



УДК 631.51

В.К. Ивченко, З.И. Михайлова

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ИСКОПАЕМОЙ ЭНЕРГИИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ
ВЫЩЕЛОЧНЫХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

V.K. Ivchenko, Z.I. Mikhaylova

SOME WAYS OF DECREASING THE EXPENSES OF FOSSIL ENERGY ON LEACHED
CHERNOZYOMS OF THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

Ивченко В.К. – д-р с.-х. наук, проф. каф. общего земледелия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Ivchenko V.K. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of General Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Михайлова З.И. – канд. биол. наук, доц. каф. общего земледелия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: zoya2127676@mail.ru

Mikhaylova Z.I. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of General Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: zoya2127676@mail.ru

Невысокая энергоотдача культур с урожаем объясняется ростом технической вооруженности сельского хозяйства. Современные технологии производства продукции растениеводства основываются в основном на использовании невозобновляемых видов ископаемого топлива, в первую очередь таких как нефть и природный газ. Одним из путей экономии энергии, в том числе ископаемой, является применение ресурсосберегающих (энергосберегающих) технологий основной обработки почвы, на которую приходится до 40 % трудовых и энергетических затрат. В связи с этим мы изучили влияние различных приемов основной обработки почвы на ее влажность, засоренность и урожайность ячменя. Исследования проведены на полях Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства в ОПХ «Минино» в 1985–1987 годы и в учебном хозяйстве «Миндерлинское» в 2016–2018 годы. Урожайность ячменя, возделываемого по минимально обработанной почве и без

основной обработки в течение трех лет, оставалась на уровне или выше контрольного варианта, кроме продуктивности культуры в 2018 (третий год) и 2016 (первый год) соответственно. Обеспеченность пахотного горизонта ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы доступной влагой хорошая. Разработанные технологические процессы в ресурсосберегающих технологиях энергетически эффективны, особенно в технологии без основной обработки почвы. Возрастание уровня механизации технологических процессов не сказалось существенно на урожайности ячменя и соответственно на количестве накопленной энергии.

Ключевые слова: обработка почвы, ячмень, вспашка, минимальная обработка, сорные растения, влажность, ресурсосбережение, биоэнергетическая оценка.

Low power return of cultures is explained by crop growth of technical equipment of agriculture.

Modern production technologies of production of plant growing are based generally on using non-renewable types of fossil fuel, first of all such as oil and natural gas. One of the ways of energy saving, including fossil, was application of resource-saving (energy saving) technologies of the main processing of the soil of which share was up to 40 % of labor and power expenses. In this regard the influence of various methods of the main processing of the soil on its humidity, contamination and productivity of barley was studied. The researches were conducted on the fields of Krasnoyarsk Research and Development Institute of Agriculture on experimental and production farm "Minino" in 1985–1987 and on training farm "Minderlinskoye" in 2016–2018. The productivity of the barley cultivated on minimum processed soil and without the main processing within three years remained at the level or above control option, except the efficiency of culture in 2018 (the third year) and 2016 (the first year,) respectively. The security of arable horizon of resource-saving technologies of the main processing of the soil with available moisture was good. Developed technological processes in resource-saving technologies were energetically effective, especially in the technology without the main soil processing. The increase of the level of mechanization of technological processes did not significantly affect the productivity of barley and, respectively, the amount of saved-up energy.

Keywords: *processing of the soil, barley, plowing, minimum processing, weed plants, humidity, resource-saving, biopower assessment.*

Введение. Затраты энергии в сельском хозяйстве постоянно растут. Так, в технически развитых странах увеличение производства в сельском хозяйстве на 1 % требует роста энергозатрат на 2–3 %. Энергоотдача большинства зерновых культур, таких как яровая пшеница, кукуруза и рис, на каждую калорию расходуемой искусственной энергии составляет всего лишь 1–3 калории. Для примера можно привести следующие данные: на производство одного литра молока расходуется почти 0,5 л жидкого топлива, на 1 кг хлеба – около 2 кг угля, а на изготовление 1 кг колбасы – от 3 до 4 кг угля [5].

