

УДК 631.5:631.164.2:620.9

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А.В. ЗАХАРЕНКО

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Предлагается энергетическая оценка технологий, учитывающая эффективность использования агроценозами не только техногенных энергетических потоков, но и энергии фотосинтетически активной радиации Солнца (ФАР). Приводится энергетическая оценка отдельных технологических процессов и энергетических потоков при производстве картофеля в учебно-опытном хозяйстве «Михайловское».

Энергетическим проблемам интенсивного земледелия в последнее время уделяют все большее внимание. В России и других странах разрабатываются долгосрочные программы по увеличению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и снижению удельных затрат техногенной энергии. При рыночной экономике традиционно применявшееся в России экономическое обоснование перспективных технологий в земледелии имеет сравнительно невысокий уровень адекватности. В этих условиях возникает необходимость поиска менее подверженных конъюнктуре рынка и рыночной экономики показателей, обеспечивающих адекватную оценку эффективности технологий возделывания

сельскохозяйственных культур.

Заметный рост удельных затрат антропогенной энергии на производство сельскохозяйственной продукции определяется прежде всего затратами невозобновляемых органических полезных ископаемых (нефти, газа, угля). Следовательно, одним из наиболее перспективных путей ослабления напряженности энергетических проблем сельскохозяйственного производства является повышение эффективности использования основного возобновляемого источника энергии — оптического излучения Солнца на основе создания условий для оптимизации режимов связывания солнечной энергии сельскохозяйственными растениями. В этой связи систему земледелия можно рассматривать как совокупность приемов и ме-

тодов распределения и использования антропогенных и естественных энергетических потоков в агрофитоценозе с целью создания оптимальных условий для связывания солнечной энергии в форме органического вещества экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Элементы системы земледелия являются основными антропогенными факторами, определяющими интенсивность и направленность трансформации энергии и вещества в агрофитоценозе. Для энергетической оценки продуктивности агроценоза необходимо определение ряда показателей: производительности агрофитоценоза на единицу совокупных энергетических затрат, интенсивности связывания ФАР агроценозом, интенсивности поступления энергии в почву, энергосодержания сельскохозяйственной продукции и других параметров, характеризующих процессы трансформации энергии в агроценозе. Одним из основных критериев продуктивности агрофитоценоза является уровень его производительности в расчете на единицу совокупных энергетических затрат. По степени отклонения этого показателя от теоретически возможного уровня можно судить об уровне совершенства агрофитоценоза и эффективности антропогенных мероприятий.

Энергетический подход к оценке технологий возделывания сельскохозяйственных культур, получивший достаточно широкое распространение в последние годы, предусматривает анализ потоков энергии и оценку энергетической эффективности по соотношению затрат энергии и ее содержания в основной продукции [1—4, 7]. Однако в подавляющем большинст-

ве исследований анализу подвергается только та часть энергии, которая используется человеком. При этом, как правило, не учитываются такие важные составляющие биоэнергетического баланса, как солнечная энергия и энергетический потенциал почвы. Несмотря на то, что в земледелии выявлено большое разнообразие возможных путей снижения затрат техногенной энергии, определение наиболее перспективных из них затруднено из-за отсутствия надежных и адекватных методов системного анализа естественных и антропогенных энергетических потоков, реализуемых при возделывании сельскохозяйственных культур.

В процессе сельскохозяйственного производства значительная доля органической биомассы, сформировавшейся в агроценозе, отчуждается в виде урожая. При этом нарушается биоэнергетический потенциал агрофитоценоза, для поддержания которого на должном уровне необходимы дополнительные энергозатраты. Поэтому в настоящее время перед научным земледелием стоит важная задача — дать адекватную оценку энергетической эффективности отдельных элементов системы земледелия на основе разработки и обоснования новых оценочных критериев и наметить пути повышения КПД агроценозов как главных производителей энергии органического вещества.

Основным принципом организации структурных элементов биосферы, в том числе агроценозов, является принцип круговорота вещества и энергии.

В полевых условиях энергия поступающей ФАР является практически нерегулируемым факто-

ром. Влияние других известных агроэкологических факторов справедливо рассматривать как ограничения при формировании урожая сельскохозяйственных культур. В связи с этим задача повышения продуктивности полевых культур заключается в создании условий для наиболее эффективного использования ФАР культурными растениями.

Как известно, коэффициенты использования ФАР посевами сельскохозяйственных культур составляют лишь 0,5—1,0%, тогда как теоретически возможное значение коэффициента использования ФАР достигает 5%. Для его повышения необходима оптимизация пространственно-временной структуры агрофитоценоза за счет рационального агроклиматического размещения культур, увеличения густоты стояния растений, использования смешанных, промежуточных, пожнивных, покровных посевов, создания высокоинтенсивных сортов, применения энергосберегающих почвозащитных технологий.

