

УДК 631.371

DOI 10.18286/1816-4501-2017-1-160-166

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГРЕБНЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Зыкин Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Ключевые слова: энергосбережение, энергия, технология, почва, растениеводство, возделывание

Одним из главных условий успешной реализации технологий возделывания является применение сельскохозяйственных машин более высокого технического и технологического уровней, позволяющих коренным образом изменить традиционные агротехнологии. Ресурсосберегающие технологии должны обеспечивать производство продукции с минимально возможным потреблением энергии (дизельного топлива, бензина, электрической энергии и др.), а также исходного сырья и материалов, уменьшение затрат труда, повышение качества продукции, экономию природных ресурсов и избежать загрязнения окружающей среды. Энергия на производство продукции растениеводства включает энергию, полученную от сжигания жидкого топлива, энергию труда рабочего персонала, энергию семенного материала, а также энергию от применения удобрений и химических средств защиты растений. Использование разработанных энерго-, ресурсосберегающей гребневой технологии возделывания пропашных культур и средств механизации для ее осуществления позволяет повысить урожайность пропашных культур в среднем за 5 лет до 38 % без применения экологически небезопасных гербицидов. При реализации гребневой технологии возделывания кукурузы на зерно, подсолнечника и сои коэффициенты энергетической эффективности соответственно составили 15,54; 9,71 и 3,43 единицы, что на 0,6; 3,81 и 4,41 единиц больше в сравнении с традиционной технологией возделывания соответствующих культур на ровной поверхности поля.

Введение

Важнейшей проблемой при реализации любой технологии является уменьшение всех затрат с одновременным повышением урожайности возделываемых культур и, как следствие, снижение себестоимости продукции.

Обеспечение энерго- и ресурсосбереже-

ния – обязательное требование, относящееся не только к технологиям, но и к почвообрабатывающей и посевной технике. Новая техника должна экономить ресурсы, как в процессе ее производства, так и в процессе ее эксплуатации. Немаловажной причиной, сдерживающей широкое и качественное освоение энерго- и ре-

сурсосберегающих технологий, является также отсутствие шлейфа машин и орудий для предпосевной подготовки почвы и посева.

Несомненно, добиться уменьшения затрат энергии, материальных и трудовых ресурсов можно при проведении агрохимических, технических и организационно-экономических мероприятий, таких как совершенствование севооборотов, исключение «лишних» технологических операций, применение экономичной техники. Однако необходимо учитывать, что исходным требованием при реализации любой технологии возделывания пропашных культур является качественная подготовка поля с целью создания условий для последующей заделки семян, стимулирования роста и развития корневой системы, обеспечения доступа к ней питательных веществ. При этом механическая обработка не должна разрушать оптимальную структуру почвы, но должна сохранить ее почвенное плодородие, предохранить от эрозийных процессов и максимально сохранить влагу [1, 2, 3].

Объекты и методы исследований

Большинство современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на ровной поверхности поля предполагает выполнение осенней (зяблевой) отвальной обработки почвы (или дискование на глубину 10...12 см) и раннее весеннее боронование поверхности поля зубовыми боронами, установленными в два следа, для сохранения почвенной влаги, накопленной в осенне-зимний период.

В дальнейшем технологический процесс предполагает выполнение операций предпосевной культивации, посева, прикатывания и ухода за посевами.

Учитывая, что большинство пропашных сеялок одновременно высевают семена и прикатывают строчки посева, то предпосевную культивацию выполняют отдельно. Уход за посевами предполагает механизированное рыхление междурядий стрельчатыми лапами, лапами-бритвами и дополнительными рабочими органами различных конструкций, либо обработку посевов гербицидами.

