

Краткое изложение содержания работы

Работа включает:

- анализ современных тенденций в производстве картофеля - важной пищевой культуры, влияющей на здоровье человека;
- обзор последних мировых достижений и современного понимания антиоксидантной активности картофеля;
- разработку модели сортов картофеля для здорового питания;
- создание и подбор высокоадаптивных сортов с высоким содержанием биологически активных веществ (фенольных соединений);
- результаты исследований картофеля: химического состава, антиоксидантной активности;
- подбор благоприятных предшественников в севообороте;
- результаты полевых опытов: влагосберегающей технологии возделывания картофеля с использованием средовых факторов на дерново-подзолистой супесчаной почве; опытов применения органо-минеральных удобрений, хелатированных микроэлементов, селенита натрия; применения растительных экстрактов биопрепаратов, в том числе для борьбы с вредителями и снижения пестицидной нагрузки;
- разработанная инновационная технология возделывания картофеля внедрена на площади 700 га в ООО СХП «Дары Малиновки» Красноярского края.

Актуальность. Здоровье нации становится одним из основных приоритетов в Российской Федерации. Картофель — четвертая по важности культура, имеющая много достоинств: легкодоступна, дешева, выращивается в 150 странах при разных климатических условиях, хорошо сохраняется и легко перерабатывается в различные полезные продукты. Возделывается в России на площади около 2,0 млн. га.

Основная научно-техническая идея заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании, создании и реализации модели инновационной биологизированной технологии выращивания сортов картофеля для здорового питания, в снижении химической нагрузки на почву и растение в рамках

поручения Президента Российской Федерации Путина В.В. проработать комплекс мероприятий для производства в России специализированных продуктов здорового питания.

Выдвигаемая работа отличается научной и практической новизной и является результатом законченных научно-исследовательских работ. Новизна исследований – разработана модель биологизированной технологии выращивания высокоурожайного картофеля с высоким антиоксидантным статусом.

Описание результатов и их значение для практики

Картофель является основным продуктом питания во многих регионах мира на протяжении веков, его клубни содержат множество микронутриентов: витамины С (в среднем клубне содержится до 27 мг) и В6 (12% дневной нормы на порцию), рибофлавин, тиамин и фолиевую кислоту а также калий, магний (в среднем клубне с кожурой содержится до 48 мг) и железо, что делает его отличным источником многих необходимых витаминов и минералов. На основании анализа основных требований к сорту картофеля для здорового питания: высокое содержание резистентного крахмала и пищевых волокон; контроль содержания редуцирующих сахаров; повышенное содержание сбалансированного белка и свободных аминокислот; высокий уровень витаминов С и В; высокое содержание минералов, таких как К, Mg, Fe; желтая мякоть в связи с наличием в ней каротиноидов; окрашенная кожура или мякоть в связи с наличием антоцианов, которые обладают антиоксидантными свойствами; низкое содержание гликоалколоидов; привлекательный внешний вид (форма, размер, глубина глазка).

Разработана модель биологизированной технологии выращивания картофеля урожайностью 35-40 т/га с высоким антиоксидантным статусом.

Модель биологизированной технологии выращивания охватывает:	биологические признаки (содержание белка, углеводов, витаминов, минералов, пониженное количество токсичных гликоалколоидов);
	сенсорные признаки (аромат, вкус, текстура, цвет);
	промышленные признаки (форма и размер клубней, глубина залегания глазков, текстура кожуры, содержание сухого вещества, содержание редуцирующих сахаров, качество крахмала);
	средообразующие признаки для выращивания инновационных сортов картофеля здорового питания

Создание и подбор высокоадаптивных сортов картофеля, с высоким содержанием биологически активных веществ (фенольных соединений) для здорового питания. Сотрудники Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха доказали, что самые высокие концентрации фенольных соединений, мг/100 г сырой массы, были зафиксированы в кожуре цветных сортов Тайфун ($152,40 \pm 32,07$), Фиолетовый ($200,08 \pm 2,72$), Сюрприз ($211,32 \pm 10,46$), Монах ($374,21 \pm 39,50$), что не уступает зарубежным аналогам. Антиоксидантная активность полученных продуктов повышается, а потери антоцианов в ходе переработки составляют не более 26% для картофеля с красной мякотью и 6% для картофеля с фиолетовой мякотью. Это позволяет повысить качество питания, в том числе снизить в обжаренных картофелепродуктах содержание потенциально канцерогенного соединения - акриламида.

