4.2020

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Фото:
бутон цветка одуванчика *Taraxacum officinale*,
под микроскопом

Соединяем ультразащиту
и низкий расход метрибузина

Зонтран, ККР

250 г/л метрибузина

Системный гербицид в инновационной коллоидной формуляции для длительного контроля двудольных и злаковых сорняков

- Первый гербицид на основе метрибузина со сниженной концентрацией действующего вещества на гектар без потери эффективности
- Высокая гербицидная активность и быстродействие за счет инновационной формуляции
- Длительная защита от прорастания сорняков за счет мощного почвенного «экрана»
- Уменьшенная пестицидная нагрузка на культуру и окружающую среду

Культуры применения:
картофель, томат посевной и рассадный, соя

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

CPS Центр Программ Систем
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

«AG-DATA INTEGRATOR»

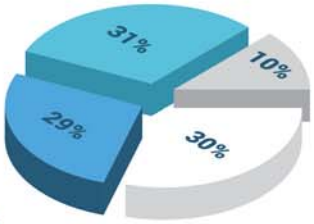
ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ JOHN DEERE И ПРОГРАММ 1С

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

- Актуализация контуров полей для работы техники
- Предписания по дифференцированному внесению
- Оперативная информация о проведенных работах
- Карты выполненных работ для контроля качества
- Внешние сервисы (погода, NDVI и др.)
- Аэро- и космоснимки
- Совместный мониторинг техники Jonh Deere и техники других производителей
- План-фактный анализ полевых работ

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В 1С

- Расход семян, удобрений, СЗР
- Расход нефтепродуктов
- Учет убранного урожая
- Учетные и путевые листы



Графические карты работ в разрезе параметров

Операция	Параметры
обработка почвы	• глубина обработки • скорость обработки
посев	• плановая норма • фактическая норма • скорость высева
внесение	• плановая норма • фактическая норма • скорость внесения
уборка урожая	• урожайность • зоны урожайности • влажность культуры • скорость уборки

+7 (4722) 240-426, +7 (499) 348-13-18 доб. 407 www.1cps.ru

4.2020 МАЙ-ИЮНЬ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал входит в базу данных российских научных журналов *Russian Science Citation Index* на платформе *Web of Science*

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО FIELD CROPS

С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева. Продуктивность картофеля и показатели эффективного плодородия почвы в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепарата Фертигрейн Старт П 5

S. V. Zhevora, L. S. Fedotova, N. A. Timoshina, E. V. Knyazeva. Potato productivity and indicators of effective soil fertility depending on the use of mineral fertilizers and Fertigrain Start P biological preparation

А. Э. Шабанов, А. И. Киселев. Эффективность применения комплекса агроприемов при выращивании нового сорта картофеля Гранд 9

A. E. Shabanov, A. I. Kiselev. Efficiency of a complex of agricultural methods in growing potato Grand

Л. И. Петрова, Ю. И. Митрофанов, Н. К. Первушина, В. Н. Лапушкина. Влияние удобрений и погодных условий на формирование урожая яровой пшеницы на осушаемых землях 12

L. I. Petrova, Yu. I. Mitrofanov, N. K. Pervushina, V. N. Lapushkina. Influence of fertilizers and weather conditions on the formation of spring wheat yield on drained lands

О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, Н. Э. Шабанов, А. А. Манохина. Зависимость продуктивности картофеля и параметров почвы от предшественника после консервации топинамбуром 16

O. A. Starovoitova, V. I. Starovoitov, N. T. Shabanov, A. A. Manokhina. The dependence of potato productivity and soil parameters on the forecrop after conservation with Jerusalem artichoke

А. С. Акименко. Формирование севооборотов и структуры посевных площадей для получения заданного количества продукции с учетом природно-ресурсного потенциала 19

A. S. Akimenko. Formation of crop rotations and structure of sown areas for obtaining the given quantity of product taking into account natural resource potential

Г. П. Чепелев, М. П. Михайлова. Влияние структуры посева и нормы высева семян на формирование урожайности сои сорта Китросса 22

G. P. Chepelev, M. P. Mikhailova. Influence of crop structure and seeding rate on the yield formation of soybean Kitrossa

Основан в 1939 г.

