

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ



Москва 2020

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство • Переработка • Агротехсервис • Агробизнес

ЖУРНАЛ

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –

ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI.

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2020 г. с доставкой по Российской Федерации – 8712 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9936 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО);

ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,

р/с 4050181054525000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000.

В назначении платежа указать код КБК (000 0000 00000000 000 440), ОКТМО 46758000.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60, Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».

Справки по телефонам: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;

E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

**ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
И ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ**

Москва 2020

УДК 635.21:[631.8+632.9]

ББК 44.9:42.15

Т 38

Рецензенты:

В.А. Макаров, д-р техн. наук, проф. (ФГБОУ ВО «РГАУ им. П.А. Костычева»);

А.В. Сибирев, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зав. лабораторией
«Машинные технологии в овощеводстве» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Т 38 **Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Мишуров Н.П., Щеголихина Т.А., Манохина А.А., Воронов Н.В. Технологии внесения удобрений и применения средств защиты при возделывании картофеля: аналит. обзор.** – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 84 с.

ISBN 978-5-7367-1559-6

Рассмотрены система защитных мероприятий картофеля от вредителей, болезней и сорняков, машины и технические средства для внесения минеральных удобрений и защитно-стимулирующих веществ. Дан анализ потребности картофеля в удобрениях с учетом изменчивости почвенного плодородия. Приведены способы и технические средства дифференцированного внесения материалов в системе точного земледелия.

Предназначен для руководителей и специалистов АПК, крестьянских и фермерских хозяйств, занимающихся выращиванием картофеля, преподавателей и студентов вузов, учебно-методических центров, научных работников, сельскохозяйственных товаропроизводителей.

O.A. Starovoitova, V.I. Starovoitov, N.P. Mishurov, T.A. Schegolikhina, A.A. Manokhina, N.V. Voronov *Fertilizer Application Technology and the Use of Protection Agents for Potato Cultivation, Analytical overview* (Moscow: Rosinformagrotekh) 84 (2020).

A system of protective measures for potatoes against pests, diseases and weeds, machines and technical means for applying mineral fertilizers and protective-stimulating substances are described. An analysis of the potato needs for fertilizers taking into account the variability of soil fertility is provided. The methods and technical means of the differential application of materials in the precision farming system are given.

It is designed for managers and specialists of the agricultural sector, peasant and farm enterprises involved in the cultivation of potatoes, teachers and university students, educational and methodological centers, scientists, and agricultural producers.

УДК 635.21:[631.8+632.9]

ББК 44.9:42.15

ISBN 978-5-7367-1559-6

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2020

ВВЕДЕНИЕ

Постановлением Правительства Российской Федерации от 25.08.2017 № 996 утверждена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. Основные ее приоритеты – формирование условий для развития научной, научно-технической деятельности и получение результатов, необходимых для создания технологий, продукции, товаров и оказания услуг, обеспечивающих независимость и конкурентоспособность отечественного агропромышленного комплекса.

К первоочередным видам сельхозпродукции, по которым сформированы отдельные подпрограммы, относится картофель – одна из главных пищевых культур в мире, обеспечивающая восполнение недостатка витаминов, макро- и микроэлементов, антиоксидантов, незаменимых пищевых и физиологически активных веществ, а также аминокислот, углеводов, биофлавоноидов, фитонцидов [1]. Валовой сбор картофеля в мире растет и в среднем составляет 374 млн т при средней урожайности 17,2 т/га. Россия по этому показателю занимает третье место в мире после Китая и Индии. В 2019 г. валовой сбор составил 21,1 млн т, в крупнотоварном секторе производство ежегодно увеличивается и составляет около 7 млн т при урожайности 21-23 т/га [2, 3].

Разнообразие почвенно-климатических условий Российской Федерации предполагает, что технология внесения удобрений в разных регионах страны не может быть одинаковой. Необходимо использовать новые специализированные технологии и технические средства выращивания картофеля, проводить исследования об отзывчивости новых высокоурожайных сортов картофеля интенсивного типа на дозы и способы внесения минеральных удобрений с целью повышения эффективности вносимых туков [4-6]. Питательные и вкусовые качества картофеля напрямую связаны с применением удобрений. В частности, содержание белка в клубнях при отсутствии подкормки не превышает 1%, а при правильном внесении минеральных удобрений достигает 1,7-2%. Для получения высоких урожаев и качества клубней удобрения должны быть доступны растениям в требуемые сроки, в необходимом количестве и форме [7].

Установить оптимальные дозы удобрений, сроки и способы их внесения с учетом почвенно-климатических условий, сортовых особенностей, запланированного урожая, содержания в почве усвояемых питательных элементов и других факторов возможно при использовании технологии дифференцированного дробно-локального внесения, входящей в систему точного земледелия.

Совершенствованию агротехнологий и технических средств для внесения пестицидов также способствуют применение технологий точного земледелия, включающих в себя дифференцированное внесение средств защиты растений, что обеспечивает оптимальное распределение рабочих растворов по целевым объектам и площадям при минимальном сносе и испарении из зоны обработки, а также внедрение систем контроля и оптимизации управления технологическими процессами с учетом фаз развития культуры, агротехники, параметров метеоусловий.

По данным исследования, проведенного Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ), среди руководителей 100 сельскохозяйственных предприятий Центрального, Приволжского, Южного федеральных округов и юга Сибири, наиболее популярными областями применения новых методов и технологий названы защита растений (51%), удобрения (49%) и селекция семян (48%) [8].

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации № 642 от 01.12.2016, к приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий на первом этапе осуществления государственной научно-технической политики относятся переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений. Разработка технических требований и внедрение отечественной аппаратуры дифференцированного внесения удобрений и химикатов для систем цифрового и точного земледелия на основе цифровых почвенных карт, показывающих особенности каждого участка поля, является одной из задач цифровой трансформации сельского хозяйства.

С учетом того, что основные требования к современным способам внесения удобрений и средств защиты растений, включают в себя точный расчет оптимальных доз для каждого участка поля и соблюдение правил защиты окружающей среды, исследования, направленные на разработку предложений по применению новых и совершенствование существующих технологий возделывания, являются актуальными и имеют народнохозяйственное значение.

1. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

1.1. Отзывчивость картофеля на дозы и способы внесения минеральных удобрений

Технологии внесения удобрений и применения средств защиты при возделывании картофеля зависят от его сортовых особенностей и технологических требований к потребительским показателям качества и включают в себя такие мероприятия, как обработка клубней картофеля защитно-стимулирующими веществами (ЗСВ) перед посадкой, локальное и мелко-локальное внесение минеральных удобрений перед или во время посадки, послевсходовые листовые обработки ЗСВ.

В настоящее время представления в отношении потребительских и столовых качеств продовольственного картофеля и структуры целевого использования урожая меняются, картофель оценивают по 50 хозяйственноценным признакам: урожайность, товарность по размеру клубней, содержание сухих веществ, срок созревания, устойчивость к болезням, вредителям и стрессовым факторам (жара, засуха, переувлажнение), приспособленность к технологии промышленного выращивания и механизированной уборке, лежкость, привлекательная форма клубня, окраска кожуры и мякоти, глубина залегания глазков [9, 10].

По направлениям использования картофель делится на семенной, продовольственный, для переработки на полуфабрикаты и картофелепродукты, промышленной переработки. Семенной картофель, в свою очередь, подразделяют на оригинальный, элитный и репродукционный. Особенность семенного картофеля – высокие требования к среде выращивания и системе защиты с целью получения продукта с высокими семенными и посевными показателями. При выращивании продовольственного картофеля на первое место выходят потребительские параметры: урожайность, структурный состав и др. Картофель продовольственный делится на ранний (два класса – первый и второй) и поздний (три класса – экстра, первый и второй, что соответствует классам премиум, стандарт, эконом).

Поздний заготавливаемый картофель делится на три группы: отборный высокоценных сортов, отборный и обыкновенный [9, 11].

В нашей стране более половины общего объема производства картофеля идет на продовольственные цели, поэтому важно классифицировать его в зависимости от пищевой ценности (рис. 1). Клубни используются для приготовления разнообразных блюд непосредственно в домашних условиях и в современной индустрии общественного питания [10, 12].

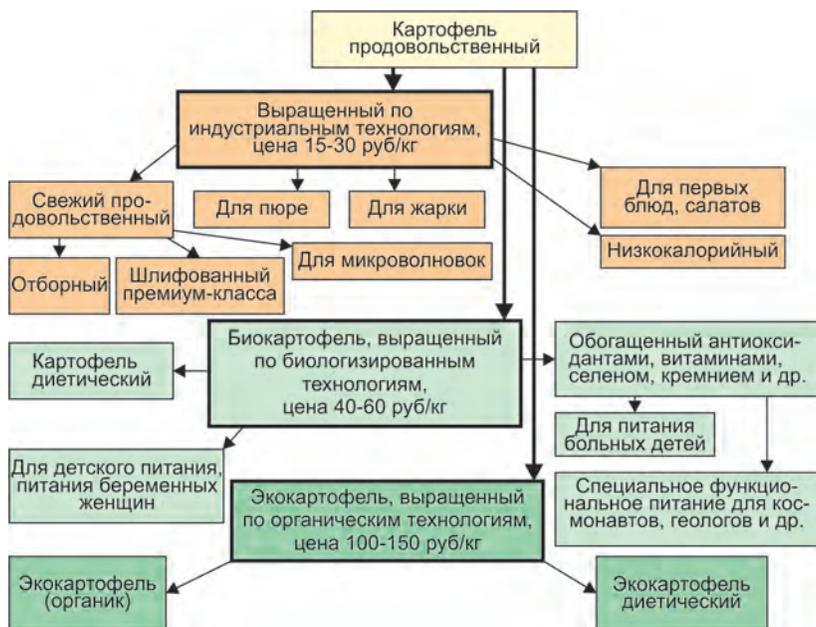


Рис. 1. Виды картофеля для продовольственных целей в зависимости от пищевой ценности

Конкурентоспособность сортов определяется их востребованностью, обусловленной привлекательностью внешнего вида клубней, высокими дегустационными показателями, не темнеющей мякотью в сыром и вареном виде, а также полезностью использования в сбалансированной здоровой (лечебной) диете с повышенным содержанием антиоксидантов (витамины группы С, антоцианы,

каротиноиды), с определенными содержанием и величиной крахмальных зерен с соотношением амилозы, амилопектина и других показателей [9, 13-15]. В настоящее время, в связи с появлением новых видов картофелепродуктов массового потребления, возникла потребность в крупных и сверхкрупных клубнях (например, сеть «Крошка Картошка», где требуются клубни массой более 200 г, или «картофель фри» с длиной соломки от 8 см и более) [12].

От правильного применения минеральных и органических удобрений в большой мере зависят не только урожайность и качество клубней, но и эффективность мер по защите растений. Кроме того, удобрения оказывают значительное влияние на численность полезных микроорганизмов в почве. Известно, что органические удобрения активизируют размножение микробов-антагонистов, а вот действие минеральных удобрений (в зависимости от дозы) может дать негативный результат. Длительное применение высоких доз минеральных удобрений нарушает биологическое равновесие в почве. Избыток азотных удобрений усиливает рост ботвы, что создает благоприятные условия для развития фитофтороза и ризоктониоза, ухудшает вкус клубней и ведет к накоплению нитратов. В то же время при нехватке этих удобрений повышается засорение полей, так как менее развитая ботва картофеля слабее подавляет сорняки. Действие фосфора зависит от обеспеченности другими элементами питания, в первую очередь, азотом. Оптимальные дозы фосфора при совместном внесении с азотно-калийным удобрением нейтрализуют отрицательное действие азота и способствуют скорейшему созреванию растений. Фосфорные удобрения ускоряют процесс клубнеобразования, снижают риск поражения клубней фитофторозом, повышают устойчивость картофеля к почвообитающим вредным организмам, например, возбудителю парши обыкновенной, калийные – повышают устойчивость наземной части растения к различным стрессовым факторам (холод, жара и др.), а клубней – к поражению болезнями.

Нормы применения минеральных удобрений должны зависеть от количества внесенной органики и типа почвы [7]. Каждый третий гектар пашни в настоящее время характеризуется повышенной кислотностью, низким содержанием фосфора и гумуса. Без применения оптимальных доз известковых, минеральных и органических удоб-

рений невозможно решить проблему обеспечения населения страны собственными продуктами питания. Оптимизация кислотности почв не только повышает урожай сельскохозяйственных культур и эффективность применяемых удобрений, но и существенно улучшает почву, как живую специфическую природную систему [16, 17]. Среди почвенно-поглощенных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , H^+) основными, отвечающими за реакцию почвенного раствора, являются кальций, магний и водород. Соотношение между ними определяет реакцию почвы. Так как запасы иона-водорода в почве постоянно пополняются путем окислительно-восстановительных и обменных реакций, то главная задача агронома сводится к оптимальному обеспечению растений Ca и Mg, причем последний наиболее подвижен и запасы его уменьшаются быстрее. Особенно требовательны к магнию корнеплоды и картофель, с урожаем которых из почвы отчуждается от 40 до 70 кг/га (примерно столько же, сколько и фосфора). Картофель чувствителен к внесению магния, количество которого в почве должно быть не менее 33-49 мг на 100 г почвы. Этот элемент стимулирует развитие клубней и корнеплодов. Значительное преобладание кальция над магнием при внесении высоких доз известняковой муки (CaCO_3) – основная причина отрицательного действия известкования, поэтому лучшими формами известковых удобрений под картофель являются магниесодержащие [18, 19].

Высокое содержание калия в картофеле требует достаточного количества этого микроэлемента в усвояемой форме в почве. Поскольку калий и магний обладают антагонистическим действием, то недостаток магния проявляется сильнее при одностороннем усилении калийного питания. На каждые 100 кг калийных удобрений под картофель необходимо дополнительно вносить 25 кг магния, если его содержится в почве менее 20 мг на 100 г.

Для повышения содержания фосфора и серы, а также частично снижения кислотности почвы рекомендуется раз в четыре года вносить фосфоритную муку (1,5-2 т/га) вместо растворимых фосфорных удобрений.

Оптимальные параметры дерново-подзолистых почв для получения урожайности разного уровня приведены в табл. 1. Подобные показатели в условиях Нечерноземной зоны удается получить при

ежегодном внесении органических и минеральных удобрений и периодическом известковании [20-22].

Таблица 1

**Оптимальные параметры дерново-подзолистых почв
для получения урожайности разного уровня**

Планируемый уровень урожайности, т/га	Содержание			Уровень кислотности (рН)
	гумуса, %	фосфора (P ₂ O ₅), мг	калия (K ₂ O), мг	
20-25	2	15-20	10-15	4,5
30-35	2,5-3	25-35	25-30	5-6

В течение трех недель после посадки растения картофеля используют в основном внутренние резервы и только после начала прорастания начинают эффективно поглощать удобрения. Более интенсивное усвоение растениями элементов питания происходит во время активного роста ботвы, в фазе бутонизации-цветения. В эти периоды потребляется до 50% азота, 40% фосфора и 80% калия от максимального содержания их в растениях. По этой причине удобрения необходимо вносить при посадке картофеля или междурядных обработках, а подкормку проводить до наступления бутонизации [23].

В опытах ряда учёных увеличение доли фосфора и калия в составе удобрений в 1,5 раза по отношению к азоту способствовало повышению выхода здоровых клубней и снижению потерь при хранении [24-26]. Практика применения удобрений показывает, что отдача от них зависит не только от дозы, соотношения между основными элементами, но и способов внесения. Более эффективным является локальное внесение минеральных удобрений, при котором растения быстро развивают мощную корневую систему, что обуславливает устойчивость их к неблагоприятным условиям [27]. Меньшая площадь контакта удобрений с почвой снижает вероятность закрепления подвижных форм питательных веществ удобрений. Многолетними исследованиями отмечено, что использование этой технологии позволяет увеличить урожайность картофеля на 20-50 ц/га. По данным исследований ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», г. Москва) и ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), локальное внесение удобрений ускоряет развитие и созревание растений, что важно для регионов с укороченным периодом вегетации, а также повышает устойчивость их к засухе, сокращает расход удобрений и влаги на единицу продукции [28]. Отмечено, что при ленточном внесении значительно повышаются коэффициенты использования питательных веществ удобрений: азота и калия – на 10-15%, фосфора – на 5-10%, поэтому оптимальные дозы удобрений при локальном внесении на 25-50% ниже, чем при разбросном. Это позволяет получить равный или более высокий уровень урожайности, чем при разбросном применении повышенных норм туков.

Локальное применение минеральных удобрений одновременно с нарезкой гребней сокращает число проходов агрегата и повышает эффективность подкормок благодаря более равномерному распределению питательных веществ в зоне рядка клубней [29, 30]. Установлено, что применение локализации позволяет при половинных дозах (верхний предел при локальном способе – $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$) получать такие же урожаи картофеля, как при разбросном внесении полного минерального удобрения. Превышение этой нормы может привести к значительному снижению качества и лежкости клубней в осенне-зимний период хранения [31-34].

Доказано преимущество дробно-локального внесения удобрений перед локальным внесением полной их дозы при нарезке гребней перед посадкой. Оно позволяет повысить урожайность на 7-8% при контроле 38,6 т/га. При этом лучший срок внесения второй дозы удобрений для ранних сортов – первая довсходовая обработка, для среднеранних – вторая, для среднеспелых, среднепоздних и поздних – после всходовый уход за посадками [35].

