44 ±1,02	72,40	73,70 ±0,52	29,16 ±1,16	71,50	52,43	29,05±0,85	70,46
<b>Эспарцет</b>									
Целое растение	73,55 ±0,56	34,63 ±0,84	70,84	69,14 ±0,29	29,10 ±0,33	69,79	60,91	27,40±0,81	66,02
Стебли	68,15 ±0,18	32,18 ±0,73	70,10	63,40 ±0,46	29,07 ±0,74	68,73	67,06	26,73±0,64	65,70
Листья	78,92 ±0,14	38,03 ±0,63	71,40	74,50 ±0,40	30,15 ±0,51	70,70	68,34	29,18±0,76	66,35
Генеративные органы	76,81 ±0,18	29,18 ±1,21	71,20	70,10 ±0,61	25,40 ±1,01	70,28	54,18	25,03±0,96	66,17

Как показали наши исследования, переваримость сухого вещества целых растений обеих культур была довольно высокой и практически одинаковой. Однако при сравнении этого показателя для вегетативных частей наблюдались некоторые отличия. Наиболее высокая переваримость сухого вещества была присуща листовой части люцерны. Так, в фазу бутонизации это превосходство составило 4,43%, цветения – 3,52% и образования семян – 6,48%. Генеративные органы люцерны в фазах бутонизации и цветения тоже переваривались соответственно на 3,46 и 3,60% лучше за исключением переваримости семян, которая была 1,75% выше у эспарцета. В тоже время переваримость стеблей эспарцета во все анализируемые фазы была на 3,29; 4,44 и 16,7% выше, чем у люцерны.

В процессе физиологического созревания с фазы бутонизации до образования семян переваримость сухого вещества люцерны снижалась на 11,52%, а у эспарцета - на 12,64%.

Одним из важнейших показателей характеризующих кормовую ценность культур является качество протеина, определяемое по его растворимости и расщепляемости.

Растворимость – физическое свойство азотсодержащих соединений корма переходит в жидкости рубца в растворимое состояние. Этот показатель отражает скорость, с которой происходит расщепление азотистых веществ и его важно знать для создания оптимальных условий переваривания протеина в рубце (Н.Г. Григорьев, А.И. Фицев, Ф.В. Воронкова, 1985).

Наши исследования показали, что растворимость сырого протеина целого растения эспарцета по сравнению с люцерной на протяжении всей вегетации была ниже, а её разница в период бутонизации составила 3,4%, цветения – 6,5 и образования семян на 5,8%. Наибольшее количество легкорастворимых фракций было зафиксировано в листьях и стеблях люцерны в период бутонизации растений, где они на 4,70 и 7,37% превосходили соответствующие части эспарцета.

По мере созревания люцерны количество легкорастворимых фракций в целых растениях уменьшилось на 4,87%, а в стеблях, листьях и генеративных органах соответственно на 8,88%; 6,53 и 6,09%.

Аналогичная закономерность характерна и для эспарцета, в целом растении которого растворимость протеина снизилось на 7,23%, а в вегетативных частях на 4,15-8,85%.

Следует отметить, что высокая концентрация растворимых протеинов в листьях растений характерна для обеих испытываемых культур во все фазы вегетации. Вероятно, это объясняется интенсивным течением синтеза в процессе, которого в значительном количестве используются подвижные формы азотсодержащих веществ.

Расщепляемость, представляющая собой способность протеина корма под действием протеолитических ферментов микроорганизмов рубца распадаться до более простых форм, характеризует, с одной стороны, доступность азота корма для микроорганизмов, а с другой - количество протеина, которое, минуя рубец, может быть использовано в кишечнике. В новой системе оценки протеина для

жвачных животных расщепляемость является одним из наиболее важных показателей его качества.

Результаты исследований показали, что расщепляемость сырого протеина целого растения люцерны снижалась на 5,6%, а стеблей, листьев и генеративных органов соответственно на 5,85; 5,47 и 1,94%. Аналогичная закономерность характерна и для целого растения эспарцета, величина расщепляемости протеина которого к фазе образования семян снизилась на 4,82%, а его стеблей, листьев и генеративных частей соответственно на 4,40; 5,05 и 5,03%.

