



П.И.Никончик, доктор сельскохозяйственных наук,

член-корреспондент ААН Республики Беларусь;

А.А.Усеня, А.П.Козлова, Г.В.Ничиперович — научные сотрудники

Белорусский НИИ земледелия и кормов

УДК 631.153.3:633.2:633.3

Энергетическая и экономическая эффективность кормовых культур, возделываемых в севооборотах

Изложены результаты исследований по продуктивности, энергетической и экономической эффективности основных кормовых и зерновых культур, возделываемых в севооборотах. Приведены расчеты по затратам совокупной энергии на 1 га и единицу получаемой продукции, выходу обменной энергии, заключенной в урожае и степени окупации энергосатрат. Показана структура энергетических затрат за весь период выращивания культур.

Дан анализ экономической эффективности изучаемых культур в денежном выражении при использовании продукции в животноводстве для производства молока, говядины и свинины, а также при реализации зерна и картофеля государству.

Анализ развития земледелия в настоящее время позволяет сделать вывод о том, что интенсификация сельскохозяйственного производства требует все больших затрат энергии. В то же время удовлетворение потребности в энергии при хозяйственной самостоятельности республики существенно усложняется. Переход к рыночной экономике еще больше обострил этот вопрос. Поэтому проблема разработки энергосберегающих технологий и систем использования земли в агропромышленном комплексе, как и во всех отраслях народного хозяйства республики, выдвигается на первый план и должна стать основным предметом экономики.

Основным показателем энергоанализа является энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства, количественным выражением которой служит отношение энергии, аккумулированной за счет фотосинтеза в растениях, к суммарным затратам энергии на их возделывание, получаемой главным образом от невозобновляемых источников. Энергетический анализ следует рассматривать в качестве мощного дополнительного приема, существенно увеличивающего возможности экономического анализа. Система энергетических показателей позволяет получать более объективные результаты, поскольку денежные оценки в отличие от энергетических могут оказаться недостаточно достоверными в отношении эффективности, так как зависят от конъюнктуры цен на сырье и продукцию. В системе землепользования энергетический анализ может быть применен при определении рациональной структуры посев-

In this paper the results of the researches on productivity, energy and economic efficiency of the main feed and cereal crops are given in crop rotations. The calculations on the consumption of gross energy per 1 ha and per unit of the obtained products; on the metabolic energy yield from the harvest, on the level of recouperment of energy consumption are given. The structure of energy consumption is shown for cereal and feed crops.

The analysis of economic efficiency of the crops under study is made in money terms when the products are used as animal feed and when they are sold to the state at purchase prices.

ных площадей, а также количественной оценке способности различных видов сельскохозяйственных растений использовать техногенную и естественную энергию.

Проблема увеличения кормовых ресурсов и повышения их качества связана с дальнейшей интенсификацией кормопроизводства, обеспечением высокого плодородия почвы и усовершенствованием производственных технологий. Все это требует увеличения энергетических затрат. В связи с этим мы поставили своей целью сопоставить энергетические затраты на выращивание зерновых и кормовых культур (сельскохозяйственная техника, удобрения, пестициды, живой труд, горюче-смазочные материалы) с обменной энергией кормов, которая используется организмом животных для обеспечения жизненных процессов и продуктивности.

На основании длительных полевых опытов, которые проводятся на экспериментальной базе "Жодино" БелНИИЗиК, с целью количественной оценки способности различных видов сельскохозяйственных культур использовать техногенную и естественную энергию была проведена сравнительная оценка их энергетической эффективности. Исследуемые зерновые и кормовые культуры возделывались в интенсивных специализированных севооборотах. В изучаемых севооборотах навоз вносили из расчета 11,2 т на 1 га пашни, минеральные удобрения применяли в следующих дозах: под клевер, люцерну (1–4 г.п.) $P_{90}K_{180}$, клеверо-тимофеечную смесь 2-го года пользования $N_{120}P_{90}K_{180}$, клеверо-злаковую смесь 4-го года пользования и злаки (1–4 г.п.) $N_{180}P_{90}K_{180}$.