Селекция картофеля на пигментацию мякоти клубня представляет интерес не только с точки зрения разнообразия функциональных продуктов для здорового питания (рисунок 1), но и для повышения конкурентоспособности пигментированных отечественных сортов картофеля в качестве привлекательных для покупателя натуральных разноцветных картофелепродуктов, например, пюре или хрустящего картофеля (рисунок 2).



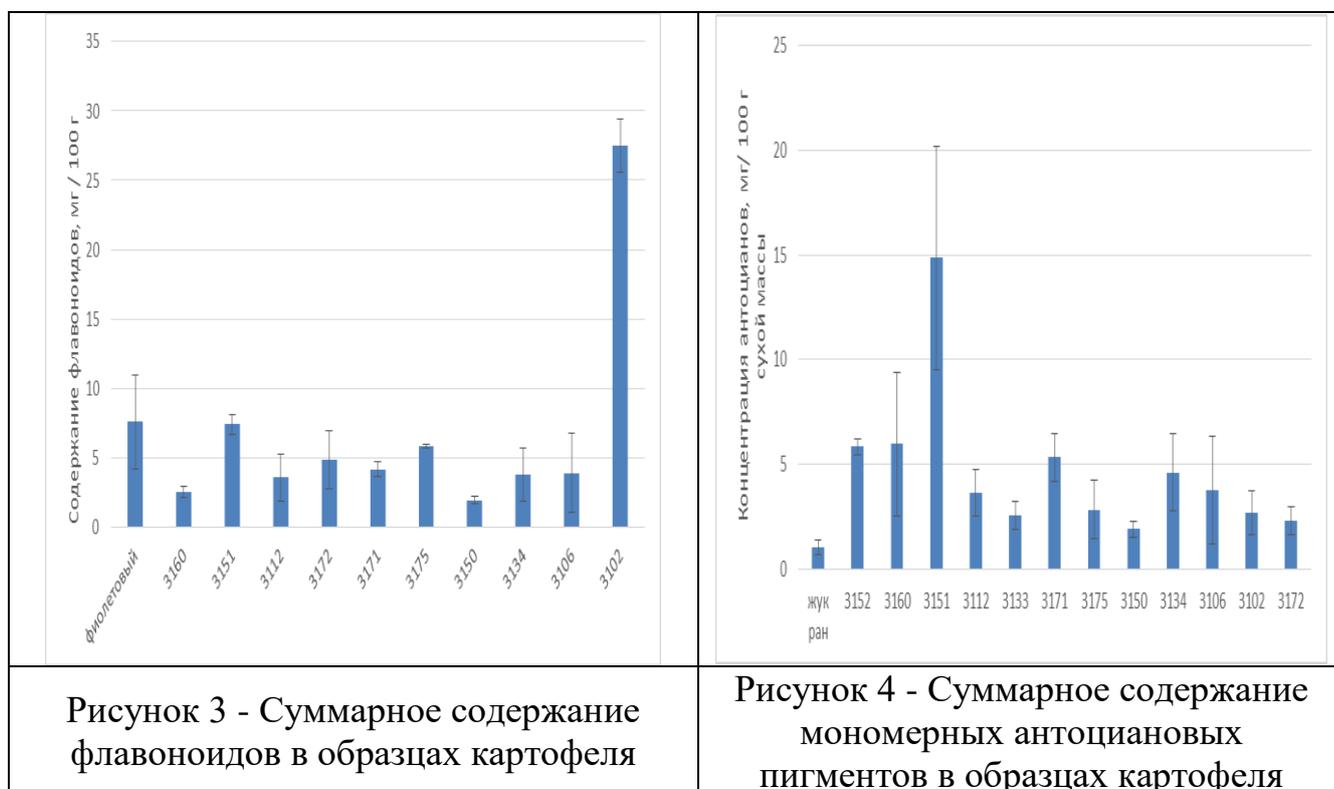
Рисунок 1- Многоцветие мякоти клубней картофеля



