

Эффективность применения прямого посева и минимальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно

Вячеслав Филиппович Федоренко¹,

академик РАН, доктор технических наук, профессор,
e-mail: vim@vim.ru;

Дмитрий Анатольевич Петухов²,

кандидат технических наук,
e-mail: dmitripet@mail.ru;

Светлана Алексеевна Свиридова²,

заведующая лабораторией,
e-mail: S1161803@yandex.ru;

Юлия Анатольевна Юзенко²,

научный сотрудник, e-mail: yulek.com@mail.ru;

Андрей Николаевич Назаров²,

научный сотрудник,
e-mail: naz.and.nik.1969@yandex.ru

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Новокубанский филиал Росинформагротех, Краснодарский край, Российская Федерация

Реферат. Отметим, что технологии прямого посева No-till и посева с минимальной обработкой почвы Mini-till играют все большую роль при переводе производства продукции растениеводства на новый технологический уровень. Выявили противоречивость результатов научных исследований в ходе сравнения эффективности возделывания кукурузы на зерно при применении различных технологий обработки почвы и посева. (*Цель исследования*) Сравнить экономическую эффективность двух технологий возделывания кукурузы на зерно – минимальной Mini-till и традиционной. (*Материалы и методы*) Рассмотрели достоинства и недостатки традиционной технологии возделывания кукурузы на зерно в сравнении с прямым посевом и посевом с минимальной обработкой почвы. (*Результаты и обсуждение*) В результате полевых исследований технологии, применяемой в течение семи лет в крестьянском (фермерском) хозяйстве Деревянко В.И. (Краснодарский край) и основанной на минимальной обработке почвы и внесении органических удобрений, определили эксплуатационно-технологические показатели пропашной сеялки прямого посева Optima TFmaxi в агрегате с трактором John Deere 8310RT, других машин на основных технологических операциях. Установили объемы используемых технологических материалов. Провели системный анализ источников формирования экономической эффективности по двум уровням: машинно-тракторный парк, технология в целом. (*Выводы*) Определили, что при применении минимальной технологии по сравнению с традиционной трудоемкость механизированных работ ниже на 49 процентов, однако увеличиваются расход топлива – на 1 процент и удельные эксплуатационные затраты денежных средств – на 69 процентов, что компенсируется ростом урожайности кукурузы на зерно на 3 тонны с гектара, или 43 процента.

Ключевые слова: минимальная технология обработки почвы, кукуруза на зерно, сеялка прямого посева, органические удобрения, эксплуатационно-технологическая оценка, экономическая оценка, эффективность.

Для цитирования: Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Юзенко Ю.А., Назаров А.Н. Эффективность применения прямого посева и минимальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 14-21. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21. EDN AOXDEZ.

The Effectiveness of No-Till Sowing and Minimal Tillage in the Cultivation of Corn for Grain

Vyacheslav F. Fedorenko¹,

Dr.Sc.(Eng.), member of the Russian Academy of Sciences, professor,
e-mail: vim@vim.ru;

Dmitry A. Petukhov²,

Ph.D.(Eng.), e-mail: dmitripet@mail.ru;

Svetlana A. Sviridova²,

head of laboratory, e-mail: S1161803@yandex.ru;

Yuliya A. Yuzenko²,

researcher, e-mail: yulek.com@mail.ru;

Andrey N. Nazarov²,

researcher, e-mail: naz.and.nik.1969@yandex.ru

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Novokubansk Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Rosinformagrotech» (KubNIITiM), Novokubansk, Russian Federation