горохо-овсяную смесь весеннего посева $N_{40}P_{60}K_{100}$, горохо-овсяную смесь + яровой рапс поукосно $N_{120}P_{120}K_{180}$, озимую рожь на зеленую массу + горох-овес поукосно + яровой рапс поукосно $N_{180}P_{120}K_{200}$, пропашные $N_{120}P_{90}K_{180}$, зерновые $N_{80}P_{60}K_{100}$. Агротехника применялась в соответствии с биологическими особенностями каждой культуры. Для энергетической оценки использовали технологические карты на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур. В технологическом процессе по каждой культуре определяли прямые энергозатраты (семена, удобрения, горюче-смазочные материалы, электроэнергия) и затраты, овеществленные при их производстве. В качестве основного сопоставимого показателя используется полная энергоёмкость, выраженная в виде прямых и овеществленных энергозатрат, отнесенных к единице произведенной продукции. При расчетах использовали методику М.М.Севернева (1991, 1994).

Результаты расчетов энергетической оценки изучаемых культур приведены в таблицах 1, 2. При подсчете

полных энергозатрат установлено, что доля живого труда, затраченного непосредственно на производство единицы продукции и определенного по нормам ФАО, по отношению к другим составляющим весьма мала (0,1–1,7%, табл.1) и поэтому не оказывает существенного влияния на энергетическую эффективность. Но поскольку сокращение трудозатрат является одним из важнейших планируемых показателей интенсификации производства, то при выборе энергосберегающих вариантов затраты труда необходимо анализировать отдельно.

Результаты анализа других статей затрат показывают, что наиболее энергоёмкими являются удобрения и горюче-смазочные материалы. Удельный вес удобрений в структуре затрат совокупной энергии на возделывание культур составил от 24% у клевера до 77% у многолетних злаковых трав. Особенно дорогим с энергетических позиций является минеральный азот. Так, согласно методике М.М.Севернева (1991), энергетический эквивалент одного килограмма действующего вещества

Таблица 1. Сравнительная структура затрат совокупной энергии при возделывании сельскохозяйственных культур

Культура	Энергоёмкость средств механизации		Семена		Удобрения			
	МДж/га	%	МДж/га	%	Всего		в том числе минеральные азотные	
					МДж/га	%	МДж/га	%
Клевер	2959	27,5	265	2,5	2628	24,4	—	—
Клевер+тимофеевка (2г.п.)	2365	12,2	174	0,9	13044	67,3	10416	53,8
Клевер+злаки (4г.п.)	2254	9,3	126	0,5	18252	75,6	15624	64,8
Злаки (1-4г.п.)	2085	8,8	123	0,5	18252	76,8	15624	65,7
Люцерна (1-4г.п.)	2763	27,4	88	0,9	2628	26,0	—	—
Горох-овес на з/м	2696	16,9	3764	23,6	5058	31,7	3472	21,8
Горох-овес на з/м+яровой рапс поукосно	4305	14,9	4010	13,9	13422	46,4	10416	36,0
Озимая рожь на з/м+горох-овес+яровой рапс поукосно	5020	12,1	8159	19,7	18796	45,3	15628	37,6
Кукуруза на силос	4638	11,9	755	1,9	19044	49,0	10416	26,8
Корнеплоды	7175	15,4	328	0,7	19044	40,8	10416	22,3
Картофель	6960	12,3	12950	22,8	19044	33,6	10416	18,4
Ячмень	1993	7,5	3608	13,5	8530	31,9	6944	26,0
Озимая рожь	2087	7,6	3772	13,8	8530	31,2	6944	25,4

