

## БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

А. С. БУДЬКО

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: oz.pszeniza@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.04.2022)

*На основе трехлетних исследований перспективных сортообразцов озимой мягкой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания дана биоэнергетическая оценка эффективности их возделывания на двух вариантах технологий. Раскрыта значимость и целесообразность проведения данных исследований. Выявлено, что с повышением уровня интенсификации технологии снижаются трудозатраты. Установлено, что наиболее энергоемким является применение пестицидов. Их удельный вес в структуре затрат суммарной энергии на возделывание достигает 88 %. Основной резерв повышения эффективности возделывания – рациональное использование пестицидов, минеральных удобрений и горюче-смазочных материалов. Выделены лучшие сортообразцы, которые в зависимости от технологии возделывания обеспечивают наибольшую биоэнергетическую эффективность. Другие исследуемые сортообразцы не многим отставали от лучших, согласно критерию величин показателей энергетической эффективности, все сортообразцы отвечают требованиям энергосбережения и оба варианта технологий являются энергосберегающими для агропромышленного комплекса. Установлено, что большинство исследуемых сортообразцов, как при первом варианте технологии возделывания, так и при втором, оказались более эффективными в сравнении с сортом Элегия. Сравнивая две технологии, можно с уверенностью утверждать, что обычная является более экономичной, с энергетической точки зрения.*

**Ключевые слова:** биоэнергетическая эффективность, пшеница, технология, структура затрат, себестоимость, энергосбережение.

*Based on a three-year study of promising varieties of winter soft wheat in the nursery of competitive variety testing, a bioenergetic assessment of the effectiveness of their cultivation using two technology options was given. The significance and expediency of conducting these studies is revealed. It was revealed that with the increase in the level of technology intensification, labor costs are reduced. It has been established that the most energy-consuming is the use of pesticides. Their share in the structure of total energy costs for cultivation reaches 88 %. The main reserve for increasing the efficiency of cultivation is the rational use of pesticides, mineral fertilizers, fuels and lubricants. The best variety samples have been identified, which, depending on the cultivation technology, provide the highest bioenergetic efficiency. Other studied varieties were not far behind the best, according to the criterion of energy efficiency indicators, all varieties meet the requirements of energy saving and both technology options are energy-saving for the agro-industrial complex. It has been established that most of the studied varieties, both in the first version of cultivation technology and in the second, turned out to be more effective in comparison with the Elegiya variety. Comparing the two technologies, it is safe to say that the conventional one is more economical from an energy point of view.*

**Key words:** bioenergy efficiency, wheat, technology, cost structure, prime cost, energy saving.

### Введение

В современном растениеводстве наиболее актуальными и приоритетными направлениями развития являются энерго- и ресурсосбережение, экологизация и биологизация технологических процессов [1]. В утвержденной Правительством страны Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года отмечается, что одной из нерешенных задач в продовольственной сфере является повышение эффективности производства и снижение себестоимости продукции [2].

В условиях рыночной экономики, когда происходят систематические изменения цен на материалы и услуги, невозможно дать объективную экономическую оценку эффективности возделывания озимой мягкой пшеницы, применения того или иного технологического приема, при использовании современных экономических методов. Однако для новых сортообразцов и сортов, новых технологических приемов, используемых в конкретных экологических условиях, требуется объективная оценка их преимуществ или недостатков. В качестве такой оценки может выступать определение энергетической эффективности. Для этого нужно определить все энергозатраты на возделывание растений или использование технологического приема и энергосодержание урожая, выявить степень окупаемости энергозатрат энергосодержанием урожая. Энергетическая оценка сорта или приема при необходимости может быть переведена в любые денежные единицы, если известна стоимость одного гигаджоуля (ГДж), другими словами, может быть дана экономическая оценка [3].

Без применения энергетического анализа эффективное управление агропромышленным комплексом невозможно. Интенсификация сельского хозяйства привела к созданию сложного производства, каждая технологическая ступень которого требует значительных энергетических затрат.