Abstract. It was noted that technologies of direct sowing No-till and sowing with minimal soil tillage Mini-till play an increasing role in transferring crop production to a new technological level. The comparison of the efficiency of cultivating corn for grain when using different tillage and sowing technologies revealed the inconsistency of the scientific research results. (*Research purpose*) To compare the cost-effectiveness of two technologies for cultivating corn for grain: Mini-till and the traditional one. (*Materials and methods*) The advantages and disadvantages of the traditional cultivation of corn for grain were considered in comparison with No-till and Mini-till sowing. (*Results and discussion*) The authors carried out field studies of the technology based on minimal tillage and minimum organic fertilizers and used for seven years in Derevyanko V.I. peasant farm (Krasnodar Krai). As a result, the operational and technological performance indicators were determined for Optima TFmaxi direct seeder aggregated with John Deere 8310RT tractor and other machines used for the main technological operations. The volumes of technological materials used were determined. A systematic analysis of the economic efficiency sources was carried out at two levels: machine and tractor fleet, technology in general. (*Conclusions*) It was determined that compared to the traditional technology, Mini-till ensures a 49-percent decrease in the labor intensity of mechanized operations, though results in a 1-percent increase in fuel consumption and a 69-percent rise in unit operating costs, which is, though, offset by a 3-ton-per-hectare, or a 43-percent, increase in the productivity of corn for grain.

Keywords: minimum tillage technology, corn for grain, direct sowing seeder, organic fertilizers, operational and technological assessment, economic assessment, efficiency

For citation: Fedorenko V.F., Petukhov D.A., Sviridova S.A., Yuzenko Y.A., Nazarov A.N. Effektivnost' primeneniya pryamogo poseva i minimal'noy obrabotki pochvy pri vozdeleyvanii kukuruzy na zerno [The effectiveness of no-till sowing and minimal tillage in the cultivation of corn for grain]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 14-21 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21. EDN AOXDEZ.

Технологии прямого посева *No-till* и посева с минимальной обработкой почвы *Mini-till* играют все большую роль при переводе производства продукции растениеводства на новый технологический уровень.

Интерес сельхозтоваропроизводителей к ним обусловлен несколькими причинами:

- высоким уровнем финансовых издержек на содержание технического парка для интенсивных технологий, в которых задействовано много однооперационных почвообрабатывающих машин, потребляющих значительные объемы финансовых, материальных, топливных и трудовых ресурсов, что приводит к высокой себестоимости производства зерна и низкому уровню рентабельности [1-3];
- машинной деградацией почв вследствие многочисленных проходов по полю большого числа технических средств, что становится причиной переуплотнения почвы, формирования плужной подошвы, снижения почвенного плодородия [4-6];
- сокращением запасов почвенной влаги, неравномерностью выпадения осадков в период вегетации вследствие климатических изменений [7, 8].

Кукуруза на зерно – одна из важнейших продовольственных, кормовых и технических культур. Она занимает третье место по посевным площадям после пшеницы и риса [9]. По данным Госкомстата, посевные площади кукурузы на зерно в Российской Федерации за последние 20 лет увеличились в 3 раза и более. В Краснодарском крае кукуруза ежегодно занимает около 500 тыс. га, из них на зерно – 300-400 тыс. га при средней урожайности в последние два года 4,7-5,4 т/га.

Традиционная технология производства культуры включает в себя основную и предпосевную обработку почвы, посев, системы удобрения и защиты растений, уборку. При этом основная и предпосевная обработка почвы – самая затратная статья в структуре эксплуатационных издержек из-за высокой доли расходов на топливо, содержание парка почвообрабатывающих орудий, оплату труда [10].

В земледелии Краснодарского края при возделывании кукурузы на зерно, наряду с традиционно применением технологий отвальной основной обработки почвы, повсеместно рекомендованы поверхностные, минимальные и нулевые системы обработки.

Прямой посев при возделывании сельхозкультур позволит полностью исключить применение всего перечня почвообрабатывающей техники (дисковой бороны, плуга, культиватора), а использование технологии с минимальной обработкой почвы – измельчить и равномерно распределить по поверхности поля пожнивные остатки, сформировав верхний мульчирующий слой, который будет способствовать сбережению и накоплению влаги.

Научные исследования, проводимые с целью сравнения эффективности возделывания кукурузы на зерно при применении различных технологий обработки почвы и посева, зачастую показывают противоречивые результаты. Часть ученых утверждают о снижении урожайности этой культуры при минимальной и нулевой обработке почвы или прямом посеве [11-13], указывают об эффективности применения вспашки [14-16]. Другие экспериментальные опыты свидетельствуют о повышении энергетической и экономической эффективности при сохране-

нии высокой урожайности [17-19].