Небольшая энергоотдача объясняется ростом технической вооруженности сельского хозяйства, в связи с чем увеличивается объем

прямых и косвенных затрат промышленной энергии (машины и оборудование, ТСМ, электроэнергия, минеральные удобрения, пестициды). Основная доля электроэнергии, потребляемой в условиях механизированного сельского хозяйства, приходится на производство удобрений и горючего для сельскохозяйственных машин и на орошение.

Из числа минеральных удобрений наиболее дорогие в энергетическом отношении азотные. На производство и приготовление 1 кг азотных удобрений расходуется более 15 тыс. килокалорий. Для примера скажем, что при производстве 1 кг пестицидов затрачивается около 74 тыс. килокалорий, в то время как для получения 1 л топлива требуется 10000 килокалорий [1].

Современные технологии производства продукции сельского хозяйства основываются в основном на использовании невозобновляемых видов ископаемого топлива, в первую очередь таких как нефть и природный газ. Быстрое сокращение запасов ископаемого топлива, значительное повышение его стоимости заставляет, с одной стороны, искать пути экономии использования невозобновляемых источников энергии в сельскохозяйственном производстве и, с другой, способствует развитию топливных и энергетических систем, базирующихся на солнечных, ветровых ресурсах и ресурсах биомассы (так называемые возобновляемые источники энергии).

В связи с этим в последние годы во многих странах проводится работа по энергетической оценке технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Среди многочисленных вопросов, на которые должна ответить наука, – это возможность замены нефтяных продуктов в сельском хозяйстве солнечной и ветровой энергией, уменьшение энергоемкости агротехнических работ и потребления энергии при производстве гербицидов, снижение энергоемкости процессов химизации сельского хозяйства и внесения минеральных удобрений. Какие же известны в настоящее время пути экономии энергии, в том числе ископаемой, в сельскохозяйственном производстве?

Машины и бензин (в т.ч. дизельное топливо) составляют довольно большой процент затрат энергии в производстве различной продукции растениеводства во всех развитых странах. Не-

которые специалисты считают, что следует использовать относительно небольшие тракторы с минимальным потреблением энергии, более тесно увязывать мощность машин с характером выполняемой работы, а также отказаться от слишком быстрого обновления парка сельскохозяйственных машин. Руководители и специалисты сельскохозяйственного производства также считают эффективным средством экономии топлива выбор соответствующих шин.

Другое направление – применение ресурсосберегающих (энергосберегающих) технологий основной обработки почвы, которые позволяют существенно снизить производственные затраты [6].

По литературным данным [1, 3], традиционная обработка почвы (отвальная вспашка) требует 2150 МДж/га, минимальная обработка (дискование на 8–10 см) – 1500 МДж/га, а совмещение минимальной обработки с одновременным посевом (без отвальной обработки) – только 230 МДж/га.

В связи с этим мы изучили пути уменьшения энергозатрат при выполнении агротехнических работ при производстве ярового ячменя.

Цель исследований. Изучить влияние различных приемов основной обработки почвы на ее влажность, засоренность и урожайность ячменя.

Объекты, методы и результаты исследований. Исследования проведены на полях Красноярского НИИ сельского хозяйства в ОПХ «Минино», расположенном в лесостепной зоне (в 1985–1987 годы), и в в полевом стационарном опыте на территории учебного хозяйства «Миндерлинское» Красноярского государственного аграрного университета (в 2016–2018 годы) в зернопаропропашных севооборотах. Объект исследования – чернозем выщелоченный, характеризующийся повышенным содержанием гумуса (6,1–8,0 %). По обменной кислотности почва слабокислая (рН – 6,2). В 2016–2018 годы в пахотном слое чернозема выщелоченного отмечено повышенное содержание подвижного фосфора (230–240 мг/кг почвы) и очень высокое обменного калия (120–150 мг/кг). Почвенный покров опытного участка в 1985–1987 годы представлен черноземом выщелоченным, среднемощным, среднесуглинистым. По содержанию доступных питательных веществ практи-

чески не отличался от вышеприведенного объекта.

