

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ СВЕТЛО-СЕРОЙ
ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ЗА РОТАЦИЮ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА
В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА**
Ивенин А.В., Саков А.П.

Реферат. Исследования проводили с целью поиска новых технологических и технических решений, обеспечивающих энергетическую эффективность земледелия, стабилизацию и повышение урожая сельскохозяйственных культур за ротацию зернового севооборота в условиях Волго-Вятского региона. Полевой эксперимент был заложен в 2014 г. в Нижегородской области. Работу проводили в зерновом севообороте: 1. горчица на семена; 2. озимая пшеница; 3. соя; 4. яровая пшеница; 5. горох; 6. овёс. Схема опыта включала 5 систем обработки почвы (фактор А), отличающихся способами основной обработки почвы. По каждой системе обработки почвы определяли влияние минеральных удобрений и деструкторов растительных остатков (фактор В). На фоне естественного плодородия почвы наиболее энергетически окупаемый вариант системы основной обработки почвы – зяблевая вспашка плугом с отвалами (энергетический коэффициент 2,93). Применение плуга без отвалов, чизельного культиватора Pottinger Synkro 5030 K и дисковой бороны Discover ХМ 44660 nothead в системе обработки почвы приводит к снижению энергетического коэффициента до 2,84...2,85; а использование технологии No-till – до 1,88. На фоне естественного плодородия почвы наибольшую энергетическую окупаемость обеспечивали системы с зяблевой вспашкой, проводимой как плугом с отвалами, так и без них, а также с дискованием в качестве основной обработки почвы в сочетании с применением биопрепарата Стимикс®Нива – энергетические коэффициенты находились в интервале 3,03...3,31. При использовании технологии No-till самая высокая величина этого показателя отмечена при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ отдельно (2,27) и совместно с биопрепаратом Стимикс®Нива (2,53). Максимальная в опыте энергетическая окупаемость зафиксирована в варианте с основной обработкой почвы чизельным культиватором Pottinger на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ совместно с биопрепаратом Стимикс®Нива – средний энергетический коэффициент составил 3,45.

Ключевые слова: энергетический коэффициент, ротация севооборота, урожайность, солома, биопрепарат, система обработки почвы, нулевая обработка почвы (No-till), деструктор соломы.

Введение. Основной показатель ведения сельскохозяйственного производства – эффективность выращивания тех или иных культур. Только если вложенные затраты на производства единицы продукции растениеводства будут окупаться и приносить доход, товаропроизводитель будет заниматься ее выращиванием. Однако в современных условиях невозможно дать объективную оценку экономической эффективности выращивания сельскохозяйственных культур в целом за ротацию севооборота, вследствие постоянного роста цен на ГСМ, электроэнергию, минеральные удобрения, средства защиты растений, семена высоких репродукций, а также значительных колебаний цен на продукцию по годам производства [1, 2].

Поэтому сейчас более объективно о эффективности производства можно судить с использованием метода энергетической оценки, учитывающей количество энергии, затраченной на производство и аккумулированной в сельскохозяйственной продукции. С помощью энергетической оценки можно точнее сравнивать различные технологии производства продукции с точки зрения расхода энергетических ресурсов, определения их структуры и выявления главных резервов экономии технической энергии в земледелии [3]. Для такой оценки используют энергетический коэффициент – отношение биологической энергии выращенной продукции к полной совокупной энергии затрат на ее производство на единице площади.

Для оптимизации себестоимости растениеводческой продукции необходимо осваивать новые

ресурсосберегающие технологии обработки почвы, в больших объемах применять солому в качестве органического удобрения [4, 5], заменять хотя бы часть химических средств защиты растений на более дешевые биологические, которые кроме защитного действия способствуют и более быстрому разложению пожнивных остатков и соломы [6, 7]. Несомненно, более эффективно – использование земли и выращивание сельскохозяйственных культур в системе севооборотов [8, 9, 10].

Цель исследований – поиск новых технологических и технических решений, обеспечивающих энергетическую эффективность земледелия, стабилизацию и повышение продуктивности культур за ротацию зернового севооборота в условиях Волго-Вятского региона.