Цель исследований – проведение полевых исследований и оценка экономической эффективности двух технологий возделывания кукурузы на зерно – минимальной Mini-till и традиционной.

Материалы и методы. Осуществили комплексный анализ технологических процессов возделывания кукурузы на зерно с использованием элементов стандартизованных методов испытаний сельскохозяйственной техники и сравнительной оценки показателей экономической эффективности.

Показатели экономической оценки посевных агрегатов и машинно-тракторных парков определили по результатам испытаний агрегатов в соответствии с ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Экспериментальные площади возделывания кукурузы на зерно составили:

- традиционная технология – 549 га;
- технология с минимальной обработкой почвы – 1000 га.

Цена на сельскохозяйственную технику взята без учета налога на добавленную стоимость.

Результаты и обсуждение. Минимальная технология возделывания и уборки кукурузы на зерно *Mini-till* применяется в К(Ф)Х Деревянко В.И., традиционная – на валидационном полигоне Кубанского филиала Росинформагротех, расположенных в одной агроклиматической зоне – в Новокубанском районе Краснодарского края. Система минимальной обработки почвы состоит из лущения дисковой бороной на глубину до 8 см после рано убираемых озимых ячменя и пшеницы, внесения перегноя на основе птичьего помета и заделки его культиватором (до 15 см), зяблевой обработки глубокорыхлителем (до 25 см).

Существуют следующие значимые отличия технологии возделывания кукурузы на зерно с минимальной обработкой почвы от традиционной:

- базовый набор восьми основных последовательных технологических операций и одной-двух факультативных;
- машинно-тракторный парк, базирующийся на применении техники исключительно зарубежного производства (самоходная техника: опрыскиватель, тракторный и комбайновый парк – John Deere (США), почвообрабатывающие орудия – Köckerling (Германия), прочая техника – фирм Италии, Австрии и Германии, возраст технических средств не превышает 10 лет;
- система обработки почвы: минимальная осенняя Mini-till, отсутствие весенних почвообрабатывающих операций, так как проводится прямой посев культуры;
- система удобрения: отказ от применения гранулированных минеральных удобрений в пользу ежегодного внесения по всей площади пашни твердого

органического (перегной на основе птичьего помета) и жидких минеральных (КАС и ЖКУ) удобрений;

- система защиты растений основана на применении гербицидов зарубежного производства;
- использование семян зарубежной селекции и экспортно ориентированная продажа урожая;
- организация производства с круглосуточным режимом работы механизаторов в период выполнения полевых работ.

Применение весеннего прямого посева кукурузы на зерно в данном случае не приводит к полному или резкому снижению числа почвообрабатывающих операций (четыре операции обработки почвы в традиционной технологии и три – в изучаемой с минимальной обработкой почвы). Принципиален лишь отказ от основной зяблевой обработки в виде отвальной вспашки и предпосевной культивации. Изменяется и назначение почвообрабатывающих операций: второе дискование предназначено для заделки органического удобрения (перегной на основе птичьего помета), а последующее глубокое рыхление выступает в качестве альтернативы отвальной вспашке.

Все вышеуказанные факторы определяют производственно-экономическую результативность изучаемой технологии (табл. 1).

Сеялка, предназначенная для прямого посева, должна обеспечивать оптимальную глубину заделки семян независимо от того, какое количество растительных остатков находится на поверхности почвы после предшествующей культуры. При этом она должна как можно меньше нарушать строение почвенного профиля, то есть сделать разрез почвы на необходимую глубину, оставляя нетронутой основную площадь поля [20-23].

В К(Ф)Х для посева кукурузы на зерно применяется сеялка точного высева *Optima TFmaxi (HD II+e-drive)* производства *Kverneland* предназначена для посева в мульчу и обычного сева кукурузы, с одновременным внесением удобрений (рисунк).