Размеры надземной массы во многих случаях являются решающим фактором, определяющим интенсивность накопления и величину урожая. В трехлетнем опыте по влиянию доз минеральных удобрений «Кемира картофельное-5», проводимом ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», Московская область) на супесчаной почве при втором сроке дробно-локального

внесения удобрений на параметры развития куста, урожайность клубней и общие потери при хранении по сорту Жуковский ранний наилучшей оказалась доза 500 кг/га ($N_{54}P_{44}K_{80}$): количество стеблей на один куст составило 4,1 шт., масса ботвы – 248 г, площадь ассимиляционной поверхности листьев – 0,52 м², урожайность – 39,3 т/га (+8,7 т/га (+29%) к контролю), минимальные потери при хранении клубней – 2,0%. По сорту Невский лучшим по продуктивности оказался также вариант с дозой $N_{54}P_{44}K_{80}$: получена урожайность 47,2 т/га (+16,1 т/га (+52%) к контролю ($N_0P_0K_0$)) – табл. 2.

В среднем за три года наибольшее значение товарности получено при внесении 500 кг/га «Кемира картофельное-5» на сорте Жуковский ранний – 96,1% (в контрольном варианте получено 93,1%); на сорте Невский – 95,9%, (в контроле – 93,0%) товарных клубней. Выявлено, что с увеличением доз данного удобрения возросло содержание нитратов, но все полученные значения не превышали предельно допустимой концентрации. В клубнях сорта Жуковский ранний в контрольном варианте накопилось 14,0% крахмала, наибольшее содержание крахмала получено при дозе «Кемира картофельное-5» 500 кг/га ($N_{54}P_{44}K_{80}$) – 14,2%. В клубнях сорта Невский в контроле накопилось 15,9% крахмала, наибольшее содержание его получено при дозе 250 кг/га ($N_{27}P_{22}K_{40}$) – 16,5%.

При увеличении дозы минеральных удобрений более 500 кг/га в физической массе снижаются основные показатели возделывания картофеля, а главное – урожайность [35, 36]. Кроме этого локализация повышенных доз удобрений может вызывать повреждение ростков, особенно в сухие годы, поэтому в США и Англии рекомендовано вносить удобрения двумя лентами по обе стороны клубней на расстоянии около 5 см и ниже их на 2,5-5 см. Прибавка урожая составила 32 ц/га по сравнению с внесением удобрений одной лентой под клубни [37]. П.И. Панасюга в опытах по изучению эффективности разных способов внесения минеральных удобрений на урожайность картофеля установил, что наибольшая прибавка урожая у сортов Пригожий 2 (6,4 т/га) и Добро (5,6 т/га) получена при локальном внесении минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{120}$ двумя лентами с двух сторон по отношению к линии раскладки клубней по сравнению с разбросным способом под культивацию (в одинаковой дозе) [6].

Таблица 2

**Биометрические показатели растений (фаза цветения), урожайность и легкость картофеля
в зависимости от дозы комплексного минерального удобрения «Кемира картофельное-5» и сорта.
Фон перед посадкой – N₄₀P₄₀K₇₀**

Дозы минеральных удобрений, кг/га в физической массе – NPK	Жуковский ранний				Невский					
	параметры развития куста		урожайность, т/га	общие потери при хранении, %	параметры развития куста		урожайность, т/га	общие потери при хранении, %		
	стебли, шт.	масса ботвы, г			площадь листьев, м ²	масса ботвы, г			площадь листьев, м ²	
0 – N ₀ P ₀ K ₀	3,1	230	0,45	30,6	3,2	3,3	286	0,75	31,1	3,0
250 – N ₂₇ P ₂₂ K ₄₀	3,3	226	0,48	36,0	3,0	3,9	274	0,74	40,7	1,6
500 – N ₅₄ P ₄₄ K ₈₀	4,1	248	0,52	39,3	2,0	3,8	260	0,72	47,2	2,6
750 – N ₈₀ P ₆₅ K ₁₂₀	4,2	247	0,53	36,9	4,0	3,3	292	0,74	42,5	2,3
1000 – N ₁₀₇ P ₈₇ K ₁₆₀	3,5	249	0,50	37,6	2,7	3,4	291	0,75	43,6	2,6
HCP ₀₅ 2006	0,51	10,6	0,02	5,34	-	0,38	24,8	0,02	10,24	-
HCP ₀₅ 2007	0,41	5,4	0,01	2,72	-	0,48	10,8	0,02	4,57	-
HCP ₀₅ 2008	0,46	15,7	0,07	2,34	0,65	0,26	14,0	0,02	5,06	0,47

Учитывая разнообразность почвенно-климатических условий разных регионов страны, технологии, средства и дозировки минеральных удобрений и защитно-стимулирующих средств не могут быть одинаковыми. Также они различаются в зависимости от назначения картофеля. Практика применения удобрений показывает, что отдача от них зависит от соблюдения дозы и соотношения между основными элементами, а также способов внесения. Более эффективным является локальное внесение минеральных удобрений, а применение приема мелко-локального внесения позволяет повысить урожайность, содержание крахмала и оптимизировать общие потери при хранении.

С целью повышения эффективности вносимых туков, необходимо проводить исследования об отзывчивости новых высокоурожайных сортов картофеля интенсивного типа на дозы и способы внесения минеральных удобрений.

1.2. Внесение удобрений в зависимости от почвенного плодородия

Определение изменчивости почвенного плодородия является важным шагом к применению технологии дифференцированного внесения. Нормы внесения удобрений контролируются такими почвенными показателями, как содержание органического вещества и элементов питания, кислотность почвы, толщина пахотного слоя и др. Дифференцированное воздействие невозможно без точных картограмм распределения питательных элементов в почве. Параметры почвенного плодородия чаще всего определяются методом отбора проб в разных точках поля и проведения химического анализа образцов с целью определения содержания гумуса, уровня кислотности, буферности, количества основных элементов минерального питания растений (азот, фосфор, калий, железо, кальций, магний) и микроэлементов (цинк, бор марганец, медь, сера и др.). Эффективность метода во многом зависит от того, как быстро и точно могут быть измерены параметры почвы, влияющие на рост и развитие растений. Пространственная и временная частота измерений зависит от изменчивости измеряемого показателя (изменчивость это-

го параметра по полю и во времени). Содержание нитратов, влажность меняются быстро и должны измеряться в реальном масштабе времени. Такие параметры, как содержание органического вещества, толщина пахотного слоя, незначительно меняются во времени и их можно контролировать один раз в год или реже.

В биохимических процессах, протекающих в картофельном клубне, важная роль принадлежит макро- и микроэлементам. Большинство из них находится в растворимой части клубней и входит в состав структурных элементов всех клеток и тканей. Элементы минерального состава картофельного клубня по их значению и роли в жизни растения картофеля подразделяются на группы:

- необходимые растению как незаменимый строительный материал (углерод, водород, азот, кислород, фосфор, сера);
- обуславливающие химико-коллоидные свойства живого вещества (калий, магний, кальций);
- принимающие участие в образовании активных центров ферментов (железо, магний, цинк и др.).

Элементы первой и третьей групп в процессе обмена веществ в растительной клетке участвуют в построении сложных органических соединений, а элементы второй группы не только поглощаются в виде ионов, но и сохраняются в этом состоянии в растительном организме [25, 38].

Из минеральных веществ, входящих в состав картофельного клубня, наиболее изучен калий, составляющий более половины всего количества золы как в клубне, так и его клеточном соке. Калий принимает участие в фосфорном обмене, повышая тем самым общий энергетический уровень клетки и содержание фосфорных эфиров. Он осуществляет связь процессов дыхания и фосфорилирования. Ион калия регулирует ионный баланс в цитоплазме и клеточном соке, является передатчиком электрона в энзиматических реакциях, принимает непосредственное участие в образовании амидов и трансаминировании аминокислот при образовании белковой молекулы [25]. Легкие песчаные, супесчаные, дерново-подзолистые, а также торфянистые и пойменные почвы бедны обменным калием [20].

В ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» проводился расчёт точных доз внесения минеральных удобрений при меха-

низированном уходе за посадками (от $\frac{1}{2}$ рекомендуемой нормы $N_{40}P_{40}K_{40}$) в зависимости от содержания обменного калия в почве перед посадкой. Для разработки параметров технологии дробно-локального внесения были проведены картирование полей и агрохимический анализ проб почв, на основании которых определены дозы удобрений (рис. 2) [16, 39].



*Рис. 2. Космический снимок поля
ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (пос. Коренёво)*

В зависимости от содержания обменного калия (мг/кг) по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91) была составлена карта конкретного участка поля (рис. 3).

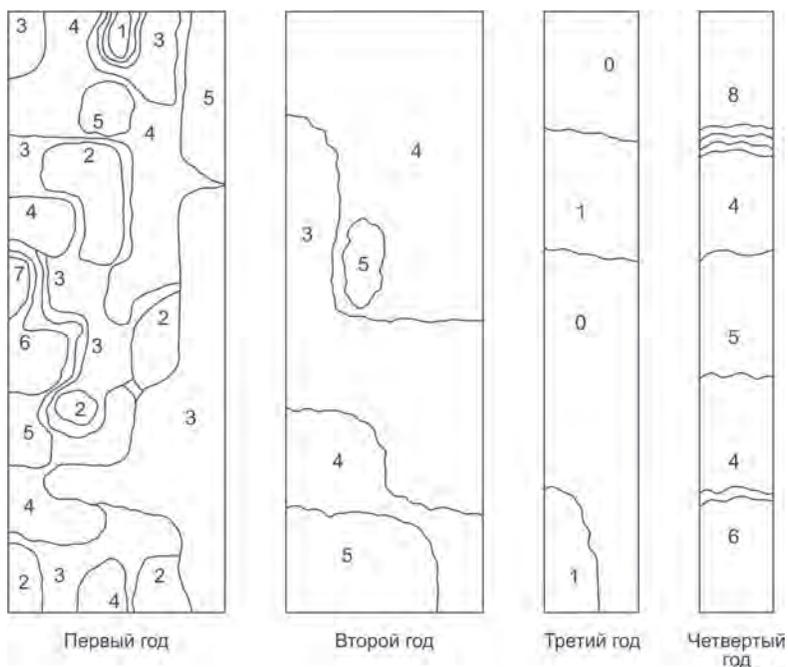


Рис. 3. Содержание обменного калия (мг/кг) на примере опытных участков ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», где: 1 – ≤ 63; 2 – 64-100; 3 – 101-137; 4 – 138-174; 5 – 175-211; 6 – 212-248; 7 – 249-285; 8 – ≥ 286

Анализ по карте поля данных о содержании калия в почве перед посадкой показал, что на опытном участке более высокое среднее содержание обменного калия – 201 мг/кг наблюдалось на четвертый год проводимого опыта (в первый год – 141 мг/кг; во второй – 152 мг/кг, самое низкое в третий год – 38 мг/кг (табл. 3). Точные дозы были определены после расчета коэффициента для каждой делянки по формуле

$$k = K_{\text{ср}} / K_{\text{д}},$$

где k – коэффициент для конкретной делянки, $K_{\text{ср}}$ – среднее значение содержания калия на всём опытном участке, $K_{\text{д}}$ – значение содержания калия на конкретной делянке.

Образец расчёта доз азотоски в зависимости от содержания обменного калия в образцах почвы*

№ пробы	K ₂ O мг/кг**				Коэффициент К				Доза азотоски для конкретной делянки, кг д. в/га			
	1 год	2 год	3 год	4 год	1 год	2 год	3 год	4 год	1 год	2 год	3 год	4 год
1	175	191	34	290	0,81	0,80	1,12	0,69	32	32	45	28
2	166	161	42	161	0,85	0,94	0,90	1,25	34	38	36	50
3	118	122	40	181	1,19	1,25	0,95	1,11	48	50	38	44
4	128	137	34	161	1,10	1,11	1,12	1,25	44	44	45	50
5	158	178	44	213	0,89	0,85	0,86	0,94	36	34	35	38
6	128	140	40	290	1,10	1,09	0,95	0,69	44	43	38	28
7	105	187	41	161	1,34	0,81	0,93	1,25	54	33	37	50
8	110	116	34	181	1,28	1,31	1,12	1,11	51	52	45	44
9	163	174	36	161	0,86	0,87	1,06	1,25	35	35	42	50
10	158	116	34	213	0,89	1,31	1,12	0,94	36	52	45	38
Среднее	141	152	38	201	1,03	1,03	1,01	1,05	41	41	40	42

* Исследования проводились с 2010 по 2013 г., соответственно: 2010 г. – первый год исследования, 2011 г. – второй, 2012 г. – третий, 2013 г. – четвертый год.

** Содержание обменного калия в почвенных образцах (вытяжка 0,2 н НС1) по Кирсанову.

Из полученных данных следует, что в третий опытный год, несмотря на очень низкое содержание обменного калия в почве, разброс данного показателя был наименьшим, поэтому на этом участке в среднем было внесено около $\frac{1}{2}$ рекомендуемой нормы азофоски – 253 кг/га ($N_{40}P_{40}K_{40}$). В четвертый опытный год при самых высоких показателях содержания обменного калия в почве, разброс данного показателя был наибольшим, поэтому на этом участке в среднем было внесено несколько больше $\frac{1}{2}$ рекомендуемой нормы азофоски – 262 кг/га ($N_{42}P_{42}K_{42}$). В первый и второй годы исследования на вариантах с высокочточным внесением азофоски было внесено немного больше нормы – в среднем 258-259 кг/га ($N_{41}P_{41}K_{41}$). Вносимые дозы азофоски в зависимости от содержания доступного калия в почве составляли в целом за два приема от 423 до 585 кг/га азофоски ($N_{68}P_{68}K_{68}$) – ($N_{94}P_{94}K_{94}$) [40-42].

По обоим исследуемым сортам (Удача – ранний и Невский – среднеранний) лучшим оказался вариант с *дробно-локальным внесением* $\frac{1}{2}$ нормы азофоски с добавлением калимагнезии $N_{40}P_{40}K_{70}$ перед посадкой и *прецизионно* по калию в почве при послевсходовом уходе. Получена прибавка урожая за два засушливых года с повышенными температурами воздуха – 1,8 т/га (+12%) и за два влагообеспеченных прохладных года – 6,5 т/га (+14%). Усредненная урожайность составила в варианте $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 32,1 т/га, в варианте прецизионно по калию в почве (от $N_{40}P_{40}K_{40}$) – 34,2 т/га (табл. 4).

Половину дозы сложных удобрений вносят во время посадки, оставшуюся часть – при проведении междурядной обработки. При прогнозировании засухи в период клубнеобразования целесообразно вносить минеральные удобрения только при посадке в дозе $N_{40}P_{40}K_{70}$ с целью экономии средств. Технология локального внесения минеральных удобрений должна быть дифференцирована по срокам в зависимости от сорта картофеля и условий выращивания: до посадки, во время посадки и при первой и второй довсходовых обработках. Установление оптимальных доз, сроков и способов их внесения с учетом почвенно-климатических условий, сортовых особенностей, запланированного урожая, содержания в почве усвояемых питательных элементов и коэффициента использования их из почвы и удобрений позволит значительно повысить эффективность подкормок [20].

**Урожайность картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве (т/га)
в зависимости от доз минеральных удобрений.
Фон перед посадкой N₄₀P₄₀K₇₀**

Минеральные удобрения в период вегетации	Засушливые годы с повышенными тем- пературами воздуха		Сред- нее	К контролю		Влагообеспеченные прохладные годы		Сред- нее	К контролю	
	Удача	Невский		т/га	%	Удача	Невский		т/га	%
Контроль – 0:0:0	15,2	14,5	14,9	0	0	44,7	46,1	45,4	0	0
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	16,3	15,1	15,7	0,9	5,7	46,4	50,5	48,5	3,1	6,7
Прецизионно (от N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀)	16,9	16,3	16,6	1,8	11,8	50,1	53,6	51,9	6,5	14,2
НСР ₀₅ т/га	0,95; 0,51	0,75	-	-	-	2,10; 2,07	2,78; 3,18	-	-	-
НСР ₀₅ сорт, т/га	1,15		-	-	-	1,53; 1,34		-	-	-

Применение технологии дифференцированного дробно-локального внесения минеральных удобрений в зависимости от потребности почвы позволяет значительно сократить затраты, обеспечивает оптимальное содержание питательных веществ в почве. Количество вносимых удобрений фиксируется в системе местных координат и представляется в виде карт GIS для дальнейшего анализа и принятия решений. Введение в практику картофелеводства картирования полей с целью определения плодородия и использование системы дифференцированного дробно-локального внесения удобрений по его результатам, показали свою эффективность и могут быть рекомендованы к применению [14, 40].

1.3. Некорневые подкормки и обработка защитно-стимулирующими веществами посадок вегетирующего картофеля

Дефицит питания не всегда связан с недостатком элементов питания в почвах. Иногда растения не могут получить тот или иной элемент, потому что погодные или почвенные условия делают его недоступным. Для обеспечения полной отдачи от минеральных удобрений необходимо управлять питанием растений путем подкормок в различные фазы развития, поэтому одной из основных операций технологии возделывания картофеля является внесение микроэлементов.

Использование хелатированных микроудобрений является одним из основных элементов современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур и широко применяется в мировой практике. На потребительском рынке удобрений появился целый ряд различных торговых марок, основой которых являются хелаты микроэлементов, позволяющих компенсировать вынос микроэлементов с урожаями сельскохозяйственных культур, повысить холодо- и засухоустойчивость растений, эффективность использования основных макроудобрений – азотных, фосфорных и калийных [38, 39, 43, 44]. Некорневые подкормки способствуют увеличению урожая, количественного выхода клубней крупной и средней фракции. В рабочий раствор можно добавлять средства защиты растений от болезней и вредителей в необходимых количествах.