В этой связи целью исследований было определить биоэнергетическую эффективность возделывания перспективных сортообразцов озимой мягкой пшеницы. Показать преимущества создания и возделывания сортов интенсивного и экстенсивного типа.

## Основная часть

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Объектом исследований служили перспективные сортообразцы озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания и сорт Элегия, который является контролем (К).

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная подстилаемая моренным суглинком с содержанием гумуса (по Тюрину) 2,31–2,95 % и кислотностью  $pH_{KCl}$  5,4–5,8; с содержанием подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову) соответственно 213–230 и 268–310 мг/кг почвы. Предшественник – озимый рапс на семена. Сев проводили в I декаде сентября с нормой высева 4,0 млн. всхожих семян на гектар сеялкой *Wintersteiger* по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 3-кратной повторности с учетной площадью делянки 10 м<sup>2</sup>. Посевной материал обеззараживали протравителем Баритон, КС в норме 1,5 л/т. Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 75 кг/га действующего вещества (д. в.) и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д. в. Азотные удобрения (карбамид) вносили в виде трех подкормок: первая – при возобновлении весенней вегетации пшеницы озимой из расчета 60 кг/га д. в., вторая – в фазу конец кушения – начало выхода в трубку – 50 кг/га д. в. и третья (интенсивная технология) – при появлении флагового листа в дозе 40 кг/га д. в.

Для защиты посевов от сорной растительности осенью применяли гербицид Алистер гранд, МД (в фазе ДК 11–13) в норме 0,7 л/га. Фунгицидную обработку посевов проводили препаратом Зантара, КЭ в норме расхода 0,8 л/га (в фазе ДК 37–39). При интенсивной технологии половинную норму (0,2 л/га) ретарданта Моддус, КЭ вносили в фазе ДК 30–31. Для защиты колоса от болезней использовали фунгицид Прозаро, КЭ, опрыскивание проводили (ДК 61– 63) с нормой расхода препарата 0,8 л/га.

Методика биоэнергетического анализа эффективности возделывания сельскохозяйственных растений основывается на сравнении совокупных затрат энергии на выращивание растений и количества энергии, получаемой с урожаем. Обобщающим показателем является биоэнергетический коэффициент – отношение валовой энергии, полученной с урожаем, к суммарным затратам. Технология возделывания культуры будет эффективной, если данный коэффициент больше единицы. Энергетический анализ технологии выращивания растений проводится по технологическим картам на основе нормативных данных. Технологическая карта – это итог проектирования возделывания культуры от подготовки почвы до уборки и послеуборочной доработки урожая [3]. На основе технологических карт мы произвели расчеты материальных и трудовых затрат на весь объем работ по каждому агроприему, перевели материальные затраты в энергетические, используя переводные коэффициенты – энергетические эквиваленты (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная структура затрат совокупной энергии при возделывании сортообразцов озимой мягкой пшеницы