Культура	ГСМ и электроэнергия		Средства защиты растений		Живой труд		Всего	
	МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%
Клевер	4875	45,3	—	—	3,6	0,3	10763	100
Клевер+тимофеевка (2г.п.)	3763	19,4	—	—	31	0,2	19377	100
Клевер+злаки (4г.п.)	3468	14,4	—	—	28	0,1	24128	100
Злаки (1-4г.п.)	3288	13,8	—	—	26	0,1	23774	100
Люцерна (1-4г.п.)	4585	45,4	—	—	33	0,3	10097	100
Горох-овес на з/м	4427	27,7	—	—	16	0,1	15961	100
Горох-овес на з/м+яровой рапс поукосно	7167	24,8	—	—	26	0,1	28930	100
Озимая рожь на з/м+горох-овес+яровой рапс поукосно	9486	22,8	—	—	56	0,1	41517	100
Кукуруза на силос	13059	33,6	1320	3,4	66	0,2	38882	100
Корнеплоды	16943	36,3	2437	5,2	769	1,6	46696	100
Картофель	15921	28,1	1601	2,8	201	0,4	56677	100
Ячмень	12040	45,1	422	1,6	75	0,3	26668	100
Озимая рожь	12415	45,5	422	1,5	80	0,3	27306	100

Таблица 2. Энергетическая оценка основных полевых культур, возделываемых в севооборотах

Показатели	Клевер	Клевер + тимо- феевка (2г.п.)	Клевер + зла- ки (4г.п.)	Злаки (1-4 г.п.)	Люцерна (1-4г.п.)	Горох-овес на 3/м
Выход с 1га, ц						
Продукция в натуре: основная	550	477	433	396	510	354
Кормовых единиц: вся продукция	110	95,4	86,6	79,2	102	49,6
Сухого вещества: вся продукция	116	112	116	106	120	59,1
Выход обменной энергии, тыс.МДж: вся продукция	119,5	96,7	99,9	91,3	108	67,4
Затраты совокупной энергии на 1га, тыс.МДж	10,8	19,4	24,1	23,8	10,1	16,0
Чистый выход энергии с 1га, тыс.МДж	108,7	77,3	75,8	67,5	97,9	51,4
Коэффициент энергетической эффективности	11,1	4,98	4,15	3,84	10,7	4,21
Затраты совокупной энергии на 1ц сухого вещества, МДж	93,1	173	208	225	84,2	271
Затраты совокупной энергии на 1ц корм.ед., МДж	98,2	203	278	301	99	323
Расход физического топлива, кг:						
на 1га	92,5	71,4	65,8	62,4	87,0	84,0
на 1ц корм.ед.	0,84	0,75	0,76	0,79	0,85	1,42
Расход условного топлива, кг:						
на 1га	365	659	820	808	343	543
на 1ц корм.ед.	3,33	6,91	9,47	10,2	3,36	11,0

Показатели	Горох-овес + яровой рапс поукосно	Оз.рожь на 3/м + горох- овес + яр. рапс	Кукуруза на сенок	Корне- плоды	Карто- фель	Ячмень	Оз. рожь
Выход с 1га, ц							
Продукция в натуре: основная	624	754	464	684	303	46,8	48,2
побочная				393		56,2	72,3
Кормовых единиц: вся продукция	79,3	103	88,2	142	93,9	76,7	71,9
основная				103		57,6	57,4
Сухого вещества: вся продукция	101	120	87,2	143	67,9	83,8	97,5
основная				97,8		40,2	41,5
Выход обменной энергии, тыс.МДж: вся продукция	96,4	119,7	79,8	169,3	85,1	83,5	99,0
основная				128,6		52,5	55,5
Затраты совокупной энергии на 1га, тыс.МДж	28,9	41,5	38,9	46,7	56,7	26,7	27,3
Чистый выход энергии с 1га, тыс.МДж	67,5	78,2	40,9	122,6	28,4	56,8	71,7
Коэффициент энергетической эффективности	3,34	2,88	2,05	3,63	1,50	3,13	3,63
Затраты совокупной энергии на 1ц сухого вещества, МДж	286	346	446	327	835	320	280
Затраты совокупной энергии на 1ц корм.ед., МДж	364	403	441	329	604	348	380
Расход физического топлива, кг:							
на 1га	136	180	248	322	302	191	200
на 1ц корм.ед.	1,72	1,75	2,81	2,27	3,22	2,49	2,78
Расход условного топлива, кг:							
на 1га	984	1412	1323	1588	1927	907	928
на 1ц корм.ед.	12,4	13,7	15,0	11,2	20,5	11,8	12,9