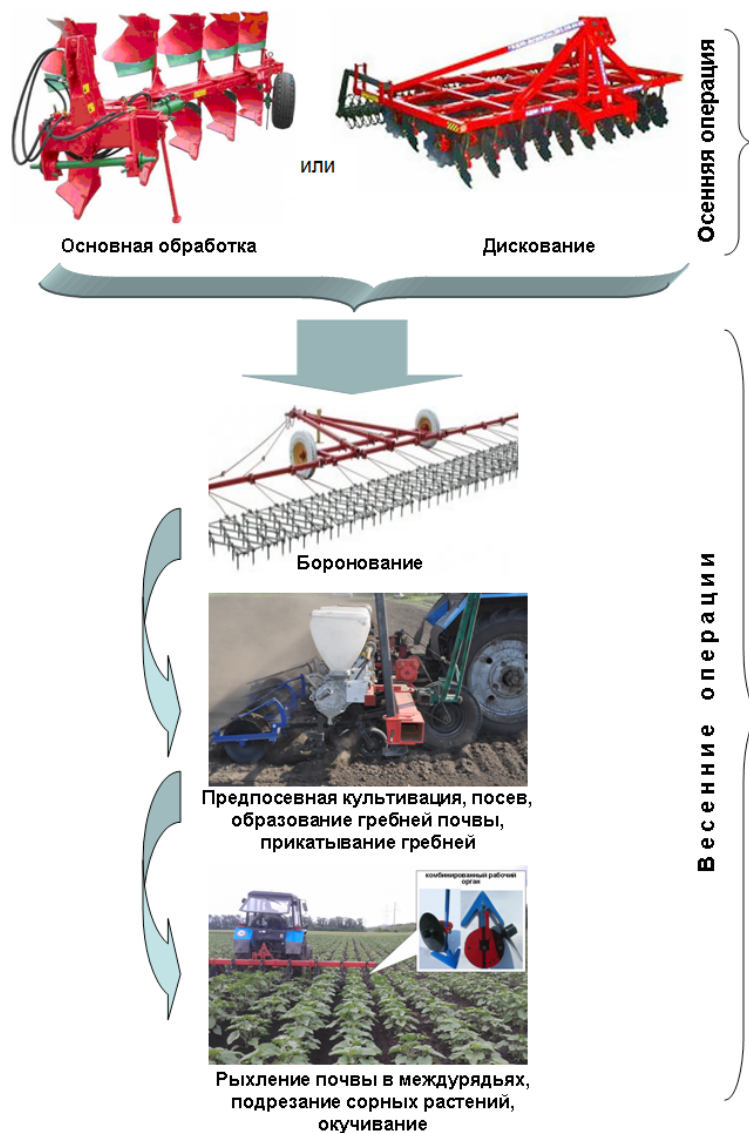


Рис. 1 – Технологический процесс возделывания пропашных культур

Для обеспечения требуемого качества гребневой технологии возделывания пропашных культур, технологические операции необходимо выполнить в следующей последовательности с применением известных и предлагаемых средств механизации (рис. 1).

После раннего весеннего боронования (серийными средствами механизации), при соблюдении влажности почвы и ее температурного режима, одновременно выполняют предпосевную культивацию, высевают семена во влажный слой почвы на уплотненное ложе, формирование гребня почвы и его прикатывание гребневой сеялкой. Уход за посевами пропашных культур выполняют механизированно, пропашным культиватором типа КРН. В процессе ухода рыхлят почву в междурядьях, подрезают сорные

растения, а также окучивают культурные растения путем смещения рыхлого слоя почвы определенной толщины из междурядий в защитные зоны рядков и гребень почвы.

Выполнение операций технологического цикла в вышеизложенной последовательности предлагаемыми средствами механизации позволяет совместить несколько технологических операций за один проход агрегата, уменьшить потери почвенной влаги, сохранить плодородие почвы и увеличить производительность средств механизации.

Производство продукции растениеводства включает определенные технологические операции, в результате которых из исходного сырья (семян культурных растений) при использовании природной и антропогенной энергии получается конечный продукт.

