

4. Гончаренко, А. А. Иммунологическая и селекционная оценка озимой ржи на провокационных и инфекционных фонах / А. А. Гончаренко, С. И. Шадуро // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова. – 1990. – № 201. – С. 24–26.
5. Горьковенко, В. С. Вредоносность гриба *Microdochium nivale* в агроценозе озимой пшеницы / В. С. Горьковенко, Л. А. Обертюхина, Е. А. Куркина // Защита и карантин растений. – 2009. – № 1. – С. 34–36.
6. Жуковский, А. Г. Вредоносность снежной плесени в посевах озимого тритикале и эффективность протравителей в ограничении развития болезни / А. Г. Жуковский // Проблемы защиты растений в условиях современного сельскохозяйственного производства, Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.: Материалы научной конференции / РАСХН ВИЗР, Инновационный центр защиты растений. – СПб, 2009. – С. 58–60.
7. Распространенность и развитие снежной плесени в посевах озимых зерновых культур в Беларуси / А. Г. Жуковский [и др.] // Защита растений. – 2018. – Вып. 42. – С. 96–102.
8. Фитопатологическая ситуация в посевах зерновых культур на территории Республики Беларусь / А. Г. Жуковский [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 2 (111). – С. 9–12.
9. Левитин, М. М. Защита растений от болезней при глобальном потеплении / М. М. Левитин // Защита и карантин растений. – 2012. – № 8. – С. 16–17.
10. Марьина-Чермных, О. Г. Взаимосвязь агроклиматических условий на заболеваемость и устойчивость сортов посевов озимой пшеницы к снежной плесени / О. Г. Марьина-Чермных, Г. М. Хисматуллина // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 32–35.
11. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период с 1989 по 2015 г. / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
12. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; ред. С. Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – 511 с.
13. Сайнакова, А. Б. Оценка устойчивости сортообразцов озимой ржи к снежной плесени / А. Б. Сайнакова // Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: докл. и сообщ. XI Междунар. генетико-селект. шк.-семинара (пос. Краснообск, 9–13 апреля 2013 г.) / Рос. акад. с.-х. наук, Сиб. регион. отд.-ние, Сиб. науч.-исслед. ин-т растениеводства и селекции. – Новосибирск, 2013. – С. 226–230.
14. Трофимов, Ю. Б. Параметры вредоносности снежной плесени и устойчивость сортов озимой ржи к болезни / Ю. Б. Трофимов, Н. А. Боме // Вестник защиты растений. – 2006. – № 1. – С. 33–36.
15. Analysis of *Microdochium nivale* isolates from wheat in the UK during 1993 / D. W. Parry [et al.] // Ann. Appl. Biol. – 1995. – Vol. 126, № 3. – P. 449–455.
16. Evidence of *Microdochium* fungi associated with cereal grains in Russia / T. Yu. Gagkaeva [et al.] // Microorganisms. – 2020. – Vol. 8 (3). – P. 340.
17. Jonavičienė, A. *Microdochium nivale* and *M. majus* ascausative agents of seedling blight in spring cereals / A. Jonavičienė, S. Supronienė, R. Semaškienė // Zemdribyste-Agriculture. – 2016. – Vol. 103, № 4. – P. 363–368.
18. *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* in seed samples of Danish small grain cereals / L. K. Nielsen [et al.] // Crop Protection. – 2013. – Vol. 43. – P. 192–200.
19. Low temperature disease caused by *Microdochium nivale*. In: Low temperature plant microbe interaction under snow / A. M. Tronsmo [et al.] // Chapter 5. Hokkaido National Agricultural Experiment Station, 2001. – P. 75–86.

УДК 631.332.635.21(075.8)

## Природоохранные технологии интегрированного земледелия при возделывании картофеля: результативность научных изысканий

В. И. Клименко, доктор технических наук  
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 27.05.2022)

В статье представлены результаты многолетних исследований и испытаний инновационных технологий интегрированного земледелия при возделывании картофеля, показаны преимущества способов подготовки почвы под «зелёное удобрение» – предшественник картофеля, основной обработки и культивации, мульчирования почвы, подготовки гряд, гребней и междурядных обработок. Определены возможности использования распылительных систем «Шквал» для обработки клубней семенного картофеля и внесения агрохимикатов способом опрыскивания.