В изучаемые периоды исследования выполнялись в звене севооборота: сидеральный пар – яровая пшеница – ячмень. Средства защиты от болезней и сорных растений не использовались, минеральные удобрения не применялись.

При разработке ресурсосберегающих технологий учитывалось то, что большинство зон Красноярского края относится к региону с недостаточным увлажнением и почвы подвержены ветровой эрозии. Поэтому в технологии возделывания и уборки культуры были включены элементы почвозащитной системы земледелия [3, 7].

Схема опыта включала в себя следующие варианты:

- 1) отвальная обработка (вспашка на 20–22 см);
- 2) минимальная обработка почвы (безотвальная в 1985–1987 годы, дискование в 2016–2018 годы) на 8–10 см;
- 3) без основной обработки почвы (посев СЗС-2,1 в 1985–1987 годы и Агратор 4,8 в 2016–2018 годы).

Учетная площадь 100 м². Повторность четырехкратная.

В изучаемые периоды проводились следующие учеты и наблюдения:

- 1) влажность почвы определялась весовым методом в каждом 10-сантиметровом слое метрового профиля;
- 2) учет засоренности посевов проводился количественно – весовым методом с отражением видового состава сорняков;
- 3) учет урожая проводился по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур;
- 4) математическая обработка результатов исследований проводилась по методике дисперсионного анализа [2];
- 5) биоэнергетическая оценка энергосберегающих технологий рассчитывалась согласно методическим указаниям.

Сокращение топливно-смазочных материалов и уменьшение агротехнических приемов обуславливают ряд требований к культуре. Результаты обобщения литературных данных по биологическим особенностям выделяют ячмень как наиболее устойчивую культуру к условиям возделывания. Высокое проявление данного признака у ячменя наблюдается в усвояемости труднорастворимых форм минеральных удоб-

рений, минимальных обработках почв и устойчивости к сорнякам. Среднее проявление признака – в размещении повторных посевов, количестве оставленных растительных остатков и устойчивости к болезням и вредителям.

Задача, которая ставится перед основной обработкой почвы, – это регулирование водного режима почвы, что обеспечивает накопление, сохранение и рациональное ее расходование. Как известно, в лесостепных и степных агро-

ландшафтах влага находится в первом минимуме [8]. В свою очередь, влажность почвы определяет стабильность урожайности всех сельскохозяйственных культур. На долю твердых осадков в лесостепной зоне приходится 10–17 %, или 40–60 мм от годового количества. При отсутствии снегового покрова, как правило, на отвальных фонах происходит вымораживание верхних слоев почвы, их быстрое иссушение с потерей влаги в 20–30 мм [4].

Таблица 1

Количество доступной влаги в почве перед посевом ячменя

Основная обработка почвы	Количество доступной влаги, мм					
	Первый год		Второй год		Третий год	
	1985	2016	1986	2017	1987	2018
Отвальная вспашка (контроль)	22/106	43/220	20/96	37/164	11/43	44/196
Минимальная обработка	45/192	40/205	22/146	29/163	20/55	48/151
Без основной обработки почвы	39/152	34/191	23/126	60/167	16/71	48/182
НСР _{0,5}	3/15	3/12	1/13	4/10	4/10	2/14

Примечание: числитель – в слое 0–20 см; знаменатель в слое – 0–100 см.

Научные исследования свидетельствуют, что в 1985–1987 годы, в период посева культуры в пахотном слое (0–20 см), наибольшее количество доступной влаги наблюдалось на вариантах с минимальной обработкой почвы. Накопление в сравнении с контролем составило по годам 2,0–23,0 мм. В 2016–2018 годы наблюдений доступной влаги было больше на 23,0 мм на варианте без основной обработки почвы на второй год возделывания ячменя и на 4,0 мм по энерго-

сберегающим технологиям на 3-й год. В первый год возделывания ячменя в 2016 году обеспеченность растений влагой по всем вариантам в представленном слое почвы хорошая. Содержание доступной влаги в метровом слое почвы в 1985–1987 годы исследований по энергосберегающим технологиям несколько выше, а в 2016 и 2018 годах ниже контрольного варианта (отвальная вспашка).