Условия, материалы и методы исследований. Полевой опыт был заложен в 2014 г., полная ротация севооборота завершилась в 2019 г. Почва опытного участка – светло-серая лесная среднесуглинистая по гранулометрическому составу, содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову, ГОСТ 26207-84) – соответственно 253 мг/кг и 140 мг/кг, гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26213-91) – 1,5 %, pH_{KCl} (ГОСТ 26483-85) – 5,6 ед. Общая площадь делянки – 192 м², учетная – 132 м². Расположение вариантов – систематическое. Повторность – четырехкратная. Учет урожая сельскохозяйственных культур проводили сплошным методом, поделочно с пересчетом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность.

Исследования проводили в зерновом сево-

обороте со следующим чередованием культур: 1. горчица на семена; 2. озимая пшеница; 3. соя; 4. яровая пшеница; 5. горох; 6. овёс.

Горчицу белую использовали в качестве уравнилельного посева.

В опыте высевали горчицу белую сорта Радуга, озимую пшеницу – Московская-39, сою – Светлая, яровую пшеницу – Эстер, горох – Красивый, овес – Яков.

Все растительные остатки после уборки предшествующих культур измельчали комбайном Сампо-1500 и оставляли в поле. Внесение деструкторов соломы (аммиачная селитра в дозе 10 кг д. в. на 1 т соломы и биопрепарат Стимикс®Нива в дозе 2 л/га) проводили поверхностно сразу после уборки предшествующей культуры. Препарат Стимикс®Нива содержит в своем составе высокоактивные штаммы различных микроорганизмов – антагонистов патогенных грибов и бактерий.

Схема полевого опыта включала 5 систем обработки почвы (фактор А), отличающихся способами основной зяблевой обработки: I) традиционная отвальная обработка (контроль) – вспашка плугом ПН-3-35 на 20...22 см; II) безотвальная «глубокая» обработка – вспашка ПН-3-35 (без отвалов) на 20...22 см; III) безотвальная «мелкая» обработка – обработка чизельным культиватором Pottinger Synkro 5030 К на 14...16 см; IV) минимальная обработка – обработка дисковой бороной Discover ХМ 44660 nothead на 10...12 см; V) нулевая обработка (No-till) – прямой посев сеялкой Sunflower 9421-20.

Система предпосевной обработки почвы под зерновые культуры была одинакова во всех изучаемых вариантах полевого опыта (кроме варианта с No-till) и включала ранневесеннее боронование БЗСС-1,0 на 4...6 см; культивацию КБМ-4,2 на 10...12 см; предпосевную обработку КБМ-4,2 на 4...6 см.

По каждой системе обработки почвы определяли влияние минеральных удобрений и деструкторов растительных остатков (фактор В): 1) солома без удобрений (контроль); 2) солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3) солома + $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{10}$ (10 кг д.в. на 1 т соломы предшествующей культуры); 4) солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Стимикс®Нива (2 л/га); 5) солома + Стимикс®Нива (2 л/га).

Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований под весеннюю культивацию.

Энергетическую эффективность производства рассчитывали согласно методическому пособию по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока Европейской части РФ, на основе технологических карт с помощью энергетических эквивалентов [11]. Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием компьютерной программы статистической обработки Statist.

Анализ и обсуждение результатов исследований. Минимальная обработка почвы, проведенная дисковой бороной, способствует повышению урожайности озимой пшеницы по сравнению с другими изучаемыми системами обработки почвы, на 0,21...0,33 т/га. В остальных

вариантах обработки почвы она находилась в интервале 2,79...3,00 т/га. При прямом посеве сбор зерна озимой пшеницы в среднем был на 0,02 т/га меньше, чем по отвальной вспашке. Возделывание культуры на фоне естественного плодородия почвы (контроль) обеспечивало формирование урожайности на уровне 1,49... 2,02 т/га. При этом наименьшие величины этого показателя отмечены в варианте No-till, а наибольшие – по безотвальной «мелкой» обработке с использованием стерневого культиватора Pottinger. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повышало сбор зерна озимой пшеницы на 1,32...1,99 т/га. Аналогичные прибавки были и в варианте с сочетанием $N_{60}P_{60}K_{60}$ и биопрепарата Стимикс®Нива, что указывает на отсутствие влияния последнего на формирование и налив зерна озимой пшеницы в погодных условиях 2014–2015 гг. Максимальная урожайность культуры в опыте отмечена в варианте с совместным внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$, аммиачной селитры в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы – 3,48...4,60 т/га (табл. 1).