Сортообразец		Посевной материал		Трактора, с.-х. орудия и машины		ГСМ		Электроэнергия	
		МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%
<b>ЭЛЕГИЯ (К)</b>	I	6192,0	5,75	2267,2	2,10	5494,3	5,10	477,6	0,44
	II	6192,0	3,19	2343,2	1,21	5817,4	2,99	519,3	0,27
<b>1372</b>	I	6192,0	5,74	2272,7	2,11	5522,0	5,12	499,4	0,46
	II	6192,0	3,19	2340,7	1,20	5804,7	2,99	509,3	0,26
<b>1385</b>	I	6192,0	5,74	2275,8	2,11	5537,9	5,13	511,8	0,47
	II	6192,0	3,19	2335,1	1,20	5776,2	2,97	487,0	0,25
<b>1172-3-1</b>	I	6192,0	5,75	2258,8	2,10	5452,3	5,07	444,7	0,41
	II	6192,0	3,18	2353,5	1,21	5868,9	3,02	559,7	0,29
<b>1228-4-1</b>	I	6192,0	5,74	2269,5	2,11	5506,2	5,11	487,0	0,45
	II	6192,0	3,18	2353,0	1,21	5866,5	3,02	557,8	0,29
<b>1338-1-1</b>	I	6192,0	5,74	2270,5	2,11	5511,0	5,11	490,7	0,46
	II	6192,0	3,18	2353,0	1,21	5866,5	3,02	557,8	0,29
<b>1128-4-11</b>	I	6192,0	5,74	2275,0	2,11	5533,9	5,13	508,7	0,47
	II	6192,0	3,18	2350,3	1,21	5853,0	3,01	547,3	0,28
<b>1328-2-3</b>	I	6192,0	5,75	2264,2	2,10	5479,3	5,09	465,8	0,43
	II	6192,0	3,19	2339,3	1,20	5797,6	2,98	503,7	0,26
Сортообразец		Живой труд		Удобрения		Пестициды		Итого	
		МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%	МДж/га	%
<b>ЭЛЕГИЯ (К)</b>	I	852,0	0,79	5394,0	5,01	87083,9	80,81	107760,9	100
	II	938,3	0,48	6990,0	3,60	171563,6	88,27	194363,8	100
<b>1372</b>	I	877,7	0,81	5394,0	5,00	87083,9	80,75	107841,6	100
	II	926,6	0,48	6990,0	3,60	171563,6	88,29	194326,9	100

1385	I	892,4	0,83	5394,0	5,00	87083,9	80,72	107887,8	100
	II	900,1	0,46	6990,0	3,60	171563,6	88,32	194243,9	100
1172-3-1	I	813,0	0,76	5394,0	5,01	87083,9	80,90	107638,7	100
	II	986,1	0,51	6990,0	3,59	171563,6	88,20	194513,7	100
1228-4-1	I	863,0	0,80	5394,0	5,00	87083,9	80,79	107795,5	100
	II	983,9	0,51	6990,0	3,59	171563,6	88,20	194506,8	100
1338-1-1	I	867,4	0,80	5394,0	5,00	87083,9	80,78	107809,4	100
	II	983,9	0,51	6990,0	3,59	171563,6	88,20	194506,8	100
1128-4-11	I	888,7	0,82	5394,0	5,00	87083,9	80,73	107876,2	100
	II	971,4	0,50	6990,0	3,59	171563,6	88,22	194467,6	100
1328-2-3	I	838,0	0,78	5394,0	5,01	87083,9	80,84	107717,1	100
	II	919,9	0,47	6990,0	3,60	171563,6	88,30	194306,2	100

Примечание. Технология возделывания: I – обычная, II – интенсивная.

Анализ данных табл. 1 показывает, что доля живого труда, израсходованного на производство единицы продукции по отношению к другим незначительна, и поэтому не оказывает весомого воздействия на энергетическую эффективность. При сравнении двух вариантов технологии возделывания прослеживается тенденция сокращения трудозатрат при повышении интенсификации производства.

Анализ других статей затрат показал, что наиболее энергоемким является применение пестицидов. Их удельный вес в структуре затрат суммарной энергии на возделывание сортообразцов озимой мягкой пшеницы составил от 80,72 % у сортообразца №1385 на обычной технологии возделывания до 88,32 % на интенсивной. Наиболее дорогим с энергетической позиции является применение гербицидов. Так, согласно методике Э. Ф. Вафиной (2016) [3], затраты энергии на производство гербицида Алистер гранд, МД равны 419,6 МДж/кг д. в. В связи с этим второй вариант технологии возделывания является более затратным, так как увеличено количество обработок посевов пестицидами, а также предусмотрена третья подкормка азотными удобрениями. Примерно один уровень в структуре занимают затраты энергии вносимых удобрений и горюче-смазочных материалов (ГСМ).

Таким образом, основным резервом повышения эффективности возделывания озимой мягкой пшеницы является рациональное использование пестицидов, минеральных удобрений и ГСМ.