Природную энергию (энергию солнца и энергию гумуса) растения используют в процессе фотосинтеза на создание биологической массы.

Антропогенную энергию – энергию, получаемую человеком из исчерпаемых источников и затрачиваемую на возделывание сельскохозяйственной культуры, подразделяют на два вида: энергию прямых и косвенных затрат.

Прямые затраты включают энергию, получаемую от сгорания жидкого топлива, и энергию труда рабочего персонала.

К косвенным (овеществленным) затратам энергии относят затраты энергии на изготовление тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин, органических и минеральных удобрений, химических средств защиты растений, семенного материала, и энергии, расходуемой на добычу, переработку и транспортировку нефти и сырья для получения черных и цветных металлов, хранение и транспортировку средств производства.

В общем случае косвенные затраты подразделяют на два вида: материально-технические (амортизационные), которые функционируют в сельскохозяйственном производстве длительное время (основные производственные фонды) и переносят воплощенные в них затраты энергии на производимую продукцию частями в течение всего срока службы, и оборотные (посевной и посадочный материал, удобрения, химические средства защиты растений), которые переносят содержащуюся в них энергию на производимую продукцию за один год (период вегетации растения).

Информационная модель биоэнергетиче-

ских потоков при возделывании продукции растениеводства представлена на рис. 2.

Оценить энергетическую эффективность технологии можно по обобщенному показателю – коэффициенту энергетической эффективности $k_{ээ}$, который рассчитывают как отношение энергии $\mathcal{E}_{пр}$, МДж, накопленной в урожае готовой продукции, к суммарной энергии $\mathcal{E}_{ппр}$, МДж, затраченной на его производство:

$$k_{ээ} = \frac{\mathcal{E}_{пр}}{\mathcal{E}_{ппр}}. \quad (1)$$

Если $k_{ээ} > 1$, то технологию считают энергетически оправданной.

Для расчета энергии $\mathcal{E}_{ппр}$, МДж, используют известные методики, предполагающие учитывать: солнечную энергию и энергию гумуса в природных затратах энергии; энергию материально-технических ресурсов и амортизацию, выраженную в энергетических эквивалентах, в косвенных затратах энергии; энергию, требуемую на техническое обслуживание и ремонт тракторов, автомобилей, комбайнов и сельскохозяйственных машин и энергию на добычу, переработку и транспортировку нефтепродуктов в прямых затратах энергии [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Однако известные методики расчета суммарных затрат энергии на производство продукции растениеводства несовершенны из-за некорректного учета энергии, затраченной на производство тракторов, автомобилей, комбайнов, сельскохозяйственных машин, удобрений и химических средств защиты растений, так как эти затраты энергии заложены предприятиями-изготовителями этих товаров, а предприятия АПК эти продукты труда приобретают в виде готовой продукции. Следовательно, это финансовые затраты, а не энергетические. Кроме того, некорректно учитывать солнечную энергию, так как эта энергия получена без непосредственного участия человека, и она бесплатна.

Особенностью энергопотребления в растениеводстве является необходимость учета последствий удобрений, которое проявляется в течение 3...5 лет. Если затраты энергии, заложенной во внесенных удобрениях, отнести на урожай первого года, то его энергоемкость будет высока. Поэтому энергосодержание внесенных удобрений необходимо распределить пропорционально их эффекту в годы последствий.

На основе сказанного выше, целесообразно при расчете совокупной антропогенной энер-