По итогам исследования ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», на фоне локального внесения минеральных удобрений $N_{40}P_{40}K_{70}$ на испытываемых сортах Удача (ранний) и Невский (среднеранний) отмечена зависимость урожайности от метеоусловий и применения дробно-локального внесения минерального удобрения в сочетании с внекорневыми подкормками препаратами Борогум, Гумимакс и Экогель (табл. 5).

По сорту Удача (ранний) в данных вариантах урожайность возросла: в засушливые годы на 2,4-4 т/га (19,5-33,1%) при контроле 11,8 т/га, во влагообеспеченные – на 6,3-9,8 т/га (17,8-27,5%) при контроле 35,3 т/га. Среднее за четыре года значение урожайности в контрольных вариантах сорта Удача составило 23,5 т/га.

При этом лучшими оказались варианты с дробно-локальным прецизионным внесением удобрений ($N_{40}P_{40}K_{70}$ + прецизионно по калию) совместно с внекорневой обработкой в фазе цветения препаратами: Борогум – 28 т/га, Гумимакс – 28,3, Экогель – 30,4 т/га.

В вариантах с сортом Невский получена прибавка урожайности: в засушливые годы 4,3-5,3 т/га (21-49%) при контроле 10,6 т/га, во влагообеспеченные – 7,6-9,0 т/га (25-29%) при контроле 30,5 т/га. Среднее за четыре года значение урожайности в контрольных вариантах сорта Невский составило 20,5 т/га. Лучшими оказались варианты с дробно-локальным прецизионным внесением удобрений ($N_{40}P_{40}K_{70}$ + прецизионно по калию) совместно с внекорневой обработкой в фазе цветения препаратами: Борогум – 27,2 т/га, Гумимакс – 26,9, Экогель – 26,7 т/га.

В среднем по двум сортам при использовании дробно-локального прецизионного внесения минеральных удобрений в сочетании с внекорневыми подкормками препаратами Борогум, Гумимакс и Экогель получена прибавка урожайности: в засушливые годы 3,3-4,2 т/га (36,6-45%) при контроле 11,2 т/га, во влагообеспеченные – 7-8,8 т/га (30,6-36,7%) при контроле 32,9 т/га.

В среднем за четыре года большее количество клубней товарной фракции (более 30 мм в поперечном сечении) оказалось в вариантах с дробно-локальным прецизионным внесением минеральных удобрений ($N_{40}P_{40}K_{70}$ + прецизионно) в сочетании с листовым опрыскиванием препаратом Гумимакс в фазе цветения – 89,4% (сорт Удача) и 91,4% (сорт Невский).

Таблица 5

Урожайность картофеля за два засушливых и два влагообеспеченных года в зависимости от доз минеральных удобрений и внескорневой подкормки, т/га. Фон перед посадкой – $N_{40} P_{40} K_{70}$

Удобрения при уходе	Препараты (фаза цветения)	Засушливые годы		Среднее	К контролю, ±		Влагообеспеченные годы		Среднее	К контролю, ±		Среднее, за четыре года
		первый	второй		т/га	%	третий	четвертый		т/га	%	
				Среднее					т/га			т/га
<i>Сорт Удача (ранний)</i>												
Контроль ($N_{0} P_{0} K_{0}$)	-	10,9	12,6	11,8	0	0	28,3	42,2	35,3	0	0	23,5
$N_{40} P_{40} K_{40}$	-	12,4	14,2	13,3	1,6	13	31,5	48,8	40,2	4,9	14	26,7
Прецизионно по калию в почве	Борогум	12,8	15,4	14,1	2,4	20	35,6	48	41,8	6,6	18	28,0
	Гумимакс	14,3	15,6	15,0	3,2	27	33,8	49,4	41,6	6,3	18	28,3
	Эжотель	12,4	19,0	15,7	4,0	33	37,9	52,1	45,0	9,8	28	30,4
Среднее		12,6	15,4	-	-	-	33,4	48,1	-	-	-	-
НСР ₀₅ внескорневое опрыскивание, т/га		0,76	1,63	-	-	-	2,93	2,17	-	-	-	-
	НСР ₀₅ по сорту, т/га	1,09	2,11	-	-	-	3,31	3,26	-	-	-	-
<i>Сорт Невский (среднеранний)</i>												
Контроль ($N_{0} P_{0} K_{0}$)	-	10,5	10,6	10,6	0	0	23,3	37,7	30,5	0	0	20,5

Удобрения при уходе	Препараты (фаза цветения)	Засушливые годы		Среднее	К контролю, ±		Влагообеспеченные годы		Среднее	К контролю, ±		Среднее, за четыре года
		первый	второй		т/га	%	третий	четвертый		т/га	%	
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	-	12,6	13,0	12,8	2,3	21	26,9	42,4	34,7	4,2	14	23,7
		16,3	13,4	14,9	4,3	40	32,8	46,1	39,5	9,0	29	27,2
Прецизионно по калию в почве	Борогум	14,7	16,9	15,8	5,3	49	29,8	46,3	38,1	7,6	25	26,9
	Экогель	13,4	16,4	14,9	4,4	41	32,7	44,1	38,4	7,9	29	26,7
Среднее		13,5	14,1	-	-	-	29,1	43,3	-	-	-	-
НСР ₀₅ внекорневое опрыскивание, т/га		1,63	1,88	-	-	-	3,33	2,72	-	-	-	-
		1,95	2,33	-	-	-	3,62	3,15	-	-	-	-
НСР ₀₅ по сорту, т/га		1,43	2,11	-	-	-	3,44	3,01	-	-	-	-

При дробно-локальном прецизионном внесении минеральных удобрений ($N_{40}P_{40}K_{70}$ + прецизионно по калию) уменьшилось потемнение сырой мякоти клубней в вариантах с внекорневой обработкой в фазе цветения препаратом Борогум – 5,7 (Удача) и 6,3 балла (Невский), в контрольном варианте соответственно – 4,7 баллов (Удача) и 6,1 (Невский)*. Снизилось также потемнение вареной мякоти в вариантах с внекорневой обработкой препаратом Экогель – 7,0 (Удача) и 7,4 балла (Невский) по сравнению с контролем – 6,9 (Удача и Невский). Сократились общие потери при хранении в вариантах с внекорневой обработкой препаратами: Борогум – на 3,4%, Экогель – 4,4%, Гумимакс – 4,7% (контроль 6,1%) на сорте Удача и Гумимакс – 3,9%, Экогель – 4,2%, Борогум – 4,3% (контроль 4,6%) на сорте Невский [1, 41, 42].

Таким образом, для сбалансированного и полноценного питания картофеля можно применять предпосадочное внесение полного минерального удобрения (NPK) локально или вразброс (в зависимости от технических возможностей). Далее в наиболее ответственный период формирования урожая (бутонизация-цветение) проводится визуальная или почвенно-растительная диагностика минерального питания и по ее результатам – однократное или двукратное опрыскивание посадок хелатами микроэлементов [6].

* По девятибалльной шкале: 9 баллов – не темнеет, 7 – темнеет слабо, 5 – темнеет умеренно, 3 – темнеет сильно по всей поверхности, 1 балл – темнеет очень сильно по всей поверхности.

2. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ

Картофель поражается большим количеством грибных, бактериальных и вирусных патогенов. Болезни картофеля обычно разделяют на инфекционные (паразитарные) и неинфекционные. Инфекционные болезни вызываются различными организмами: грибами, оомицетами, актиномицетами, бактериями, вирусами, вироидами, фитоплазмами, нематодами (около 54 видов фитопатогенных грибов, 39 видов вирусов, 19 – нематод, 3 – фитоплазм, 11 – бактерий) [45]. Их отличительный признак – способность передаваться от одного растения к другому. Каждый возбудитель вызывает заболевание, специфичное по своим симптомам. Наиболее распространены увядания, гнили, некрозы (отмирание тканей), пятнистости, налёты, парши, мумификация тканей, деформация, наросты, изменения окраски (мозаики) [12]. Распространённость патогенов и симптомы болезней картофеля в Центральном регионе России представлены в табл. 6 [7, 45].

Неинфекционные болезни наблюдаются в случаях нарушения условий, необходимых для роста и развития растений. Такие заболевания не способны передаваться от одного растения другому. Проявляются они при недостатке или избытке макро- и микроэлементов, влаги, механических повреждениях, воздействии высоких или низких температур, солнца, озона и других примесей воздуха, при неправильной обработке ядохимикатами. Внешние признаки неинфекционных болезней проявляются в изменении общего вида растений (карликовость, недоразвитость и др.), окраски определенных органов, появлении некрозов на листьях. Иногда они сходны с симптомами некоторых вирусных болезней. Неинфекционные болезни угнетают растения, приводят к снижению урожая, потере товарных качеств клубней и увеличению поражения их грибами, бактериями, вирусами и вредителями. При нормализации условий окружающей среды симптомы неинфекционных болезней обычно исчезают.

На каждом этапе технологического процесса возделывания картофеля предусматриваются меры, снижающие риск возникновения заболеваний, а также защитные мероприятия, направленные на подавление очагов болезней, вредителей и сорной растительности.

Распространённость патогенов и симптомы болезней картофеля в Центральном регионе России

Название болезни	Возбудитель	Симптомы
Альтернариоз	<p><i>Ежегодно вредоносные и широко распространённые</i></p> <p>Грибы рода <i>Alternaria</i>, наиболее опасные и распространённые из которых <i>A. solani Sorauer</i> и мелкоспоровые виды <i>A. alternata</i>, <i>A. infectoria</i>, <i>A. tenuissima</i></p>	<p>Появляется в конце первой – начале второй декады июня в фазе бутонизации растений. Чаще поражаются листья, иногда стебли, редко – клубни. Сначала на нижних, затем на верхних листьях, черешках и стеблях появляются сухие коричневые пятна. Поражённая ткань зачатую имеет форму «мишени». На черешках и стеблях заболевание развивается в виде штрихов. При сильной пораженности пятна сливаются. Ботва полностью отмирает</p>
Вирус скручивания листьев картофеля	<p>L-вирус картофеля, вирус скручивания листьев картофеля (ВСКЛ); <i>Potato leafroll virus (PLRV)</i>; <i>Solanum virus 14, Smith</i>; <i>Potato virus I, Johnson</i></p>	<p>При первичном заражении верхние листья приобретают палевый оттенок, направлены вверх, часто краснеют по краям, становятся скрученными и жесткими на ощупь, при вторичном – те же симптомы проявляются на нижних листьях</p>
Гниль мокрая	<p>Бактерии родов <i>Erwinia</i>, <i>Corynebacterium</i>, <i>Bacillus</i> и <i>Pseudomonas</i></p>	<p>Начинает развиваться на клубнях до начала или во время сбора урожая, наиболее вредоносно в период хранения. Болезнь проявляется в виде мягкой и твердой черной гнили. При мокрой гнили мякоть клубня превращается в слизистую бесформенную массу со слабым спиртовым запахом; при частичном поражении клубня загнившая часть отделяется от здоровой бурой каймой. Окраска таких клубней сначала светлая, затем становится темно-бурой или розовой, кожура часто остается неповрежденной.</p>

Название болезни	Возбудитель	Симптомы
Гниль мокрая	Бактерии родов <i>Erwinia</i> , <i>Cornebacterium</i> , <i>Vacillium</i> и <i>Pseudomonas</i>	Для твердой черной гнили характерна темная окраска пораженных тканей, иногда образование пустот внутри клубней или их мумифицирование. Слизь и неприятный запах отсутствуют
Гниль сухая	Разные виды несовершенных почвенных грибов рода <i>Fusarium</i>	Проникая из почвы гриб закупоривает сосудисто-волокнистые пучки надземной части, растение быстро увядает и усыхает. Поражение клубней происходит во время вегетации, проявляется через 3–4 месяца после уборки. На клубнях появляются серовато-бурые, слегка вдавленные пятна, мякоть под ними становится рыхлой и приобретает буроватую окраску, в ней образуются пустоты, заполненные пушистым белым, желтоватым или красноватым мицелием гриба. Большая ткань быстро подсыхает, образуя складки кожуре вокруг места первичного пятна, на поверхности которых образуются рыхлые подушечки спороншения грибов разного цвета. Постепенно ткань чернеет, клубень стгнивает, становится легким и твердым
Мозаика обыкновенная	Вирусы <i>S</i> , <i>S+X</i> , <i>A</i> – вирусы картофеля и их комплексы	В начале вегетации ткань между жилками (иногда и сами жилки) покрывается светлыми пятнами. При слабом поражении симптомы исчезают по мере взросления побегов. При сильном поражении ткани в области пятен отмирают. Но в любом случае процесс фотосинтеза замедляется, клубни развиваются хуже

Парша серебристая	Гриб <i>Helminthosporium solani</i>	Симптомы заболевания проявляются на клубнях во время уборки или вскоре после закладки их на хранение. Это малозаметные светло-коричневые, без блеска, различной величины и формы пятна. К концу хранения пораженная ткань приобретает хорошо выраженный металлический или серебристый блеск. На поверхности пятен грибок развивает конидиальное спороношение и мелкие, почти точечные, черные склероции. При сильном поражении картофельная кожура начинает сморщиваться, ее пропускная способность возрастает, вследствие чего происходит потеря влаги
Парша обыкновенная	Актиномицеты, чаще <i>Streptomyces scabies Waks. et Heur</i>	На поверхности клубней появляются язвы, кожура и мякоть в этих местах пробковеют. Более восприимчивы к болезни сорта с красной кожурой
Ризоктониоз	Несовершенный грибок <i>Rhizoctonia solani</i>	Загнивание глазков и ростков, отмирание столонов и корней, сухая гниль подземной части стебля, «грухлявая древесина» и «белая ножка» стеблей. Кусты имеют более слабое развитие, зачастую листья теряют тургор и сворачиваются «лодочкой». На клубнях болезнь проявляется в виде черной парши (склероции на поверхности клубня), углубленной (ямчатой) пятнистости, раскрескивания клубней (иногда принимаемого за физиологические трещины) и сетчатого некроза (часто путанот с паршой обыкновенной)
Фитофтороз	Оомицет <i>Phytophthora infestans</i>	Листья покрываются бурыми разрастающимися пятнами. С нижней стороны листа вокруг пятна на границе здоровой и пораженной ткани в условиях высокой влажности появляется белый налет – спороношение оомицета. На пораженных клубнях образуются слегка вдавленные резко очерченные бурые пятна, мякоть под которыми имеет ржаво-бурую окраску

Название болезни	Возбудитель	Симптомы
Чёрная ножка	Пектолитические бактерии родов <i>Pseudomonas</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Dickeya</i>	Проявляется в форме увядания и гибели ростков, на более поздних этапах развития – в виде загнивания стеблей. Пораженные ростки вначале теряют тургор, листья сворачиваются и увядают, корневая часть стнивает, чернеет и засыхает, растение легко выдергивается из почвы. Это отличительный признак черной ножки от ризоктониоза, при котором корневая часть даже при сильном поражении остается прочной. При медленном развитии болезни растение отстает в развитии. На стебле появляется ослизненная «перемычка», стебель в этом месте переламывается и падает. На клубнях болезнь проявляется в виде темных слизистых пятен, которые затем распространяются на всю поверхность клубня. Характерный запах, появляется позже, когда в процесс гниения включаются другие сапрофитные микроорганизмы
Гниль кольцевая	Бактерии род <i>Clavibacter</i>	<p><i>Периодически появляющиеся</i></p> <p>Крпчатость листьев межжилковой поверхности листьев, впоследствии – пожелтение и засыхание листьев. Симптомы болезни на клубнях проявляются в виде загнивания сосудистого кольца клубня. В результате развивается мокрая гниль, ткани клубня полностью разрушаются. Отличить кольцевую гниль от похожих по симптомам повреждений сосудистого кольца, вызванных другими причинами можно по выступающему мутному экссудату при сдавливании клубня. При других повреждениях жидкость прозрачная или отсутствует</p>

Мозаика морщинистая	Вирус картофеля <i>Potato virus Y (PVY)</i> , комбинация вирусов <i>X</i> и <i>Y (PVX+PVY)</i>	В начале вегетации из-за непропорционального разрастания тканей листьев между жилками образуются бугры и морщины, края листовых пластины загибаются вниз. Больные клетки не в силах удерживать влагу, поэтому инфицированные кусты погибают при малейшей засухе
Мозаика полосчатая	Y-вирус картофеля <i>Solanum virus 2, Smith; Potato virus 20, Johnson; Potato streak virus Orton; potato virus Y(PVY)</i>	В период бутонизации на нижних листьях растений появляются тёмные угловатые пятнышки омертвевшей ткани, а на жилках – тонкие полоски. Постепенно некротные участки разрастаются, захватывают черешки, болезнь поднимается вверх по стеблю, нижние и средние листья засыхают и опадают. В результате на голом стебле остаётся несколько верхних листиков
Парша порошистая	Миксомицет <i>Spongospora subterranea (Waltr.) Lagerh.</i>	На поверхности клубней образуются светлые пустулы в виде бо-родавок. При созревании клубней, часто после уборки, пятна округляются, становятся рельефными, подсыхают, кожа лопается, образуются язвы, заполненные коричнево-пылящей массой, состоящей из спор гриба и разрушенных тканей клубня. Остатки кожуры долгое время сохраняются по краям пустул, придавая им звездчатую форму. Также поражаются столоны и корни, на кото-рых образуются галлы – белые, неправильной формы наросты, которые впоследствии коричневеют
Увядание вер-тициллёзное	Почвенный гриб <i>Verticillium arbo-atrium Reinke&Berth</i>	Увядание, пожелтение и ранняя смерть поражённых растений. Листья на поражённых растениях начинают желтеть и скручи-ваться снизу растения к верхушке, так что у сильно поражённых растений зелёной остаётся только верхушка. В жаркие дни ли-стья увядают до того, как скручиваются, и растения выглядят как опшаренные. Иногда поражаются ростки до их выхода из почвы. Они закручиваются в спираль у поверхности почвы и гибнут