Из вышеизложенного следует заключить, что степень распадаемости протеина зеленой массы эспарцета несколько ниже люцерны и во многом зависит от фазы вегетации растений.

### Энергетическая ценность зеленой массы

Результаты исследований показали, что в сухом веществе люцерны и эспарцета содержится примерно одинаковое количество валовой энергии. Причем следует отметить, что её концентрация в отдельных вегетативных частях была практически равномерной на протяжении всего периода вегетации с некоторым увеличением в генеративных частях исследуемых культур в фазе образования семян.

Однако содержание в испытуемых культурах доступной для обмена энергии имело некоторые особенности (табл.8).

Таблица 8

Динамика содержания обменной энергии в растениях люцерны и эспарцета, МДж

Вегетативная часть	Фаза вегетации		
	бутонизация	цветение	образование семян
<b>Люцерна</b>			
Целое растение	11,35	10,70	9,56
Стебли	9,45	8,99	7,47
Листья	12,80	12,05	11,85
Генеративные части	12,94	12,17	8,16
<b>Эспарцет</b>			
Целое растение	11,30	10,67	9,37
Стебли	10,13	9,70	8,53
Листья	12,20	11,71	10,69
Генеративные части	11,75	10,51	8,68

Так, если в сухом веществе целых растений периода бутонизации КОЭ была примерно одинаковой, то по мере смены фенологических фаз она снижалась. Причём, у люцерны к фазе цветения потери энергии составили около 5,7%, то к образованию семян – 15,8%, у эспарцета соответственно 5,6 и 17,1%.

В целом, в фазу бутонизации оба растения обладая высокой концентрацией обменной энергии, являются весьма ценными кормовыми культурами. В фазу

цветения растений энергетическая ценность изучаемых культур остается довольно высокой. При этом эспарцет содержал несколько большее количество валовой энергии, но доступность её для обмена была несколько ниже, чем у люцерны.

Более высокая урожайность зеленой массы эспарцета обусловила увеличение выхода обменной энергии с одного гектара посевной площади по сравнению с люцерной (табл.9).

Таблица 9

**Динамика выхода обменной энергии при уборке  
на зеленый корм, ГДж/га**

Культура	Фаза вегетации		
	бутонизация	цветение	образование семян
Люцерна	20,75	24,22	27,51
Эспарцет	23,12	25,85	27,81

Так, выход обменной энергии с 1 га посевов в фазу бутонизации эспарцета составил 23,12 ГДж, что на 2,37 ГДж или 11,42% выше, чем у люцерны. Однако к фазе образования семян величина данного показателя обеих испытываемых культур стала практически одинаковой.

**Агроэнергетическая оценка испытываемых культур**

Наряду с традиционным методом экономической оценки на стадии разработки и совершенствования способов выращивания и заготовки кормов, наиболее объективную информацию дает биоэнергетический метод. Он позволяет получить широкое признание в мире как универсальный способ оценки потоков антропогенной энергии в агроэкосистемах, позволяющий все разнообразие живого и овещественного труда выразить в единых показателях в соответствии с международной системой “Сu” в джоулях (Дж). В связи с этим следует учитывать, что влияние антропогенных факторов на агроэкосистемы принято оценивать агроэнергетическим методом (Б.П.Михайличенко, А.А.Кутузова и др., 1995).

Используя данный метод на стадии исследований, можно проводить сравнение разнообразных технологий, культур и систем кормопроизводства при различных уровнях антропогенных вложений по совокупным энергозатратам на 1 гектар или на единицу корма. Кроме того, этот метод позволяет раскрыть научно-обоснованные подходы к совершенствованию технологий и систем кормопроизводства с целью изыскания способов энерго- и ресурсосбережения (В.Р.Волобуев, 1974; С.А.Алиев, 1985; Г.А.Булаткин, 1991; Г.А.Булаткин, В.В.Ларионов, 1992).

Механизм вычисления агроэнергетического коэффициента полезного действия предельно прост – необходимо суммировать все затраты энергии на производство культур и соотнести их с энергетической ценностью урожая.

### **Агроэнергетическая оценка производства зеленой массы**

Основанием для проведения агроэнергетической оценки являлись технологические карты производства зеленой массы испытуемых культур, на основе которых были рассчитаны затраты совокупной энергии в расчете на 1 га посевной площади (табл.10,11, прил.2).