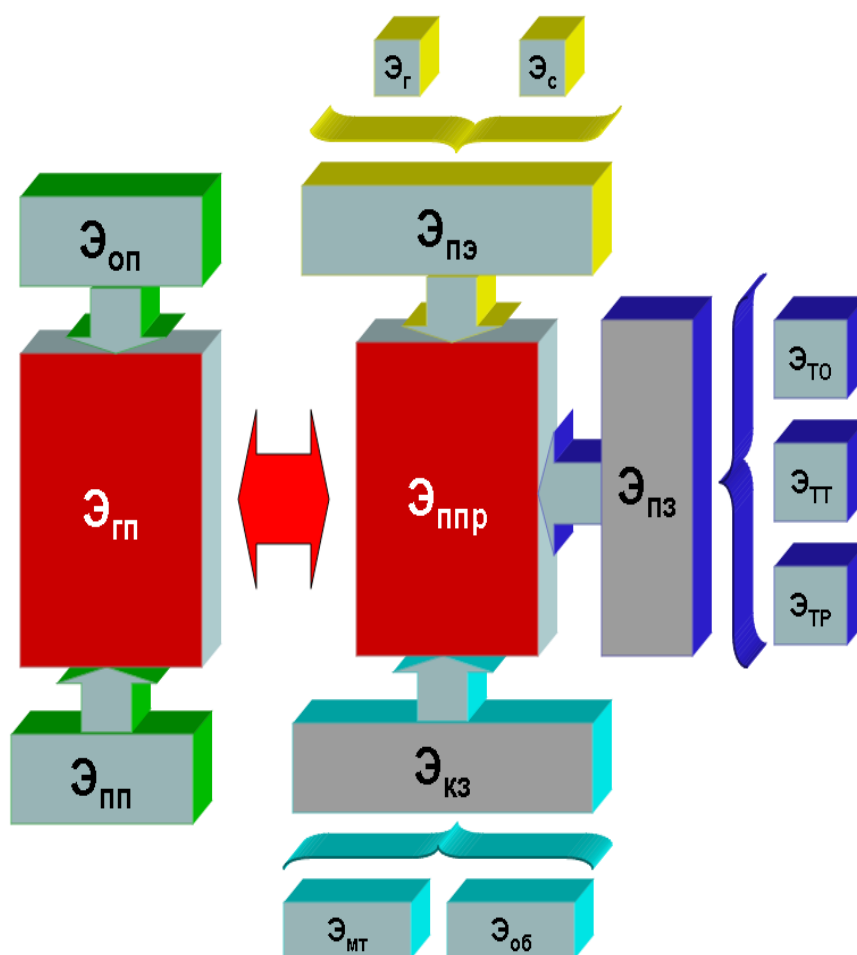


Рис. 2 – Информационная модель биоэнергетических потоков при возделывании продукции растениеводства: $\dot{E}_{гп}$ – энергия готовой продукции растениеводства, МДж; $\dot{E}_{пп}$ – энергия побочной продукции растениеводства, МДж; $\dot{E}_{оп}$ – энергия основной продукции растениеводства, МДж; $\dot{E}_{ппр}$ – энергия на производство продукции растениеводства, МДж; $\dot{E}_{пэ}$ – природная энергия, МДж; $\dot{E}_с$ – солнечная энергия, МДж; $\dot{E}_г$ – энергия гумуса, МДж; $\dot{E}_{кз}$ – энергия косвенных затрат, МДж; $\dot{E}_{оу}$ – энергия органических удобрений, МДж; $\dot{E}_{му}$ – энергия минеральных удобрений, МДж; $\dot{E}_х$ – энергия химических средств защиты растений, МДж; $\dot{E}_{пз}$ – энергия прямых затрат, МДж; $\dot{E}_{мт}$ – энергия материально-технических ресурсов, МДж; $\dot{E}_{об}$ – энергия оборотных средств, МДж.

гии учесть в косвенных затратах только энергию исходных материалов (семенного, органических и минеральных удобрений, химических средств защиты растений), непосредственно влияющих на формирование урожая.