Название болезни	Возбудитель	Симптомы
<i>Крайне редко встречающаяся</i>		
Готика (Вириод веретеновидности клубней (ВВКК), <i>Potato spindle tuber viroid (PSTV)</i>)	Вириод веретеновидности клубней (ВВКК), <i>Potato spindle tuber viroid (PSTV)</i>	Пораженные растения внешне отличаются небольшим количеством стеблей, вытянутых и прямостоячих. Листья на них выпянутые, твердые
Увядание столбурное	Фитоплазма	Верхушки прибреганют красный оттенок. Верхние листья мельчают, складываются пополам (лодочкой) или сворачиваются вокруг средней жилки. Черешки как будто прижимаются к стеблю, располагаясь по отношению к нему под наклоном более острым углом, чем у здоровых растений. Из-за обилия мелких листьев верхушки побегов кажутся кудрявыми. Междоузлия становятся короче, растут пазушные побеги, хлороз постепенно поражает нижние листья. Начинается увядание ботвы. Клубни вырастают мелкими, часто – мягкими (кажется, что они сварились в земле)
Увядание фузариозное	Грибы <i>Fusarium spp.</i> (<i>F. sambucinum</i> Fuckel; <i>F. gibbosum</i> Appel. et Wollenw.; <i>F. culmorum</i> (W.G.Sm.) Sacc.; <i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.; <i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.; <i>F. oxysporum</i> Shtldl.)	Заблевание начинается с верхнего яруса, первыми желтеют и увядают верхние листья. В сырой почве в прохладную погоду увядание может не наблюдаться, только листья желтеют и скручиваются. Особенно заметно увядание в жаркие часы дня. За ночь тургор растений может восстанавливаться. Пораженные нижние части стеблей буреют, выше пораженной части иногда формируются воздушные клубни. На клубнях наблюдается почернение тканей. При хранении пораженные клубни могут загнить

Профилактические мероприятия и севооборот направлены на предупреждение, подавление или уничтожение первичной инфекции, с которой начинается развитие болезней. Наиболее важные из них:

- предпосадочная отбраковка зараженных клубней, уничтожение свалок больного картофеля;
- предпосадочная подготовка семенных клубней, включающая в себя озеленение, проращивание, обработку микроэлементами и фунгицидами, обеззараживание машин для перевозки картофеля и мест его хранения.

Для получения высоких и устойчивых урожаев картофель выращивают в специализированных севооборотах по предшественникам, предупреждающим накопление вредителей и болезней. Тип севооборота выбирают в зависимости от механического состава почв, гидрологических условий, близости к дорогам и хозяйственным центрам, возможности сбыта продукции. В условиях Нечерноземной зоны картофель лучше всего размещать после озимых, по удобренным чистым парам, люпиновому пару, занятым парам (бобовые, зернобобовые смеси, кукуруза на ранний силос), люпину, рапсу, зернобобовым и бобовым культурам, озимой ржи на зеленый корм.

Подбор сортов картофеля. Важный защитный прием – выбор сортов, устойчивых к вредителям и болезням. Поэтому для возделывания нужно подбирать сорта, приспособленные к климатическим условиям региона и обладающие устойчивостью к наиболее распространенным болезням и вредителям. Сорта, неустойчивые к раку картофеля, можно возделывать только вне ареала распространения этого заболевания при условии соблюдения карантинных требований.

Выбор участка для посадки. Выращивать картофель следует на почвах, которые на протяжении всего срока вегетации сохраняют рыхлость, не заплывают при выпадении осадков и обладают хорошими сепарирующими свойствами в период уборки. Под специализированные севообороты отводят высококультурные угодья, прежде всего, участки с легкими супесчаными почвами, торфяники и легкие суглинки. Не рекомендуется размещать картофельные севообороты в понижениях и на ровных бессточных пространствах с постоянным или временным поверхностным переувлажнением. Потребность корневой системы растений картофеля в кислороде очень велика. Затоп-

ление посадок, даже кратковременное, приводит к ее гибели. В результате переуплотнения почвы картофель сильно поражается ризоктониозом, черной ножкой, мокрой гнилью, фитофторозом, порошистой паршой. Избыток влаги также отрицательно влияет на полезные виды микроорганизмов: в сильно увлажненных почвах, где затруднен доступ кислорода, наблюдается уменьшение их численности.

При выборе участка необходимо учитывать требования пространственной изоляции. Нельзя располагать поблизости посадки картофеля и томата. Сорта картофеля разной степени устойчивости к фитофторозу должны быть изолированы друг от друга на расстояние не менее 500-1000 м. Это предотвращает создание предельной концентрации спор возбудителя фитофтороза, необходимой для инициации сильно-го развития заболевания на сортах с повышенной устойчивостью.

Перед тем как проводить механическую обработку почвы, следует удалить камни с полей. Этот прием имеет фитосанитарный эффект, так как позволяет уменьшить повреждение клубней, а следовательно, инфицирование их возбудителями многих болезней.

Предпосадочная обработка семенных клубней является первоочередным мероприятием в технологии защиты растений картофеля, при котором происходит уничтожение инфекции на клубнях и защита их от вредных микроорганизмов во время прорастания. Она направлена в первую очередь на профилактику ризоктониоза, против клубне - и почвообитающего гриба *Rhizoctonia solani*. Обработка проводится отдельно растворами фунгицидов и инсектицидов, баковыми смесями препаратов, а также смесями пестицидов с регуляторами роста типа Альбит, Симбионт, Мивал-Агро, Эпин, Циркон или биопрепаратами Агат 25К, Иммуноцитифит и др.

Большинство фунгицидов, применяемых для протравливания клубней, обладают контактным действием и не оказывают влияния на инфекцию внутри клубня. Для предпосадочной обработки клубней против фитофтороза нет разрешённого химического препарата. Однако известно, что обработка клубней перед посадкой препаратом Максим в дозе 0,4 л/т замедляет развитие этой болезни, а также снижает поражённость клубней серебристой и обыкновенной паршой. Задержать развитие фитофтороза может предпосадочное внесение в борозду Квадриса (3 л/га). Использование при посадке картофеля

фунгицида Максим в дозе 1,2-1,6 л/га совместно с инсектицидом Актара (300 г/га) позволяет защитить картофель от ризоктониоза и колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*). Кроме того, подавляется развитие тлей – переносчиков вирусов – при их раннем весеннем лёте. Внесение Актары в почву в дозе 0,4-0,6 кг/га эффективно и против проволочника (личинок различных видов жуков семейства щелкунов (*Elateridae*)) [46].

По данным ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», обработка клубней препаратом Престиж (1 л/т) защищает посадки в период вегетации от колорадского жука, хотя на ранних сортах картофеля его применять не рекомендуется. Также этот прием позволяет уменьшить повреждаемость тлями в первые фазы роста растений. Экспериментально доказана перспективность использования для обработки клубней препаратов Конфидор и Моспилан, которые зарегистрированы только для применения в период вегетации картофеля.

В России для использования на картофеле зарегистрирован широкий ассортимент пестицидов для защиты от вредителей, болезней и сорняков. Регламенты применения химических и биологических препаратов для защиты картофеля указаны в «Каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации». Пестициды, обладающие высокой эффективностью при предпосадочной обработке семенных клубней картофеля представлены в табл. 7 [47].

Таблица 7

Пестициды, обладающие высокой эффективностью при предпосадочной обработке семенных клубней картофеля

Препараты	Наименование
Фунгициды	Колфуго Супер (д.в. – карбендазим, класс – бензимидазолы); Квадрис (д.в. – азоксистробин, класс – стробилурины); Максим, Протект (д.в. – флудиоксонил, класс – фенилпирролы); Престиж (д.в. – имидаклоприд, пенцикурон, класс – неоникотиноиды); Вист (д.в. – тиабендазол, класс – бензимидазолы); ТМТД (д.в. – тирам, класс – дитиокарбаматы)
Инсектициды	Актара, Круйзер, Акиба (д.в. – тиаметоксам, имидаклоприд, класс – неоникотиноиды)

Использованные при протравливании клубней фунгициды и инсектициды сохраняют свою активность и после высадки картофеля, воздействуя на обитающих в почве вредных насекомых и патогенов. Но через 30-35 дней токсичность препаратов снижается, и растения всё в большей степени нуждаются в фитосанитарной помощи.

Посадка картофеля. Каждый сорт картофеля высаживают на одном поле за период, составляющий не более 7-8 дней, так как в противном случае первые две обработки фунгицидами против фитофтороза будут недостаточно эффективными (их проведение тесно связано с определёнными фазами развития растений). Посадку партий картофеля, содержащих клубни со склероциями ризоктонии, начинают при температуре почвы не менее 7-8°C на глубине посадки клубней. Резать клубни перед посадкой не рекомендуется, так как это может привести к перезаражению бактериальными, вирусными и грибными заболеваниями.

Обработка растений во время вегетации. Защита картофеля во время вегетации предусматривает проведение опрыскиваний почвы и растений пестицидами для подавления развития вредных организмов. К основным условиям, определяющим эффективность истребительных мероприятий, относятся правильный выбор препаратов и их сочетаний, сроки проведения опрыскиваний и их кратность, способы обработки и применяемая аппаратура, качество и концентрация рабочих растворов, равномерность их распределения по поверхности растений. Виды пестицидов, сроки и методы опрыскиваний тесно связаны с фазами развития растений, особенностями биологии возбудителей заболеваний и вредителей, их взаимоотношений с картофелем. Постоянное и многократное использование одних и тех же пестицидов недопустимо, так как способствует появлению устойчивых форм вредных организмов. Пестициды с разными действующими веществами необходимо чередовать. Нарушение рекомендованных правил по этим параметрам может значительно снизить роль химического метода в подавлении вредных организмов и не дать ожидаемого эффекта. Пестициды, обладающие высокой эффективностью при обработке растений во время вегетации, представлены в табл. 8 [12, 47].

**Пестициды, обладающие высокой эффективностью
при обработке растений во время вегетации**

Препараты	Наименование
Гербициды	Зенкор, Сойл (д.в. – метрибузин, класс – триазины); Титус, Маис (д.в. – римсульфурон, класс – сульфонилмочевины); Пантера (д.в. – квизалофоп-П-тефурил); Фюзилад Супер (д.в. – флуазифоп-П-бутил, класс – арилоксиалканкарбоновые кислоты); Таргет Гипер (д.в. – хизалофоп-П-этил, класс – прочие вещества)
Инсектициды	Цепеллин (д.в. – альфа-циперметрин, класс – пиретроиды); Рогор-С (д.в. – диметоат, класс – фосфорорганические соединения (ФОС)); Колорадо (д.в. – имидаклоприд, класс – неоникотиноиды); Гринда (д.в. – ацетамиприд, класс – неоникотиноиды)
Фунгициды	Абига-Пик, Куприкол (д.в. – меди хлорокись, класс – неорганические вещества + соединения меди); Бордоская смесь (д.в. – меди сульфат + кальция гидроксид, класс – неорганические вещества + соединения меди); Дитан М-45, Манкоцеб, Пеннкоцеб (д.в. – манкоцеб, класс – дитиокарбаматы); Браво (д.в. – хлороталонил, класс – прочие вещества); Ширлан (д.в. – флуазилам, класс – прочие вещества); Акробат МЦ (д.в. – диметоморф, манкоцеб, класс – дитиокарбаматы + морфолины (производные коричной кислоты)); Курзат Р, Ордан (д.в. – меди хлорокись, цимоксанил, класс – неорганические вещества + прочие вещества + соединения меди); Танос (д.в. – фамоксадон, цимоксанил, класс – прочие вещества + стробилурины); Сектин Феномен, Метаксил, Ридомил Голд (д.в. – манкоцеб, + фенамидон, манкоцеб + металаксил, манкоцеб + мефеноксам, класс – дитиокарбаматы + прочие вещества); Инфинито (д.в. – пропамокарб гидрохлорид + лупиколид, класс – карбаматы + прочие вещества); Ревус (д.в. – мандипропамид, класс – прочие вещества); Квадрис (д.в. – азоксистробин, класс – стробилуринов); Скор (д.в. – дифеноконазол, класс – триазолы)

Для борьбы с *сорными растениями* используют гербициды листового и почвенного действия. Обязательное условие применения гербицидов листового действия – отсутствие осадков в течение 6-8 ч после их применения. Гербициды почвенного действия наибо-

лее эффективны при абсолютной влажности почвы 20% и более. Активность гербицидов резко снижается при образовании на поверхности почвы большого количества комков крупнее 2-3 см. На лёгких почвах с содержанием гумуса до 1% почвенные гербициды проявляют высокую активность и даже в минимальных дозах могут повреждать культурные растения. Для предотвращения этой опасности их рекомендуется применять в дозе на 25% меньше минимально рекомендованной. На почвах лёгкого механического состава с содержанием гумуса 1-2% оптимальные дозы гербицидов соответствуют указанному минимальным. На почвах среднего и тяжёлого механического состава с содержанием гумуса до 4% применяют средние дозы гербицидов, 4,2-6% – максимальные. На картофеле гербициды используют в зависимости от уровня агротехники, применяемой технологии, состава и плотности сорняков.

Экономически рентабельной химическая прополка бывает тогда, когда применяется на посевах с уровнем распространения сорных растений выше экономического порога вредоносности (ЭПВ). При комплексном засорении выбирают гербицид против наиболее агрессивного сорняка либо применяют баковые смеси препаратов, активных против разных групп сорняков (Зенкор + противозлаковый препарат (Титус, Пантера, Фюзилад Супер, Сойл, Маис, Таргет Гипер и др.). Хороший эффект от использования гербицидов на картофеле можно получить только в сочетании с агротехническими приёмами борьбы с сорной растительностью.

В борьбе с вредителями используют биологические и химические препараты – инсектициды. При обнаружении повреждённых растений эпияхной, совками, луговым мотыльком и другими листогрызущими вредителями применяют инсектициды в нормах, рекомендуемых против колорадского жука (Цепеллин, Рогор-С, Колорадо или Гринда). Первую обработку проводят при достижении численности вредителей в различных фазах их развития выше ЭПВ, второй раз – через 10-12 дней после первой обработки. При массовом появлении на всходах картофеля перезимовавших жуков посадки опрыскивают дополнительно, проводя краевые обработки и уничтожая жуков в местах их скопления. ЭПВ корректируются для разных сортов и конкретной агроэкологической ситуации с уче-

том агрометеорологических условий, качества семенного материала и уровня агротехники, сортовых особенностей картофеля, густоты стояния растений. Размер ЭПВ зависит также от закупочной цены на картофель, затрат на химическую борьбу, эффективности применяемого инсектицида и других факторов.

На практике в Нечерноземной зоне на устойчивых сортах для защиты урожая даже в благоприятные для вредителя годы бывает достаточно одной обработки инсектицидами в период массового развития личинок младших возрастов. На менее устойчивых сортах проводят до трех обработок: в период всходов – нарастания вегетативной массы растений – при 5-10% кустов, заселенных перезимовавшими имаго; в период бутонизации – начала цветения – при 10% кустов, заселенных личинками младших возрастов; в период массового цветения по личинкам разных возрастов – при 15% заселенных кустов или по окончании цветения – при 20% заселенных кустов.

Вегетирующие растения картофеля независимо от его назначения нуждаются в защите от *фитофтороза* и *альтернариоза*. При благоприятных погодных условиях на восприимчивых сортах численность популяций фитофторы нарастает очень быстро: от единичных больших кустов через 12-15 дней может заразиться все поле, а через 20-25 дней растения могут быть полностью уничтожены. В эпифитотийные годы из-за развития фитофтороза и альтернариоза продуктивность восприимчивых сортов без применения специальных средств защиты может снижаться в 1,5-2 раза, а потери урожая достигать 50-60%.

В борьбе с фитофторозом можно использовать одну из двух стратегий применения фунгицидов: опрыскивание по прогнозу развития болезни или в строго фиксированные сроки (рутинная схема). В любом случае необходимо обеспечить постоянное наличие на ботве (или внутри ботвы) фунгицида до ее предуборочного уничтожения. Определение первой и последующих дат обработок растений по прогнозу развития болезни ведется на основе Системы поддержки принятия решений (СППР). В ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» (ФГБНУ ВНИИФ, Московская область) разработана СППР «ВНИИФБлайт», в основе ко-

торой математическая модель, идентифицирующая благоприятную и неблагоприятную для фитофтороза прогнозируемую погоду. С помощью компьютерного калькулятора, представленного на общедоступных российском (www.kartofel.org/calculator/fitoflorozcalc.html) и европейском (www.euroblight.net/EuroBlight.asp) сайтах Интернета принимается решение о применении фунгицида. Применение СППР «ВНИИФБлайт» позволяет уменьшить кратность опрыскиваний по сравнению с рутинной схемой для восприимчивых к фитофторозу сортов картофеля на 45%, устойчивых – на 70% [48]. Если методы СППР хозяйству недоступны, то следует работать по рутинной схеме. Первую обработку восприимчивых к фитофторозу сортов картофеля проводят после достижения растением высоты 15-20 см, повторные – с учетом продолжительности фунгицидного действия применяемых препаратов (через 5-7 дней для контактных препаратов и через 10-15 – для системных и трансламинарных). Обработку умеренно устойчивых сортов проводят после обнаружения первых симптомов болезни на ближайших посадках восприимчивых сортов. При работе по рутинной схеме необходимо помнить о разной продолжительности фунгицидного действия компонентов смесевых препаратов.