Рисунок 2 - Дегустация чипсов из гибридов картофеля с пигментированной мякотью

Селекционная работа. В 2019-2020 гг. проводили подбор родительских форм для селекции на повышенное содержание антиоксидантов и пигментированную мякоть клубня в сочетании данных качеств с другими хозяйственно-ценными признаками, такими как устойчивость к основным патогенам картофеля: фитофтороз, вирусы, золотистая цитостообразующая нематода, рак, а также пригодность к переработке на картофелепродукты. В итоге были выделены гибриды, обладающие различной селекционной ценностью.

Максимальное содержание флавоноидов (рисунок 3) было отмечено в образце под номером 3102 и составило $27,47 \pm 1,09$ мг/100 г сухой массы, а минимальное – в образцах под номерами 3150 ($1,93 \pm 0,27$ мг/100 г сухой массы) и 3160 ($2,51 \pm 0,40$ мг/100 г сухой массы). Максимальное содержание мономерных антоциановых пигментов (рисунок 4) было выявлено в образцах под номерами 3151 ($14,86 \pm 5,37$ мг/ 100 г сухой массы), 3152 ($5,84 \pm 0,39$ мг/ 100 г сухой массы), 3160 ($5,96 \pm 3,43$ мг/ 100 г сухой массы) и 3171 ($5,33 \pm 1,15$ мг/ 100 г сухой массы).



Максимальное содержание белка (рисунок 5) зафиксировано в образцах под номерами 3160 ($17,33 \pm 417$ мг/ г сухой массы), 3152 ($12,01 \pm 1,03$ мг/ г сухой массы) , 3171 ($16,63 \pm 3,49$ мг/ г сухой массы), 3150 ($13,61 \pm 1,04$ мг/ г сухой

массы), 3172 ($13,03 \pm 3,61$ мг/ г сухой массы), а также в сорте Жуковский ранний ($15,57 \pm 1,98$ мг/ г сухой массы). Содержание белка варьировалось в диапазоне от 7,94 до 11,46 мг/г сухой массы.

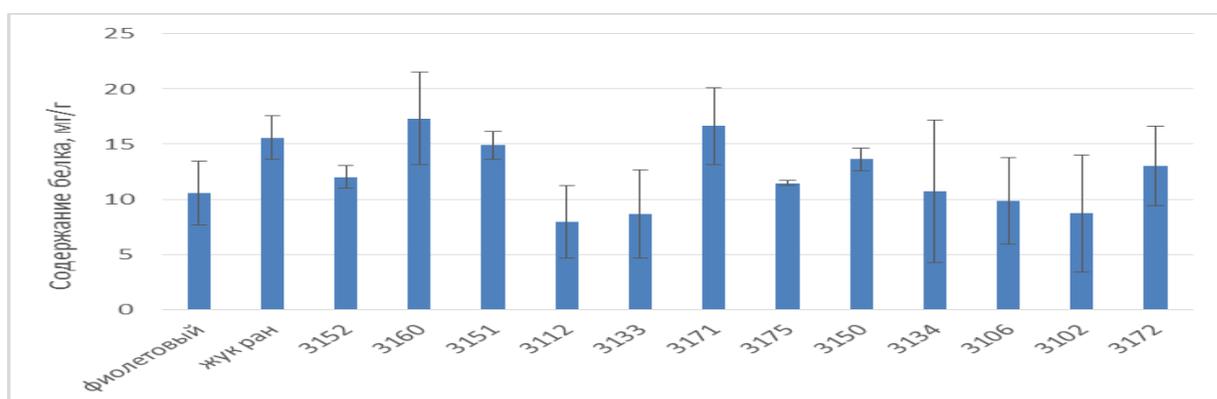


Рисунок 5 - Суммарное содержание белка в образцах картофеля

Проведена органолептическая оценка варёной мякоти и качества хрустящего картофеля. Сделан комплексный анализ устойчивости к фитофторозу, а также анализ антиоксидантного состава клубней. Выделены перспективные пигментированные гибриды, сочетающие данное свойство с комплексом других хозяйственно-ценных признаков. Образцы гибридов под условным названием Красотка и Султан переданы для дальнейшего размножения в производство.