УЧРЕДИТЕЛИ:
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии

ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:
Л. В. Будажапов, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
А. Н. Власенко, академик РАН и НА Монголии, доктор сельскохозяйственных наук
Н. Г. Власенко, академик РАН, доктор биологических наук
А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. Л. Иванов, академик РАН, доктор биологических наук
В. А. Иванов, почетный член редколлегии, главный редактор журнала «Земледелие» в 1978-2001 гг.
А. Н. Каштанов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. И. Кирюшин, академик РАН, доктор биологических наук
В. В. Коломейченко, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Беларусь
М. А. Мазиров, доктор биологических наук
М. Михловски, доктор сельскохозяйственных наук, Чешская Республика
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Казахстан
П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Р. Ф. Байбеков
ВЕРСТКА
Н. Ю. Луценко

КОНТАКТЫ:
Тел./факс: +7 916 241 63 43

E-mail: jurzemledelie@yandex.ru
www.jurzemledelie.ru

АДРЕС ДЛЯ ОТПРАВКИ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:
101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 629

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещения и средств массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № 77-9212 от 27 июня 2001 г.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «МЕДИАКОЛОР» 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, строение 10
Тел.: +7 (495) 786-77-14

Подписано в печать 12.04.20
Формат 60×90 1/8.
Печать офсетная.
Печ.л. 6,0+0,5 вкл.
Заказ

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в журнале «Земледелие», возможны только с письменного разрешения редакции.

© “Земледелие”. 2020.

Журнал «Земледелие» включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов (Перечень ВАК), рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (по агрономии).

Информация об опубликованных статьях поступает в систему Российского индекса научного цитирования.

Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, а также полнотекстовые версии статей находятся в свободном доступе в Интернете на сайте www.jurzemledelie.ru

СОРТА И СЕМЕНА / GRADES AND SEEDS

Е. С. Бутовец, Н. А. Красковская, И. Н. Даниленко Многокритериальная оценка гибридов кукурузы в условиях Приморского края 26

E. S. Butovets, N. A. Kraskovskaya, I. N. Danilenko. Multicriterion estimation of corn hybrids under conditions of the Primorsky Krai

Е. В. Овэс, Н. А. Гаитова, О. А. Шишкина, Н. А. Фенина. Результаты отбора базовых клонов картофеля в условиях Европейского Севера и высокогорья Северного Кавказа 29

E. V. Oves, N. A. Gaitova, O. A. Shishkina, N. A. Fenina. The results of the selection of basic potato clones in the European North of the Russian Federation and highlands of the North Caucasus

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ / PLANT PROTECTION

Т. С. Крылова, А. Н. Дубровин, Л. А. Дорожкина. Эффективность почвенных гербицидов и их смесей в посевах сои в условиях Амурской области 33

T. S. Krylova, A. N. Dubrovin, L. A. Dorozhkina. Efficiency of soil herbicides and their mixtures in soybean crops in the Amur region

С. В. Васильева, В. Н. Зейрук, М. К. Деревягина, Г. Л. Белов. Эффективность протравителей клубней в защите картофеля от болезней в Центральном регионе 36

S. V. Vasil’eva, V. N. Zeiruk, M. K. Derevyagina, G. L. Belov. Efficiency of tuber protectants in protecting potato from diseases in the Central region

Е. В. Безручко. Кремний – недооцененный элемент питания растений 40

E. V. Bezruchko. Silicon is an underestimated plant nutrient

Уважаемые читатели!

В 2020 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге Роспечати 70329. Возможна подписка через редакцию как на бумажную, так и электронную версию журнала.

Напоминаем авторам, что формирование планов и подготовка номеров начинается заблаговременно. Редакция заключает договоры с научными организациями и учебными учреждениями на издательские услуги по публикации статей. Заявки принимаются по электронной почте jurzemledelie@yandex.ru

Институт Лорха: 100 лет побед

Картофель по праву считают одной из наиболее важных продовольственных культур. Его значение как ключевого фактора обеспечения потребностей населения в качественной и безопасной пищевой продукции подтверждает особое внимание, которое уделено картофелю в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации. Однако сохранение продовольственной безопасности страны, а главное, обеспечение населения вкусной и полезной продукцией отнюдь не сводится к простому производству продовольственного картофеля. Прежде, чем клубень попадет на стол потребителя, он проходит долгий путь, который начинается с генетических коллекций селекционеров, создающих новые сорта, и семеноводческих полей, тиражирующих посадочный материал картофеля. На протяжении последних 100 лет эти этапы в отрасли картофелеводства тесно переплетены с деятельностью научно-исследовательского института, созданного доктором сельскохозяйственных наук, профессором Александром Георгиевичем Лорхом.

Следует отметить, что деятельность А. Г. Лорха и организованного под его руководством института внесла неоценимый вклад в развитие изучения картофеля. Несмотря на то, что первые клубни культуры были завезены в страну еще Петром I, а активное выращивание картофеля в качестве сельскохозяйственной культуры развернулось уже в XIX столетии, семеноводство находилось на низком уровне, как следствие, Россия вынуждена была импортировать семенной материал.

В преддверии Первой мировой войны правительство признало опасность зависимости страны от импортного картофеля, и в 1914 г. в Бронницком уезде был создан специальный опытный участок по этой культуре. Именно он стал прообразом первых опытных полей по селекции и семеноводству картофеля, организованных в 1918 г., – Бутулицкого (Владимирская губерния), Костромского (Костромская губерния), Песчано-картофельного (Московская губерния).