Основная обработка почвы дисковой бороной обеспечила самую высокую среднюю (по фактору А) урожайность сои. При этом наибольшей на фоне естественного плодородия почвы (контроль по фактору В) она была в вариантах с глубокой основной обработкой почвы – 1,39...1,41 т/га, мелкая и поверхностная основная обработка приводили к снижению сбора семян на 0,24...0,29 т/га. Технология No-till ухудшала условия произрастания культуры, в результате чего ее урожайность уменьшалась, по сравнению с зяблевой вспашкой, в 3,5 раза. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ и биопрепарата Стимикс®Нива способствовало повышению величины этого показателя по сравнению с неудобренным вариантом. При этом наибольшую прибавку урожая в зависимости от системы обработки почвы (на 0,08...1,05 т/га) обеспечивало применение $N_{60}P_{60}K_{60}$ отдельно или в сочетании с аммиачной селитрой и биопрепаратом Стимикс®Нива. Внесение минеральных удобрений и биопрепарата при нулевой технологии увеличивало урожайность сои на 0,08...0,45 т/га (табл. 1).

Традиционная обработка почвы и безотвальная «глубокая» способствовали формированию урожайности яровой пшеницы на фоне естественного плодородия почвы на уровне 1,78...1,87 т/га. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повышало величину этого показателя в 1,3...1,9 раза, при этом максимальная в опыте прибавка составила 1,54 т/га по «глубокой» безотвальной обработке почвы. Применение минимальной и нулевой систем обработки почвы на фоне ее естественного плодородия снижало урожайность яровой пшеницы, в сравнении с традиционной, на 0,18...0,64 т/га. При проведении в качестве основной обработки почвы дискования сбор зерна яровой пшеницы на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ достигает 3,68 т/га, что на 0,27 т/га выше, чем при безотвальной «глубокой» и традиционной обработках почвы. Использование биопрепарата Стимикс®Нива в качестве деструктора соломы более эффективно в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$, чем без минеральных удобрений, вне зависимости от изучаемых систем обработки почвы (см. табл. 1).

Самая высокая урожайность гороха отмечена в варианте с зяблевой вспашкой с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ и аммиачной селитры в качестве деструктора соломы (2,76 т/га). С уменьшением глубины обработки средний сбор семян культуры по фактору А снижался на 0,24...1,23 т/га и был самым низким при использовании No-till технологии – 1,29 т/га. Применение удобрений способствовало его увеличению в среднем по изучаемым системам обработки на 0,45...0,46 т/га. При выращивании гороха по технологии No-till применение биопрепарата Стимикс®Нива на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ повышало урожайность, по сравнению с внесением только минеральных удобрений, на 0,86 т/га. Напротив, по зяблевой вспашке влияние биопрепарата Стимикс®Нива на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ на сбор гороха не отмечено. В остальных вариантах с системами обработки почвы без оборота пласта применение Стимикс®Нива в чистом виде снижало урожайность культуры, по сравнению с сочетанием биопрепарата с $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2,38...2,55 т/га), на 0,56...0,63 т/га (см. табл. 1).

Рассматривая среднюю урожайность овса по изучаемым системам обработки почвы, следует отметить, что наименьшей она была при использовании технологии No-till – 2,52 т/га, возделывание культуры по традиционной вспашке повышает величину этого показателя на 1,65 т/га. Основная обработка почвы чизельным куль-

тиватором (безотвальная «мелкая») снижает среднюю урожайность овса по фактору А, по сравнению с традиционной системой, на 0,44 т/га. Использование аммиачной селитры в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы совместно с $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствует увеличению урожайности овса, по сравнению с остальными вариантами применения минеральных удобрений и биопрепарата по всем изучаемым системам обработки почвы, кроме нулевой технологии, на 0,17...1,33 т/га. При нулевой обработке почвы самая высокая урожайность овса выявлена на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ с биопрепаратом Стимикс®Нива – 3,78 т/га. Применение деструкторов соломы более эффективно в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$, чем на фоне естественного плодородия, по всем изучаемым системам обработки почвы (в том числе по нулевой технологии).