### Введение

Наиболее вероятной постиндустриальной направленностью развития земледелия является интегрированное земледелие, позволяющее уменьшить применение минеральных удобрений и пестицидов, снизить энерго- и трудозатраты, а также экологически опасные нагрузки на окружающую среду при получении высоких

*The article presents the results of many years of research and testing of innovative technologies of integrated farming in the cultivation of potatoes, shows the advantages of soil preparation methods for "green fertilizer" – the precursor of potatoes, basic soil treatment and cultivation, soil mulching, preparation of seed beds, rows and inter-row treatments. The possibilities of using "Shkval" spray systems for treatment of seed potato tubers and the use of agrochemicals by spraying have been determined.*

урожаев. Такое земледелие вобрало (интегрировало) в себя лучшие черты других систем использования земли и приобретает все больше сторонников в мировой науке и практике.

При выращивании сельскохозяйственных культур широко осваивают технологии интегрированного земледелия с рациональным использованием растительных остатков, разработанные за последние десятилетия учёными разных стран [2].

### Место и методика проведения исследований

Производственные и хозяйственные испытания технических агрегатов и средств для инновационных технологий интегрированного земледелия проводили посредством лабораторно-полевых экспериментов.

Эксплуатационно-технологические показатели культиватора фрезерного универсального КФУ-3,2 оценивали на полях Полесского института растениеводства (2004–2006 гг.) в Мозырском районе Гомельской области по ТУ 400450339.010-2005 и руководству по эксплуатации на культиваторы фрезерные универсальные КФУ-2,3; КФУ-3,2; КФУ-4,0.

Сравнительные исследования по оценке эксплуатационно-технологических показателей и эффективности культиваторов КГО-3,0 и КГО-3,6 проводили на полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» (2002–2003 гг.) по ТУ 400450339.009-2003 и руководству по эксплуатации на культиваторы-грядообразователи-окучники КГО.

Эффективность распылительной системы «Шквал» оценивали в производственных условиях при протравливании клубней семенного картофеля и при установке на тракторный опрыскиватель для применения агрохимикатов способом опрыскивания.

Для обработки экспериментальных данных использовали статистические методы.

### Результаты исследований и их обсуждение

Обработка почвы во все времена была и остаётся фундаментальной основой земледелия. По мнению многих исследователей, правильная и качественная обработка почвы может сформировать до 25 % урожая, а в условиях аномально изменившегося климата сохранить и ещё 25 % урожая!

Безотвальная обработка почвы, особенно минимальная, по сравнению с отвальной менее энерго- и трудозатратна, но её способы и реализующие её рабочие органы сельскохозяйственных машин не соответствуют современным требованиям. Она предполагает применение в значительных объёмах гербицидов, что приводит к удорожанию сельскохозяйственной продукции и увеличивает пестицидную нагрузку на окружающую среду. Выход из этого положения может быть найден в современных технологиях обработки почвы, при которых исключаются операции резания корневищ сорняков, почва разрыхляется и перемешивается с одновременной сепарацией.



Расположение рабочих органов культиватора КГО

Более чем 20-летние исследовательские и практические работы позволили найти новые способы минимальной обработки почвы и разработать новые рабочие органы. Основой таких способов стали операции рыхления и перемешивания почвы. Для их выполнения разработаны комбинированные рабочие органы – горизонтальные и фронтальные низкоскоростные фрезы, которые раздавливают комки, рыхлят и сепарируют почву, отделяют от нее сорняки, вычёсывая их. Они работают с низкой линейной скоростью (8–20 км/ч), поскольку приводятся во вращение от сцепления с почвой. Это позволяет в сравнении с высокоскоростным фрезерованием (привод от ВОМ трактора) уменьшить энергозатраты на культивацию почвы в 2 раза и более.

Создание таких комбинированных рабочих органов позволило разработать шлейф лёгких навесных сельскохозяйственных машин нового поколения для тракторов «Беларус» и других энергосредств. Характерная особенность этих машин (культиваторов фрезерных универсальных – КФУ-3,2; КФУ-4,0; КФУ-7,3; КФУ-7,8) – наличие блоков низкоскоростных фрез и мощных рыхлителей, представляющих собой дугообразные лапы, установленные на жёсткоупругих стойках. Универсальность этой техники в том, что она за один проход агрегата выполняет операции лущения, дискования, основной обработки, культивации почвы и подготовки семенного ложа. При этом обеспечивается необходимая глубина обработки почвы (с эффективным мульчированием поверхности): при лущении – 5–7 см, при культивации – 8–17 см, при основной безотвальной обработке – 18–23 см. По своему назначению культиваторы типа КФУ – многофункциональные комбинированные агрегаты на основе чизельного плуга, сокращающие в 2–3 раза сроки и затраты на проведение полевых работ.