Срок первичного появления фитофтороза можно определить и с помощью наблюдений за появлением болезни на сигнальных участках, это будет свидетельствовать о появлении болезни в ближайшие дни на производственных посадках [49]. При обнаружении первых инфекционных пятен сигнальный участок ликвидируют и опрыскивают посадки, на которых могут быть источники первичной инфекции (больные клубни, ооспоры). Первую обработку основных посадок картофеля проводят позже, через 5-7 дней после обнаружения фитофтороза. Обработки должны быть направлены не на лечение, а на профилактику болезни. При поражении 1% листовой поверхности растений эффект опрыскивания резко снижается, при 10% остановить развитие болезни невозможно. К снижению эффективности приводит также увеличение интервалов между опрыскиваниями, несоблюдение рекомендованных доз препаратов, слишком раннее прекращение опрыскиваний. Необходимо, чтобы растения находились под воздействием фунгицида в течение всего периода вегета-

ции, до уборки урожая или предуборочного уничтожения ботвы, поскольку даже при слабом поражении надземной части растений клубни могут сильно поражаться фитофторозом.

Для первой обработки обычно используют комбинированные фунгициды с системным компонентом, при проникновении которого в ткани растений обеспечивается практически полная защита ботвы. Первые профилактические обработки позволяют задержать сроки появления болезней на 20-25 суток и получить урожай на 40-60% выше, чем при обработке ботвы контактными фунгицидами. Поэтому при выборе фунгицида для первой и последующих обработок важно учитывать механизм его действия, способность защищать клубни нового урожая, риск возникновения и присутствия в популяции устойчивых к нему форм патогена. Следует обязательно соблюдать принятую для каждого фунгицида максимальную кратность применения.

Защитные обработки картофеля против *альтернариоза* начинают после обнаружения симптомов заболевания, при степени пораженности ботвы не более 1%. Последующие опрыскивания – каждые 7-10 дней, в зависимости от интенсивности развития болезни и применяемого препарата. Для определения сроков защитных обработок можно использовать и системы прогноза, которые позволяют выбирать сроки опрыскиваний с учетом погодных условий, благоприятных для развития болезней.

Использование современных фунгицидов для защиты картофеля от фитофтороза и (или) *альтернариоза* наиболее эффективно при соблюдении всего комплекса агроприемов, обеспечивающих хорошее развитие растений картофеля.

Уничтожение ботвы. С целью предотвращения перезаражения клубней возбудителями грибных, вирусных и бактериальных болезней, предупреждения развития мокрых и сухих гнилей, а также снижения численности особей колорадского жука ботву перед уборкой картофеля скашивают и вывозят с поля, либо уничтожают химическим десикантом Реглон Супер (2 л/га) или Голден Ринг. Норма расхода воды при десикации должна быть не менее 300 л/га, при использовании авиации – 100 л/га. На семеноводческих посевах оптимальный срок уничтожения ботвы – за 2 недели до уборки

картофеля, на товарных посадках – за 8-10 дней. Более длительное выдерживание клубней картофеля в почве после уничтожения ботвы усиливает заселение их возбудителями серебристой парши, ризоктониоза, фомоза и других заболеваний, на отрастающей ботве появляются колорадский жук и его личинки.

Система защиты картофеля в первую очередь должна быть направлена на профилактику заболеваний и снижение численности возбудителей болезней и вредителей. Защитные мероприятия должны быть спланированы так, чтобы входить во все элементы технологического процесса возделывания картофеля.

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

Внесение удобрений и защитно-стимулирующих веществ (ЗСВ) – важные технологические приемы при возделывании картофеля. В зависимости от сроков внесения удобрений различают основное и припосевное внесение, а также подкормки. Обработка средствами защиты проводится перед посадкой и во время вегетации. Для внесения удобрений и средств защиты применяют различные технические средства. Широко распространен способ обработки клубней протравителем в сошниках специально оборудованных картофелесажалок (например, **HASSIA 5L** фирмы «Колнаг» (г. Коломна Московской области) непосредственно при посадке с одновременным внесением минеральных удобрений. В мелких фермерских и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) обработку небольших партий семенного материала можно осуществлять путем смачивания его рабочим раствором с помощью ранцевых опрыскивателей или ручных пульверизаторов. Слой картофеля при обработке не должен превышать 2-3 клубня.

Нанесение препаратов на поверхность клубней в стационарных условиях осуществляют после переборки и прогрева партий семенного материала за 2-5 дней до посадки или в день посадки методом опрыскивания машинами **НВУ-30, ПСК, ПКМ-15** или другими приспособлениями с нормой расхода рабочей жидкости 10-50 л/т. При этом необходимо соблюдать следующие требования: рабочие жидкости препаратов готовить непосредственно перед применением и постоянно перемешивать в емкостях; осуществлять равномерную подачу клубней в зону опрыскивания; покрытие клубней препаратами должно быть равномерным и составлять не менее 90% их поверхности; соблюдать заданную норму расхода жидкости в течение всего периода обработки клубней; предупреждать травмирование клубней в процессе обработки. Просушивание клубней после обработки рекомендованной нормой расхода рабочей жидкости пестицида необязательно. Наиболее важным показателем протравливания является степень покрытия рабочей жидкостью поверхности семенных клубней.

Установка для протравливания клубней картофеля перед посадкой **Mafex** (Германия) монтируется на транспортёре-загрузчике картофеля (например, ТЗК-30), картофелесортировочных пунктах КСП-25, фирм «Grimme», «Miedema», AVR, «Bijlsma Hercules», «Climax» и картофелесажалках (рис. 4). Устройство для мелкодисперсного распыления **MAFEX-Potato** работает на основе ULV-техники (Ultra Low Volume – сверхмалый объем подачи рабочего раствора), что значительно снижает объем наносимого реагента путем его эффективного и равномерного распределения по обрабатываемой поверхности с одинаковым размером капель-частиц. Принцип работы состоит в круговом смачивании поверхности клубней картофеля, при котором частицы активного вещества равномерно, с минимально возможным расстоянием покрывают поверхность. Посредством центробежной силы с помощью специально разработанного вращающегося диска из 1 мл жидкости создается приблизительно 30 млн капель [50].

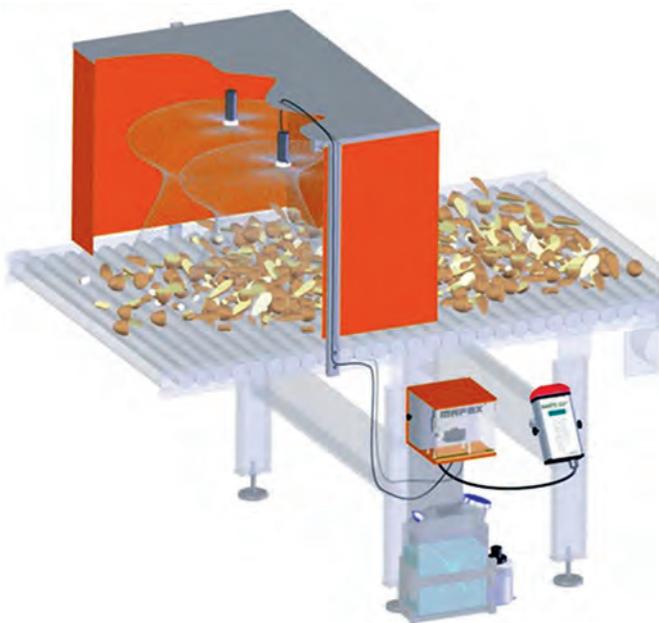


Рис. 4. Протравливатель клубней MAFEX MANTIS

При основном внесении удобрений используют машины, разбрасывающие удобрения по поверхности, которые затем заделывают почвообрабатывающими орудиями (плугами, культиваторами, боронами). Примером служат навесные разбрасыватели бункерного типа: **НРУ-0,5**, **РУ-0,8**, **МВУ-0,5**, **РА-900**. Навесной разбрасыватель минеральных удобрений **РА 900** агрегируется с трактором тягового класса 1,4 (рис. 5). Состоит из рамы с бункером вместимостью 0,9-1 м³, механизма регулировки высева, двух разбрасывающих дисков с радиально расположенными лопатками и редуктора, приводящего ворошилку в движение. Доза высева регулируется изменением ширины высевных щелей. Рабочая ширина захвата разбрасывателя 18-24 м.



Рис. 5. Навесной разбрасыватель минеральных удобрений РА 900

Основным недостатком данного способа внесения являются повышенный расход удобрений, а также ограниченное использование разбрасывателей при рассеивании сухих пылящих удобрений, если скорость ветра свыше 5 м/с.

При припосевном внесении гранулированных минеральных и органоминеральных удобрений используют картофелесажалки, обо-

рудованные туковысевающими аппаратами. Дополнительно на них может устанавливаться оборудование для внесения растворов ЗСВ. Предприятие ООО «Колнаг» (г. Коломна) совместно с фирмами «Agrico» и «Netagco» (Нидерланды) выпускает комплект современных машин для производства картофеля в крупных сельхозпредприятиях и фермерских хозяйствах по интенсивным технологиям, включая картофелесажалки, оборудованные бункерами для локального внесения минеральных удобрений и растворов ЗСВ (рис. 6) [51].



Рис. 6. Картофелесажалка Miedema CR42 4×75

Предприятие ООО «Колнаг» производит комплекты машин для реализации гребневой (75 см), широкорядной (90 см) и грядовой (150 см) технологии возделывания картофеля в промышленных масштабах. Прицепная четырехрядовая картофелесажалка **AVR CR450M** для междурядий 75 или 90 см может оснащаться опрыскивающим комплектом и гранулятором для внесения удобрений и опрыскивания картофельных клубней при посадке (рис. 7). Применяется в составе посадочных комплексов с передненавесными культиваторами **Multivator** или **Ge-Force** на специальной навеске с длинным дышлом.

Наряду с машинами ООО «Колнаг» на рынке машин для производства картофеля представлены картофелесажалки фирмы «Grimme» (Германия), а также **Л-207** и **КСМ-4** (Республика Беларусь).



Рис. 7. Картофелесажалка четырехрядовая AVR CR450M

Картофелесажалки Л-207 и КСМ-4 предназначены для рядковой посадки непророщенных клубней картофеля на почвах всех типов с междурядьями 70, 75 и 90 см. Оборудованы туковывсевающим аппаратом и бункерами для локального внесения минеральных удобрений [10, 52, 53]. Картофелесажалка клоновая **КСМ-2/4** двух- и четырехрядная предназначена для гладкой и гребневой посадки пророщенного и непророщенного посадочного картофеля по гладкой пашне или в предварительно нарезанные гребни с одновременным внесением в открытую борозду гранулированных минеральных удобрений двумя сплошными лентами по обе стороны рядков картофеля (ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Рязань). Агрегируются с тракторами тяговых классов 0,8; 1,0 и 1,4.

Уход за посадками картофеля включает в себя рыхление почвы, уничтожение сорняков, формирование гребней заданной формы, поддержание оптимальной плотности почвы в гребнях и грядах. Технология ухода зависит от ширины междурядий и типа почвы. При первой обработке через 5-7 дней после посадки проводят рыхление междурядий с насыпанием почвы на гребни с целью уничтожения сорной растительности в стадии «белой ниточки». Через 7-10 дней после первой обработки проводят вторую тем же набором рабочих органов. При появлении всходов проводят основную междурядную обработку – окучивание с формированием гребня полного профиля из рыхлой почвы над клубнями – не менее

18-20 см. При сильной засоренности поля сорняками гребни обрабатывают гербицидами. При необходимости повторяют окучивание. На тяжелых почвах применяется одноразовое окучивание фрезерными культиваторами типа КФК-2,8 по всходам с последующей обработкой гребней гербицидами [54-57]. Подкормку осуществляют культиваторами-растениепитателями при обработке почвы в междурядьях (внутрь почвы) и специальными подкормщиками (разбрасыванием). В ряде случаев на культиваторах предусмотрена опция локального внесения минеральных удобрений (рис. 8).



Рис. 8. Культиватор для дробно-локального внесения минеральных удобрений с фрезерной обработкой почвы для междурядий 90 см (совместная разработка ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» и ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Техническая характеристика культиватора для дробно-локального внесения минеральных удобрений с фрезерной обработкой почвы для междурядий 90 см:

- производительность – до 1,5 га/ч;
- ширина захвата – 4 рядка;
- ширина и высота нарезаемого гребня – 75 и 27 см соответственно;
- масса – 1500 кг.

Для опрыскивания посадок картофеля растворами пестицидов, удобрений, регуляторов роста, десикантов применяют штанговые опрыскиватели типа ОП-2000 отечественного производства (рис. 9). Их основные сборочные единицы: резервуар с гидравлической или инжекторной мешалкой, насос, всасывающая и нагнетательная системы, штанга с распылителями, регулятор давления, гидравлическая система, система фильтрации рабочей жидкости, механизм передач. Как правило, они агрегируются с тракторами тягового класса 1,4 и имеют следующие технические характеристики:

- вместимость бака – 2000 л;
- ширина захвата – 18-23 м;
- рабочая скорость – до 12 км/ч;
- производительность насоса – 80-200 л/мин;
- высота установки штанг – 500-2000 см;
- масса – 1350 кг.

Тип насоса – мембранный, или диафрагменный, с пневматическим и гидравлическим приводами. Возможна установка GPS-оборудования для контроля основных параметров работы машины и облегчения управления опрыскивателем.



Рис. 9. Опрыскиватель ОП-2000 серии «Руслан» (ГК «Казаньсельмаш»)

Анализ литературных источников показывает, что поверхностное внесение приводит к потерям удобрений, а применение высоких доз увеличивает риски, связанные со снижением урожайности. Эффективность применения пестицидов в значительной степени зависит от точности внесения заданной дозы на гектар и равномерности распределения рабочей жидкости на поверхности обрабатываемого объекта. Таким образом, требования к качеству внесения направлены на обеспечение каждого участка поля оптимальной дозой удобрений и дозированное, адресное внесение химических средств защиты, что позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

4. ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

4.1. Дифференцированное внесение удобрений и средств защиты

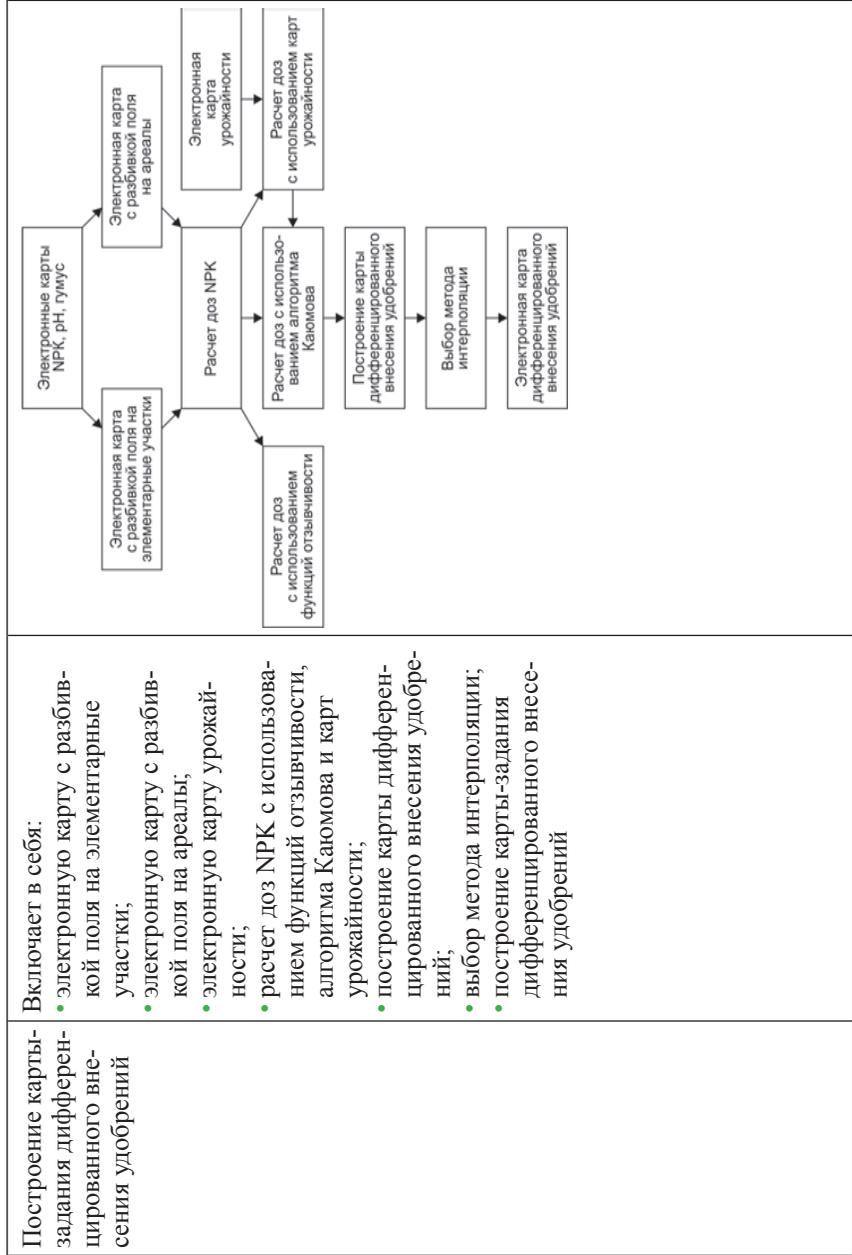
Традиционная технология предполагает внесение усредненной дозы удобрения для всего обрабатываемого поля без учета рельефа, почвенного покрова, освещенности, температуры почвы, количества влаги, минеральных и органических веществ на каждом участке. При этом невозможно оптимизировать питание всех растений, так как их биологическая потребность в нём на разных участках поля может различаться. Это связано, в первую очередь, с неоднородностью почвенного плодородия, которое отмечается в Северо-Западном регионе и Нечерноземной зоне России, а также с тем, что растения поглощают не только вещества, вносимые при выращивании данной (сегодняшней) культуры, но и те, что накопились в почве ранее.