Определены возможности повышения плодородия почв, **благоприятные предшественники** (сидеральные культуры) при выращивании картофеля для здорового питания: люпин белый, горчица белая.

Изучено влияние **комплексного применения средовых факторов** (влагосберегающего суперабсорбирующего полимера «Аквазин»-Агро) (САП), ширины междурядий, микроэлементов S и Se) на основные агрофизические параметры почвы и урожайность клубней при оптимизации средообразования в технологии выращивания картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве.

В среднем лучшими вариантами по урожайности (рисунок 6) на обоих сортах оказались - с применением дополнительного внесения органо-минерального удобрения (ОМУ) на основе низинного торфа с содержанием органического вещества 40%, N - 7%, P₂O₅ – 7%, K₂O – 8%, MgO – 1,5%, S – 3,92%, Fe – 0,02%, C – 0,01%, Zn – 0,01%, Mn – 0,05% и B – 0,02% при уходе в сочетании с внесением

САП и листовой обработкой серосодержащим препаратом (30,1 и 33,4 т/га) или селенитом натрия (29,4 и 33,1 т/га), где получена прибавка урожайности к контролю 23-24% (5,7-6,1 т/га) или 21% (5,1-5,8 т/га). НСР₀₅ общая по сорту составила 1,67 т/га (2021 г.), 1,52 и 1,70 т/га (2022 г.), 1,90 и 1,72 т/га (2023 г.). Что могло позволить получить условный чистый доход в размере 18,3...25,3 тыс. руб./га.