Расчет энергетической эффективности учитывал такие показатели, как энергозатраты на возделывание озимой мягкой пшеницы ( $E_t$ ), суммарное энергосодержание урожая зерна ( $Q$ ), чистый энергетический доход ( $\Delta Q$ ), который определяется по разнице между энергосодержанием урожая и общими затратами на возделывание:

$$\Delta Q = Q - E_t.$$

Коэффициент энергетической эффективности ( $K$ ) рассчитывался по отношению чистого энергетического дохода к энергозатратам:

$$K = \Delta Q / E_t.$$

Биоэнергетический коэффициент ( $r$ ), или, другими словами, коэффициент полезного действия (КПД) посева – отношение энергии, полученной с урожаем к энергозатратам:

$$r = Q / E_t.$$

Энергетическую себестоимость зерна ( $C_y$ ), определяли как энергетические затраты на единицу урожая ( $Y$ ):

$$C_y = E_t - Y.$$

Биоэнергетическая оценка возделывания сортообразцов озимой мягкой пшеницы дана в табл. 2.

Согласно данным табл. 2, при возделывании сортообразцов озимой мягкой пшеницы по первому варианту технологии, энергетическая себестоимость изменялась от  $C_y = 25,6$  ГДж/ц до  $C_y = 36,1$  ГДж/ц. Самый высокий доход был получен при возделывании сортообразца №1385. Он обеспечил среднюю урожайность за годы исследований 82,3 ц/га, при чистом энергетическом доходе  $\Delta Q = 1081275$  ГДж/га. Коэффициенте энергетической эффективности находился на уровне  $K = 1081275$ .

Наиболее затратным было возделывание сортообразца №1172-3-1, его урожайность составила 71,5 ц/га, при чистом энергетическом доходе 816083 ГДж/га. Анализ энергетической себестоимости по второму варианту технологии возделывания показал, что данный параметр изменялся от  $C_y = 104,5$  ГДж/ц до  $C_y = 115,9$  ГДж/ц. Наибольший доход за период исследований получен при выращивании сортообразца №1172-3-1, он обеспечил урожайность, в среднем за три года, 90 ц/га, при

чистом энергетическом доходе  $\Delta Q=1293002,9$  ГДж/га. Его коэффициент энергетической эффективности находился на уровне  $K=664736$ .

Таблица 2. Биоэнергетическая оценка возделывания сортообразцов озимой мягкой пшеницы

Сортообразец		Урожайность (У), ц/га	Выход валовой энергии с урожаем основной продукции (Q), ГДж/га	Прирост энергии ( $\Delta Q$ ), ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности (K)	Энергетическая себестоимость (С <sub>у</sub> ), ГДж/ц
<i>ЭЛЕГИЯ (К)</i>	I	76,8	941677,6	941569,8	873758,1	31,0
	II	83,5	1113147,6	1112953,2	572615,1	110,9
1372	I	80,3	1029463,4	1029355,5	954506,6	27,5
	II	81,9	1070896,8	1070702,4	550979,9	112,4
1385	I	82,3	1081382,8	1081275,0	1002222,1	25,6
	II	78,3	978821,1	978626,9	503813,4	115,9
1172-3-1	I	71,5	816191,2	816083,5	758169,2	36,1
	II	90,0	1293197,4	1293002,9	664736,0	104,5
1228-4-1	I	78,3	978821,1	978713,3	907935,1	29,5
	II	89,7	1284590,5	1284395,9	660334,7	104,8
1338-1-1	I	78,9	993879,7	993771,9	921786,3	28,9
	II	89,7	1284590,5	1284395,9	660334,7	104,8
1128-4-11	I	81,8	1068283,2	1068175,4	990186,0	26,1
	II	88,0	1236360,6	1236166,1	635666,8	106,5
1328-2-3	I	74,9	895660,5	895552,8	831393,3	32,8
	II	81,0	1047489,9	1047295,6	538992,4	113,3

Примечание. Технология возделывания: I – обычная, II – интенсивная.

Самую низкую урожайность обеспечил сортообразец №1385 – 78,3 ц/га при чистом энергетическом доходе  $\Delta Q=978626,9$  ГДж/га. Производство зерна данного сортообразца было более затратным и энергетически менее выгодным.