Очевидно, что молодая советская республика, оказавшаяся в экономической блокаде, не могла импортировать семенной картофель, который уже тогда рассматривали как второй хлеб, и остро нуждалась в развитии отрасли картофелеводства, построенной на достижениях отечественной школы селекции и семеноводства. С этой целью в 1920 г. была создана Кореневская картофельная селекционная станция, во главе которой встал молодой, вдохновленный научными идеями и организационными планами Александр Георгиевич Лорх. Основной задачей, которая стояла перед станцией и в значительной мере определила направление ее развития на последующие годы, стало создание новых сортов и семеноводство культуры.

Несмотря на малочисленность первоначального коллектива станции, первые результаты не заставили себя ждать. Уже в 1929 г. был создан сорт Лорх, а несколько лет спустя – сорт Кореневский. В 1926 г. издан первый российский определитель сортов картофеля, в основу которого легла разработанная Т. В. Асеевой система сортовой классификации, активно ставились опыты по отдаленной гибридизации с получением межвидовых гибридов, изучению самонесовместимости растений, разрабатывались новые методы. Кроме того, велись исследования по широкому спектру проблем технологий возделывания и хранения картофеля. Такая высокая эффективность работы учреждения во многом была связана с выдающимися организаторскими способностями А. Г. Лорха, сумевшего привлечь в небольшой коллектив станции таких талантливых ученых, как Т. В. Асеева, Е. У. Успенский, Н. Д. Зайцева и др.

Первые успехи Кореневской селекционной картофельной станции и широкий круг решаемых проблем подвигли руководство отечественной науки задуматься об укрупнении и изменении организационной структуры станции. В 1930 г. президиум Академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина принял решение о создании организационного бюро Института картофельного хозяйства во главе с А. Г. Лорхом, которое должно было до 1931 г. разработать проекты положений об институте и структуре нового учреждения, а также программы его развития. Однако все необходимые формальности были выполнены досрочно и 22 декабря 1930 г. системе Академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина появился Институт картофельного хозяйства, за которым была закреплена сеть зональных станций – Ленинградская, Радомысльская, Минская, Воронежская, Вырыпаевская.

Создание института поставило перед его сотрудниками новые задачи. Поскольку 1930-е гг. стали периодом активного создания колхозов и совхозов, коллектив учреждения должен был оказывать помощь новым хозяйствам в выращивании картофеля. Как следствие, остро встал вопрос о механизации этого процесса. Поскольку картофель достаточно трудозатратная культура, для его выращивания на больших площадях необходимо широкое использование техники. С целью облегчения труда крестьян уже в 1931 г. в Институте стали проводить опыты по механизации технологических процессов в картофелеводстве. В 1933 г. началась конструкторская работа по созданию отечественных машин, которая в 1934 г. принесла первые плоды в виде конной картофелесажалки. В 1930–1950-е гг. были созданы первый картофелеуборочный комбайн КОК-2, картофелесажалка КП-2, роликовая сортировка картофеля, комбинированный сошник для картофелесажалки, окунчик для работы на больших скоростях.

Достижения сотрудников Института, их самоотверженная помощь коллективным хозяйствам внесли

Коллектив Кореневской селекционной картофельной станции (1922 г.).

вклад как в наращивание посевных площадей культуры (на 3,5 млн га, в сравнении с дореволюционным временем), так и в увеличение валовых сборов клубней (до 76 млн т).

Работа Института даже в сложные военные годы 1941–1945 гг. не прекращалась. Действовало как головное учреждение, расположенное на опытных полях подмосковного Коренево, так и опытные станции, не попавшие в зону оккупации.

По окончании Великой Отечественной войны, как и в 1920-х гг., перед Институтом была поставлена задача создания новых сортов картофеля, отличающихся высокой и стабильной урожайностью, устойчивых к засухе и иным неблагоприятным условиям внешней среды. Она была решена в кратчайшие сроки, возрождающееся после военной разрухи сельское хозяйство страны получило сорта Ульяновский, Юго-Восточный, Вырыпаевский, Свияжский, Волжанин. Последний из них, созданный в 1950 г., до сих пор рассматривается как эталон устойчивости к засухе и ряду вирусных болезней. В 1958 г. был создан сорт Любимец, отличающийся стабильной урожайностью.

Одновременно ученые формировали новые подходы к семеноводству картофеля с целью повышения качества посадочного материала. Для этого была разработана научно-обоснованная система семеноводства и сортообновления с использованием передового на тот период метода капельной серодиагностики, позволяющего выявлять зараженные вирусами растения. В результате в 1967 г. впервые в СССР было переведено на безвирусную основу элитное семеноводство сорта Лорх. Кроме того, были начаты исследования по оздоровлению сортов картофеля методом меристемы, налажено производство диагностических сывороток к основным видам возбудителей бактериозов.