Согласно результатам энергетической оценки наименьшие затраты совокупной энергии на 1 га посевной площади отмечены при выращивании культур без удобрений 52115...62752 МДж, а также при использовании на этом фоне биопрепарата Стимикс®Нива – 53517...64751 МДж по всем изучаемым системам обработки почвы. Использование $N_{60}P_{60}K_{60}$ повышало затраты, по сравнению с вариантом без их применения, прежде всего, за счет внесения, эксплуатации машин и оборудования, ГСМ на 33883...48905 МДж. Наибольшая величина этого пока-

Таблица 1 – Влияние систем обработки почвы и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур за ротацию севооборота (2015–2019 гг.), т/га

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Озимая пшеница	Соя	Яровая пшеница	Горох	Овес
I. Традиционная (контроль)	1. солома (контроль)	1,65	1,41	1,87	2,31	3,34
	2. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$	2,97	1,86	3,41	2,49	4,65
	3. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + 10 кг д.в. на 1 т соломы	4,60	1,84	3,13	2,76	4,82
	4. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Стимикс®Нива	2,91	1,75	3,02	2,48	4,42
	5. солома + Стимикс®Нива	1,91	1,63	2,06	2,58	3,64
	среднее по фактору А	2,81	1,70	2,70	2,52	4,17
II. Безотвальная «глубокая»	1. солома (контроль)	1,75	1,39	1,78	1,96	3,18
	2. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,32	1,87	3,41	2,54	4,58
	3. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + 10 кг д.в. на 1 т соломы	4,53	2,04	3,32	2,48	4,89
	4. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Стимикс®Нива	3,51	1,82	3,28	2,38	4,36
	5. солома + Стимикс®Нива	1,82	1,63	1,93	1,92	3,75
	среднее по фактору А	3,00	1,75	2,74	2,26	4,15
III. Безотвальная «мелкая»	1. солома (контроль)	2,02	1,12	1,87	2,04	2,81
	2. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,47	1,81	3,73	2,40	4,14
	3. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + N_{10} (10 кг д.в. на 1 т соломы)	3,48	1,96	3,99	2,58	4,56
	4. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Стимикс®Нива	3,22	1,83	3,37	2,55	3,93
	5. солома + Стимикс®Нива	1,93	1,71	1,84	1,82	3,23
	среднее по фактору А	2,82	1,69	2,96	2,28	3,73
IV. Минимальная	1. солома (контроль)	1,80	1,15	1,69	1,88	2,93
	2. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$	3,79	1,60	3,68	2,43	4,07
	3. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + 10 кг д.в. на 1 т соломы	4,27	2,17	3,44	2,68	4,74
	4. солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Стимикс®Нива	3,73	2,20	3,52	2,42	4,11
	5. солома + Стимикс®Нива	2,03	1,77	1,89	1,95	3,76
	среднее по фактору А	3,12	1,78	2,84	2,27	3,92

V. Нулевая (No-till)	1. солома (контроль)	1,49	0,40	1,23	0,86	1,67
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,42	0,48	3,28	1,38	2,87
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	4,18	0,85	2,99	1,21	3,12
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	3,57	0,70	2,69	2,24	3,78
	5. солома +Стимикс®Нива	1,30	0,74	1,17	0,74	1,15
	среднее по фактору А	2,79	0,63	2,27	1,29	2,52
Среднее по фактору В	1. солома (контроль)	1,74	1,09	1,69	1,81	2,79
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,39	1,52	3,50	2,25	4,06
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	4,21	1,77	3,37	2,34	4,43
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	3,39	1,66	3,18	2,41	4,12
	5. солома +Стимикс®Нива	1,79	1,50	1,78	1,80	3,11
HCP ₀₅	фактор А	0,21	0,07	0,24	0,15	0,29
	фактор В	0,21	0,07	0,22	0,17	0,32
	фактора АВ	1,39	0,82	2,56	2,31	0,72

зателя зафиксирована в варианте с внесением N₆₀P₆₀K₆₀ и аммиачной селитры в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы по всем изучаемым системам обработки почвы – 101020...110451 МДж (табл. 2).