Современные способы внесения удобрений должны обеспечивать точное внесение оптимальных доз удобрений для каждого участка поля и удовлетворять требованиям по защите окружающей среды. В наибольшей степени этому соответствует технология дифференцированного внесения удобрений и средств химической защиты растений, являющаяся основным элементом системы точного земледелия, предусматривающая корректировку нормы внесения питательных веществ и средств защиты растений в зависимости от ситуации на каждом отдельном участке поля. Последовательность технологии дифференцированного внесения удобрений можно объединить в три этапа (табл. 9) [58].

Технологический процесс дифференцированного внесения материалов осуществляется в двух основных режимах: online (режим реального времени) и offline (с готовой картой поля) [59]. Режим offline предусматривает предварительное проведение агрохимического обследования и создание карт обеспеченности почвы элементами питания.

Этапы технологии дифференцированного внесения удобрений

Этап	Описание	Схема
<p>Построение электронных карт variability элементов питания растений</p>	<p>Включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определение параметров полей (размеры, форма поля, длина гонов, рельеф, наличие южных, северных и других склонов, их крутизна, наличие полевых путей и др.); • выбор метода отбора проб (сеточный или точечный) и определение шага квантования; • разбивку поля на ареалы с использованием средств позиционирования ГЛОНАСС (GPS); • лабораторный анализ почвенных проб с получением массива данных о содержании элементов питания в глобальной системе позиционирования; • лабораторный анализ почвенных проб, получение массива данных о содержании элементов питания в глобальной системе позиционирования; • обработку массива данных; • статистические методы; • геоинформационные системы (ГИС); • методы интерполяции, количества уровней, цветовая гамма; • электронные карты NPK, pH, гумус 	



Этап	Описание	Схема
Процесс дифференцированного внесения удобрений	<p>Включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбор технологии и технического средства дифференцированного внесения удобрений с разделением: <ul style="list-style-type: none"> - по участкам и применению агрегатов для внутривидового или поверхностного внесения удобрений; - по ареалам и применению агрегатов с дисковыми рабочими органами; • настройку рабочих органов на заданный диапазон изменения доз D_{\min}, D_{\max} 	

Для определения оптимального места расположения точек взятия образцов почв с различных горизонтов для определения химических, физико-химических и агрофизических характеристик используют данные аэрокосмической съемки или имеющиеся картографические материалы [60, 61]. Трактор, автомобиль или другое транспортное средство оснащается автоматическим пробоотборником, GPS-приемником и мобильным компьютером, что позволяет непосредственно в поле фиксировать на электронной карте координаты точек взятия проб. Анализ собранной информации после картирования полей с использованием GPS-приемника осуществляется с помощью соответствующих программ, которые сначала рассчитывают дозы под планируемый урожай на каждом участке поля, а затем нормы вносимых минеральных удобрений в физической массе. Программы создают карту-задание для дифференцированного внесения удобрений, которая переносится в бортовой компьютер трактора. При движении по полю информация о дозе удобрений, соответствующая месту нахождения, передается на контроллер разбрасывателя удобрений, который выставляет нужную дозу.

В режиме online доза удобрений определяется непосредственно во время операции за один проход техники по полю. Сенсорные датчики в режиме реального времени определяют основные параметры состояния почвы, плотность травостоя и его жизнеспособность, содержание хлорофилла в листьях и биомассу растений. Информация подается на бортовой компьютер трактора, управляющего дозирующей системой машины для внесения удобрений. С помощью соответствующего программного обеспечения происходит обработка данных, после чего определяется необходимое количество удобрений и посылается сигнал на контроллер по той же схеме, что и в режиме offline [62]. В мировой практике наибольшее распространение получили сенсорные датчики **GreenSeeker**, **MiniVeg N**, **N-Sensor**, **Crop-Sensor** (фирма «Hydro Agri»), **Weed-Seeker** (компания «Trimble»).

Система **GreenSeeker** представляет собой несколько оптических датчиков, определяющих содержание азота в листьях и засоренность посевов (рис. 10). Измеряет индекс вегетации биомассы NDVI (Normalized Difference Vegetative Index – нормализованный

относительный индекс растительности), затем сравнивает полученное значение индекса с заданным алгоритмом и в режиме реального времени определяет, сколько азотных удобрений или пестицидов необходимо внести на данном участке поля. Кроме того, если подключить приемник GPS, то в память компьютера можно занести значение индекса NDVI с привязкой к местности, а затем составить карту его распределения. «Направление» датчика не имеет значения, но прямоугольное светодиодное окошко должно быть параллельно штанге.



Рис. 10. Установка GreenSeeker на передней навеске трактора

Каждый из датчиков имеет свой источник света и может использоваться в любое время суток. Система снабжена активным источником света, излучаемого в диапазоне 600 нм (красный) и 780 нм (близкий к инфракрасному). Часть отраженного света попадает на фотодиоды, где измеряется его количество. После вычисления на компьютере выдается индекс вегетации, который служит показателем плотности травостоя и его жизнеспособности. Рабочий захват системы – 18 м; 30 датчиков и жиклеров монтируются через каждые 0,6 м. Бортовой компьютер позволяет вычислять необходимое количество жидких удобрений и подавать их в каждый жиклер отдельно. Близится к завершению разработка версии для гранулиро-

ванных удобрений. Создаются системы, работающие по такому же принципу и позволяющие вносить фунгициды и стимуляторы роста. Система совместима с аппаратурой позиционного управления и соответствует всем международным нормам.

Система **N-Sensor** предназначена для оптического замера плотности посевов и концентрации хлорофилла в листьях растений. Состоит из датчика, установленного на крыше машины (рис. 11). Площадь захватываемой поверхности зависит от высоты крепления датчика. Например, при высоте 3,5 м с обеих сторон образуется эллипс шириной 2,85 м. В датчике происходит разложение солнечных лучей на 256 диапазонов спектра и сравнение со светом, отраженным от поверхности растений. В зависимости от содержания хлорофилла в видимой части спектра отражается больше или меньше света. После определения этих двух параметров компьютер вычисляет с использованием математической функции необходимое количество удобрений. Алгоритм, заложенный в системе, позволяет локально вносить необходимое количество удобрений. Бортовой компьютер имеет полную совместимость со всеми современными системами управления. В сочетании с системой точного позиционирования он выполняет аналогичные функции при внесении фунгицидов и стимуляторов роста. Недостатком системы является ограничение ее работы в зависимости от солнечного освещения.



Рис. 11. Сканирующая система N-Sensor, установленная на кабине трактора

Оптические датчики RT-200 GreenSeeker и N-Sensor используются в Центре точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева для сканирования посевов.

Для эффективного управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур необходимо получать информацию о факторах, характеризующих состояние растения и окружающей среды, воздействуя на которые, можно получить ожидаемый эффект. На начальной стадии заболевания растений наиболее подходящим является метод флуоресценции, позволяющий оценить состояние растения по продуктивности фотосинтеза. По мере развития метаболических изменений, грибок начинает распространяться радиально вокруг точки инфекции. Инфицированные участки растения подвергаются некрозу: меняют пигментацию, процесс фотосинтеза прекращается и клеточные стенки разрушаются. В этот момент инфицированные участки становятся видимыми. Анализ спектра, отраженного от растений, или спектра люминесценции, позволяет обнаружить заболевание растений. Это диффузно отраженное излучение образует образ растения в форме функции, описывающей соотношение интенсивности отраженного и поступившего на растение света, для каждой длины волны в видимом (400-700 нм), ближнем инфракрасном (700-1200 нм) и коротковолновом инфракрасном (1200-2400 нм) диапазонах спектра.

Система **MiniVeg N** работает по принципу лазерной флуоресценции и способна определять заболевания на листьях растений. Датчики крепятся на штанге, которая поворачивается в сторону по ходу движения техники. Активный источник излучения, в спектре которого измеряется концентрация хлорофилла, обеспечивает ее работу независимо от солнечного освещения.

В системе **Crop-Sensor** установлен механический датчик, измеряющий биомассу растений. Может применяться для растений, имеющих вертикально стоящий стебель. С помощью маятника, закрепленного на постоянной высоте на передней части трактора, измеряется сила сопротивления растений при их отклонении от вертикального положения. Во избежание погрешностей измерения необходимо выдерживать постоянную скорость движения машины. Все другие условия, влияющие на точность измерения, например, глубина колеи трактора или его наклон из-за неровности местнос-

ти, учитываются автоматически при дополнительной установке соответствующих устройств. Система может применяться для внесения фунгицидов и стимуляторов роста. Функционирует независимо от условий погоды и освещения.

Особенно важно использование сенсорных датчиков при внесении азотных удобрений, применение которых является решающим фактором поддержания плодородия почв, получения высоких урожаев и улучшения качества сельхозпродукции. Одинаковое внесение удобрений при неоднородном составе питательных веществ в почве приводит к их локальной передозировке или недостаточности. Следовательно, удобрения необходимо вносить в соответствии с потребностями растений, что обеспечивает оптимальную эффективность их использования.

Система автоматической детекции и опрыскивания сорняков **WeedSeeker** (рис. 12) позволяет опрыскивать только сорняки, что сокращает затраты на сплошную химическую прополку, время и трудозатраты, а также снижает негативное влияние на окружающую среду. Встроенные светодиоды сканируют поверхность поля в красном и инфракрасном диапазонах. Ширина сканирования одного сенсора – от 30 до 38 см. Отраженный от поверхности свет улавливается детектором, находящимся в центральной части сенсора. При попадании сорной растительности в область датчика система подает команду распылителям, точно дозирующим гербицид.



Рис. 12. Система автоматической детекции и опрыскивания сорняков WeedSeeker

Использование средств технического зрения (СТЗ) для обнаружения сорняков при дифференцированном применении химических средств защиты растений является наиболее распространенным в точном земледелии. Для проведения данной технологии важно владеть информацией о наличии сорной растительности на участке, обеспечить выделение её среди культурных растений или конкретного сорняка – среди остальных с целью применения соответствующего гербицида. В первом случае объект идентифицируют среди двух классов. Вторая задача сложнее, так как приходится выбирать конкретный сорняк из большого числа их классов. Обнаружение культурных растений посредством СТЗ значительно упрощает обнаружение сорняков.

Среди систем контроля и управления процессом внесения удобрений и средств защиты следует отметить систему **Field-IQ** (компания «Trimble»), которая позволяет одновременно управлять нормами внесения до шести различных материалов, включая семена, гранулированные семена, гранулированные удобрения, жидкости и безводный аммиак в различных комбинациях, а также работой до 48 секций и форсунок, закрывая во избежание передозировки секции на водотоках и пересечениях рядков. Для самоходных опрыскивателей в систему Field-IQ добавлена функция контроля высоты штанги (она регулируется ультразвуковыми датчиками, измеряющими расстояние до земли или растительного покрова) для равномерного внесения материала.

На опрыскивателях устанавливаются контролирующие и исполнительные электронные системы, которые дают возможность полностью автоматизировать управление работой агрегата, обеспечивают необходимое количество внесения рабочего раствора и поддержание его в пределах агротехнических требований независимо от рельефа участка, скорости движения техники, давления в гидросистеме. Такие агрегаты расходуют в среднем на 10% меньше пестицидов по сравнению с обычными опрыскивателями [8].

Система контроля высоты штанг **Norac UC5** (фирма «Norac») с помощью пяти ультразвуковых датчиков и гидравлических приспособлений путем мониторинга рельефа земли или поверхности урожая поддерживает постоянную высоту штанг. Управление секциями штанги осуществляется с помощью бортового компьютера, который запоминает траекторию движения техники и путем выключо-

чения различных секций штанги не допускает повторного внесения материалов на пройденных участках. Система оснащена функцией «крена» (определения угла наклона штанги), которая позволяет системе контролировать и компенсировать штангу в центре. Имеет возможность контроля «покачивания» штанги, что также позволяет проводить максимально равномерную обработку растений.

Функция автоматического включения/выключения секций **Auto Swath** в системе управления **Direct Command** (фирма «Ag Leader Technology»), используя сигнал с расходомера и данные о скорости с GPS-приемника, контролирует, регулирует и записывает операции на поле, основанные на нормах внесения, выставленных вручную или с использованием дифференциальной нормы внесения из файла предписания.

Совместно с системой автоматического вождения **AutoTrac Assisted Steering** система **Swath Control Pro** (фирма «John Deere») автоматически включает и выключает отдельные секции штанги и распылители на поворотных полосах, водоотводах и других ранее обработанных участках, обеспечивая снижение нагрузки на оператора и сокращение производственных расходов.

Система **Swath Manager** (фирма «TeeJet») позволяет автоматически управлять секциями штанги (до десяти секций) и сохранять информацию об уже обработанных участках.

Технические средства для внесения удобрений и средств защиты могут оснащаться электронными устройствами, позволяющими измерять основные параметры их работы, автоматически управлять работой основных узлов и рабочих органов, обеспечивать более точное и равномерное внесение. Разбрасыватель удобрений **Axent 100.1** фирмы «Kuhn Farm Machinery» имеет в своем оснащении систему электронного управления потоком (EMC), обеспечивающую регулировку на ходу нормы внесения по всей рабочей ширине. На основе непрерывного измерения крутящего момента разбросных дисков, данных карт, норм внесения осуществляется изменение потока удобрений.

На разбрасывателе удобрений **ZA-TS** («Amazon») установлена система **Argus Twin**, которая осуществляет контроль поперечного распределения удобрений обоими распределительными дисками с помощью радарных сенсоров. С помощью ISOBUS-терминала вво-

дятся норма внесения и все необходимые для того или иного вида удобрений данные из таблицы распределения. При отклонении от расчетных значений электрическая распределяющая системы автоматически корректирует настройку распределяющей системы индивидуально для каждой стороны.

На разбрасывателях удобрений фирм «Sulky» и «Rabe» используется интеллектуальная система отключения участков **STOP & GO**, обеспечивающая автоматическое закрытие или открытие разгрузочных заслонок разбрасывателя удобрений на разворотах и при перемещении по технологической колее для предотвращения передозировки или недостаточной дозировки удобрений. Работает в комплекте с навигационной системой [63].

Применение на машинах для внесения удобрений и средств защиты компьютерных систем автоматизированного контроля и управления позволяет минимизировать пропуски и двойное внесение; осуществлять контроль технологических параметров и неисправностей рабочих органов; увеличить коэффициент загрузки техники благодаря возможности работы ночью или в условиях плохой видимости (пыль, туман); способствует уменьшению неблагоприятного воздействия на окружающую среду, экономии рабочего времени и снижению утомляемости оператора (рис. 13) [64].



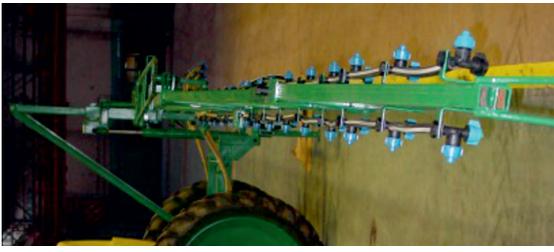
Рис. 13. Опрыскивание картофеля на поле Центра точного земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Несмотря на прогресс в изучении технологий точного земледелия, на практике технологии, позволяющие дифференцированно вносить удобрения, внедряются слабо, а компоненты для дозированного внесения СЗР практически не используются. Разработка датчиков для получения информации о наличии и распределении сорняков, состоянии и густоте посевов существенно отстает от других технологий, используемых в точном земледелии, таких как GPS, GIS. Существует острая необходимость в разработке систем для оценки распределения элементов питания в почве и повышения точности карт распределения NPK. Необходимы дальнейшие исследования по разработке датчиков для определения структуры и физического состояния почвы, оценки состояния растений и посевов, наличия вредителей растений и сорняков [58].

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию инновационных образцов технических средств для внесения жидких минеральных удобрений и пестицидов (табл. 10).

Мировая практика передовых сельскохозяйственных предприятий показывает, что для дальнейшего развития картофелеводства нерационально просто увеличивать дозы удобрений и средств защиты растений. Интенсификация картофелеводства возможна при использовании высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, что требует постоянного мониторинга сельскохозяйственных угодий и основанного на его результатах оперативного управления ростом и развитием растений. Всё это позволяет экономить агрохимикаты, повышать урожайность и минимизировать вред, наносимый окружающей среде.