Затраты совокупной энергии определяли по следующим статьям: машины и движители, семена, минеральные удобрения, горюче-смазочные материалы, гербициды и живой труд.

Сходная агротехника выращивания люцерны и эспарцета, а также одинаковый набор сельскохозяйственных машин и оборудования предопределили одинаковые затраты энергии на посев и производство зеленой массы в первый и последующие годы исследования.

В год посева культур затраты были самыми высокими в связи с основной обработкой почвы и затратами на семена, которые составляли соответственно – 40,1 и 25,3%. Наибольший удельный вес в структуре энергозатрат при посеве занимали горюче-смазочные материалы (29,60), машины и оборудование (17,8%) и, как уже упоминалось, семена. Доля затрат энергии на удобрения и гербициды составляла в среднем соответственно 13,4 и 10,1%, а на живой труд не превышала 4,0%.

Использование семенного материала, имеющего разные энергетические эквиваленты, способствовало разным затратам энергии на посев. Многолетние исследования, проведенные во ВНИИМСе, показали, что на 1 га площади посева затрачивается 11 кг семян люцерны и 45 кг эспарцета. Если учесть, что энергоемкость семян люцерны и эспарцета составляет соответственно 178 и 44 МДж (ВНИИК, 1995) то общие затраты энергии на семена в условиях засушливой зоны Южного Урала составляют для люцерны 1958 МДж/га, а эспарцета 1980 МДж/га (в среднем составляет 1969,0 МДж/га).

Затраты энергии при производстве зеленой массы на кормовые цели рассчитывали для каждого года использования с учетом посева и затрат на возделывание в предшествующие годы (прил.9). В таблице 32 показаны энергозатраты при возделывании культур на зеленый корм. Как и при посеве, наибольшие энергозатраты при производстве зеленой массы в первый год пользования занимали горюче-смазочные материалы (29,9%), машины и оборудование (29,0 и 28,8%). На удобрения и гербициды затрачивалось чуть меньше – 21,1 и 15,7% соответственно, а затраты труда повысились до 4,5-4,6%.

Учет затрат совокупной энергии обуславливается и технологическими операциями возделывания культур. Так, на обработку почвы и внесение удобрений, включая и гербициды, затрачивалось 3718,7 МДж/га, или 74,9% антропогенной энергии, а на уборочный цикл - в среднем 1247,1 МДж/га, или 25,1%.

Таблица 10

Затраты совокупной энергии на посев испытываемых культур, МДж/г (в год посева)

Период работы	С/х машины и оборудование	Семена	Удобрения			ГСМ	Гербициды	Живой труд	Итого	
			всего	фосфорные	калийные				МДж/га	%
Основная обработка почвы и внесение удобрений	641,2		1048,0	696,0	352,0	1211,5	—	192,6	3093,3	40,10 (в среднем)
Предпосевная обработка почвы	470,4		—	—	—	678,8	780,0	65,2	1994,4	25,85 (в среднем)
Посев: люцерна	259,08	1958	—	—	—	256,62	—	46,72	2520,42	33,13
Итого:										
МДж/га	1370,68	1958	1048,0	—	—	2147,02	780	303,52	7608,12	100
%	18,02	25,74	13,78	—	—	28,22	10,25	3,99	100	—
Посев: эспарцет	277,16	1980		—	—	425,6	—	53,21	2735,97	34,97
Итого:										
МДж/га	1388,76	1980	1048	—	—	2315,9	780	311,01	7823,67	100
%	17,75	25,30	13,39	—	—	29,60	9,97	3,98	100	—

Таблица 11

Затраты совокупной энергии при производстве зеленой массы, МДж/га (за 1 год использования)