По данным исследований и производственных испытаний, проведенных в Полесском институте растениеводства, затраты энергоресурсов на обработке почвы культиваторами типа КФУ по сравнению с использованием стандартных чизельных агрегатов уменьшаются в 2,2–2,8 раза, по сравнению с традиционной технологией с применением вспашки – в 2,8–3,5 раза. При этом осенью в почву качественно заделываются стерня, измельченная солома и пожнивные остатки.

Эти данные подтверждают государственные приёмоочные испытания Белорусской МИС и Кировской МИС (Российская Федерация). При испытаниях особо подчеркивалось, что горизонтальные низкоскоростные фрезы крошат пласт почвы до частиц размером меньше 50 мм (98,6 %), а 84,1 % почвы крошится до частиц размером менее 10 мм, наиболее благоприятных для роста и развития растений.

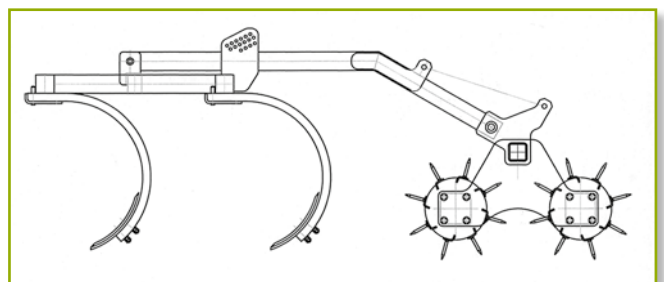


Схема расположения рабочих органов культиватора КФУ

Благодаря возможности поверхностной обработки почвы новые культиваторы позволяют значительно увеличить площади выращивания растений на сидерат. При изучении влияния способов обработки дерново-подзолистой почвы на урожайность пожнивных крестоцветных [3, 4], являющихся наилучшим предшественником под картофель, а также ярового ячменя, было установлено, что лущение стерни с подготовкой семенного ложа на глубину 5–6 см за один проход агрегата под пожнивный посев редьки масличной на зеленое удобрение обеспечило максимальную прибавку урожая зеленой массы с 1 га – до 39,7 % (таблица 1, 2004 г.) в сравнении с дискованием БДТ-3,0 и предпосевной обработкой почвы агрегатом АКШ-3,6 (эталон). При использовании КФУ средняя урожайность редьки масличной на зеленую массу за 3-летний период исследований составила 21,8 т/га (таблица 1), в то время как при традиционной технологии – 19,9 т/га, то есть превышение урожайности составило в среднем 9,5 %. Одновременно с прибавкой урожая зеленой массы получена экономия топлива – 70,4 % на каждом гектаре посева (таблица 2).

На яровом ячмене как предшественнике под картофель энергозатраты в сравнении с традиционной технологией (вспашка + АКШ) уменьшились в 3,2 раза, а трудозатраты – в 2,96 раза при одинаковой урожайности.

При практическом использовании культиватора фрезерного универсального КФУ-7,3 в КСУП «Экспериментальная база Гомельская» Гомельского района (2004 г.) для лущения с образованием мульчи, подготовки почвы под посев озимых зерновых и подъема зяби его общая наработка в осенний период составила 1348 га, а средняя сменная производительность (при работе в одну смену) – 40–50 га. Впервые за 20 лет подъем зяби был выполнен в запланированном объеме и с высоким качеством.

В технологии возделывания картофеля значительное внимание уделяется новым способам подготовки гряд, гребней и междурядным обработкам, которые обеспечиваются культиваторами-грядообразователями-окучниками КГО-3,0; КГО-3,6; КГО-3,0Г; КГО-3,6Г [5].