НИОКР по созданию инновационных образцов технических средств для внесения жидких минеральных удобрений и пестицидов

Название, описание	Внешний вид, основные управляющие системы	Техническая характеристика
<p>Машина для дифференцированного внесения пестицидов и жидких минеральных удобрений с автоматизированным управлением технологическим процессом на основе бортового компьютера с встроенной системой GPS. Оснащена специальными электромагнитными клапанами, управляемыми от микропроцессора, и модульной системой дозирования и распределения рабочих растворов пестицидов</p>	 <p style="text-align: center;"><i>a</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>б</i></p>	<p>Грузоподъемность – 2,5 т; скорость движения – 8-14 км/ч; рабочая ширина захвата – 18 м. Агрегатируется с тракторами классов 1,4-2,0</p>
<p><i>a</i> – система дискретной дифференциации доз; <i>б</i> – блок контроля и автоматического регулирования; <i>в</i> – бортовой компьютер</p>		

<p>Самоходное роботизированное устройство для дифференцированной обработки пестицидами низкорастущих пропашных культур. Оборудовано бортовым компьютером и приемником GPS, шасси с двигателями на электрической тяге</p>	 <p><i>Компьютерный блок настройки и управления работой самоходного роботизированного устройства</i></p>	
<p>Опрыскиватель, монтируемый на самоходное шасси ВТЗ-30 СШ. Отличительной особенностью конструкции является наличие специального дублирующего сливного узла для калибровки форсунок и дифференцированного переключения секций штанги</p>		<p>Производительность – 1,6-4,8 га/ч; рабочая скорость – 2-6 км/ч; рабочая ширина захвата штанги – 8 м; высота установки штанги – 0,5-1,5 м; емкость резервуара для пестицидов – 2×300 л; масса опрыскивателя: конструкционная – 200 кг; полная – 1000 кг</p>

4.2. Использование беспилотных летательных аппаратов

Одной из сфер гражданского применения беспилотной авиации является агропромышленный комплекс. Согласно находящимся в открытом доступе документам организаций Европейского союза потребительский спрос на применение БПЛА в сфере сельского хозяйства и лесничества в период с 2015 по 2020 г. составил 13%. В сельском хозяйстве используют два вида БПЛА, отличающиеся конструкцией и летными характеристиками:

- самолетного типа, или «летающее крыло», – наиболее удобный вариант для облёта больших территорий. Характеризуются высокими аэродинамическими показателями, наиболее подходят для мониторинга протяженных объектов или съемки в условиях значительного удаления. Однако из-за особенностей конструкции данный вид беспилотников должен быть в постоянном движении, поэтому не может работать в режиме зависания над объектом, а также осуществлять съемку на ограниченных территориях;

- коптерные беспилотники, или дроны, – могут оснащаться различным количеством винтов, что позволяет справляться с точечной съемкой в одном месте для обследования небольшого земельного участка, трехмерного моделирования, опрыскивания. Квадрокоптеры отличают простая конструкция, стабильность полета, надежность. К недостаткам БПЛА этого вида можно отнести небольшую скорость и ограниченное время полета из-за чего радиус действия их меньше, чем самолетных дронов.

Технологично оснащенные беспилотники способны выполнять следующие операции [65]:

- аэрофотосъемка, которая благодаря небольшой высоте полета является более детальной, чем съемка со спутника. Кроме того, беспилотные системы позволяют снимать даже в условиях порывистого ветра и облачности;

- видеосъемка – производительность летательного аппарата при этом достигает 30 км/ч, что снижает временные и финансовые затраты по сравнению с использованием наземных видов обследования;

- мультиспектральная съемка и создание карт вегетационных индексов (NDVI, PVI, WDI, SAVI, LAI и др.), по которым можно

оценить объем и прирост биомассы, содержание азота и хлорофилла в листьях растений;

- 3D-моделирование – позволяет определять переувлажненные или засушливые территории, выемку грунта, создавать планы и карты увлажнения или осушения почвы, рекультивации участков или мелиорации земель;

- тепловизионная съемка с применением всего спектра инфракрасного излучения: ближнего, среднего и дальнего диапазона. Дает возможность определять сроки дифференцирования точек роста, что напрямую влияет на урожайность и сохранение продуктивных свойств растений с сохранением наследственных возможностей сорта;

- лазерное сканирование – применяется для анализа местности на труднодоступных или недоступных территориях. Обеспечивает получение точной модели высокой плотности с детальным отображением рельефа при работе в условиях сильной загущенности насаждений;

- точечное опрыскивание – позволяет обрабатывать только большие растения, исключая попадание химикатов на остальной урожай.

В БПЛА используется аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа). Летательный аппарат оснащен двигателем и имеет полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач.

Способы управления беспилотными летательными аппаратами:

- ручное (дистанционное пилотирование) – осуществляется оператором с дистанционного пульта управления в пределах оптической наблюдаемости или по визуальной информации, поступающей с видеокамеры переднего обзора;

- автоматическое – обеспечивает возможность полностью автономного полета БПЛА по заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью и стабилизацией углов ориентации. Осуществляется с помощью бортовых программных устройств;

- полуавтоматическое (дистанционное управление) – осуществляется автоматически без вмешательства человека с помощью автопилота по первоначально заданным параметрам, но при этом

оператор может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме. Таким образом, оператор имеет возможность влиять на результат функционирования, не отвлекаясь на задачи пилотирования.

Последние два способа в настоящее время наиболее востребованы со стороны пользователей беспилотных систем, так как предъявляют наименьшие требования к подготовке персонала и обеспечивают безопасную и эффективную эксплуатацию систем беспилотных летательных аппаратов. Полностью автоматическое управление может быть оптимальным решением для задач аэрофотосъемки заданного участка, когда нужно снимать на большом удалении от места базирования вне контакта с наземной станцией. Применение аэрофотосъемки с БПЛА в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах обеспечивает решение широкого спектра задач для сельского хозяйства, например:

- уточнение границ сельскохозяйственных земель, контуров полей и посевных площадей позволяет более точно рассчитывать затраты на выполнение агротехнических операций и расходы на агрохимикаты;

- выделение локальных участков угнетенной растительности на поле под влиянием различных неблагоприятных факторов дает возможность увидеть очаги угнетенности, которые невозможно определить с земли. Для точного определения её причин после выделения ареала угнетенности проводят наземные исследования. Раннее определение очагов угнетенности позволяет произвести корректировку агротехнологий с целью сохранения урожая или адресную обработку посевов для экономии агрохимикатов;

- определение участков полей, подверженных водной эрозии, позволяет скорректировать агротехнологию для предотвращения деградации почвенного слоя. Аэрофотосъемку проводят в ранневесенний период, сразу после схода снега.

На основе аэрофотосъемки в программном обеспечении Agisoft Photoscan возможно построить высокоточную цифровую модель рельефа и затем смоделировать движение водных потоков по поверхности поля (рис. 14). Данная информация позволяет оценить объемы возможного выноса питательных веществ с поверхности при различных погодных условиях и рассчитать объем работ по профилированию поля.

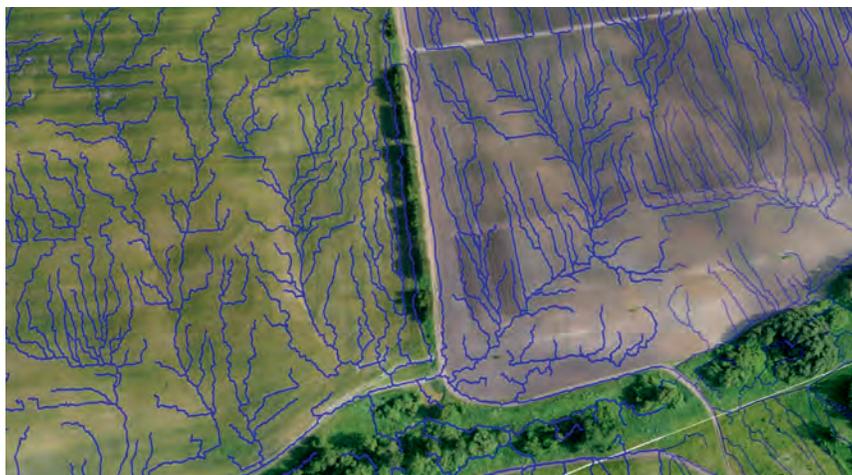


Рис. 14. Моделирование движения водных потоков

Своевременно проведенный контроль выполнения агротехнических операций с помощью аэрофотосъемки позволяет избежать потерь потенциально возможной урожайности, а полученная информация и принятые на её основе оперативные решения – использовать весь потенциал поля и возделываемой культуры.

Видеомониторинг, осуществляемый спутниками, коптерами посредством гиперспектральной, инфракрасной, тепловой съёмки информирует о биофизических параметрах растений: площади листовой поверхности, стрессовом состоянии растений при повреждении вредными объектами, видовом составе и густоте стояния сорной растительности. Своевременно выявляются участки с риском возможного повреждения или гибели посевов, производится картографирование зоны поражения [8].

Разработка метода дистанционного мониторинга наиболее опасных заболеваний картофеля с фиксацией их на ранних стадиях на основе применения тепловизоров, работающих в видимой и инфракрасной областях спектра, облегчит решение задачи ранней диагностики развития болезней и дифференцированного внесения пестицидов [66]. В интересах точного земледелия постоянно создаются и совершенствуются как сами аппараты (дроны), так и

программное обеспечение, позволяющее в сжатые сроки собирать и обрабатывать полученные данные. Для оценки индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный индекс растительности), по которому можно судить о развитии биомассы растений во время вегетации, мелкие и средние хозяйства используют в течение всего вегетационного сезона готовые спутниковые снимки или съемку с дронов. Рынок агрономической аэросъемки имеет намного больший объем, чем рынок картографии. Карту поля обычно делают один раз в 5-10 лет, а съемку растений проводят от 5 до 20 раз за сельскохозяйственный сезон в зависимости от глубины внедрения технологий. Услуга перевода полученных данных аэросъемки с цифровых носителей на понятный агроному язык востребована во многих странах.

Компания «АгроДрон Групп» после многократных исследований в полях Южного и Центрального округов России запатентовала интерпретационный алгоритм, вычисляющий конкретное содержание азота в листьях растений [67]. В планах компании создание облачного сервиса, куда можно будет загружать данные, полученные в ходе профессионального облета полей, а затем получать их в виде понятной информации в личном кабинете. Визуальное распознавание болезней по видеоснимкам более эффективно при наличии библиотеки снимков болезней.

В настоящее время производители беспилотных систем для аэрофотосъемки и видеонаблюдения в России представлены небольшим числом компаний. Среди них можно выделить «Беспилотные технологии» (г. Новосибирск), «Геоскан» (г. Санкт-Петербург), «Автономные аэрокосмические системы — «ГеоСервис» (г. Красноярск) и «Zala Aero» (г. Ижевск). Спектр услуг, предоставляемых данными компаниями для сельского хозяйства, достаточно широк. Например, компания «Геоскан» предлагает несколько пакетов услуг по специализированной аэрофотосъемке, которая выполняется с **БПЛА Геоскан 201** одновременно двумя фотокамерами в видимом и ближнем ИК диапазонах. Полученные данные обрабатываются с помощью **Agisoft Metashape Pro** и **ГИС Спутник**.

При повышенной влажности почвы, на сложных рельефах поля, горных склонах, в поздние периоды роста и развития высокосте-

бельных культур, при высокой плотности растений картофеля использование наземной техники для осуществления технологии дифференцированного внесения удобрений и химических средств защиты растений в системе точного земледелия затруднительно. В этой связи особую актуальность приобретает использование БПЛА не только для составления карт-заданий, но и дифференцированного внесения удобрений и пестицидов. В этих целях можно использовать дрон с дистанционными цветными видеозаписями с привязкой к местности для визуального анализа снимков, с навигацией, видеокамерами и устройством, которое поможет распылять пестициды на поля с воздуха по команде оператора, опрыскивать поля микроудобрениями, регуляторами роста и защитными препаратами. Преимущество такой техники заключается в том, что она может применяться не только для распыления защитных препаратов, но и контроля посадок и своевременного определения сроков и участков обработки. Установленная на дроне видеокамера позволяет проводить видеосъемку посадок картофеля. Проанализировав ее, можно оценить обстановку и определить болезни и их распространённость. Детальный просмотр частей растений, например листьев, позволяет немедленно проанализировать фотографию, принять необходимые меры для подтверждения потенциального заболевания и принятия соответствующих действий по его устранению [11, 68-70].

Гексакоптер OSA HEXA В-1 (Компания «Бозон Аэро») предназначен для проведения автоматизированного ультрамалообъемного внесения пестицидов и агрохимикатов. В процессе работы контролирует уровень жидкости и заряда, автоматически возвращается на базу для дозаправки и замены батарей.

К преимуществам дронов-опрыскивателей можно отнести ультрамалообъемное внесение ХСЗ, точечную обработку проблемных участков, автоматизированное управление с помощью программного обеспечения на ноутбук или планшет.

В последние годы для авиационного внесения пестицидов стали применять сверхлегкие и легкие летательные аппараты. Одним из перспективных легких винтокрылых летательных аппаратов для внесения жидких средств химизации является автожир (винтокры-

лый летательный аппарат, использующий для создания подъёмной силы свободно вращающийся в режиме авторотации несущий винт) тянущей или толкающей схемы, сочетающий в себе свойства самолета и вертолета. В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработан автожир с устройством, обеспечивающим автоматизированный процесс внесения жидких средств химизации модульной конструкции с нормой внесения ЖСХ 10-20 л/га, рабочей скоростью полета 70-100 км/ч, шириной распределения ЖСХ – 8 м, высотой полета при обработке 1-1,5 м. При рациональных значениях длины гона участков поля от 1 до 2,6 км в пределах расстояния подлета к полю 0,6-1,5 км наибольшая производительность обработки сельскохозяйственных культур составляет от 37 до 43 га/ч [71].

Для дифференцированного внесения удобрений и пестицидов наиболее целесообразно использовать БПЛА вертолетного и винтокрылого типов, летающие на малых скоростях (30-40 км/ч) и небольших высотах (0,5-1,5 м) с большой полезной нагрузкой (300-400 кг), поскольку они наиболее полно соответствуют экологическим и природоохранным требованиям. В результате проведённых исследований ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработаны основные требования к качеству выполнения технологической операции по дифференцированному внесению удобрений и пестицидов с помощью беспилотных летательных аппаратов:

- нормы внесения рабочих жидкостей:
 - удобрений – 50-200 л/га с дискретностью доз 10-15 кг д.в/га (25-40 л/га),
 - пестицидов – 10-20 л/га с дискретностью доз 5 л/га;
- медианно-массовый диаметр капель – 250-300 мкм;
- неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата – не более 15%;
- снос рабочих жидкостей за пределы обрабатываемого участка – не более 20%;
- время установки заданной дозы на границах выделенных участков – не более 1,1 с;
- рабочая скорость полета – не более 40 км/ч;
- высота полета при внесении удобрений и пестицидов – 1-1,5 м [72].

Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве позволяет решить широкий круг задач и повысить эффективность выращивания сельхозпродукции. Оценка мелиоративного и фитосанитарного состояния посевов по данным аэрофотосъемки – перспективное направление при разработке новых технологических приемов ведения сельскохозяйственного производства. Особую актуальность приобретает использование БПЛА для дифференцированного внесения удобрений и пестицидов в системе точного земледелия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка эффективных технологий защиты картофеля – один из этапов выполнения комплексного плана научных исследований подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. В целях повышения конкурентоспособности отечественного картофелеводства необходимо использовать новые специализированные технологии и технические средства внесения удобрений и применения средств защиты при возделывании картофеля. К ним относятся технологии локально-дифференцированного внесения удобрений и применения средств защиты растений с автоматической корректировкой параметров в режиме реального времени, которые требуют наличия следующих технических средств: навигационных систем, полевых компьютеров с определенным программным обеспечением, автоматических приборов для исследования почвы – пробоотборников (режим offline), сенсорных датчиков (режим online), разбрасывателей удобрений или опрыскивателей, контроллеров, изменяющих количество вносимых удобрений, а также исполнительных механизмов, устраняющих перекрытия при внесении удобрений.

Анализ литературных источников показал, что внесение материалов в рамках технологий точного земледелия позволяет создать оптимальные условия для произрастания растений и получить с данного поля максимальное количество качественной продукции. Количество вносимых удобрений фиксируется в системе местных координат и представляется в виде карт GIS для дальнейшего анализа и принятия решений. Введение в практику картофелеводства картирования полей для определения плодородия и использование системы дифференцированного мелко-локального внесения удобрений по результатам картирования, показало эффективность данных методов, что позволяет рекомендовать их для производства.

Установлено, что применение приема мелко-локального внесения по сравнению с внесением локально полной дозы одновременно перед посадкой позволило повысить урожайность на 7-8% при контроле 38,6 т/га. Также дифференцированное мелко-локальное

внесение минеральных удобрений в зависимости от потребности почвы позволяет сократить затраты на удобрения, обеспечивая оптимальное содержание питательных веществ в почве.