азотных удобрений равен 86,6 МДж, или 2,94 кг условного топлива. Именно поэтому клевер и люцерна, не требуя минерального азота для своего произрастания, резко снижают свою энергоёмкость. Аналогичные результаты получены и другими исследователями. Г.А. Булаткин (1990) отмечает, что в условиях Нечерноземной зоны одной из культур, снижающих энергоёмкость земледелия благодаря своим биологическим особенностям,

является клевер. По нашим данным, исследуемые культуры по затратам энергии на 1 га посева в возрастающей степени расположились в следующий ряд: многолетние бобовые травы (люцерна, клевер) – горохо-овсяная смесь весеннего посева – клеверо-злаковые и злаковые травы – зерновые – однолетние травы в сочетании с промежуточными – пропашные. Таким образом, культуры, которые благодаря своим биологическим осо-

бенностям обеспечивают высокую продуктивность и не требуют азотных удобрений, являются наиболее энергоэкономными. И.П. Дашкова (1991), И.М. Богдевич, М.В. Рак, В.Г. Шныриков (1992) также отмечают, что основной путь экономии ресурсов энергии при возделывании сельскохозяйственных культур — это рациональное использование минеральных удобрений и топлива.

Основной животноводческой отраслью сельского хозяйства республики является скотоводство. Поэтому в наших исследованиях расчеты по выходу обменной энергии с каждого гектара возделываемых культур были выполнены на примере крупного рогатого скота. Результаты этих расчетов, а также продуктивность культур в кормовых единицах и выходе сухого вещества с одного гектара приведены в таблице 2. Обобщающим показателем энергетической оценки культур является коэффициент энергетической эффективности. По этому показателю между культурами имеются большие различия. Анализируя полученные данные, видно, что среди изучаемых зерновых и кормовых культур наиболее энергоэкономными являются многолетние травы (коэффициент 3,84–11,1), затем следуют горохо-овсяная смесь (4,21), зерновые культуры (3,13–3,63), однолетние травы в сочетании с промежуточными (2,88–3,34) и пропашные (1,50–3,63). Среди многолетних трав наименьшие энергозатраты и наибольшая энергетическая эффективность у люцерны и клевера (коэффициенты соответственно 10,7 и 11,1) и наиболее энергозатратные злаковые травы (коэффициент 3,84). Клеверо-тимофеечная смесь 2-го года пользования по энергетической эффективности (коэффициент 4,98) уступает бобовым в чистом виде, однако имеет значительное преимущество перед злаковыми травами. Среди зерновых культур ячмень и озимая рожь имеют примерно одинаковую эффективность (коэффициенты 3,13 и 3,63). В группе однолетних трав при возделывании горохо-овсяной смеси в сочетании с промежуточными культурами (озимыми, поукосными крестоцветными) продуктивность кормового поля повышается, но при этом имеет место тенденция снижения энергетической эффективности. Важным показателем при энергетической оценке культур является расход условного топлива на 1 ц кормовых единиц. По клеверу этот показатель составил 3,33 кг, клеверу с тимофеевкой 2-го года пользования 6,91, злаковым травам 10,2, зерновым культурам 11,8–12,9, однолетним травам 11,0–13,7 и пропашным культурам 11,2–20,5 кг. Наглядны различия между культурами по затратам физического топлива на гектар посевной площади. По многолетним травам этот показатель равен 62,4–92,5 кг, однолетним травам — 84–136, зерновым — 191–200 и пропашным культурам — 248–322 кг.

Проведенные исследования позволяют заключить, что наибольшие резервы для экономии энергоресурсов в отрасли растениеводства республики имеются в системе травосеяния. Совершенствование структуры многолетних трав в направлении замены злаковых травостоев бобовыми и бобово-злаковыми должно рассматри-

ваться как важнейшее направление в совершенствовании систем земледелия не только с точки зрения продуктивности пашни, но также исходя из ресурсосбережения.