Культиватор-грядообразователь-окучник работает следующим образом. Каждый окучник устанавливается по центру междурядья, при движении культиватора рыхлитель-щелеобразователь каждого окучника рыхлит почву по центру междурядья и образует щель в почве глубиной 0,03–0,2 м. Эта щель разделяется с помощью правого и левого дисков-загортачей окучника с рыхлящими элементами у кромок дисков. Процесс разделки

щелей осуществляется, когда каждый диск-загортач в результате сцепления с почвой его рыхлящих элементов вращается при поступательном перемещении культиватора. При этом рыхлящие элементы входят в почву в зоне щели у центра междурядья, образуютной поступательно перемещающимся рыхлителем-щелеобразователем. В процессе вращения диска-загортача рыхлящие элементы измельчают почву в зоне щелей по всей ширине междурядий и боковин гребня и, сообщая при этом микрокомкам измельченной почвы скорость в направлении вершины гребня и по ходу перемещения культиватора, одновременно выбрасывают измельченную почву на вершину гребня. Попавшая на поверхность вращающегося диска-загортача почва под воздействием центробежных сил подается на рыхлящие элементы, которыми измельчается и укладывается в гребень. Идущие за дисками-загортачами планчато-зубовые рыхлители (горизонтальные низкоскоростные фрезы) рыхлят и перемешивают почву на глубину 5–7 см, сепарируют её, отделяя сорняки от почвы, или «укладывают» их в верхний слой почвы, где лишенные света они погибают.

Исследованиями, проведенными в НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, подтверждено, что создаваемая при обработках культиваторами-грядообразователями-окучниками КГО-3,0 и КГО-3,6 структура почвы позволяет повышать урожайность картофеля до 15 %, эффективно подавлять сорные растения, уменьшать потери клубней за комбайном, а также уменьшать в 2 раза количество примесей в ворохе убранный картофеля [6, 9].

Приведенные выше технологические процессы обработки почвы, семейство культиваторов фрезерных универсальных нового поколения КФУ-2,3; КФУ-3,2; КФУ-4,0; КФУ-7,3; КФУ-7,8 и семейство культиваторов-грядообразователей-окучников КГО-3,0; КГО-3,0Г; КГО-3,6; КГО-3,6Г содержат 41 изобретение, защищены патентами Республики Беларусь (№ 2052, № 4081, № 4167, № 4168, № 4219, № 4581, № 6772, № 6881, № 6911 и др.) и Российской Федерации (№ 2125783, № 2130241, № 2200376, № 2222126, № 2222131, № 2229778 и др.).

Новые технологические приемы обработки почвы и культиваторы, с помощью которых они осуществляются, прошли испытания в хозяйствах всех областей Беларуси, Кировской и Брянской областей России, а также успешно прошли государственные приемочные испытания, рекомендованы к серийному производству и успешно работают в указанных регионах с 2003 г. и по настоящее

**Таблица 1 – Урожайность редьки масличной на зеленую массу в зависимости от способов обработки почвы**

Способ обработки почвы	Урожай зеленой массы				
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	среднее	
	т/га				%
Обработка БДТ, 10–12 см + АКШ-3,6 (эталон)	14,1	21,9	23,7	19,9	100
Обработка КФУ-3,2, 10–12 см	19,7	20,6	25,1	21,8	109,5

**Таблица 2 – Экономия топлива в зависимости от способов обработки почвы под посев редьки масличной на зеленую массу**

Способ обработки почвы	Расход топлива		Экономия топлива, %
	кг/га	%	
Дискование БДТ-3, 10–12см + АКШ-3,6 (эталон)	15,9	100	–
Обработка КФУ-3,2, 10–12 см	4,7	29,6	70,4

время. Для широких хозяйственных испытаний всего было выпущено серийно более 500 культиваторов фрезерных универсальных семейства КФУ для обработки почвы, более 600 культиваторов-грядообразователей-окучников семейства КГО, внедрение которых в Республике Беларусь и Российской Федерации подтвердило результативность научных изысканий по техническому обеспечению природоохранных технологий интегрированного земледелия при возделывании картофеля.

В комплекс машин для интегрированного земледелия «Славянская технология» входит также распылительная система «Шквал», устанавливаемая на протравливатель семян ОПС-1А [7, 8] (испытания прошли успешно на Белорусской МИС и в 70 хозяйствах Беларуси). Производственные испытания экспериментальной камеры протравливания клубней семенного картофеля проводили в условиях колхоза им. Суворова Минской области [9]. В качестве исходного материала использовали сорта картофеля белорусской селекции Явар, Орбита, Верба. Испытания были проведены в сравнении с оборудованием ОПС-1, разработанным РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (бывший ЦНИИ МЭСХ). Согласно представленным в таблице 3 результатам испытаний, использование распылительной системы «Шквал» позволяет уменьшить количество наносимого на поверхность клубней препарата ТМТД в 9 раз, что экономично и резко уменьшает загрязнение окружающей среды при обеспечении качества обработки.