По системам обработки почвы максимальными в опыте затратами совокупной энергии отличался вариант с традиционной обработкой плугом – 86508МДж. Выявлено снижение затрат средней совокупной энергии в ряду от безотвальной «глубокой» обработки почвы (85734 МДж) к минимальной (82111 МДж) и нулевой (затраты на которую самые низкие – 76594 МДж) на 9140 МДж.

Поскольку наибольшая совокупная урожайность сельскохозяйственных культур по всем изучаемым системам обработки почвы была сформирована в вариантах с применением минеральных удобрений (отдельно и в сочетании с деструкторами соломы), то и накопленная энергия была выше, чем в контрольном в 1,6...2,7 раза.

На фоне естественного плодородия почвы максимальный в опыте коэффициент энергетической эффективности отмечен в варианте с зяблевой вспашкой – 2,93; применение безотвальной «глубокой», безотвальной «мелкой» и минимальной приводит к снижению величины

этого показателя на 0,08...0,09 ед.; а при использовании нулевой обработки почвы энергетический коэффициент уменьшается до минимального в опыте – 1,88, что на 1,05 ед. меньше, чем по зяблевой вспашке.

При сравнении вариантов систем основной обработки почвы (фактор А) самая высокая энергетическая окупаемость отмечена при использовании осенней культивации на глубину 14...16 см чизельным культиватором Pottinger – средний энергетический коэффициент 2,93.

При прямом посеве наиболее окупаемыми были варианты с внесением N₆₀P₆₀K₆₀ отдельно (2,27) и в сочетании с биопрепаратом Стимикс®Нива (2,53).

В целом наибольшая энергетическая окупаемость отмечена в вариантах с использованием при основной обработке почвы плуга, как с отвалами, так и без, а также дисковой бороны совместно с применением биопрепарата Стимикс®Нива без удобрений – энергетические коэффициенты 3,03...3,31; и в варианте с основной обработкой чизельным культиватором и сочетанием биопрепарата с N₆₀P₆₀K₆₀ – энергетический коэффициент 3,45

Выводы. Все изучаемые системы обработки почвы, в том числе технология прямого посева (No-till), в условиях Волго-Вятского региона

Таблица 2 – Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур за ротацию севооборота (2015–2019 гг.)

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Энергияурожая, МДж	Затраты совокупной энергии, МДж	Коэффициент энергетической эффективности
I.Традиционная (контроль)	1. солома (контроль)	183646	62752	2,93
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	237609	96635	2,46
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	296177	110451	2,68
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	253396	97952	2,59
	5. солома +Стимикс®Нива	204931	64751	3,17
	среднее по фактору А	235152	86508	2,72
II.Безотвальная «глубокая»	1. солома (контроль)	174412	61480	2,84
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	273300	95691	2,86
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	298494	109822	2,72
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	266652	98527	2,71
	5.солома +Стимикс®Нива	191313	63152	3,03
	среднеепо фактору А	240834	85734	2,81

III.Безотвальная «мелкая»	1.солома (контроль)	171137	59981	2,85
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	271269	94728	2,86
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	289144	108946	2,65
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	259825	75344	3,45
	5.солома +Стимикс®Нива	182655	61396	2,98
	среднепо фактору А	234806	80079	2,93
IV.Минимальная	1.солома (контроль)	163694	57389	2,85
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	271165	92617	2,93
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	223354	106228	2,10
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	278419	94799	2,94
	5.солома +Стимикс®Нива	197222	59520	3,31
	среднепо фактору А	226771	82111	2,76
V. Нулевая (No-till)	1.солома (контроль)	97719	52115	1,88
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	199104	87653	2,27
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	213738	101020	2,12
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	224090	88663	2,53
	5.солома +Стимикс®Нива	92059	53517	1,72
	среднепо фактору А	165342	76594	2,16
Среднее по фактору В	1.солома (контроль)	158122	58743	2,69
	2. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	250489	93465	2,68
	3. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 10 кг д.в на 1 т соломы	264181	107293	2,46
	4. солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	256476	91057	2,82
	5.солома +Стимикс®Нива	173636	60467	2,87

обеспечивают окупаемость энергетических затрат при производстве зерна. С энергетической точки зрения на светло-серой лесной почве в Волго- Вятском регионе можно рекомендовать использование в сельскохозяйственном производстве ресурсосберегающую систему основной

обработки почвы, проводимой чизельным культиватором на глубину 14...16 см осенью с более широким применением биопрепарата Стимикс®Нива в качестве деструктора соломы на фоне минеральных удобрений в норме N₆₀P₆₀K₆₀ (энергетический коэффициент 3,45).