Антропогенные энергетические потоки в земледелии делятся на прямые и косвенные. К прямым относятся затраты труда, расход горючего и смазочных материалов, затраты электроэнергии, твердых энергоносителей (угля, торфа, дров), газа, пара, тепла, которые в качестве энергоносителей непосредственно используются в сельскохозяйственном производстве. Косвенными являются энергозатраты на изготовление, хранение и транспортировку средств производства (тракторов, двигателей, сельскохозяйственных машин, орудий, органических и минеральных удобрений, пестицидов, строймате-

риалов, посевного материала и др.). Сюда же относится энергия, расходуемая на добычу, переработку и транспортировку самих энергоносителей и сырья для получения черных и цветных металлов, расходуемых на производство сельскохозяйственных машин, орудий и т.п.

По характеру энергетических потоков и времени переноса энергозатрат на сельскохозяйственную продукцию группа косвенных энергозатрат подразделяется на 2 подгруппы: косвенные основные энергозатраты, которые сосредоточены в материально-технических средствах, функционирующих в сельскохозяйственном производстве в течение многих лет и переносящих воплощенные в них энергозатраты на производимую продукцию частями в течение всего срока службы, и косвенные оборотные энергозатраты (семена, пестициды, удобрения и др.), которые переносят воплощенную в них энергию на производимую продукцию за один год (период вегетации).

Для объективной оценки энергетической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур нами разработана соответствующая методика, в которую входят методы оценки, определенный порядок расчетов показателей, нормативная база для оценки энергетической эффективности отдельных элементов системы земледелия [5].

Энергетическая оценка отдельных элементов системы земледелия проводилась на основе экспериментальных данных полевых стационарных многофакторных опытов лаборатории земледелия Тимирязевской академии, в учебно-опытном хозяйстве

«Михайловское», в которых изучалось влияние разных систем обработки почвы, гербицидов и удобрений на урожайность полевых культур. Подробное описание опытов и методик проведения исследований опубликовано ранее [6].

Обработка почвы является одним из наиболее энергоемких технологических процессов. Отсюда ясно, что дальнейшее ее совершенствование должно быть связано с разработкой энергосберегающих почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

На основании результатов многолетних исследований установлено, что наибольшие энергозатраты характерны для систем обработки, включающих применение ротационного плуга ПР-2,7, отвальных плугов типа ПН-4-35, ПЛН-4-35, ПТК-3-40, а также для систем роторной и фрезерной интенсивных обработок (соответственно 3508 и 3696 МДж/га). При традиционной для земледелия Нечерноземной зоны России системе отвальной обработки почвы в среднем за 23 года исследований совокупные затраты дизельного топлива на всю технологию возделывания полевых культур составили 105,2 кг/га, при фрезерной интенсивной и роторной — соответственно 119,6 и 130,1 кг/га, а при нулевой — 81,5 кг/га, что на 24% меньше, чем при отвальной.

В структуре совокупных затрат дизельного топлива значительное место занимают затраты на обработку почвы. Установлено, что при отвальной системе на этот процесс ежегодно в среднем на 1 га затрачивается 34,7 кг дизельного топлива, при нулевой — 12,7, поверхностной — 23,9, ро-

торной — 52,7 кг, а при системах чизельной, плоскорезной и отвальной обработок с фрезерованием несколько меньше, чем при отвальной.

Анализ многолетних данных о структуре энергетических затрат на возделывание сельскохозяйственных культур свидетельствует, что около 50% совокупных энергозатрат реализуется при использовании минеральных удобрений, особенно азотных. Например, в зернотравяном севообороте они составили (с учетом энергосодержания самих удобрений) 13,93 тыс. МДж/га в год, или 46% общих энергозатрат на всю технологию, в зернопропашном — 12,66 тыс. МДж/га, или 44%. Среди других энергетических потоков, реализуемых при возделывании сельскохозяйственных культур, заметное место занимают горюче-смазочные материалы (17—22%), машины и здания (11—21%), семена (10—17% совокупных энергозатрат). Характерно, что доля пестицидов, в частности гербицидов, в общей структуре энергозатрат при всех системах обработки почвы была сравнительно невелика и не превышала 5—7%.

Одним из важных критериев энергетической эффективности агротехнических приемов является отношение энергосодержания основной продукции к суммарным энергозатратам на ее производство, т.е. коэффициент энергетической эффективности. Установлено, что в зернотравяном и плодосменном севооборотах наиболее высокий энергетический эффект обеспечило применение систем поверхностной и чизельной обработки почвы.

Анализ показателей, характеризующих отношение энергосо-

держания сельскохозяйственной продукции к энергосодержанию ФАР, приходящей к посевам культур за вегетационный период, свидетельствует, что ФАР наиболее эффективно использовалась при системах чизельной, поверхностной, отвальной с дискованием и фрезерной интенсивной обработки почвы.