Результаты исследований

Общее содержание энергии $\dot{E}_{гп}$, МДж, накопленной в урожае сельскохозяйственной культуры

$$\dot{E}_{гп} = \dot{E}_{оп} + \dot{E}_{пп} = \dot{Y}_{оп} k_{оп} q_{оп} + \dot{Y}_{пп} k_{пп} q_{пп}, \quad (2)$$

где $Y_{оп}$ – урожайность основной продукции, кг/га; $k_{оп}$ – коэффициент пересчета основной продукции на сухое вещество; $q_{оп}$ – содер-

жание энергии в 1 кг сухого вещества основной продукции, МДж/кг; $Y_{пп}$ – урожайность побочной продукции, кг/га; $k_{пп}$ – коэффициент пересчета побочной продукции на сухое вещество; $q_{пп}$ – содержание энергии в 1 кг сухого вещества побочной продукции, МДж/кг.

Однако для некоторых культур энергия, заключенная в побочной продукции, не представляет большой практической значимости (например, стебли растений подсолнечника, сои). Следовательно, адекватно оценить технологию возделывания можно только по содержанию энергии, накопленной в массе основной продукции растениеводства.

Энергия $\dot{E}_{ппр}$, МДж, затраченная на произ-

водство продукции растениеводства

$$\mathcal{E}_{\text{ППР}} = \mathcal{E}_{\text{ПВ}} + \mathcal{E}_{\text{КЗ}} + \mathcal{E}_{\text{ПЭ}}. \quad (3)$$

Прямые затраты энергии при возделывании продукции растениеводства включают затраты энергии, полученной от сгорания жидкого топлива (дизельного топлива или бензина) и затраты труда рабочего персонала:

$$\mathcal{E}_{\text{ПВ}} = \mathcal{E}_{\text{ТО}} + \mathcal{E}_{\text{ТТ}} + \mathcal{E}_{\text{ТР}}, \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ТТ}} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{\text{ТТ}i}$$

где – суммарная энергия

от сгорания топлива, затраченная на разных технологических операциях (вспашка, культивация, боронование, посев, внесение удобрений, уход

за посевами и т.п.), МДж; $\mathcal{E}_{\text{ТТ}} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{\text{ТТ}i}$ – суммарная энергия от сгорания топлива, затраченного на транспортирование семян, удобрений,

урожая и т.п., МДж; $\mathcal{E}_{\text{ТР}} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{\text{ТР}i}$ – суммарная энергия рабочего персонала, затраченная на разных технологических операциях (вспашка, культивация, боронование, посев, транспортирование семян, удобрений, урожая, внесение удобрений, уход за посевами и т.п.), МДж; i – число технологических операций.

Энергию, МДж, полученную от сгорания жидкого топлива и затраченную на выполнение технологической операции, определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ТО}i} (\mathcal{E}_{\text{ТТ}i}) = H_{\text{T}} \alpha_{\text{T}}, \quad (5)$$

где H_{T} – количество израсходованного топлива, кг/га; α_{T} – энергосодержание топлива, МДж/кг.

В основе оценки человеческого труда в любой его форме (физической, умственной и т.п.) должны лежать затраты на удовлетворение потребностей человека [10].

Для анализа человеческого труда с помощью энергетических единиц его необходимо выразить в энергетических эквивалентах для отдельных групп профессий и видов деятельности.

Энергетический эквивалент человеческого труда – это стоимость одного человеко-часа в энергетических единицах, которая зависит от доли личного потребления населения относительно валового внутреннего продукта (ВВП), удельной энерговооруженности человеческого

труда и соотношения между реальными объемами оплаты труда и энергетических ресурсов, используемых в отраслях материального производства [10, 11].

Общая энергия, МДж, затраченная рабочим персоналом при производстве продукции растениеводства,

$$\mathcal{E}_{\text{ТР}} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{\text{ТР}i}, \quad (6)$$

Тогда энергия $\mathcal{E}_{\text{ТР}}$, МДж/га, труда рабочего персонала, затраченная на реализацию одной технологической операции на единицу площади поля

$$\mathcal{E}_{\text{ТР}i} = e T_p, \quad (7)$$

где T_p – трудоемкость технологической операции, чел.ч/га.