Выявлено, что установка на опрыскиватели контролирующих и исполнительных электронных систем, позволяющих полностью автоматизировать управление работой агрегата, обеспечивает необходимое количество внесения рабочего раствора и поддержание его в пределах агротехнических требований независимо от рельефа участка, скорости движения техники, давления в гидросистеме. Такие агрегаты расходуют в среднем на 10% меньше пестицидов по сравнению с обычными опрыскивателями.

Предложено использование беспилотных летательных аппаратов для решения широкого круга задач и повышения эффективности выращивания сельхозпродукции. Особую актуальность приобретает применение БПЛА для дифференцированного внесения удобрений и пестицидов в системе точного земледелия. Оценка мелиоративного и фитосанитарного состояния угодий по данным аэрофотосъемки позволяет создавать карты вегетационных индексов PVI, NDVI. Видеомониторинг, осуществляемый спутниками, коптерами посредством гиперспектральной, инфракрасной, тепловой съёмки, информирует о биофизических параметрах растений: площади листовой поверхности, стрессовом состоянии растений при повреждении вредными объектами, видовом составе и густоте стояния сорной растительности. Происходит своевременное выявление участков с риском возможного повреждения или гибели посевов, а также картографирование зоны поражения.

Показано, что современные технические средства для внесения удобрений и защитно-стимулирующих веществ значительно облегчают работу сельхозпроизводителям, повышают ее эффективность, сокращают затраты, открывают новые возможности для развития картофелеводства в новом технологическом укладе. Но на практике технологии, позволяющие дифференцированно вносить удобрения, внедряются слабо, а компоненты для дозированного внесения СЗР практически не используются. Разработка датчиков для получения информации о наличии и распределении сорняков (с целью применения гербицидов), состоянии посевов (для внесения удобре-

ний в период вегетации), густоте посевов существенно отстает от других технологий, используемых в точном земледелии, таких как GPS, GIS. Существует острая необходимость в разработке систем для оценки распределения элементов питания в почве и повышения точности карт распределения NPK. Необходимы дальнейшие исследования по разработке датчиков для определения структуры и физического состояния почвы, оценки состояния растений и посевов, наличия вредителей и сорняков.

Только дифференцированный подход к технологическим и агротехническим приемам с учетом разнообразия почвенно-климатических и организационно-экономических условий региона и конкретного хозяйства позволит получать конкурентную продукцию, поэтому внедрение новых технологий должно проводиться с учетом технической и финансовой возможности каждого конкретного сельскохозяйственного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Пути повышения пищевой ценности картофеля // Агротехнологии XXI века: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова (г. Пермь, 11-13 ноября 2015 г.). – Пермь: НПЦ «Прокрость», 2015. – С. 48-53.
2. Данные ФАОСТАТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата обращения: 22.03.2020).
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/ (дата обращения: 15.03.2020).
4. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Рембалович Г.К., Желтоухов А.А. Перспективы картофелеводства в Рязанском АПК// Сел. механизатор. – 2018. – № 2. – С. 17-18.
5. Коршунов, А.В., Федотова Л.С. Дозы, сроки и способы внесения минеральных удобрений. – М: Картофель России, 2003. – С. 142-154.
6. Панасюга П.И. Локальное внесение минеральных удобрений под картофель // Науч. тр., ч. 2.: матер. Междунар. юб. науч.-практ. конф. (Минск, 2003). – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2003. – С. 317-318.
7. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванов В.Г., Кузнецова М.А., Пляхневич М.П., Пшеченков К.А., Симаков Е.А., Склярова Н.П., Сташевски З., Усков А.И., Яшина И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. – М.: Картофелевод, 2009. – 272 с.
8. Васильченко А.В. Инновации и цифровизация в защите растений // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2020 г. – № 61 (1). – С. 161-172.
9. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В. и др. Сортовые ресурсы картофеля для возделывания в регионах России. – М.: Достижения науки и техники АПК, 2018. – 172 с.
10. Старовойтова О.А., Жевора С.В., Старовойтов В.И., Овэс Е.В., Коршунов А.В., Манохина А.А., Балабанов В.И., Федоренко В.Ф., Голубев И.Г., Звягинцев П.С., Зуев В.В., Воронов Н.В. Конкуренентоспособные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 236 с.
11. Старовойтов В.И., Башилов А.М., Андержанов А.Л. Автоматизация контроля качества картофеля, овощей и плодов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 200 с.

12. **Симаков Е.А., Старовойтов В.И., Анисимов Б.В., Старовойтова О.А.** Индустрия картофеля: справочник. – Изд. 2-е доп. – М.: ГУП Академцентр «Наука» РАН, ОП ПИК «ВИНИТИ» – «Наука», 2013. – 272 с.

13. **Коршунов А.В., Филиппова Г.И., Пшеченков К.А., Сидякина И.И., Симаков Е.А., Старовойтов В.И.** Качество картофеля и картофелепродуктов. – М.: ВНИИКС, 2001. – 253 с.

14. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А.** Агротехнические пути повышения пищевой ценности картофеля // Вестн. ФГОУ ВО ПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». Агроинженерия. – 2011. – № 1 (46). – С. 32-34.

15. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А.** Возможности высокоточного земледелия в повышении пищевой ценности картофеля // Современные тенденции и перспективы инновационного картофелеводства: матер. науч.-практ. конф. – Чебоксары: КУП Чувашской Республики «Агро-Инновации», 2011. – С. 114-116.

16. **Боева Т.В., Байрамбеков Ш.Б., Соколов А.С.** Влияние органических удобрений на урожайность и качество картофеля в условиях Астраханской области // Агрэкоинфо. – 2019. – № 1 (35). – С. 3.

17. **Шильников И.А., Сычев В.Г.** и др. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия: моногр. – М.: ВНИИА, 2008. – 340 с.

18. **Martin R.J.** The effect of nitrogen fertilizer on the recovery of nitrogen by a potato crop // Proceeding of Annual Conference Agronomy Society of New Zealand. – 1995. – P. 97-104.

19. **Wulkow A., Pawelzik E., Heckl B.** Effect of calcium and boron in potato tubers (*Solanum tuberosum*) of various cultivars differing in blackspot susceptibility // Potato for a changing world: 17-th triennial Conference of European Association for potato research: abstract of papers and posters. Braşov. – 2008. – P. 228-229.

20. **Борисов В.А., Сухоиванов В.А.** Удобрение картофеля и овощей. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 72 с.

21. **Федотова Л.С., Тимошина Л.А., Новиков М.А.** Роль удобрений в формировании урожая и улучшении качества продукции // Картофель и овощи. – 2002. – № 5. – С. 11.

22. **Baysal-Gurel F.** Management of soil-borne diseases in organic vegetable production // ISE Workshop Jefferson City, Missouri, 04-05 June. – 2013. – The Ohio State University. – P. 32-34.

23. **Федотова Л.С., Тимошина Л.А., Новиков М.А.** Об удобрениях, модифицированных микро- и мезоэлементами // Плодородие. – 2004. – № 4. – С. 4.

24. **Коршунов А.В.** Управление урожаем и качеством картофеля. – М.: ВНИИКС, 2001. – 369 с.

25. Картофель России: моногр. / Под ред. А.В. Коршунова. – М.: ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВНИИТИ», 2003. – 321 с.

26. **Тимошина Н.А.** Влияние новых органоминеральных удобрений на рост и развитие, продуктивность и качество картофеля в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2004. – 26 с.

27. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Воронов Н.В., Сапунов В.Б.** Прецизионное земледелие и цифровизация – основа органического картофелеводства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 115-летию СПб ГАУ. – СПб, 2019. – С. 75-78.

28. **Вахромеев Ю.И., Нефедов Б.А.** и др. Локальное внесение удобрений. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 141 с.

29. **Авдонин Н.С., Хак С.А., Фроловская Л.И.** Локальное внесение удобрений // Агрохимия. – 1973. – № 11. – С. 79-85.

30. **Замотаев А.И., Черников В.И.** Посадка картофеля в предварительно нарезанные гребни // Картофель и овощи. – 1974. – № 1. – С. 16.

31. **Булаев В.Е., Каменева Е.А., Кустарев В.П.** Эффективность ленточного внесения основного минерального удобрения при посадке картофеля // Бюл. ВИУА. – 1974. – № 18. – С. 44-51.

32. **Вильдфлуш Р.Т.** Миграция питательных веществ в почве и особенности питания растений при локальном внесении основного минерального удобрения // Бюл. ВИУА. – 1974. – № 18. – С. 64-79.

33. **Писарев Б.А., Смирнова Э.П.** Использование семенных клубней разной крупности // Науч. тр. НИИКХ. – М., 1970. – С. 15-23.

34. **Фирсов И.П., Соловьев А.М., Трифонова М.Ф.** Технология растениеводства. – М.: КолосС, 2004. – 472 с.

35. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Ишаков И.Ю.** Урожайность картофеля при дробно-локальном внесении минерального удобрения «Кемира картофельное» // Картофельводство: матер. коорд. совещ. и науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию со дня рожд. А.Г. Лорха. – М.: РАСХН, ВНИИКХ, 2009. – С. 338-345.

36. **Старовойтов В.И., Павлова О.А., Гаврилов А.Н., Ишаков И.Ю.** Обоснование технологии высокоточного дробно-локального внесения органоминеральных удобрений под картофель // Картофельводство: результаты исследований, инновации, практ. опыт : матер. науч.-практ. конф. и коорд. совещания «Науч. обеспечение и инновационное развитие картофелеводства». – М.: РАСХН, ВНИИКХ, 2008. – Т. 2. – С. 135-142.

37. **Замотаев А.И., Лубенцов В.М., Воловик А.С.** и др. Интенсивная технология производства картофеля. Уборка картофеля. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 304 с.

38. **Бондарчук А.А.** Наукові основи насінництва картоплі в Україні: монографія. – Біла Церква, 2010. – 400 с.

39. **Боева Т.В., Байрамбеков Ш.Б., Дубровин Н.К.** Перспективы развития картофелеводства в Астраханской области // Элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошения : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Астрахань, 28-29 апреля 2016 г.). – Астрахань: Изд. Сорокин Р.В., 2016. – С. 16-23.

40. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Бойко Ю.П., Молчанова Е.Я., Насибов Х.Н., Манохина А.А., Климова Ю.В.** Способ высокоточного дробно-локального внесения удобрений при возделывании картофеля. – М., 2013. – 16 с.

41. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А.** Влияние сочетания высокоточного внесения минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля // Вестн. ФГОУ ВО ПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». – 2014. – № 2. – С. 38-41.

42. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А.** Влияние агрохимикатов на урожайность и потемнение мякоти клубней картофеля // Вестн. ФГОУ ВО ПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». – 2015. – № 5 (69). – С. 7-14.

43. **Жевора С.В., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Усков А.И., Варицев Ю.А., Варицева Г.П., Галушка П.А., Ускова Л.Б., Мишуrows Н.П., Щеголихина Т.А., Манохина А.А., Осмоловский П.Д.** Современное лабораторное оборудование и сельскохозяйственная техника для селекции и семеноводства картофеля: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

44. **Starovoitova O.A., Starovoitov V.I., Manokhina A.A.** Influence of chelated micronutrients on yield and quality of potato tubers // International Scientific and Practical Conference «AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture» Ser. «KnE Life Sciences». – 2019. – С. 1046-1056.

45. **Жевора С.В., Зейрук В.Н., Белов Г.Л., Васильева С.В., Деревягина М.К., Анисимов Б.В., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Мишуrows Н.П., Неменушая Л.А., Манохина А.А., Пискунова Н.А.** Передовые методы диагностики патогенов картофеля: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 92 с.

46. Обработка семенных клубней картофеля [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://agrokorenevo.ru/obrabotka_semennyh_klubney_kartofel (дата обращения: 29.03.2020).

47. Пестициды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pesticidy.ru/pesticides> (дата обращения: 29.03.2020).

48. **Филиппов А.В.** Оптимизация выбора фунгицидов и сроков их применения для борьбы с фитофторозом картофеля // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 56-57.

49. **Кваснюк Н.Я., Гуревич Б.И., Жеребцова Л.Н., Филиппова Е.И.** Некоторые особенности защиты картофеля от фитофтороза // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 64-67.

50. Машина для протравливания картофеля перед посадкой [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.newtechagro.ru/catalog/mashina_dlya_protravlivaniya_kartofelya_pered_posadkoj.html (дата обращения: 09.04.2020).

51. **Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н.** Машинные технологии и техника для производства картофеля. – М.: Агроспас, 2010. – 316 с.

52. **Колчин Н.Н.** Особенности конструкций зарубежных машин для уборки и обработки картофеля // Тракторы и с.-х. машины. – 2005. – № 7. – С. 49-54.

53. **Колчин Н.Н., Елизаров В.П., Михеев В.В., Пономарев А.Г.** Современные технологии и техника для подготовки семенного картофеля // Картофель и овощи. – 2014. – № 5. – С. 27-29.

54. **Дорожкин Н.А., Дмитриева З.А., Валуев В.В.** Прогрессивная технология возделывания картофеля. – Л.: Колос, 1976. – 254 с.

55. **Коршунов А.В.** Современные технологии возделывания картофеля // Эффективные технологии производства картофеля: прил. к журн. «АГРО XXI». – М.: Агрорус, 1999. – С. 9-10.

56. **Кузнецов А.Е.** Уход за посадками // Эффективные технологии производства картофеля: прил. к журн. «АГРО XXI». – М.: Агрорус, 1999. – С. 13-14.

57. Устройство для возделывания картофеля / Старовойтов В.И., Сизов Н.А., Черников В.И., Павлова О.А.; заявитель и патентообладатель НПФ «АгроНИР». – 2002128400; заявл. 23.10.02.; опубл. 10.07.04.

58. **Смирнов И.Г.** Разработка технологических процессов и технических средств для интеллектуальных технологий возделывания кустарниковых ягодных культур : дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства. – М., 2019. – 427 с.

59. **Якушев В.П.** Состояние, задачи и перспективы развития научных основ и технических средств в системе точного земледелия // Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства: матер. науч.-практ. конф. (г. Москва, 16-18 июня 2004 г.) – М.: ВНИИМСХ, 2005. – С. 30-37.

60. **Личман Г.И., Елизаров В.П.** О возможных подходах к построению карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2015. – Ч. 2. – С. 181-186.

61. **Старовойтова О.А.** Методические подходы к построению 3D-модели почвы в картофелеводстве // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 220-225.

62. **Щеголихина Т.А., Гольяпин В.Я.** Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.

63. **Федоренко В.Ф., Гольяпин В.Я., Колчина Л.М.** Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве: науч. анализ. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 156 с.

64. **Балабанов В.И., Романенкова М.С.** Управление производственными процессами производства сельскохозяйственных культур с применением технологии точного земледелия // Доклады ТСХА: матер. Междунар. науч. конф., посв. 175-летию К.А. Тимирязева (г. Москва, 6-8 декабря 2018 г.). – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. – С. 107-109.

65. Беспилотники в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geomir.ru/publikatsii/bespilotniki-v-selskom-khozyaystve/> (дата обращения: 15.04.2020).

66. **Лысов А.К.** Актуальные проблемы механизации технологических процессов защиты растений // Защита и карантин растений. – 2014. – № 4. – С. 66-68.

67. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Балабанов В.И., Манохина А.А.** Оптический полевой мониторинг в оригинальном картофелеводстве // Наука в центральной России. – 2019. – № 6 (42). – С. 91-99.

68. **Личман Г.И., Марченко Н.М.** Космический мониторинг в системе точного земледелия // С.-х. машины и технологии. – 2010. – № 1. – С. 27-31.

69. **Марченко Н.М., Личман Г.И.** Многофункциональный диагностический агрегат // Сел. механизатор. – 2015. – № 9. – С. 14-15.

70. **Jacquemoud S.** Leaf optical properties: A state of the art // In: Presented at 8th Int. Symp. Physical Measurements & Signatures in Remote Sensing. – Aussois. – France. – 2001. – P. 223-232.

71. **Годжаев З.А., Марченко Л.А., Степанов Б.Е., Козлова А.И.** Автотрактор для внесения жидких средств химизации и обоснование его технологических параметров // С.-х. машины и технологии. – 2016. – № 2 – С. 22-27.

72. **Марченко Л.А., Личман Г.И., Смирнов И. Г., Мочкова Т.В., Колесникова В.А.** Дифференцированное внесение удобрений и пестицидов с использованием беспилотных летательных аппаратов // С.-х. машины и технологии. – 2017. – № 3. – С. 17-23.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ	6
1.1. Отзывчивость картофеля на дозы и способы внесения минеральных удобрений	6
1.2. Внесение удобрений в зависимости от почвенного плодородия	14
1.3. Некорневые подкормки и обработка защитно- стимулирующими веществами посадок вегетирующего картофеля	21
2. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ	26
3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ	43
4. ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ	51
4.1. Дифференцированное внесение удобрений и средств защиты	51
4.2. Использование беспилотных летательных аппаратов	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
ЛИТЕРАТУРА	77

Оксана Анатольевна Старовойтова,
Виктор Иванович Старовойтов
(ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»);
Николай Петрович Мишуrow,
Татьяна Алексеевна Щеголихина
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Александра Анатольевна Манохина
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева);
Николай Вячеславович Воронов
(ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет» (ФГБОУ ВО РГГМУ))

ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Аналитический обзор

Редактор *Л.Т. Мехрадзе*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Г.А. Прокопенковой*
Корректор *С.И. Ермакова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 10.06.2020 Формат 60×84/16
Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная
Печ. л. 5,25 Тираж 500 экз. Изд. заказ 33 Тип. заказ 125

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1559-6