Обобщающим показателем, при оценке эффективности возделывания, является биоэнергетический коэффициент (рисунок).

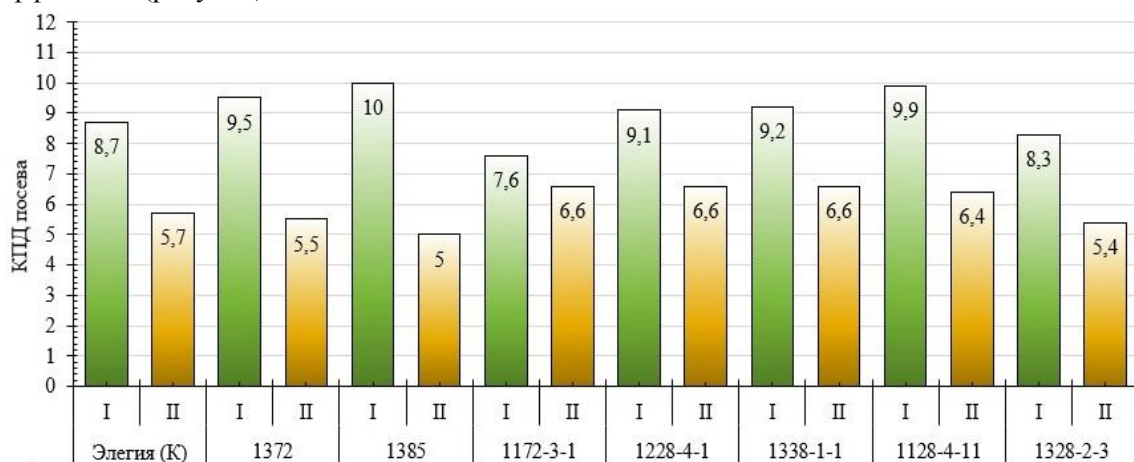


Рис. Биоэнергетический коэффициент (г), (КПД посева)

Гистограмма, представленная на рисунке, наглядно демонстрирует эффективность выращивания исследуемых сортообразцов, а также, эффективность повышение интенсификации технологии возделывания. Наибольший КПД, при применении первого варианта технологии, обеспечил сортообразец №1385 ( $r=10$ ). Данный генотип можно отнести к экстенсивному типу – он слабо реагирует на улучшение условий произрастания и способен обеспечить наибольшую эффективность при ограниченном количестве ресурсов. Сортообразцы: №1338-1-1, №1228-4-1 и №1172-3-1 относятся к интенсивному типу, они характеризуются высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания ( $r = 6,6$ ), однако, при ухудшении условий так же значительно снижают продуктивность. Наибольшую ценность представляет сортообразец №1128-4-11, так как на обоих вариантах технологий возделывания обеспечил сравнительно высокую эффективность.

### Заключение

В результате анализа биоэнергетической эффективности возделывания сортообразцов озимой мягкой пшеницы при обычной и интенсивной технологии, мы выделили наиболее эффективные. Следует отметить, что другие сортообразцы не многим отставали от лучших, согласно критерию величин

показателей энергетической эффективности возделывания, все сортообразцы отвечают требованиям энергосбережения и оба варианта технологий являются энергосберегающими для агропромышленного комплекса. Установлено, что большинство исследуемых сортообразцов, как при первом варианте технологии возделывания, так и при втором, обеспечили более высокую эффективность в сравнении с сортом Элегия. Сравнивая две технологии, можно с уверенностью утверждать, что обычная является более экономичной с энергетической точки зрения.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Кислов, А. А. Энергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве / А. А. Кислов, А. Ф. Кислов // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – № 2(38). – С. 87–91.
2. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962. – Режим доступа: <http://www.government.by/ru/solutions/3060>. – Дата доступа: 12.03.2020.
3. Вафина, Э. Ф. Энергетическая оценка эффективности приемов технологий возделывания полевых культур: учебное пособие / Э. Ф. Вафина, П. Ф. Сутыгин. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – 62 с.