Для более полной оценки эффективности изучаемых культур исследования по энергетической оценке были дополнены результатами по экономической их эффективности. В современных условиях при разбалансированности экономики цены на материально-технические ресурсы для сельского хозяйства и на сельскохозяйственную продукцию значительно колеблются даже в течение короткого периода времени. Расчет экономической эффективности изучаемых культур в севооборотах нами проведен по ценам на конец 1995 г. Экономические показатели (чистый доход, рентабельность) изучаемых культур рассчитывали при использовании получаемой продукции растениеводства в животноводстве через выход молока и говядины, а зерна и картофеля также и через свинину. При этом полученную животноводческую продукцию оценивали по реализационным закупочным ценам по Беларуси на конец 1995 г. (согласно данным Комитета цен Министерства экономики РБ, 1995). Дополнительно зерновые культуры и картофель оценивали при реализации основной продукции государству по закупочным ценам урожая 1995 г. (данные Минсельхозпрода РБ, 1995).

Анализ результатов экономической эффективности показал (табл. 3), что среди изучаемых кормовых культур наиболее эффективными являются многолетние бобовые травы (клевер, люцерна) и клеверо-злаковые смеси, используемые в севооборотах не более двух лет. Обладая высокой продуктивностью (95,4–110 ц/га корм.ед.), они обеспечили наибольший денежный доход с гектара земельной площади при наименьшей себестоимости продукции и самых низких трудовых затратах. При использовании в молочном и мясном скотоводстве рентабельность этих культур при указанной продуктивности составила 85–160% с затратами труда 0,24–0,26 чел-ч на 1 ц корм.ед. Многолетние злаковые травы менее продуктивны и обеспечивают меньший чистый доход и рентабельность при более высокой себестоимости продукции, чем бобовые и бобово-злаковые.

Однолетние бобово-злаковые травы по продуктивности и экономической эффективности уступают многолетним. Однако продуктивность, денежный доход и рентабельность значительно возрастают, а себестоимость продукции снижается при возделывании их в сочетании с озимыми и поукосными промежуточными культурами.

Кукуруза по затратам труда и рентабельности намного уступает многолетним травам, в особенности клеверу и люцерне. По величине чистого дохода и рентабельности она находится на уровне однолетних трав, возделываемых в сочетании с поукосными крестоцветными культурами. Однако если горохо-овсяная смесь возделывалась в сочетании не только с поукосными, но и озимыми промежуточными культурами, где обеспечи-

Таблица 3. Сравнительная продуктивность и экономическая эффективность кормовых и зерновых культур, возделываемых в севооборотах (данные по продуктивности культур в среднем за 1984-1995 гг.)

Культура	Урожайность основной продукции	Сбор корм.ед. (основная продукция+побочная), ц/га	Затраты чел-ч на 1ц корм.ед.	Затраты на 1га, тыс.руб.	Себестоимость 1ц корм.ед., тыс.руб.
Клевер	550	110	0,252	2348,0	21,3
Клевер+тимофеевка (2г.п.)	477	95,4	0,249	2469,3	25,9
Клевер+злаки (4г.п.)	433	86,6	0,248	2622,3	30,3
Злаки (1-4г.п.)	396	79,2	0,253	2557,7	32,3
Люцерна (1-4г.п.)	510	102	0,249	2006,9	19,7
Горох-овес на з/м	354	49,6	0,243	2121,3	42,8
Горох-овес на з/м + яровой рапс поукосно	624	79,3	0,252	2968,4	37,4
Оз. рожь на з/м + горох-овес + яр.рапс поукосно	754	103	0,42	3706,8	36,0
Кукуруза на силос	464	88,2	0,57	3278,6	37,2
Корнеплоды	684	142	4,17	6154,5	43,3
Картофель	303	93,9	1,65	6718,2	71,5
Ячмень	46,8	76,7	0,30	3327,1	43,4
Озимая рожь	48,2	71,9	0,37	3388,5	47,1