Таблица 2

Влияние ресурсосберегающих технологий на засоренность ячменя

Основная обработка почвы	Количественный состав сорняков к уборке, шт/м ²					
	Первый год		Второй год		Третий год	
	1985	2016	1986	2017	1987	2018
Отвальная вспашка (контроль)	6	20	92	20	20	8
Минимальная обработка	3	71	152	80	128	12
Без основной обработки почвы	13	135	192	32	167	6
НСР _{0,5}	5,4	3,4	21,0	9,4	19,2	3,0

Основными засорителями ячменя в 1985–1987 годы являются: щетинник (мышей) сизый и зеленый, гречишка выюнкковая, марь белая, пи-

кульник зябра, осот розовый. При возделывании культуры в первый год применения минимальных обработок засоренность к уборке остава-

лась невысокой. Наблюдения показали, что заметное влияние на активность прорастания сорняков и их дальнейшее развитие оказали погодные условия весеннего периода. Так, холодная весна 1986 года сдерживала прорастание сорняков, что вызвало их последующую вспышку по всем технологиям обработки почвы. Наибольшее количество сорняков отмечено на варианте без основной обработки почвы, в результате чего в этот год продуктивность культуры снижалась. На третий год, в теплую весну, сорняки проросли дружнее и раньше, поэтому большее их количество уничтожается предпосевной обработкой почвы, а также при посеве сеялкой-культиватором СЗС 2,1. К уборке ячменя по ресурсосберегающим технологиям увеличилось количество малолетников, но сухая масса оставалась незначительной. На урожайности ячменя по минимально обработанной почве этот факт не сказался.

Видовой состав сорных растений при возделывании ячменя в 2016–2018 годы был представлен следующими преобладающими видами: из малолетних однодольных доминировали – просо куриное, просо сорнополевое, овсюг; из двудольных сорных растений – осот розовый и вьюнок полевой [3]. Аналогичный факт относительно наибольшего распространения среди многолетних сорных растений вьюнка полевого при уменьшении глубины основной обработки почвы отмечен в исследованиях других авторов [9].

Наибольшее количество сорных растений в первый год применения энергосберегающих технологий отмечено на варианте без основной обработки почвы. Общее количество сорняков достигало до 135 штук на квадратном метре, причем количество вьюнка полевого превышало порог вредоносности. Высокая засоренность в этот год по этой технологии, по всей видимости, сказалась на продуктивности культуры. На второй год применения ресурсосберегающих технологий наибольшее количество сорняков по отношению к контролю было отмечено на варианте с минимальной обработкой почвы. Общее количество их достигло до 80 штук на квадратном метре.

Возделывание ярового ячменя по энергосберегающим технологиям на третий год на засо-

ренности практически не сказалось. В этом случае, возможно, сказались погодные условия весны 2018 года. В этот год переход через +5 °С отмечался во второй декаде апреля (среднепогодные значения первой декады мая), с дальнейшим нарастанием температуры в мае. Сорные растения в фазе белых нитей уничтожались при посеве.

Видовой состав сорных растений на вариантах с использованием приемов минимальной обработки почвы в качестве основной и без основной обработки почвы в течение трех лет по сравнению с контрольным вариантом несколько изменялся. На этих вариантах наметилась тенденция в сторону увеличения многолетних сорных растений во все периоды исследований. В 2018 году на третий год применения энергосберегающих технологий, кроме осота розового, в посевах встречалась полынь обыкновенная.

Погодные условия в годы проведения исследований были неодинаковыми.