Производственные испытания (1999–2003 гг.) показали [10], что распылительная система «Шквал», устанавливаемая на универсальный тракторный опрыскиватель ОУК-24–80, позволяет обрабатывать пестицидами, в том числе и препаратами семейства «Полиазофос», картофель, плодовые и овощные культуры, вносить ЖКУ, дезинфицировать животноводческие и складские помещения и прилегающие территории.

### Заключение

По результатам проведенных исследований и испытаний можно сделать следующие выводы.

1. Использование культиваторов типа КФУ при выращивании сидерата – редьки масличной и последующей зяблевой обработке почвы культиватором КФУ под картофель позволяет при повышении урожайности уменьшить ресурсные затраты более чем в 2 раза, а экономия топлива составляет 70,4 % в сравнении с традиционной технологией.

2. Использование при возделывании картофеля культиваторов типа КГО в сравнении с культиваторами КОН-2,8 традиционной технологии позволяет повышать урожайность картофеля до 15 %, эффективно подавлять

сорные растения, уменьшать потери клубней за комбайном, а также уменьшать в 2 раза количество примесей в ворохе убранный картофеля.

3. Использование распылительных систем «Шквал» обеспечивает уменьшение количества пестицидов, наносимых на поверхность семенных клубней и вегетирующих растений, что экологично.

4. Перспективность изложенных технологий интегрированного земледелия подтверждена использованием их на протяжении 20 последних лет во всех областях Республики Беларусь, Брянской, Кировской и других областях Российской Федерации.

5. Для получения наибольшего эффекта от использования природоохранных технологий интегрированного земледелия необходимо применять их не по одному элементу, а комплексно, начиная с экономически стабильных опорных хозяйств, например, для начала хотя бы по одному хозяйству в каждой из областей Республики Беларусь. При этом необходимо более широко использовать при возделывании картофеля комбинированную обработку почвы, разумно сочетающую операции современной безотвальной обработки и вспашки.

### Литература

1. Материалы белорусско-голландского семинара по картофелеводству / L. A. Van Hogendorp, Paul C. M. Van Eijk. – Минск, 1998. – 42 с.
2. Системы и методы рационального землепользования. – Monsanto: «Айова Экспорт-Импорт США», 1999. – 185 с.
3. Клименко, В. И. Новый блок комбинированных рабочих органов для культивации почвы / В. И. Клименко // Картофель и овощи. – 2007. – № 8. – С. 20–21.
4. Семенов, Н. Н. Промежуточные культуры – важнейший фактор интенсификации почвозащитного земледелия на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья / Н. Н. Семенов, П. П. Крот // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 1. – С. 13–19.
5. Устройство для подготовки семенного ложа и междурядных обработок: пат. 4168 / В. И. Клименко. – Оpubл. 30.12.2001.
6. Отчет о научно-исследовательской работе по заданию «Установить эффективность приемов предпосадочной и междурядной обработки почвы при возделывании картофеля на дерново-подзолистых среднесуглинистых, супесчаных и торфяных почвах» / БелНИИ картофелеводства. – Самохваловичи, 2000. – 9 с.
7. Клименко, В. И. Обработка семенного картофеля защитно-стимулирующими препаратами в лотковой камере протравливания: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В. И. Клименко. – Горки: БГСХА, 1993. – 237 л.
8. Клименко, В. И. Механизация обработки семенного картофеля / В. И. Клименко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. – № 5. – С. 13–14.
9. Клименко, В. И. Ресурсоэффективная технология и машины для возделывания картофеля / В. И. Клименко. – УО БелГУТ, 2009. – 211 с.
10. Устройство для распыления жидкого вещества: пат. 2131783 / В. И. Клименко. – Оpubл. 20.06.1999.

Таблица 3 – Показатели протравливания клубней семенного картофеля

Показатель	Значение показателя		
	по техническому заданию	испытываемые машины	
		ОПС-1	ОПС-1А
Установочная норма расхода рабочей жидкости, м <sup>3</sup> /кг	–	4,0 × 10 <sup>-6</sup>	0,5 × 10 <sup>-6</sup>
Фактическая норма расхода рабочей жидкости, м <sup>3</sup> /кг	–	3,6 × 10 <sup>-6</sup>	0,4 × 10 <sup>-6</sup>
Производительность, кг/с	6,9	6,94	6,94
Полнота протравливания, %	100 ±20	120	99
Повреждение клубней (с учетом погрузки в тару), %	не более 2	0,5	0,5