Рис. Сеялка точного высева *Optima TFmaxi* в агрегате с трактором *John Deere 8310RT*

Fig. *Optima TFmaxi* precision seeder aggregated with *John Deere 8310RT* tractor

Таблица 1

Table 1

 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО
 COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGIES FOR CULTIVATING CORN FOR GRAIN

Элементы технологии Name of the technology element	Традиционная Traditional	Mini-till
Семена / Seeds	отечественная селекция / domestic selection;	зарубежная селекция / foreign selection;
Урожай / Harvest	продажа внутри страны / domestic sale	экспортно ориентированная продажа export-oriented sale
Обработка почвы Tillage	<i>осенняя</i> : двукратное дискование, вспашка, культивация; <i>весенняя</i> : предпосевная культивация <i>autumn</i> : double disking, plowing, cultivation; <i>spring</i> : pre-sowing cultivation	<i>осенняя</i> : дискование, культивация, глубокое рыхление, культивация <i>autumn</i> : disking, cultivation, deep loosening, cultivation
Система удобрения Fertilizer system	<i>основное внесение</i> : аммиачная селитра 150 кг/га перед посевом; <i>подкормка (по листу)</i> : цинк серноокислый (1,0 кг/га) + гумат калия (0,5 л/га) <i>main application</i> : ammonium nitrate 150 kg/ha before sowing; <i>top dressing (per leaf)</i> : Zinc sulphate (1,0 kg/ha) + Potassium humate (0,5 l/ha)	<i>основное внесение</i> : органическое удобрение 5 т/га ежегодно; <i>подкормка</i> : внутрипочвенное внесение KAC-32 <i>main application</i> : organic fertilizer 5 t/ha annually; <i>top dressing</i> : KAS-32 intra-soil application
Посев Sowing	8-рядные сеялки 8-row seeders	16-рядная сеялка; внесение жидких минеральных удобрений 16-row seeder; application of liquid mineral fertilizers
Агротехнический уход Agrotechnical care	довсходовое боронование, междурядная культивация с подкормкой; применение гербицида зарубежного производства <i>pre-emergence harrowing, row-to-row cultivation with top dressing; use of a foreign-made herbicide</i>	междурядная культивация с подкормкой; применение гербицидов зарубежного производства <i>row-to-row cultivation with top dressing; use of a foreign-made herbicide</i>
Схема уборки Harvesting scheme	<i>прямоточная двухзвенная</i> : комбайн – автомобиль <i>direct-flow two-stage</i> : harvester – car	<i>прямоточная двухзвенная</i> : комбайн – большегрузный автомобиль; <i>перезгрузочная трехзвенная</i> : комбайн – бункер-перезгрузчик – большегрузный автомобиль <i>direct-flow two-stage</i> : combine harvester – heavy-duty vehicle; <i>three-link reloading</i> : combine – hopper-reloader – heavy-duty vehicle
Парк технических средств Fleet of technical means	<i>разномарочный</i> : тракторы, в основном отечественные; сельхозорудия, отечественные и зарубежные; комбайны отечественные; возраст техники – 7-20 лет <i>mixed brands</i> : tractors, mainly domestic; agricultural equipment – domestic and foreign; combines domestic; the equipment age is from 7 to 20 years	<i>на обработке почвы и посеве</i> : гусеничный трактор, самоходный опрыскиватель; основные энергосредства, машины и сельскохозяйственные орудия зарубежного производства; возраст техники – не более 10 лет <i>tillage and sowing</i> : caterpillar tractor, self-propelled sprayer; the main energy resources, foreign machinery and agricultural equipment; age of equipment – no more than 10 years
Персонал Staff	высокая и средняя квалификация high and medium qualifications	высокая квалификация high qualifications
Технологическая дисциплина и культура земледелия Technological discipline and culture of agriculture	средний уровень / average level	высокий уровень / high level

Она состоит из телескопической рамы, на которую установлены центральный бункер для удобрений и дополнительное оборудование для внесения ЖКУ, а также высевающих секций, дисковых и зубчатых сошников, спицевых дисков опорных колес, V-образных катков, основного шасси размером 250×450 мм, электрооборудования и гидросистемы для поднятия боковых секций. Дополнительно оборудована

устройством для внесения жидких удобрений и биостимуляторов LF 600 MI.