Культура	Чистый доход с 1га, тыс.руб.				Рентабельность, %			
	при реализации основной продукции государству	при использовании всей продукции в животноводстве для производства			при реализации государству по закупочным ценам			
		молока	говядины	свинины	зерна, картофеля	молока	говядины	свинины
Клевер	—	6094,4	4422,9	—	—	160	125	—
Клевер+тимофеевка (2г.п.)	—	4587,5	3182,0	—	—	115	85	—
Клевер+злаки (4г.п.)	—	3544,1	2313,6	—	—	83	58	—
Злаки (1-4г.п.)	—	2981,8	1875	—	—	72	49	—
Люцерна (1-4г.п.)	—	5933,3	4358,5	—	—	182	144	—
Горох-овес на з/м	—	1032,9	389,8	—	—	30	12	—
Горох-овес на з/м + яровой рапс поукосно	—	2328,2	1262,2	—	—	48	28	—
Оз. рожь на з/м + горох-овес + яр.рапс поукосно	—	3261,4	1864	—	—	54	33	—
Кукуруза на силос	—	2313,6	1438,5	—	—	49	29	—
Корнеплоды	—	2806,1	993,2	—	—	28	11	—
Картофель	41781,8	-2436,1	-3342,4	9539,8	622	-22	-33	147
Ячмень	1352,9	1513,1	532,1	6499,1	41	28	11	138
Озимая рожь	980,7	980,7	91,8	6048,0	29	18	2	126

валось получение трех урожаев в один год, кукуруза по экономическим показателям уступала этому варианту. В группе пропашных культур кукуруза имела преимущество перед корнеплодами по затратам труда, себестоимости продукции и рентабельности.

Экономическая эффективность картофеля в большой степени зависит от способа использования продукции. При реализации клубней государству по закупочным ценам на момент уборки (1995 г.) картофель обеспечил наивысший денежный доход с 1га (41781,8 тыс.руб.) и самую высокую рентабельность (622%) среди всех изучаемых культур. При урожайности, полученной в опытах за ряд лет (303 ц/га), выгодным оказалось также использовать картофель на корм свиньям. Рентабельность его в этом случае была не ниже (147%), чем от зерновых культур (126–138%). Однако при использовании клубней на кормовые цели в молочном и мясном скотоводстве при современных закупочных ценах на молоко

и говядину картофель не покрывал произведенные затраты и оказался убыточным.

Зерновые культуры (озимая рожь, ячмень) при урожайности (46,8–48,2 ц/га), получаемой в опытах, также полностью покрывали произведенные затраты и обеспечивали чистый доход. При этом рентабельность их как и картофеля в значительной мере зависела от способа использования продукции (на кормовые цели или реализация государству). Наибольший денежный доход с 1га (6048,0–6499,1 тыс.руб.) и наивысшая рентабельность (126–138%) обеспечиваются при использовании зерна в свиноводстве. Зерновые культуры в этом случае по величине чистого дохода и рентабельности превосходили многолетние злаковые и бобово-злаковые, а также однолетние травы, используемые на кормовые цели для производства молока и говядины, уступая при этом лишь клеверу и люцерне. Зерно ячменя и озимой ржи оказалось более выгодным реализовать государству, чем

использовать на кормовые цели в мясном скотоводстве.

При современном состоянии экономики и условиях хозяйствования особенно важно знать при каком уровне урожайности возделывание каждой культуры становится рентабельным. В наших опытах многолетние травы уже окупали произведенные затраты при урожайности зеленой массы 153–184 ц/га, однолетние травы – 238, кукуруза на силос – 272, корнеплоды – 470, зерновые культуры (ячмень, озимая рожь) при реализации зерна государству – 32,2–37,4 ц/га.

Литература:

1. И.М.Богдевич, М.В.Рак, В.Г.Шныриков. Энергетическая эффективность применения удобрений и раз-

личных способов обработки песчаной почвы под озимую рожь // Почвенные исследования и применение удобрений. - Мн.: Ураджай. Вып.22. –1992. –С.47–51.

2. Булаткин Г.А. Энергетическая эффективность удобрений// Химизация сельского хозяйства, 1990–№8.

3. М.М.Севернев. Временная методика энергетического анализа в сельском хозяйстве.–Минск, 1991.

4. М.М.Севернев. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве.–Минск: Ураджай, 1994.

5. Кормовые нормы и состав кормов: Справ.пособие /А.П.Шпаков, В.К.Назаров, И.Л.Певзнер, Б.С.Маковский.–Минск: Ураджай, 1991.–384с.