В соответствии с нормами Всемирной аграрной организации (ФАО) разные категории рабочих, участвующих в процессе производства сельскохозяйственной продукции, расходуют неодинаковое количество энергии. Следовательно, учитывая ВВП как стоимость вновь затраченного труда и энергии в сфере материального производства, установим энергетический эквивалент, МДж/(чел.ч), человеческого труда [10]:

$$e = \frac{(K - d n_1) c_{\text{T}}}{d n_2}, \quad (8)$$

где $K = (c_{\text{T}} T + O_{\text{ФП}}) / c_{\text{T}} T$ – коэффициент; $d = (c_{\text{T}} T + O_{\text{ФП}}) / (n_1 c_{\text{T}} T + n_2 c_{\text{Э}} \mathcal{E})$ – доля ВВП, идущая на потребление; n_1, n_2 – доля человеческого труда и энергии в сфере материального производства; $c_{\text{T}}, c_{\text{Э}}$ – средняя по стране стоимость человеческого труда и энергии; T, \mathcal{E} – годовое количество затраченного труда и энергии; $O_{\text{ФП}}$ – величина различных фондов потребления.

Например, энергетический эквивалент механизаторов составляет 60,8 МДж/(чел.ч), водителей – 60,3 МДж/(чел.ч), полевых рабочих – 33,3 МДж/(чел.ч) [10, 11].

Подставив выражения (5), (6) и (7) в (4), определим прямые затраты энергии при производстве продукции растениеводства:

$$\mathcal{E}_{\text{ППР}} = \sum_{i=1}^n (H_{\text{ТО}} \alpha_{\text{T}}) + \sum_{i=1}^n (H_{\text{ТТ}} \alpha_{\text{T}}) + \sum_{i=1}^n (e T_p). \quad (9)$$

Энергия, МДж, косвенных затрат должна включать энергию семенного материала, удобрений и химических средств защиты растений:

$$\mathcal{E}_{\text{КЗ}} = \mathcal{E}_{\text{КЗс}} + \mathcal{E}_{\text{КЗу}} + \mathcal{E}_{\text{КЗх}} \quad (10)$$

Перенос косвенной энергии косвенных материалов на конечный продукт осуществляют исходя из нормы высева (внесения) исходного материала и срока его действия:

- семенного материала

$$\mathcal{E}_{\text{КЗс}} = \alpha_c H_c, \quad (11)$$

- органических (минеральных) удобрений

$$\mathcal{E}_{\text{КЗу}} = \frac{\alpha_y H_y k_{\text{исп}}}{T_y}, \quad (12)$$

- химических средств защиты растений

$$\mathcal{E}_{\text{КЗх}} = \frac{\alpha_x H_x k_{\text{исп}}}{T_x}, \quad (13)$$

где α_c - энергетический эквивалент семенного материала, МДж/кг; α_0 - энергетический эквивалент удобрений (органических, минеральных), МДж/кг; α_x - энергетический эквивалент химических средств защиты растений, МДж/кг; H_c - норма высева семян, кг/га; H_y - норма внесения удобрений, кг/га; H_x - норма внесения химических средств защиты растений, кг/га; $k_{\text{исп}}$ - коэффициент использования вещества культурными растениями; T_y - период действия удобрений (последствие), лет; T_x - период действия химических средств защиты растений, лет.

Подставив (11), (12), (13) в (10), а (9) и (10) в (3), определим общую энергию, затраченную при производстве продукции растениеводства:

$$\mathcal{E}_{\text{ппр}} = \sum_{i=1}^n (H_{\text{Тго}} \alpha_{\text{T}}) + \sum_{i=1}^n (H_{\text{Тгр}} \alpha_{\text{T}}) + \sum_{i=1}^n (e T_p) + \alpha_c H_c + \frac{\alpha_y H_y k_{\text{исп}}}{T_y} + \frac{\alpha_x H_x k_{\text{исп}}}{T_x} \quad (14)$$

Из выражения 14 следует, что энергия на производство продукции растениеводства зависит от энергии, полученной от сжигания жидкого топлива, энергии живого труда рабочего персонала, энергии семенного материала, а также энергии от применения удобрений и химических средств защиты растений.