В 1960-е гг. особое внимание получила тема защиты растений. Ученые созданного в 1961 г. отдела защиты обеспечили сельское хозяйство страны технологиями применения новых химических и биологических средств защиты растений.

Периодом освоения инновационных практик исследования культуры картофеля на основе методов биотехнологии и клеточной инженерии стали 1970–1980-е гг. Ученые института изучили закономерности клональной изменчивости в культуре *in vitro*, ДНК-маркирование, сформулировали принципы поддержания гарантированно высокого качества семенного картофеля в первичном семеноводстве.

Коллектив ФГБНУ ВНИИКХ (2015 г.).

Распад СССР, формирование новой государственности и становление рыночной социально-экономической системы затронуло и институт. Значительное сокращение научных исследований обернулось необходимостью сворачивания многих перспективных направлений, снижением кадрового потенциала, разрывом плодотворных научных и производственных связей. Вместе с тем, даже в этот сложный период учреждение продолжало свою деятельность. Несомненный успех того периода – создание сорта Жуковский ранний. Внесенный в Реестр селекционных достижений в 1993 г., он до сих пор остается одним из наиболее популярных и востребованных сортов отечественной селекции. Однако главным достижением стало сохранение научного коллектива и традиций, что позволило в 2000-е гг. инициировать важнейший для отечественного картофелеводства проект – создание Банка здоровых сортов картофеля, базирующегося на коллекции сортов картофеля селекции института, свободной от вирусных и бактериальных инфекций,

В основу Банка здоровых сортов картофеля были положены принципы выращивания безвирусного семенного картофеля, сформулированные Б. В. Анисимовым еще в конце 1970-х гг. Однако их практическая реализация стала возможной только в начале XXI века. Сегодня этот Банк служит основой безвирусного семеноводства картофеля в Российской Федерации.

В 2010-х гг. институт с успехом преодолевал возникающие трудности. Продолжавшаяся все предшествующие годы селекционная программа позволила создать действительно инновационные сорта картофеля, соответствующие, а порой и превосходящие иностранные аналоги. Это цветные, отличающиеся высоким содержанием антоцианов, сорта Фиолетовый и Северное сияние; высокоурожайный сорт Гулливер, сорт Фрителла, предназначенные для переработки на картофель фри и др. В институте была создана и аккредитована лаборатория по проведению ИФА-анализа для диагностики зараженности картофеля. Были и остаются востребованными производство микрорастений сортов селекции института, услуги по проведению грунтового контроля. В учреждении продолжаются исследования по инновационным направлениям картофелеводства, разработке систем защиты и методов хранения картофеля. Институт – координатор подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации», призванной вывести отечественное картофелеводство на принципиально иной технологический уровень.

Признанием высокой роли института в развитии российского картофелеводства и тех задач, которые перед ним стоят, стало решение Министерства образования и науки Российской Федерации о его преобразовании в Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха. Сегодня ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха – это головная организация и три филиала, более десятка лабораторий по различным направлениям отечественного сельского хозяйства, новые агротехнологии, патенты и селекционные достижения, налаженные контакты с исследовательскими центрами мирового уровня, востребованные сельхозтоваропроизводителями результаты работы. Но главное, ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха – это более 250 высокомотивированных ученых и специалистов, обладающих высокой квалификацией, готовых решать те задачи, которые ставит перед исследовательским центром время.

Жевора С. В., Аршин К. В., Гордиенко Н. Н.

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10401
УДК 635.21: 631.895:631.52

Продуктивность картофеля и показатели эффективного плодородия почвы в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепарата Фертигрейн Старт П

С. В. ЖЕВОРА, кандидат сельскохозяйственных наук, директор (e-mail: coordinazia@mail.ru)
Л. С. ФЕДОТОВА, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Н. А. ТИМОШИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
Е. В. КНЯЗЕВА, научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки влияния основного внесения минеральных удобрений и предпосадочной обработки клубней картофеля биопрепаратом Фертигрейн Старт П на продуктивность, структуру урожая и качество клубней. Работу выполняли в 2017–2019 гг. в Коломенском районе Московской области. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Схема эксперимента включала следующие варианты: без удобрений – контроль, $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$ (традиционная доза и форма удобрений в хозяйстве), $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ (эквивалентная традиционной доза с заменой хлористого калия в составе удобрения климагнезией) – фон, сочетание минерального фона с четырьмя дозами (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 л/т клубней) биопрепарата Фертигрейн Старт П. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ повышало урожайность картофеля на 2,0 т/га, или 7,8 %, по сравнению с внесением хлорсодержащего удобрения $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$. Предпосадочная обработка клубней Фертигрейн старт П (0,5...2,0 л/т) на фоне $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$, обеспечивала прибавку к фону, на уровне 1,5...3,9 т/га (5,4...13,7 %). Наибольший сбор клубней (31,4...31,6 т/га) отмечен в вариантах с предпосадочной обработкой биопрепаратом в дозах 1,5 и 2,0 л/т, в которых прибавка, по сравнению с фоном, составила 3,7...3,9 т/га, или 13,3...14,1 %. В этих же вариантах наблюдали повышение выхода семенной фракции клубней, относительно фона, на 39,6...44,0 тыс. шт./га, или 15...17 % и увеличение сбора крахмала – на 7,8...9,1 ц/га, или 25...29 %. Содержание обменного магния и подвижной серы в почве без удобрений характеризовалось как низкое: Mg – 81...108 мг/кг, S – 7...11 мг/кг. Внесение калимагнезии в составе полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$) способствовало повышению обеспеченности этими элементами до среднего уровня – соответственно 129...133 и 12...17 мг/кг.