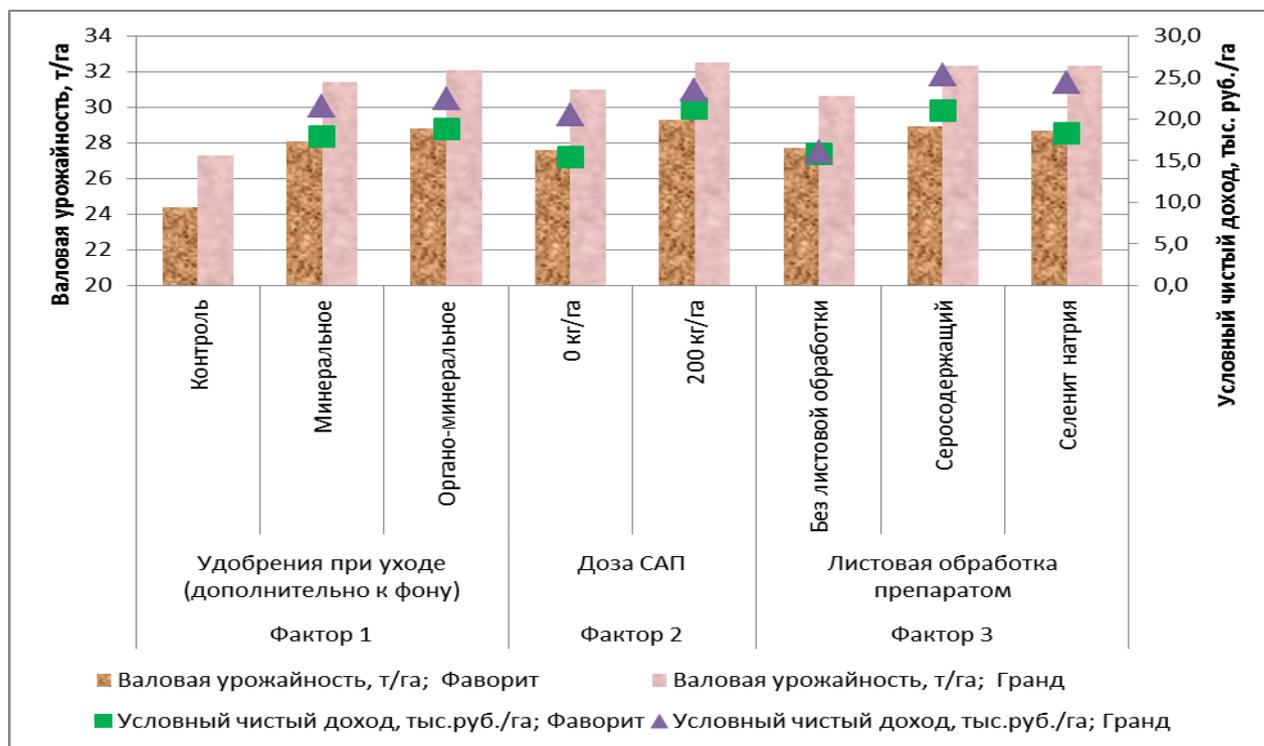


Рисунок 6 - Урожайность картофеля (т/га) и условный чистый доход (тыс. руб./га) в зависимости от применяемых факторов (2021-2023 гг.)

Применение микроэлементов при выращивании картофеля. Проведена сравнительная оценка влияния инновационных препаратов: с содержанием микроэлементов в хелатной форме: Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Co, B на параметры урожайности и лежкости клубней картофеля. В среднем за два года в вариантах с обработкой растений препаратами отмечена существенная прибавка урожайности (+2,0...+8,3 т/га или 7...35%) при контроле 23,4...26,5 т/га.

Определены урожайность и основные показатели качества продовольственного **картофеля для продуктов здорового питания** сортов: Гулливер (р), Аметист и Гранд (ср), насыщенного селеном, выращенного на дерново-подзолистой среднекультуренной супесчаной почве из мини-клубней

(10–15 мм). Содержание селена в клубнях при применении селенита натрия в среднем за три года колебалось в пределах 0,040...0,375 мг/кг.

Технология применения растительных рострегулирующих препаратов для снижения пестицидной нагрузки при выращивании картофеля. Обработка листьев картофеля разработанными нами экстрактами амаранта приводила к ограничению питания на них личинок колорадского жука (рисунок 7). Такое действие экстрактов можно связать с наличием в них фенольных соединений, которые ингибируют ферменты, а также рецепторные сайты в нейроэндокринных ГАМК-ергических и дофаминергических системах насекомых. Это инновационный подход, не имеющий зарубежных аналогов.

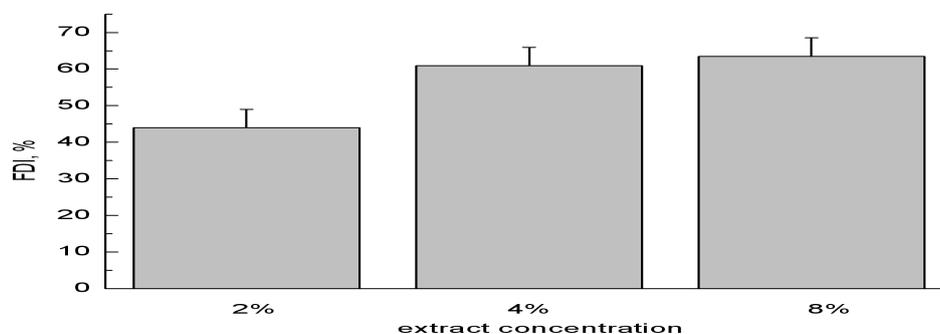


Рисунок 7 - Эффект ограничения питания личинок колорадского жука на листьях картофеля, обработанных экстрактами амаранта

Объем внедрения. Агрохолдинг «Дары Малиновки» основан в 2013 году. Общая площадь посевных земель агрохолдинга – 30000 га. С 2018 года участвует в рамках подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. В 2020 году был организован научно-лабораторный комплекс, включающий в себя два тепличных комплекса и лабораторию микрклонального размножения растений, оснащенную всем необходимым для ПЦР — диагностики растений на болезни и вирусы методом real time, введения в культуру in vitro, размножения и выращивания более 100 тысяч микрорастений одновременно. Что стало возможным благодаря реализации специалистами агрохолдинга «Дары Малиновки» упомянутого проекта, разработанного ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», в котором на

специализированных курсах проводят обучение специалистов (в том числе и из агрохолдинга «Дары Малиновки») передовым практикам.