Применение предложенной методики позволит адекватно оценить энергетическую эффективность производства продукции растениеводства с учетом энергии прямых и косвенных затрат.

В сравнении с традиционной технологией возделывания пропашных культур на ровной поверхности поля при предлагаемой гребневой технологии урожайность сои, подсолнечника и кукурузы увеличились в среднем за 5 лет на 20, 16 и 38 % соответственно.

Энергетическая эффективность технологической возделывания пропашных культур представлена в табл. 1.

Проанализировав показатели табл. 1, можно заключить, что практическая реализация гребневой технологии, в сравнении с традиционной, позволяет уменьшить энергию $\mathcal{E}_{\text{ппр}}$, МДж, затраченную на возделывание пропашных культур на 233...467 МДж/га. Кроме того, за счет гарантированного увеличения урожайности энергии в зерне дополнительно на 2909...28725 МДж/га накапливается больше.

Выводы

Использование разработанных энерго-ресурсосберегающей гребневой технологии

Таблица 1

Энергетическая эффективность технологий возделывания пропашных культур

Энергия при традиционной технологии		Энергия при гребневой технологии		Коэффициент энергетической эффективности $k_{\text{ээ}}$	
$\mathcal{E}_{\text{гп}}'$ МДж/га	$\mathcal{E}_{\text{ппр}}'$ МДж/га	$\mathcal{E}_{\text{гп}}'$ МДж/га	$\mathcal{E}_{\text{ппр}}'$ МДж/га	традиционная технология	гребневая технология
Кукуруза на зерно					
90713	8150	119438	7683	11,13	15,54
Подсолнечник					
28527	4840	44574	4590	5,9	9,71
Соя					
17456	6168	20365	5935	2,83	3,43

возделывания пропашных культур и средств механизации для ее осуществления позволяет повысить урожайность пропашных культур в среднем за 5 лет до 38 % без применения экологически небезопасных гербицидов.

При реализации гребневой технологии возделывания кукурузы на зерно, подсолнечника и сои коэффициенты энергетической эффективности соответственно составили 15,54; 9,71 и 3,43 единицы, что на 0,6; 3,81 и 4,41 единицы больше в сравнении с традиционной технологией возделывания соответствующих культур на ровной поверхности поля.

Библиографический список

1. Курдюмов, В.И. Ресурсосбережение при гребневом возделывании пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Казанского ГАУ. 2014. - № 3 (33). – С. 86-90.
2. Курдюмов, В.И. Разработка средств механизации гребневого возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Рязанского ГАТУ. 2014. - № 4 (24). – С. 67-72.
3. Курдюмов, В.И. Энергосбережение при гребневом возделывании пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Аграрный научный журнал. - 2015. – № 4. – С. 52-56.
4. Гордеев, А.С. Энергосбережение в сельском хозяйстве / А.С. Гордеев, Д.Д. Огородников, И.В. Юдаев. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 400 с.
5. Рабочев, Г.И. Биоэнергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве / Г.И. Рабочев, В.Г. Кутилкин, А.Л. Рабочев. – Самара, 2004. – 112 с.
6. Булаткин, Г.А. Эколого-энергетические основы оптимизации продуктивности агроэкосистем / Г.А. Булаткин. – М.: НИА-Природа, 2008. – 366 с.
7. Базаров, Е.И. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / Е.И. Базаров, Е.В. Глинка, А.А. Мамонтова. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 44 с.
8. Державин, Л.М. Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений // Вестник с.-х. науки. – 1984. - № 2. – С. 44-48.
9. Павляк, Я. Рациональное потребление топлива и энергии в сельском хозяйстве // Межд. с.-х. журнал. – 1981. - № 4. – С. 29-32.
10. Щелоков, Я.М. Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Энергетические проблемы энергоемких производств. – Екатеринбург: РУО АИН им. А.М. Прохорова, 2010. – 388 с.
11. ГОСТ Р 51750-2001. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. – Введ. 2001-05-21. – М.: Издательство стандартов. – 60 с.