Литература

1. Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства: учебное пособие / А.В. Удалов, А.П. Авдиенко, А.М. Струк и др. пос. Персиановский, ФГОУ ВПО «Донской ГАУ», 2008. 103 с.
2. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов / А. П. Карабутов, В. Д. Соловиченко, В.В. Никитини др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7.
3. Чудиновских В.М. Пути снижения энергоёмкости вспашки // Земледелие. 1998. № 1. С. 50-52.
4. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России / Л.М. Козлова, Ф.А. Попов, Е.Н. Носкова и др.//Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. №3(58). С.43-48.
5. Application of the main elements of resource-saving environmentally safe technologies in the cultivation of spring grain crops in the Central zone of the North-East of the European part of Russia. Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas/ L. M. Kozlova, F. A. Popov, E. N. Noskova, et al.// collection of articles. Warsaw: Institute of technology and science Valenth, 2018. Pp. 67-74.
6. Hallam M.J., Bartholomen W.V. Influence of rate of plant residue addition in accelerating the decomposition of soil organic matter // Soil Sci. Soc. Amer. Prok. 2003. №17. P. 365-368.
7. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review/ P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, et al.// Molecules. 2016. Vol.21. P. 1-17; doi:10.3390/ molecules21050573
8. Сравнительная эффективность технологий возделывания зерновых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, К. В. Шубина и др. // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №3(6). С. 27- 31.
9. Антонов В.Г., Ермолаев А.П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. №4 (65). С. 87-92.
10. Самофалова И. А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне // Земледелие. 2019. № 1. С. 24–28.
11. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2008. 66 с.

Сведения об авторах:

Ивенин Алексей Валентинович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Саков Александр Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, директор; e-mail: nnovniish@rambler.ru
Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Нижегородская область, Россия

INFLUENCE OF LIGHT-GRAY FOREST SOIL TILLAGE SYSTEMS ON PRODUCTIVITY AND ENERGY EFFICIENCY OF CROPS CULTIVATION FOR GRAIN-CROP ROTATION IN VOLGO-VYATSKY REGION

Ivenin A.V., Sakov A.P.

Abstract. The research was carried out in order to find new technological and technical solutions that ensure the energy efficiency of agriculture, stabilization and increase in the yield of agricultural crops for the rotation of grain crop rotation in Volga-Vyatka region. The field experiment was started in 2014 in Nizhny Novgorod region. The work was carried out in grain crop rotation: 1. mustard for seeds; 2. winter wheat; 3. soy; 4. spring wheat; 5. peas; 6. oats. The experimental scheme included 5 systems of tillage (factor A), differing in the methods of the main autumn tillage. For each system of soil cultivation, the influence of mineral fertilizers and destructors of plant residues (factor B) was determined. Against the background of natural soil fertility, the most energetically payback option of the main soil cultivation system is autumn plowing with a plow with dumps (energy coefficient 2.93). The use of a plow without plows, a Pottinger Synko 5030 K chisel cultivator and a Discover XM 44660 nothad disc harrow in a soil cultivation system leads to a decrease in the energy coefficient to 2.84 ... 2.85; and the use of no-till technology - up to 1.88. Against the background of natural soil fertility, the greatest energy return was provided by systems with fall plowing, carried out both with a plow with dumps and without them, as well as with disking as the main soil cultivation in combination with the use of the biological product Stimix®Niva - energy coefficients were in the range of 3 , 03 ... 3.31. When using no-till technology, the highest value of this indicator was noted when N₆₀P₆₀K₆₀ was applied separately (2.27) and together with the biological product Stimix®Niva (2.53). The maximum energy return in the experiment was recorded in the variant with the main tillage of the soil with a Pottinger chisel cultivator against the background of N₆₀P₆₀K₆₀ together with the biological product Stimix®Niva - the average energy coefficient was 3.45.