Элементы инновационной технологии возделывания картофеля внедрены в картофелеводство картофелеперерабатывающего предприятия «Дары Малиновки» Красноярского края Российской Федерации на площади 700 га.

Достигнутый экономический эффект от внедрения инновационной технологии возделывания картофеля с последующей его переработкой в ООО «Дары Малиновки» Красноярского края в 2022 году составил более 500 млн. руб.

Заключение. Обоснована, разработана и внедрена биологизированная инновационная технология с использованием органо-минеральных удобрений для воспроизводства плодородия почв при выращивании картофеля с высокими потребительскими показателями и обогащением растениеводческой продукции эссенциальными микроэлементами. Технология включает основные операции:

1 Выбор благоприятных предшественников при выращивании в севообороте картофеля для здорового питания, например, горчица белая, люпин белый, овес.

2 Подготовка почвы. Осеннюю и предпосадочную (весенняя) подготовку почвы под картофель выполняют согласно принятым в хозяйстве с исключением химических препаратов. Ширина междурядий должна быть 75 см, 90 см (гребни). Для переувлажненных почв и засушливых условий предпочтительнее оказалась грядовая технология возделывания в силу большей инерционности температурно-влажностных процессов 150 см (гряды).

3 Для снижения химической нагрузки использовать при уходе органо-минеральное удобрение (ОМУ). Удобрения вносить мелко-локально в три срока: минеральные перед или при посадке ($N_{60}P_{60}K_{60}$), при 1-м уходе - $N_{30}P_{30}K_{60}$ совместно с САП (200 кг/га) и ОМУ при 1-м послеуборочном уходе ($N_{30}P_{30}K_{34}$). САП имеют свойство впитывать и удерживать в себе как влагу, так и водорастворимые питательные элементы для растений.

4 Очень важен правильный подбор высокоадаптивных сортов картофеля, с высоким содержанием биологически активных веществ (фенольных соединений) для здорового питания, например, картофель с цветной мякотью клубней,

имеющий высокий антиоксидантный статус.

5 Посадку картофеля на глубину 8...10 см начинают при прогревании почвы на 7-8°C. Уход за посадками выполняют 3-5 раз с перерывом в 7-14 дней. При появлении всходов проводят основную междурядную обработку – окучивание с формированием гребня полного профиля и насыпанием рыхлой почвы над клубнями не менее 18-20 см. При необходимости повторяют окучивание, которое в сочетании с севооборотом позволяет избежать использование гербицидов.

6 Некорневые подкормки посадок вегетирующего картофеля хелатированными микроудобрениями могут стать одним из основных элементов современных технологий выращивания картофеля, так как помогают растениям получить дополнительное питание и восполнить дефициты питания из почвы.

7 Система биологических методов защиты картофеля от болезней, вредителей и сорняков включает комплекс мероприятий: обработка клубней - Фитоспорин М; междурядные обработки для борьбы с сорной растительностью; обработки от болезней S-содержащим препаратом; Фитоспорин М; Формойод; повышение иммунитета - препаратом с микроэлементами или Акварин-12; от колорадского жука - Фитоверм, Вертицилин и необходимое количество раз препаратом с использованием растительного экстракта амаранта сорта Валентина и яйцекладок пикромеруса. Также возможно использование пневматического механизированного способа борьбы с жуком.

8 Уборка клубней картофеля включает в себя: предуборочное удаление ботвы, выкапывание клубней комбайном или копателем в зависимости от складывающихся погодных условий и типа почвы, транспортировка клубней, загрузка в хранилище.

9 Создание линейки продуктов переработки картофеля с целью обеспечения населения экологически чистыми продуктами здорового питания.

10 Достигнутый экономический эффект от внедрения инновационной технологии возделывания картофеля на площади 700 га с последующей его переработкой в ООО «Дары Малиновки» Красноярского края в 2022 году составил более 500 млн. руб.