ENERGY EFFICIENCY OF RIDGE TECHNOLOGY OF TILLED CROP CULTIVATION

Zykin E.S., Kurdyumov V.I.
FSBEI HPE «Ulyanovsk SAA
432017, Ulyanovsk, Novy Venets avenue, 1;
tel.: 8(8422)55-95-95; e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Key words: energy saving, energy, technology, soil, plant science, cultivation.

One of the main conditions of successful realization of cultivation technology is application of agricultural machines of high technical and technological levels, which allows to ultimately change conventional agro technologies. Resource – saving technologies have to provide product output with the least possible energy consumption (diesel fuel, gasoline, electricity, etc.) as well as, initial raw stuff and material consumption, reduction of labour costs, increase of product quality, saving of natural resources and environment pollution avoidance. Energy spent on agricultural products includes energy received from wet fuel burn out, energy of personnel labour, energy of seeding material, and also energy from fertilizer application and chemical plant protection methods. Usage of devised energy and resource saving ridge technology of tilled crop cultivation and mechanical aids for its realization allow to increase tilled crop yield, averagely, by 38 % without application of ecologically harmful herbicides. In case of ridge cultivation technology of corn (for grain purpose), sunflower and soy bean, energy efficiency indexes were 15,54; 9,71 and 3,43 units accordingly, which is 0,6; 3,81 and 4,41 units more in comparison with conventional cultivation technology of the above mentioned crops on the flat field surface.

Bibliography:

1. Kurdyumov, V.I. Resource-saving in case of ridge cultivation of tilled crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Vestnik of Kazan SAU. 2014. - № 3 (33). – pp. 86-90.
2. Kurdyumov, V.I. Development of mechanical aids of tilled crop ridge cultivation / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Vestnik of Ryazan SATU. 2014. - № 4 (24). – pp. 67-72.
3. Kurdyumov, V.I. Energy-saving in case of ridge cultivation of tilled crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Agrarian scientific journal. - 2015. – № 4. – pp. 52-56.
4. Gordeyev, A.S. Energy-saving in agriculture / A.S. Gordeyev, D.D. Ogorodnikov, I.V. Yudaev. - SPB.: Publishing house Lan», 2014. – 400 p.
5. Rabochev, G.I. Bio energetic assessment of technological processes in plant science / G.I. Rabochev, V.G. Kutilkin, A.L. Rabochev. - Samara, 2004. – 112 p.
6. Bulatkin, G.A. Ecology-energetic basis of productivity improvement of agroecosystems / G.A. Bulatkin. – M.: NIA - Priroda, 2008. – 366 p.
7. Bazarov, E.I. Method of bio energetic assessment of production technology of agricultural products / E.I. Bazarov, E.V. Glinka, A.A. Mamontov. – M.: All-Union Academy of agricultural sciences named after V.I. Lenin, 1983. – 44 p.
8. Derzhavin, L.M. Energy efficiency of application of mineral fertilizers // Vestnik of agricultural science. – 1984. - № 2. – pp. 44-48.
9. Pavlyak, Y. Reasonable fuel and energy consumption in agriculture // International agricultural journal. – 1981. - № 4. – pp. 29-32.
10. Shchelokov, Y.M. Energy analysis of economic activity. Energy problems of power-consuming industries. – Ekaterinburg: RUD AES named after A.M. Prokhorov, 2010. – 388 p.
11. National State Standard P 51750-2001. Method of energy consumption determination in case of product output and providing services in technological energy systems. – Intr. 2001-05-21. – M.: Publishing house of standards. - 60 p.