Для более полной оценки энергетической эффективности технологий производства сельскохозяйственной продукции целесообразно проводить анализ отдельных технологических процессов и энергетических потоков. Результаты изучения фактической энергоёмкости технологических процессов производства картофеля, проведенного в учебно-опытном хозяйстве «Михайловское» в 1994 г., свидетельствуют (таблица), что в структуре прямых энергозатрат преобладают затраты на уборку картофеля, его транспортировку к хранилищу (35,9% общих энергозатрат), на работы во время хранения урожая и при отгрузке потребителям (19,6%), на предпосадочную подготовку семенного материала и посадку (12,5%).

В структуре овеществленных энергозатрат преобладают затраты на предпосадочную подготовку семенного материала и посадку картофеля (45,8%), а также на подготовку и внесение минеральных удобрений (33,4%). Высокий уровень энергозатрат при выполнении этих групп технологических операций обусловлен включением в них энергии, воплощенной в семенном материале и минеральных удобрениях.

По данным лаборатории программирования урожаев [7], ФАР, поступившая за вегетацию карто-

феля в 1994 г., составила 13,2 млн МДж/га. С учетом среднего уровня урожайности (225 ц/га) коэффициент энергетической эффективности производства картофеля составил 1,58, коэффициент использования ФАР — 0,59%, коэффициент энергетической эффективности использования ФАР — 0,22.

Заключение

Для оценки энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур разработана методика, включающая методы оценки и порядок расчетов показателей. Рассмотрена нормативная база для оценки отдельных элементов системы земледелия.

Анализ энергетической эффективности отдельных технологических процессов при производстве картофеля в учебно-опытном хозяйстве «Михайловское» показал, что в структуре прямых энергозатрат преобладают энергозатраты на уборку картофеля, его транспортировку к хранилищу и на работы во время хранения. Коэффициент энергетической эффективности производства картофеля составил 1,58, коэффициент использования ФАР — 0,59%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров Е.И. Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных работ в растениеводстве. М.: ВАСХНИЛ, 1985. — 2. Балаур Н.С., Тетю А.В. Применение энергетического анализа для оценки эффективности технологий возделывания полевых культур. Кишинев: Молд. НИИНТИ, 1983. — 3. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности аг-

**Энергоемкость технологических процессов производства картофеля
(МДж/га — числитель, % к общим энергозатратам — знаменатель)
в учебно-опытном хозяйстве «Михайловское» в 1994 г.**

Технологический процесс	Энергозатраты		
	прямые	косвенные	суммарные
Предпосадочная обработка почвы	<u>820</u> 9,8	<u>451</u> 1,1	<u>1272</u> 2,6
Подготовка и внесение минеральных удобрений	<u>289</u> 3,4	<u>13739</u> 33,4	<u>14028</u> 28,3
Предпосадочная подготовка семенного материала и посадка картофеля	<u>1059</u> 12,5	<u>18850</u> 45,8	<u>19909</u> 40,1
Уход за посадками	<u>858</u> 10,1	<u>456</u> 1,1	<u>1314</u> 2,6
4-кратная обработка пестицидами	<u>739</u> 8,7	<u>4485</u> 10,9	<u>5224</u> 10,5
Уборка картофеля и транспортировка в хранилище	<u>3042</u> 35,9	<u>1685</u> 4,1	<u>4727</u> 9,5
Работы по уходу за картофелем в хранилище и его отгрузка потребителям	<u>1656</u> 19,6	<u>1496</u> 3,6	<u>3152</u> 6,4
Итого	<u>8463</u> 100,0	<u>41162</u> 100,0	<u>49626</u> 100

роценозов. Пушино: НИИПнА, 1986. — 4. *Жученко А.А., Афанасьев В.Н.* Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Кишинев: Штиинца, 1988, с. 45—53. — 5. *Захаренко А.В.* Оценка энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур. М.: РАСХН, 1994. — 6. *Пупонин А.И., Захаренко А.В., Дебердеев К.Ш.* Влияние разных систем об-

работки почвы, гербицидов и удобрений на засоренность посевов и урожайность полевых культур. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 5, с. 77—85. — 7. *Шатилов И.С., Замираев А.Г.* Отчет о научно-исследовательской работе лаборатории растениеводства ТСХА, 1994. — 8. *Sugiyama K., Shimozu Y.* — J. Earth Sci., Nagoya Univ., 1972, vol. 20, p. 1—29.

*Статья поступила 20 сентября
1996 г.*

SUMMARY

Energetic estimation of technologies which take account of the efficiency of using by agrocenoses not only technogenic energetic flows, but also the energy of photosynthetically active sun radiation is proposed. Energetic estimation of certain technological processes and energetic flows in producing potatoes on training-experimental farm «Mikhailovskoye» is presented.