***Ключевые слова**: картофель (Solanum tuberosum L.), калимагнезия, Фертигрейн Старт П, урожайность, выход семенной фракции клубней, сбор питательных веществ, обменный магний, подвижная сера.*

***Для цитирования:** Продуктивность картофеля и показатели эффективного плодородия почвы в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепарата Фертигрейн Старт П / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина и др. // Земледелие. 2020. № 4. С. 5–9. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10401.*

Для успешного развития картофелеводства, необходимо решение экологических проблем, связанных с применением агрохимикатов и пестицидов, которое заключается в правильном выборе форм (видов) удобрений, средств защиты растений и оптимизации их доз, а не в отказе или минимальном применении. Именно рациональные дозы удобрений, химическая и биологическая мелиорация в совокупности с оптимальной агротехникой и севооборотами, адаптированными к почвенно-климатическим условиям, обеспечивают поддержание устойчивой высокой продуктивности агроценозов картофеля. В связи с изменением климата, повсеместной деградацией пашни и экономическими санкциями, для стабильного развития отрасли картофелеводства необходимо первоочередное внимание уделять вопросам плодородия почв и применения оптимальных доз и усовершенствованных форм удобрений.

Кроме традиционных минеральных удобрений, в современной практике картофелеводства востребованы новые формы препаратов с комплексной функцией питания и регулирования процессов роста и развития [1]. Увеличивается интерес к препаратам на основе аминокислот, который обусловлен следующими причинами: аминокислоты – строительный материал для белков; аминокислоты и соли на их основе обладают самыми малыми размерами среди прочих агентов, что обеспечивает максимальную скорость поглощения питательных веществ; полностью отсутствует фитотоксичность; аминокислоты участвуют в регуляции основных физиологических процессов [2, 3, 4].

Цель исследований – выявить влияние основного внесения минеральных удобрений и предпосадочной обработки клубней различными дозами биопрепарата Фертигрейн Старт П на продуктивность, структуру урожая и качество клубней картофеля.

Эксперименты выполняли в 2017–2019 гг. в КФХ «Ягудин Н.В.» Коломенского района Московской области. Материалом для исследования служил ранний сорт картофеля Джувел.

Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений; $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$ – традиционная доза и форма удобрений в хозяйстве; $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ (эквивалентная традиционной доза с заменой хлористого калия в составе удобрения климагнезией) – фон; фон + Фертигрейн Старт П в дозах 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 л/т клубней.

Площадь делянки – 48 м^2, повторность 3-х кратная. Срок посадки – первая декада мая; уборки – середина августа. Уход за посадками – общепринятый для зоны возделывания.

Обработку семенных клубней биоперпаратом Фертигрейн Старт П (органоминеральное удобрение на основе морских водорослей, органическое вещество – 30,0 %,

1. Урожайность картофеля в зависимости от применения минеральных удобрений и препарата Фертигрейн плюс Старт П

Вариант	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Без удобрений	18,1	15,3	20,6	18,0
$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	29,3	19,9	27,8	25,7
$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ – фон	30,8	21,0	31,3	27,7
Фон + Старт П 0,5 л/т клубней	29,3	22,4	30,9	27,5
Фон + Старт П 1,0 л/т клубней	32,5	23,1	33,0	29,5
Фон + Старт П 1,5 л/т клубней	35,9	23,7	34,7	31,4
Фон + Старт П 2,0 л/т клубней	36,0	23,6	35,1	31,6
$НСР_{05}$	1,5	1,2	1,9	

общий азот – 3,0 %, цинк – 1,0 %, свободные L-аминокислоты – 6,5 %) осуществляли за 2...4 дня до посадки. Удобрение в дозе $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$ готовили смешиванием 173 кг аммофоса (N – 10 % и P_2O_5 – 52 %), 215 кг аммиачной селитры (N – 34 %), 237 кг калия хлористого (K_2O – 57 % и Cl – 43 %); $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ – 173 кг аммофоса, 215 кг аммиачной селитры, 422 кг калимагнезии (K_2O – 32 %, MgO – 12,5 %, S – 20,5 %).