Так, в 2016 году среднемесячная температура воздуха, начиная с июня месяца и заканчивая августом, существенно превосходила среднепогодные данные. В то же время количество выпавших атмосферных осадков за эти месяцы было ниже среднепогодных значений. Вегетационный период 2017 года был теплее обычного, особенно июнь, среднемесячная температура которого превысила среднепогодные показатели на 5,1 °С, а осадков выпало за этот месяц всего 20 мм, что составляет 45 % от среднепогодных значений. Количество выпавших атмосферных осадков в июле, августе и сентябре превышало среднепогодные значения в 1,7–5,2 раза. Вегетационный период 2018 года характеризовался повышенной среднесуточной температурой воздуха и крайне низким количеством выпавших атмосферных осадков в течение вегетационного периода по сравнению со среднепогодными данными.

Анализ урожайных данных ячменя показывает, что в первый год применения энергосберегающих технологий его продуктивность в основном была на уровне и выше контрольного варианта (табл. 3).

Влияние ресурсосберегающих технологий на урожайность ячменя

Основная обработка почвы	Урожайность, ц/га					
	Первый год		Второй год		Третий год	
	1985	2016	1986	2017	1987	2018
Отвальная вспашка (контроль)	28,4	23,4	15,8	15,8	13,3	23,7
Минимальная обработка	33,4	23,0	14,3	14,3	17,7	15,8
Без основной обработки почвы	40,4	18,7	12,3	17,3	11,8	22,4
НСР _{0,5}	3,0	0,41	1,5	0,5	2,5	0,9

При этом в 1985 году по минимально обработанной почве прибавка в урожае относительно контроля составила 17,6 %, а без основной обработки 42,2 %. В 2016 году только на варианте без основной обработки почвы наблюдалось снижение продуктивности культуры по отношению к контролю на 20,1 %, или на 4,7 ц/га. Удивительно, но на второй год возделывания в 1986 и 2017 годах продуктивность ячменя на контроле и по минимально обработанной почве была одинаковой. На варианте без основной обработки в 1986 году урожайность снизилась по отношению к контролю на 22,2 %, а в 2017 году – на 9,5 %.

Урожайность ячменя на третий год по минимально обработанной почве в 1987 году выше контрольного варианта на 4,4 ц/га, а в 2018 году, наоборот, ниже на 7,9 ц/га. На варианте без основной обработки почвы изменения продуктивности культуры по отношению к контролю находились в пределах ошибки опыта.

Минеральное питание не являлось лимитирующим фактором, влияющим на снижение урожайности ячменя, возделываемого без основной обработки почвы, в 1986, 1987 и 2016 годы. Содержание нитратного азота за сезон не опускалось ниже уровня 7–8 мг/кг почвы. Содержание фосфора за сезон по различным технологиям существенно не различалось и колебалось в зависимости от основной обработки от 150 до 190 мг/кг почвы.

Биоэнергетическая оценка энергосберегающих технологий возделывания и уборки ячменя показала, что на технологиях с отвальной вспашкой в качестве основной было затрачено 24102,2–24734,1 МДж/га. На технологиях с минимальными затратами количество энергии из-

менялось от 10358,0 до 10364,2 МДж/га, на технологиях без основной обработки почвы от 8954,8 до 8961,0 МДж/га.

Энергия, накопленная всей биомассой ячменя, существенно превышала затраты энергии на возделывание и уборку. Отношение энергий по всем технологиям больше единицы. Следовательно, разработанные технологические процессы в ресурсосберегающих технологиях энергетически эффективны, особенно в технологии без основной обработки почвы. Возрастание уровня механизации технологических процессов не сказалось существенно на урожайности ячменя и соответственно на количестве накопленной энергии.

Выводы

1. Урожайность ячменя, возделываемого по минимально обработанной почве и без основной обработки в течение трех лет в два периода исследований, оставалась на уровне или выше контрольного варианта, кроме продуктивности культуры в 2018 (третий год) и 2016 (первый год) годах соответственно.

Возрастание уровня механизации технологических процессов не сказалось существенно на урожайности ячменя и соответственно на количестве накопленной энергии.