Период работы	С/х машины и оборудов ание	Удобрения			ГСМ	Гербици ды	Живой труд	Итого	
		Всего	фосфор ные	калийн ые				МДж/га	%
Обработка почвы и внесение удобрений	635,6	1048,0	696,0	352,0	1079,32	780,0	175,79	3718,71	74,89 (в среднем)
Уборка: люцерна (ф.бутонизации)	790,2	—	—	—	374,21	—	44,39	1208,8	24,53
Итого: МДж/га	1425,8	1048,0	—	—	1453,53	780,0	220,18	4927,51	100
%	28,94	21,27	—	—	29,50	15,30	4,47	100,0	—
люцерна (фаза цветения)	796,0	—	—	—	405,83	780,0	46,82	1248,65	25,14
Итого: МДж/га	1431,6	1048,0	—	—	1485,15	780,0	222,61	4967,36	100
%	28,82	21,10	—	—	29,90	15,70	4,48	100,0	—
эспарцет (ф. бутонизации)	793,1	—	—	—	400,56	—	45,6	1239,26	24,99
Итого: МДж/га	1428,7	1048	—	—	1479,88	786	221,39	4957,97	100
%	28,82	21,14	—	—	29,85	15,73	4,47	100	—
эспарцет (фаза цветения)	819,2	—	—	—	416,37	—	56,55	1292,12	25,79
Итого: МДж/га	1454,8	1048	—	—	1495,69	780	232,34	5010,83	1000
%	29,03	20,92	—	—	29,85	15,57	4,64	100	—

В тоже время фаза вегетации и урожайность культур незначительно повлияли на уровень затрат энергии при транспортировке зеленой массы. Оказалось, что на производство зеленой массы испытуемых культур в 1 год пользования с учетом посева затрачено 17,54 и 12,78 ГДж/га.

На уровень энергозатрат существенно влияют сроки использования травостоев на кормовые цели. Бобовые травостои используются 2-3 года, но следует учесть, что в разные годы жизни они дают не одинаковый урожай, отсюда и разный выход обменной энергии с 1 га (прил.9).

В первый год использования культур (2 год жизни) зафиксирован самый высокий сбор сухого вещества и выход энергии. В следующие годы урожайность постепенно снижалась и на 3 год использования культур она уменьшилась на 41,3-45,9%.

В частности, при возделывании люцерны на зеленый корм урожайность сухого вещества в 1 год использования составила 35,01 ц/га, а в последующие 2 года – 29,70 и 24,78 ц/га. Средняя урожайность за год составила –29,83 ц/га.

Установлено, что энергозатраты при возделывании многолетних бобовых культур на корм с каждым годом увеличиваются. Так, если в 1 год использования затраты составляли с учетом посева 12,54 и 12,78 ГДж/га, то ко 2 и 3 году они увеличились в среднем на 4,94 и 9,89 ГДж/га соответственно.

Изменения в энергетической ценности урожая и затрат совокупной энергии не могли не сказаться на коэффициентах энергетической эффективности. Так, агроэнергетический коэффициент имел тенденцию к снижению в зависимости от года пользования культурой (прил.9). В частности, в 1 год использования травостоя люцерны и эспарцета он был самым высоким – 3,02 и 2,83%, а к 3 году снизился до 1,16 и 1,06%.

Одной из задач исследований являлась агроэнергетическая оценка выращивания люцерны и эспарцета на зеленый корм. Неодинаковая урожайность испытуемых культур и влажность зеленой массы повлияли на выход сухого вещества с 1 га, который был выше у эспарцета. Имея неодинаковые затраты энергии на производство зеленой массы, и разную энергетическую ценность урожая испытуемые культуры обладали различными коэффициентами энергетической эффективности возделывания (табл.12).

Таблица 12

Оценка агроэнергетической эффективности  
выращивания зеленой массы (в 1 год произрастания)

Показатель	Люцерна	Эспарцет
Урожайность, кг/га: сухого вещества	1828,5	2045,9
Энергетическая ценность 1 кг СВ, МДж	11,35	11,30
Затраты энергии на производство, ГДж/га	12,54	12,78
Энергетическая ценность урожая, ГДж/га	20,75	23,12
Агроэнергетический коэффициент	1,66	1,81

Так, в фазу бутонизации выход сухого вещества эспарцета с 1 га был выше на 11,9%, чем у люцерны, что соответственно повлияло и на энергетическую ценность, которая увеличилась на 2,37 ГДж/га, или на 11,4%.

Агроэнергетические коэффициенты были положительными у обеих культур и различались только на 0,15% в пользу эспарцета в период бутонизации.

При сопоставлении полученных данных выявлено, что в сухостепной зоне Южного Урала возделывание эспарцета на богаре, при получении лишь одного укоса обладает более высоким агроэнергетическим коэффициентом на производство обменной энергии.