Посев кукурузы проводят по минимально обработанной с осени почве (сплошная культивация с целью заделки органического удобрения и глубокое рыхление). Основные предшественники – озимая пшеница и кукуруза на зерно, а также озимый ячмень и соя.

В производственных условиях сеялка грегати-

Таблица 2		Table 2
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА В РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ECONOMIC EVALUATION OF USING MACHINE AND TRACTOR FLEET IN DIFFERENT TECHNOLOGIES		
Показатели Indicators	Традиционная Traditional	No-till
Площадь, га / Acreage, ha	549	1000
Затраты труда, чел.-ч / Labor costs, people-h/ha: всего / total на 1 га / per 1 ha	1777 3,24	1640 1,64
Механизаторы / Machine operators Вспомогательные рабочие / Auxiliary workers Расход топлива / Fuel consumption всего, т / total, t на 1 га, кг / per 1 ha, kg Капитальные вложения, млн руб. / Capital investments, million rubles	8 8 38,4 69,9 90,8	2 0 70,8 70,8 175,2
Эксплуатационные затраты, тыс. руб. / Operational costs, thousand rubles; всего / total на 1 га / per 1 ha	9077 16,5	27 889 27,9

руется с гусеничным трактором *John Deere 8310RT* (мощность двигателя 320 л.с.). Управляет трактором и работой сеялки высококвалифицированный механизатор.

Машино-тракторный парк (МТП), используемый в минимальной технологии, по сравнению с традиционной укомплектован меньшим количеством техники – на 62%. Причем все машины зарубежного производства.

Проведем сравнительный анализ показателей экономической оценки использования МТП (табл. 2).

При применении МТП в минимальной технологии трудоемкость механизированных работ при возделывании кукурузы на зерно составила 1,64 чел.-ч/га, что на 49% ниже, чем в традиционной. Причем в первом случае задействованы только 2 механизатора, а во втором их 8, плюс 8 вспомогательных рабочих. Столь значительная потребность в персонале при традиционной технологии обусловлена совпадением агротехнических сроков проведения четырех весенних технологических операций: внесения минеральных удобрений, предпосевной культивации с их заделкой, по-

сева и дождевого боронования.

Потребность в топливе в расчете на 1 га различалась незначительно.

Стоимость МТП для технологии *Mini-till* составила 175,2 млн руб., что на 93% выше, чем при традиционной. Больше оказались и эксплуатационные затраты – на 69%.

Себестоимость возделывания кукурузы на зерно при использовании традиционной технологии составила 4524 руб./т, при применении технологии *Mini-till* – 5235 руб./т, то есть на 16% больше. В то же время урожайность оказалась на 43% выше, составив 10 т/га, а погектарная прибыль больше на 77% (табл. 3).

Выводы

1. В К(Ф)Х на прямом весеннем посеве кукурузы на зерно успешно применяется пропашная сеялка *Optima TFmaxi*. Это дает возможность в комплексе с одним из весомых слагаемых успешного производства – ежегодным внесением органического удобрения в дозе 5 т/га на всей площади пашни – добиваться урожайности на уровне 10 т/га.

2. Использование в предлагаемой технологии

Таблица 3		Table 3
ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ INDICATORS OF TECHNOLOGY ECONOMIC EFFICIENCY		
Показатели Indicators	Традиционная Traditional	No-till
Себестоимость производства продукции, тыс. руб. / Production cost, thousand rubles	17423	52350
Оборотные фонды (всего), тыс. руб. / Current assets (total), thousand rubles топливо / fuel семена / seeds удобрения / fertilizers средства защиты растений / plant protection products	10416 2071 5310 1515 1520	28740 4280 12 040 4400 8020
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	7,0	10,0
Стоимость реализованной продукции, тыс. руб. / Cost of products sold, thousand rubles	56950	180000
Прибыль / Profit: всего, тыс. руб. / total, thousand rubles в расчете на 1 га, руб. / per 1 ha, rub. в расчете на 1 т продукции, руб. / per 1 ton of products, rub.	39527 71998 10272	127650 127650 12765
Затраты труда, чел.-ч/т / Labor costs, people-h/t	0,46	0,16

МТП, состоящего в основном из более дорогой техники зарубежного производства, приводит к увеличению эксплуатационных затрат денежных средств на 69%.