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса 1,90...1,93 %, подвижного фосфора и калия (по ГОСТ Р 54650-2011) – среднее (128...140 мг/кг почвы) и ниже среднего (115...139 мг/кг почвы).

Средняя температура воздуха за вегетацию в 2017 г. составила 16,2 °С, осадков за вегетационный период выпало 378,4 мм, или 145,3 % от нормы. Сумма эффективных температур выше 10 °С (СЭТ) была равна 1833,4 °С, что ниже климатической нормы, гидротермический коэффициент (ГТК) – 2,05 (влажный год). За май–август 2018 г. средняя температура воздуха достигала 18,7 °С при норме 16,5 °С. Всего осадков за вегетационный период выпало 205,9 мм, или 79,04 % от нормы, СЭТ – 2318 °С, ГТК – 0,89 (засушливые условия). В 2019 г. средняя температура воздуха за вегетацию картофеля составила 17,4 °С, осадков выпало 292,3 мм, или 112,2 % от нормы, но июнь был крайне засушливым, СЭТ – 2126,18 °С, ГТК – 1,39 (влажный год).

Учет урожая осуществляли по методике ФГБНУ ВНИИКХ [5]; структуру урожая определяли по ГОСТ Р 55329-2012; содержание P_2O_5 и K_2O в почве – по ГОСТ Р 54650-2011; MgO – по ГОСТ 26487-85; S (подвижная сера) – по ГОСТ 26490-85; $N\text{-}NO_3$ – по ГОСТ Р 53219-2008 (ИСО 14255 : 1998), содержание крахмал в клубнях – по удельной массе (ГОСТ 7194-81); витамин С – по И. К. Мурри; нитраты – ионоселективным методом (ГОСТ 26951-86), редуцирующие сахара – по методу Самнера. Статистическую обработку результатов исследования проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (М., 1985).

В Российской Федерации на долю почв с кислой реакцией среды (pH менее 4,5 ед.) приходится 30 % [6, 7]. Им свойственны недостаток азота, низкое содержание фосфора и калия, а также дефицит гумуса, который отмечают на 50 % площадей [8, 9] и недостаток серы – на 76,7 % площадей [10, 11]. Поэтому для получения устойчивых рентабельных урожаев картофеля необходимо применение удобрений.

Комплексный показатель, отражающий эффективность действия изучаемых агрохимикатов, – продуктивность. Средняя урожайность в нашем опыте в варианте без удобрений составила 18,0 т/га, что свидетельствует о высокой окультуренности почвы. Внесение традиционных минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$, по сравнению с контролем, привело к ее росту на 7,7 т/га, или 42,8 % (табл. 1).

В варианте с калийно-магниевым питанием $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ отмечали увеличение сбора клубней, по отношению к предыдущему варианту, на 2,0 т/га, или 7,8 %. Из чего можно предположить, что ограничивающими факторами роста урожайности были недостаточное содержание обменного магния и подвижной серы в почве. На исключительную важность магния в питании картофеля указывают многие авторы [12, 13, 14].

Результаты исследований, проведенные ранее на дерново-подзолистой почве, свидетельствуют, что некорневые обработки вегетирующих растений органоминеральными препаратами на основе L-аминокислот повышают продуктивность картофеля, выход семенной фракции клубней и сбор крахмала с единицы площади, улучшают потребительские качества. Кроме того, препараты на основе L-аминокислот выполняют антистрессовую и иммуностимулирующую функцию, повышая сопротивляемость болезням, и снижают негативное воздействие гербицидов [4, 15, 16].

Потенциальные возможности раннего сорта Джувел наилучшим образом были реализованы в вариантах с применением органоминерального препарата с комплексной функцией питания и регулирования роста. С увеличением доз препарата Фертигрейн Старт П при обработке клубней на фоне полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$) урожайность и товарность картофеля возрастали. Прибавка урожайности, по сравнению с фоном, в вариантах с Фертигрейн Старт П составила 1,8...3,9 т/га, или 6,5...14,1 %. Минимальная в опыте доза препарата (0,5 л/т) не оказала значительного влияния на продуктивность картофеля, а максимальная (2,0 л/т) – обеспечила прибавку на уровне дозы 1,5 л/т.