2. Обеспеченность пахотного горизонта ресурсосберегающих технологий доступной влагой хорошая. Установлено, что в момент посева ячменя (1985–1987 гг.) по запасам доступной влаги как в пахотном (0–20 см), так и в метровом (0–100 см) слое почвы вариант с минимальной обработкой имел существенное преимущество по сравнению с вариантом с отваль-

ной вспашкой. В период исследований в 2016–2018 годы подобная зависимость отмечена только в отношении пахотного слоя в 2018 году.

3. Засоренность ячменя по вариантам во многом зависела от погодных условий весны. В то же время отмечается достоверное увеличение сорных растений при ресурсосбережении.

Литература

1. Глинка Е.В. Пути снижения затрат ископаемой энергии в сельском хозяйстве: обзор советской и иностранной литературы. – М., 1982. – 17 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
3. Едimeiчев Ю.Ф., Шпагин А.И. Современные проблемы ресурсосберегающих технологий в земледелии Красноярского края: учеб. пособие. – Красноярск, 2014. – 204 с.
4. Ивченко В.К., Михайлова З.И. Влияние различных обработок почвы и средств интенсификации на продуктивность зерновых культур // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 4. – С. 3–10.
5. Михайлова З.И., Михайлов А.А., Вакуленко О.В. Влияние способов обработки почвы на продуктивность зерновых культур // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4. – С. 10–15.
6. Романов В.Н., Колесников А.С., Заушинцева А.В. [и др.]. Энергетическая оценка ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях лесостепи Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 2. – С. 9–16.
7. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под общ. ред. С.В. Брылева. – Красноярск, 2015. – 224 с.
8. Скляднев Н.В. Водный режим почвы и растений в полевых севооборотах // Пути повышения продуктивности сельскохозяйст-

венных культур. – Красноярск, 1970. – С. 237–244.

9. Цветков М.Л. Ресурсосбережение в земледелии юга Западной Сибири. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. – 299 с.

Literatura

1. Glinka E.V. Puti snizhenija zatrat iskopaemoj jenergii v sel'skom hozjajstve: obzor sovetskoj i inostrannoj literatury. – M., 1982. – 17 s.
2. Dospexov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 352 s.
3. Edimeichev Ju.F., Shpagin A.I. Sovremennye problemy resursosberegajushhih tehnologij v zemledelii Krasnojarskogo kraja: ucheb. posobie. – Krasnojarsk, 2014. – 204 s.
4. Ivchenko V.K., Mihajlova Z.I. Vlijanie razlichnyh obrabotok pochvy i sredstv intensivifikacii na produktivnost' zernovyh kul'tur // Vestnik KrasGAU. – 2017. – № 4. – S. 3–10.
5. Mihajlova Z.I., Mihajlov A.A., Vakulenko O.V. Vlijanie sposobov obrabotki pochvy na produktivnost' zernovyh kul'tur // Vestnik KrasGAU. – 2016. – № 4. – S. 10–15.
6. Romanov V.N., Kolesnikov A.S., Zaushincena A.V. [i dr.]. Jenergeticheskaja ocenka resursosberegajushhih tehnologij vozdeľvanija zernovyh kul'tur v uslovijah lesostepi Krasnojarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. – 2018. – № 2. – S. 9–16.
7. Sistema zemledelija Krasnojarskogo kraja na landshaftnoj osnove: nauch.-prakt. rekomendacii / pod obshh. red. S.V. Bryleva. – Krasnojarsk, 2015. – 224 s.
8. Skljadnev N.V. Vodnyj rezhim pochvy i rastenij v polevyh sevooborotah // Puti povyshenija produktivnosti sel'skohozjajstvennyh kul'tur. – Krasnojarsk, 1970. – S. 237–244.
9. Cvetkov M.L. Resursosberezhenie v zemledelii juga Zapadnoj Sibiri. – Barnaul: RIO AGAU, 2014. – 299 s.