При анализе полученных результатов по технологическим операциям и статьям расхода ресурсов выявлены наиболее энергоемкие элементы (ГСМ, машины и оборудования, семена), что позволяет более целенаправленно разрабатывать пути их снижения.

### **Агроэнергетическая оценка производства сена**

Для технического оснащения процессов заготовки сена необходимо совершенствовать технологию его приготовления с целью повышения качества, снижения потерь и затрат труда. Успешное проведение сеноуборочных работ зависит от рационального использования техники в хозяйствах, которые определяются своевременным и правильным решением организационных вопросов (М.А.Смурыгин и др., 1986; В.Р.Лесницкий, 1988).

Оценка сравниваемых культур при заготовки из них сена проводилась на основании расчетов затрат на производство и выхода сухого вещества.

В данном случае затраты энергии на заготовку сена складывались из затрат энергии на посев, обработку почвы и внесения удобрений на второй год жизни растений и собственно заготовки.

Технология приготовления сена несколько отличалась от уборки культур на зеленый корм, хотя затраты на посев и выращивание оставались неизменными (табл.13, прил.3).

Так, в сеноуборочные работы входило: кошение в валки (38,2-43,5%), подбор валков (16,3-17,0%), отвоз сена (33,8-37,9%) и скирдование (6,4-6,9%). Общие энергозатраты на заготовку сена (без учета посева) составили – 5806,7-6099,94 МДж/га, что на 841,6-1128,8 МДж/га, или на 17,23-22,74% больше, чем при заготовке зеленой массы.

Анализ данных табл.13 показывает, что наибольший удельный вес в структуре энергозатрат при производстве сена занимали, как и при заготовке зеленой массы, горюче-смазочные материалы (33,1%) и машины с двигателями (29,8-30,9%). Затраты на удобрения и гербициды оставались на прежнем уровне, но затраты труда увеличились до 5,7-5,9%.

Таким образом, на производство сена антропогенной энергии в целом затрачивается на 6,6% больше, чем при заготовке зеленой массы из этих культур, что связано с увеличением количества технологических операций.

Таблица 13

## Затраты совокупной энергии на заготовку сена из многолетних бобовых трав, МДж/га

Период работы	С/х машины и оборудо вание	Удобрения			ГСМ	Гербици ды	Живой труд	Итого	
		Всего	фосфор ные	калийн ые				МДж/га	%
Обработка почвы и внесение удобрений	635,6	1048,0	696,0	352,0	1079,32	780,0	175,79	3718,71	62,53 (в среднем)
Уборка (люцерна)	1095,34	—	—	—	837,93	—	155,22	2088,49	35,96
Итого: МДж/га	1730,94	1048,0	—	—	1917,25	780	331,01	5807,2	100
%	29,81	18,05	—	—	33,02	13,43	5,70	100	—
Уборка (эспарцет)	1245,81	—	—	—	943,37	—	186,05	2375,23	100
Итого: МДж/га	1880,81	1048,0	—	—	2022,69	780,0	361,84	6093,94	100
%	30,86	17,20	—	—	33,19	12,80	5,94	100	—

В год проведения исследований затраты на весь цикл работ составили для люцерны и эспарцета соответственно 13,63 и 13,92 ГДж (табл.14).

Таблица 14

Оценка агроэнергетической эффективности  
полевой сушки бобовых трав на сено

Показатель	Люцерна	Эспарцет
Урожайность сухого вещества (кг/га)	1306	1520,0
Энергетическая ценность 1 кг СВ (МДж)	10,50	10,80
Затраты энергии на производство (ГДж/га)	13,63	13,92
Энергетическая ценность урожая (ГДж/га)	13,71	16,42
Агроэнергетический коэффициент (%)	1,01	1,18

Исходя из выхода обменной энергии, нами определен коэффициент возврата затрат энергии. Он был максимальным у сена эспарцетового, убранный в оптимальную фазу и составил 1,18%, что на 0,17% больше, чем в аналогичную фазу люцерны.

Таким образом, сено эспарцетовое, убранный в оптимальные фазы вегетации, является менее энергоемким, чем этот корм из люцерны.