3. В целом по технологии с минимальной обработкой почвы *Mini-till* обеспечивается практически трехкратное снижение затрат труда на единицу произведенной продукции и увеличение погектарной прибыли

на 77% по сравнению с традиционной.

4. Полученные результаты позволяют рекомендовать применение исследованной минимальной технологии *Mini-till* производства кукурузы на зерно для экономически устойчивых сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности Южного федерального округа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайцеховская С.С., Байчерова А.Р., Измалков С.А., Тельнова Н.Н. Экономическая эффективность внедрения нулевой технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае // *Экономика и управление: проблемы и решения*. 2019. Т. 12. N3. С. 36-42.
2. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю., Филипчук О.Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) // *Агрохимия*. 2019. N5. С. 3-20.
3. Mamsirov N.I., Chumachenko Y.A., Udzhuhu A.C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization. *Ecology, Environment and Conservation*. 2018. Vol. 24. N1. 462-471.
4. Беленков А.И., Собо У.М., Кунофин Р.И. Теория и практика основной обработки почвы в современных системах земледелия // *Владимирский земледелец*. 2017. N1(79). С. 8-11.
5. Дридигер В.К., Белобров В.В., Стукалов Р.С., Юдин С.А., Кутова О.В., Гаджиумаров Р.Г. Результаты исследований технологии прямого посева в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // *Сельскохозяйственный журнал*. 2019. N5(12). С. 51-59.
6. Васюков П.П. Биологические факторы воспроизводства плодородия почвы в Краснодарском крае: рекомендации. Краснодар: ЭДВИ. 2019. 44 с.
7. Антонов С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. N4(66). С. 43-46.
8. Гусев Е.М. Эволюция технологий в земледелии: от «серых» до «зеленых» // *Аридные экосистемы*. 2020. Т. 26. N1(82). С. 3-12.
9. Бречко Я.Н., Макрак С.В., Головач А.А. и др. Повышение эффективности отраслей сельского хозяйства и обрабатывающей промышленности (производство продуктов питания) // *Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации*. 2019. N1. С. 9-36.
10. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Гольятин В.Я. и др. Машинно-технологическое обеспечение возделывания кукурузы. М.: Росинформагротех. 2020. 96 с.
11. Сильванчук Е.Л., Крюков А.Н., Наумкина Л.А., Хлопяников А.М. Возделывание кукурузы на зерно в новых технологиях растениеводства // *Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. N3. С. 56-61.
12. Власова О.И., Смакуев А.Д., Трубачева Л.В., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность производства зерна кукурузы в зависимости от приемов обработки почвы в условиях Карачаево-Черкесской республики // *Аграрный научный журнал*. 2022. N1. С. 4-7.
13. Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Крюков А.Н., Куренская О.Ю., Хлопяникова Г.В. Системный подход к разработке и оценке новых эффективных ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. N3(23). С. 148-155.
14. Cao H.B., Xie J.Y., Hong J., Wang X., Hu W., Hong J. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. Iss. 6. 1636-1648.
15. Fen W.U., Zhai L.C., Ping X.U., Zhang Z.B., Baillo E.H., Tolosa L.N., Guo H.Q. Effects of deep vertical rotary tillage on the grain yield and resource use efficiency of winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. Iss. 2. 593-605.
16. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Биоэнергетические показатели выращивания кукурузы на зерно // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. N1(33). С. 88-92.
17. Волков А.И., Кириллов Н.А., Гуйда Г.Ю., Кулалаева А.С., Прохорова Л.Н. Ресурсосберегающее производство кукурузного зерна // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2018. N20. С. 425-428.
18. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., Rajicic V. Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2020. Vol. 80. N1. 80-89.
19. Tormena C.A., Karlen D.L., Logsdon S., Cherubin M.R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 166. 122-130.
20. Гольятин В.Я. Инновационные технологии прямого посева зерновых культур. М.: Росинформагротех». 2019. 80 с.
21. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Квас С.А. Технология комбинированного посева кукурузы на зерно и сои

рованного способа посева и высевальные аппараты для его осуществления // Вестник ВИЭСХ. 2018. N4(33). С. 61-65.

22. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов А.Х. Трехсекционный почвообрабатывающий агрегат с универсальными сменными рабочими органами // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. N3(54). С. 92-95.

23. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Разработка и исследование дозирующей системы высевального устройства пневматической сеялки // Техника и оборудование для села. 2021. N6(288). С. 8-11.

REFERENCES

1. Vaytsekhovskaya S.S., Baycherova A.R., Izmailov S.A., Tel'nova N.N. Ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya nulevoy tekhnologii vozdel'vaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Stavropol'skom krae [The economic rationale for the use of no-till technology of cultivation of crops taking into account soil-climatic zoning of the stavropol territory]. *Ekonomika i upravlenie: problemy i resheniya*. 2019. Vol. 12. N3. 36-42 (In Russian).
2. Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Spiridonov Yu.Ya., Toropova E.Yu., Filipchuk O.D. Tekhnologicheskie osobennosti pochvozashchitnogo resursosberegayushchego zemledeliya (v razvitie konceptsii FAO) [Technological features of soil-protecting resource-saving agriculture (in development of the FAO concept)]. *Agrokimiya*. 2019. N5. 3-20 (In Russian).
3. Mamsirov N.I., Chumachenko Y.A., Udzhuhu A.C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization. *Ecology, Environment and Conservation*. 2018. Vol. 24. N1. 462-471 (In English).
4. Belenkov A.I., Sobo U.M., Kunofin R.I. Teoriya i praktika osnovnoy obrabotki pochvy v sovremennykh sistemakh zemledeliya [Theory and practice of principle soil treatment in modern agricultural systems]. *Vladimirskiy zemledelets*. 2017. N1(79). 8-11 (In Russian).
5. Dridiger V.K., Belobrov V.V., Stukalov R.S., Yudin S.A., Kutovaya O.V., Gadzhumarov R.G. Rezul'taty issledovaniy tekhnologii pryamogo poseva v zone neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraya [Research results of direct sowing technology in the unstable humidification zone of the Stavropol territory]. *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*. 2019. N5(12). 51-59 (In Russian)..
6. Vasyukov P.P. Biologicheskie faktory vosproizvodstva plodorodiya pochvy v Krasnodarskom krae: rekomendatsii [Biological factors of soil fertility reproduction in Krasnodar Krai: recommendations]. Krasnodar: EDVI. 2019. 44 (In Russian).
7. Antonov S.A. Tendentsii izmeneniya klimata i ikh vliyanie na zemledelie Stavropol'skogo kraya [Climate changes and their impact on crop farming development in Stavropol region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. N4(66). 43-46 (In Russian).
8. Gusev E.M. Evolyutsiya tekhnologiy v zemledelii: ot «serykh» do «zelenykh» [Evolution of agricultural technologies: from “gray” to “green”]. *Aridnye ekosistemy*. 2020. Vol. 26. N1(82). 3-12 (In Russian).
9. Brechko Ya.N., Makrak S.V., Golovach A.A., et al. Povyshenie effektivnosti otrasley sel'skogo khozyaystva i obrabatyvayushchey promyshlennosti (proizvodstvo produktov pitaniya) [Increasing the efficiency of agriculture and manufacturing industries (food production)]. *Nauchnye printsipy regulirovaniya razvitiya APK: predlozheniya i mekhanizmy realizatsii*. 2019. N1. 9-36 (In Russian).
10. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Gol'tyapin V.Ya., et al. Mashinno-tekhnologicheskoe obespechenie vozdel'vaniya kukuruzy [Machine and technological support for corn harvesting]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2020. 96 (In Russian).
11. Sil'vanchuk E.L., Kryukov A.N., Naumkina L.A., Khlopyanikov A.M. Vozdel'yvanie kukuruzy na zerno v novykh tekhnologiyakh rastenievodstva [Corning of corn on grain in new technologies crop production]. *Vestnik kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2018. N3. 56-61 (In Russian).
12. Vlasova O.I., Smakuev A.D., Trubacheva L.V., Vaytsekhovskaya S.S. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna kukuruzy v zavisimosti ot priemov obrabotki pochvy v usloviyakh Karachaevo-Cherkesskoy respubliky [Economic efficiency of corn hybrid production depending on tilling methods in the conditions of the karachai-cherkess republic]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2022. N1. 4-7 (In Russian).
13. Naumkin V.N., Naumkina L.A., Kryukov A.N., Kurenskaya O.Yu., Khlopyanikova G.V. Sistemnyy podkhod k razrabotke i otsenke novykh effektivnykh resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdel'vaniya polevykh kul'tur [System approach to the development and evaluation of new effective resource-saving technologies for cultivation of field crops]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2019. N3(23). 148-155 (In Russian)..
14. Cao H.B., Xie J. Y., Hong J., Wang X., Hu W., Hong J. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. N6. 1636-1648 (In English).
15. Fen W.U., Zhai L.C., Ping X.U., Zhang Z.B., Baillo E.H., Tolosa L.N., Guo H.Q. Effects of deep vertical rotary tillage on the grain yield and resource use efficiency of winter wheat in the Huang-HuaiHai Plain of China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. N2. 593-605 (In English).
16. Garmashov V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A. Bioenergeticheskie pokazateli vyrashchivaniya kukuruzy na zerno