Самая высокая урожайность (31,4...31,6 т/га) сформировалась в вариантах с Фертигрейн Старт П в до-

2. Влияние минеральных удобрений и препарата Фертигрейн Старт П на структуру урожая (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Сбор клубней с 15 растений, кг				Фракционный состав (по массе клубня), %			Количество клубней, шт./растение		
	всего	> 60 мм	30...60 мм	<30 мм	> 60 мм	30...60 мм	< 30 мм	всего	> 60 мм	30...60 мм
Без удобрений	6,140	0,210	4,870	1,060	3,4	79,3	17,3	7,4	0,1	4,6
$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	8,770	0,760	7,030	0,880	8,7	80,1	11,2	8,3	0,3	5,9
$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ – фон	9,450	0,930	7,890	0,630	9,8	83,5	6,7	8,7	0,3	6,4
Фон + Старт П 0,5 л/т клубней	9,390	0,900	7,900	0,590	9,6	84,1	6,3	8,8	0,3	6,6
Фон + Старт П 1,0 л/т клубней	10,068	1,100	8,348	0,620	10,9	82,9	6,2	9,1	0,4	6,9
Фон + Старт П 1,5 л/т клубней	10,720	1,270	8,960	0,490	11,8	83,6	4,6	9,5	0,5	7,3
Фон + Старт П 2,0 л/т клубней	10,800	1,230	9,100	0,470	11,4	84,3	4,3	9,5	0,5	7,4
$НСР_{05}$	0,560	0,190	0,370	–	–	–	–	1,2	0,2	0,9

3. Влияние минеральных удобрений и препарата Фертигрейн Старт П на выход семенной фракции и массу семенного клубня (среднее за 2017–2019 гг.)
Удалила столбец

Вариант	Фракция клубней (30...60 мм), тыс. шт./га	Масса семенного клубня, г
Без удобрений	202,4	70
$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	259,6	80
$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ – фон	281,6	82
Фон + Старт П 0,5 л/т клубней	290,4	80
Фон + Старт П 1,0 л/т клубней	303,6	80
Фон + Старт П 1,5 л/т клубней	321,2	81
Фон + Старт П 2,0 л/т клубней	325,6	82
$НСР_{05}$	39,6	2

зах 1,5 и 2,0 л/т клубней. Прибавка, по сравнению с фоном $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$, составила 13,3...14,1 %.

Внесение минеральных удобрений и предпосадочная обработка клубней органоминеральным препаратом в различных дозах способствовали накоплению массы и количества клубней крупной (> 60 мм) и средней (30...60 мм) фракции (табл. 2). Так, в варианте с $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$, по сравнению с контролем без удобрений, доля крупной фракции (средняя масса клубня 190 г) увеличилась на 5,3 %, средней – на 0,8 %, с $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ – на 6,4 и 4,2 % соответственно. Общее количество клубней в варианте с калиймагнезией возросло, по сравнению с контролем, на 1,3 шт./раст., средних (масса 82 г) – на 1,8 шт./раст., крупных (масса клубня 186 г) – на 0,2 шт./раст.

В вариантах с предпосевной обработкой клубней органоминеральным препаратом в концентрации 1,5 и 2,0 л/т отмечали значительное увеличение массы клубней средней фракции (30...60 мм) при одновременном росте их количества, по сравнению с фоном, на 0,9...1,0 шт./раст.

Применение высоких доз биопрепарата (1,5 и 2,0 л/т) в сочетании с $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ привело к наибольшему увеличению количественного выхода клубней картофеля средней фракции, по сравнению с фоном, на 39,6...44,0 тыс. шт./га, или 15,2...16,9 % (табл. 3).

В целом применение препарата Фертигрейн Старт П в дозах 1,5 и 2,0 л/т на фоне $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ способствовало увеличению общей товарности урожая до 95,4...95,7 %, против 93,3 % в варианте с $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ и 88,8 % – при использовании хлористого калия ($N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$).

Влияние удобрений на качество клубней картофеля в значительной степени определяют метеоусловия вегетационного периода, биологические особенности сорта, механический состав почвы, дозы и формы удобрений, технология возделывания и другие факторы [17, 18, 19].

4. Биохимические показатели качества клубней картофеля сорта Джувел под влиянием минеральных удобрений и препарата Фертигрейн Старт П (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Крахмал, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг клубней	Редуцирующие сахара, %
Без удобрений	13,3	27,1	102	0,23
$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	11,9	26,4	185	0,61
$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ – фон	12,3	25,8	170	0,42
Фон + Старт П 0,5 л/т клубней	12,7	25,9	163	0,43
Фон + Старт П 1,0 л/т клубней	12,8	26,5	154	0,37
Фон + Старт П 1,5 л/т клубней	13,2	26,1	149	0,35
Фон + Старт П 2,0 л/т клубней	13,5	26,7	152	0,35
$НСР_{05}$	0,7	1,2	15	0,06

Внесение минеральных удобрений с хлором ($N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$) способствовало увеличению средней массы продовольственного клубня, по сравнению с контролем, до 190 г (в 2 раза), при этом содержание полезных компонентов снизилось (табл. 4). В варианте с $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ качество продукции было выше, чем при использовании хлорсодержащих удобрений.