Приложение 1

Расчет затрат совокупной энергии на производство зеленой массы многолетних бобовых трав

Технологическая операция	Ед. измер.	Объем работ	Состав агрегата	Норма выработки	Кол-во часов на 1 га	Затраты ГСМ		Затраты труда, МДж/га	Затраты на механизмы и орудия, МДж/кг		Всего, МДж/га
						кг/га	МДж/га		С/х машины	тракторы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Осенние работы											
Погрузка мин/удоб	т	5	Вручную	0,36	2,7	-	-	89,31	-	-	89,31
Транспортировка и внесение мин/удоб	га	1	МТЗ-80, РУМ-5	2,84	0,35	7,6	400,52	21,28	135,1	30,1	587,0
Вспашка на 25-27 см	га	1	ДТ-75 ППН-4-35	0,74	1,35	15,4	811	82	348	128	1369
Всего:							1211,52	192,59	483,1	158,1	2045,31
2. Предпосевная обработка почвы											
Снегозадержание	га	1	СВУ-2,5 ДТ-75	4,86	0,21	4	210,8	12,2	52,4	23,0	218,4
Закрытие влаги в два следа	га	1	ДТ-75, 3 БЭТ-01 СП-18	7,0	0,14	1,6	84,0	8,0	36	100	228
Подготовка р-ра гербицида	т	0,3	МТЗ-80 АПР	12,5	0,024	0,5	26	2,0	2,0	14,0	44,0

## Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Транспортировка р-ра (до 5 км)	-	-	МТЗ-80 РЖТ-45	5,0	0,06	0,4	21	4,0	5,0	19,0	49,0
Заправка агрегата	-	-	вручную	-	0,08	-	-	3,0	-	-	3,0
Внесение гербицида	га	1	МТЗ-80 ОПШ-15	7,1	0,14	2,0	105	9,0	12,0	20,0	146,0
Культивация и боронование	га	1	Дт-75 КЛС-4	2,29	0,44	4,4	232,0	27,0	114,0	73,0	446,0
Всего:	-	-	-	-	-	-	678,8	65,2	221,4	249	1214,4
3.1. Посев люцерны											
Погрузка семян и загрузка их в сеялку	кг	10 вручную	528	-	-	-	1	-	-	-	1
Транспортировка семян (до 5 кг)	-	-	ЗИЛ-130	5000	0,002	0,6	32,64	0,12	-	5	37,76
Посев	га	1	МТЗ-80 СПЧ-6М	1,57	0,64	3,0	158,1	38,91	130	55	382,01
Прикатывание	га	1	Дт-75 3 КК-6	8,79	0,11	1,25	65,88	6,69	40,7	28,38	141,65
Всего:	-	-	-	-	-	-	256,62	46,72	170,7	88,38	562,42
3.2. Посев эспарцета											
Погрузка семян и загрузка их в сеялку	кг	50	вручную	-	-	-	-	2,5	-	-	2,5

## Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Транспортировка семян (до 5 км)	-	-	ЗИЛ-130	5000	0,004	0,8	43,52	0,24	-	10	53,76
Посев	га	1	МТЗ-80 СПЧ-6М	1,40	0,72	6,0	316,2	43,78	146,16	61,92	568,06
Прикатывание	га	1	Дт-75 3 КК-6	8,79	0,11	1,25	65,88	6,69	40,7	28,38	141,65
Всего:	-	-	-	-	-	-	425,6	53,21	186,86	90,3	765,97
4.1. Уборка зеленой массы люцерны (цветение)											
Кошение	га	1	Е-281	20	0,05	2,8	147,6	22,5	77	661	908,1
Транспортировка зеленой массы	кг	7500	МТЗ-80 2 ПТС-4М	2,5	0,4	4,9	258,23	24,32	23,6	34,4	340,55
Всего:	-	-	-	-	-	-	405,83	46,82	100,6	695,4	1248,65
4.2. Уборка зеленой массы эспарцета (цветение)											
Кошение	га	1	Е-281	20	0,05	2,8	147,6	22,5	77	661	908,1
Транспортировка зеленой массы	кг	8590	МТЗ-80 4 ПТС-4М	1,8	0,56	5,1	268,77	34,05	33,04	48,16	384,02
Всего:	-	-	-	-	-	-	416,37	56,55	110,04	709,16	1292,12
4.3. Уборка зеленой массы люцерны (бутонизация)											
Кошение	га	1	Е-281	20	0,05	2,8	147,6	22,5	77	661	908,1
Транспортировка зеленой массы	кг	6810	МТЗ-80 2ПТС-4М	2,8	0,36	4,3	226,61	21,89	21,24	30,96	300,7