- [Bioenergy indicators of growing corn for grain]. *Zernobovoye i krupyanye kul'tury*. 2020. N1(33). 88-92 (In Russian).
17. Volkov A.I., Kirillov N.A., Guyda G.Yu., Kulalaeva A.S., Prokhorova L.N. Resursosberegayushchee proizvodstvo kukuruznogo zerna [Resource-saving corn production]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva*. 2018. N20. 425-428 (In Russian).
 18. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., Rajicic V. Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2020. Vol. 80. N1. 80-89 (In English).
 19. Tormena C.A., Karlen D.L., Logsdon S., Cherubin M.R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 166. 122-130 (In English).
 20. Gol'tyapin V.Ya. Innovatsionnye tekhnologii pryamogo poseva zernovykh kul'tur [Innovative technologies for no-till sowing of grain crops]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2019. 80 (In Russian).
 21. Ahalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Kvas S.A. Tekhnologiya kombinirovannogo sposoba poseva i vysevyayushchie apparaty dlya ego osushchestvleniya [Technology of the combined method of sowing and seeding machines for its implementation]. *Vestnik VIESH*. 2018. N4(33). 61-65 (In Russian).
 22. Ahalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov A.Kh. Trekhseksionnyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat s universal'nymi smennymi rabochimi organami [Three-section tillage unit with universal replaceable working bodies]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian).
 23. Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Razrabotka i issledovanie doziruyushchey sistemy vysevyayushchego ustroystva pnevmaticheskoy seyalki [Development and research of the dosing system of the pneumatic seeder sowing device]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N6(288). 8-11 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Федоренко В.Ф. – постановка проблемы;
 Петухов Д.А. – научное руководство;
 Свиридова С.А. – экономическая оценка МТП, технологий; сравнительный анализ, доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ;
 Юзенко Ю.А. – эксплуатационно-технологическая оценка машинно-тракторных агрегатов;
 Назаров А.Н. – организация полевых исследований, обработка полученных результатов, визуализация.
 Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Fedorenko V.F. – problem statement;
 Petukhov D.A. – research supervision;
 Sviridova S.A. – economic assessment of machine and tractor fleet technologies; comparative analysis, revision of the manuscript, formulating general conclusions and literature review;
 Yuzenko Yu.A. – operational and technological assessment of machine and tractor units;
 Nazarov A.N. – organization of field research, results processing, visualization.
 The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

05.04.2022
 13.05.2022