Key words: energy coefficient, crop rotation, yield, straw, biological product, tillage system, zero tillage

References

1. *Osnovy bioenergeticheskoy otsenki proizvodstva produktsii rastenievodstva: uchebnoe posobie*. [Fundamentals of bioenergetic assessment of crop production: a tutorial]. / A.V. Udalov, A.P. Avdienko, A.M. Struk and others, Persianovskiy, FGOU VPO "Donskoy GAU", 2008. P. 103.
2. Reproduction of soil fertility, productivity and energy efficiency of crop rotations. [Vosproizvodstvo plodorodiya pochvy, produktivnost i energeticheskaya effektivnost sevooborotov]. / A. P. Karabutov, V. D. Solovichenko, V.V. Nikitini and others. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2019. № 2. P. 3–7.
3. Chudinovskikh V.M. Ways to reduce the energy intensity of plowing. [Puti snizheniya ergoemkosti vspashki]. // *Zemledelie. – Agriculture*. 1998. № 1. P. 50-52.
4. Improved resource-saving technology of soil cultivation and the use of biological products for spring grain crops in the central zone of the North-East of the European part of Russia. [Uluchshennaya resursoberegayuschaya tekhnologiya obrabotki pochvy i primeneniya biopreparatov pod yarovye zernovye kultury v usloviyakh tsentralnoy zony Severo-Vostoka evropeyskoy chasti Rossii]. / L.M. Kozlova, F.A. Popov, E.N. Noskova and others // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - Agricultural science of the Euro-North-East*. 2017. № 3 (58). P. 43-48.
5. Application of the main elements of resource-saving environmentally safe technologies in the cultivation of spring grain crops in the Central zone of the North-East of the European part of Russia. Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas/ L. M. Kozlova, F. A. Popov, E. N. Noskova, et al.// collection of articles. Warsaw: Institute of technology and science Valenth, 2018. P. 67-74.
6. Hallam M.J., Bartholomen W.V. Influence of rate of plant residue addition in accelerating the decomposition of soil organic matter // *Soil Sci. Soc. Amer. Prok*. 2003. №17. P. 365-368.
7. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review/ P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, et al.// *Molecules*. 2016. Vol.21. P. 1-17; doi:10.3390/ molecules21050573
8. Comparative efficiency of technologies for grain crops cultivation in the link of crop rotation on light gray forest soils of the Volga-Vyatka region. [Sravnitel'naya effektivnost tekhnologiy vozdeleyvaniya zemnykh kultur v zvene sevooborota na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Volgo-Vyatskogo regiona]. / V.V. Ivenin, A.V. Ivenin, K.V. Shubina and others. // *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – The Herald of Chuvash State Agricultural Academy*. 2018. №3(6). P. 27- 31.
9. Antonov V.G., Ermolaev A.P. The effectiveness of long-term use of minimal methods of soil cultivation in crop rotations. [Effektivnost dlitelnogo primeneniya minimalnykh sposobov obrabotki pochvy v sevooborotakh]. // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - Agrarian science of Euro-North-East*. 2018. № 4 (65). P. 87-92.
10. Samofalova I.A. Influence of basic processing methods on the structural and aggregate composition of sod-podzolic soil in the Non-Chernozem zone. [Vliyanie sposobov osnovnoy obrabotki na strukturno-agregatnyy sostav derново-podzolistoy pochvy v Nechernozemnoy zone]. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2019. № 1. P. 24–28.
11. *Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispolzovaniya v selskom khozyaystve rezultatov nauchno-issledovatel'skikh rabot dlya usloviy Severo-Vostoka evropeyskoy chasti RF*. [Guidelines for calculating the economic efficiency of the use of research results in agriculture for the conditions of the North-East of the European part of the Russian Federation]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2008. P. 66.

Authors:

Ivenin Aleksey Valentinovich – Ph.D. of Agricultural sciences, senior researcher; e-mail: a.v.ivenin@mail.ru
 Sakov Aleksandr Petrovich – Ph.D. of Agricultural sciences, director; e-mail: nnovniish@rambler.ru
 Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture - a branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitskiy, Nizhny Novgorod region, Russia