Продолжение приложения 1

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Всего:	-	-	-	-	-	-	374,21	44,39	98,24	691,96	1208,8
<b>4.4. Уборка зеленой массы эспарцета (бутонизация)</b>											
Кошение	га	1	Е-281	20	0,05	2,8	147,6	22,5	77	661	908,1
Транспортировка а зеленой массы	кг	7890	МТЗ-80 2ПТС-4М	2,6	0,38	4,8	252,96	23,1	22,42	32,68	331,16
Всего:	-	-	-	-	-	-	400,56	45,6	99,42	693,68	1239,26

Оценка биоэнергетической эффективности возделывания люцерны  
и эспарцета на зеленый корм (по годам пользования)

Культура и год использо- вания	Выход с 1 га			Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Коэффициен- т энергетическ ой эффек- тивности
	сухого вещества, ц	Обменно й энергии, ГДж	сырого протеина, кг		
В год посева	-	-	-	7,61	-
Люцерна 1 год пользв.	35,01	37,90	1103	12,54	302
Люцерна II год пользв.	29,70	32,13	1121	17,46	1,84
Люцерна III год пользв.	24,78	25,91	837	22,39	1,16
Итого:	89,49	95,94	3061	52,39	1,83
В год посева	-	-	-	7,82	-
Эспарцет 1 год пользв.	34,88	36,10	1020	12,78	2,83
Эспарцет II год пользв.	27,60	30,16	1016	17,74	1,70
Эспарцет III год пользв.	23,90	24,05	750	22,70	1,06
Итого:	86,38	90,31	27,86	53,22	1,70

## Расчет затрат совокупной энергии на заготовку сена из испытываемых культур, МДж/га

Технологическая операция	Ед. измер.	Объем работ	Состав агрегата	Норма выработки	Кол-во часов на 1 га	Затраты ГСМ		Затраты труда, МДж/га	Затраты на механизмы и орудия, МДж/кг		Всего, МДж/га
						кг/га	МДж/га		тракторы	С/х машины	
Кошение в валки	га	1	СК-5 ЖВН-6	2,71	0,37	2,8	147,6	22,5	661	77,0	908,1
Люцерна											
Подбор валков	кг	1536	СК-5 “Ветерок”	18,57	0,05	4,7	247,7	3,04	89,32	-	340,1
Отвоз сена	кг	1536	МТЗ-80 2ПТС-4М	0,64	1,56	7,3	384,7	94,9	134,1	92,1	705,8
Скирдование	кг	1536	МТЗ-80 ПУ-0,5	3,71	0,27	1,1	57,97	34,78	23,2	18,62	134,27
Итого:	-	-	-	-	-	-	837,97	155,22	907,62	187,72	2088,53
Эспарцет											
Подбор валков	кг	2032	СК-5 “Ветерок”	15,26	0,07	5,2	274,04	4,26	125,02	-	403,32
Отвоз сена	кг	2032	МТЗ-80 2ПТС-4М	0,43	2,33	8,0	421,6	141,66	200,38	137,47	901,11
Скирдование	кг	2032	МТЗ-80 ПУ-0,5	3,49	0,29	1,9	100,13	17,63	24,94	20,0	162,7
Итого:	-	-	-	-	-	-	943,37	186,05	1011,34	234,47	2375,23

**Левахин Георгий Иванович  
Маляренко Александр Евгеньевич  
Резниченко Василий Григорьевич**

**Агроэнергетическая оценка производства кормов из люцерны и  
эспарцета**

## **РЕКОМЕНДАЦИИ**

Компьютерный набор осуществлён с помощью текстового  
процессора Microsoft Word 2003 for Windows.  
Формат бумаги 60x84/16. Бумага типографская.  
Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 2,1. Тираж 100 экз. Заказ № 2.  
Подписано в печать 10.02.2003 г. Дата выхода в свет 21.02.2003 г.

**Редакция, издатель, типография – ВНИИМС  
г. Оренбург, ул. 9-го Января, д. 29**