Это объясняется различным действием хлора и серы на темпы прироста массы клубней картофеля, который при внесении хлорсодержащих удобрений менее интенсивен. Магний- и серусодержащие NPK-удобрения растения использовали более эффективно в первой половине вегетации, к уборке темпы прироста массы клубней заметно снижались, что обеспечивало лучшее вызревание и накопление питательных компонентов [20].

Предпосадочная обработка Фертигрейн Старт П во всех дозировках способствовала увеличению крахмалистости клубней, по сравнению с фоном. В вариантах с самыми высокими дозами препарата (1,5 и 2,0 л/т) она увеличивалась на 0,9...1,2 %. Также наблюдали тенденцию к росту содержания витамина С, при значительном снижении концентрации нитратов (на 18...21 мг/кг) и редуцирующих сахаров (на 0,07 %), что свидетельствует о стабилизации физиологических процессов, происходящих в клубнях, ко времени уборки.

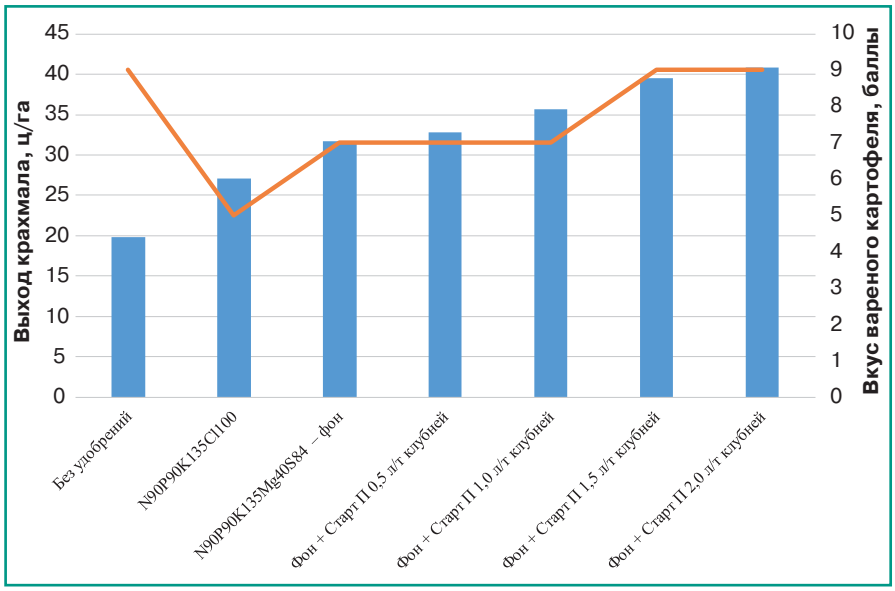


Рисунок. *Выход крахмала и вкус вареного картофеля (среднее за 2017–2019 гг.): $НСР_{05\ выход\ крахмала}$ = 3,0, $НСР_{05\ вкус}$ = 0,5: ■ – выход крахмала, ц/га; ▬ – вкус вареного картофеля, баллы.*

5. Содержание доступных элементов минерального питания в пахотном слое (0…20 см) дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы во время уборки картофеля (август), мг/кг

Год	Вариант	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	MgO	S
2017	без удобрений	15	115	115	103	10
	$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	33	123	129	111	10
	$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{40}S_{84}$	40	127	153	129	15
$НСР_{05}$		6	8	12	6	4
2018	без удобрений	10	76	91	81	7
	$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	15	89	117	75	7
	$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{40}S_{84}$	15	90	136	129	12
$НСР_{05}$		7	9	10	9	5
2019	без удобрений	11	128	139	108	11
	$N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$	28	143	185	116	12
	$N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{40}S_{84}$	32	150	191	133	17
$НСР_{05}$		5	12	13	8	4

За годы исследований допустимый уровень нитратов в продукции (ПДК=250 мг/кг сырых клубней) не был превышен. Внесение минеральных удобрений приводило к росту их содержания, по сравнению с контролем, в 1,7…1,8 раза, а сочетание фона с повышенными дозами Фертигрейн Старт П (1,5 и 2,0 л/т) способствовало снижению величины этого показателя.

Как известно, высокое содержание редуцирующих сахаров может указывать на незавершенность физиологического вызревания клубней; у некоторых сортов при резких сменах температурного режима (например, когда длительная жара и засуха сменяется похолоданием и дождями) в пуповинной части клубня оно возрастает до 7…8 % [21]. В нашем эксперименте хлорсодержащие минеральные удобрения ($N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$) повышали концентрацию сахаров, по сравнению с контролем, в 3,0 раза, серосодержащие ($N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$) – в 2,0 раза. Наименьшую величину этого показателя за годы исследований отмечали в контроле (0,23 %), а также в вариантах, сочетающих сбалансированный минеральный фон питания ($N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$) с высокими дозами (1,5 и 2,0 л/т) изучаемого биопрепарата (0,35 %).

В результате повышения урожайности и товарности картофеля во всех вариантах с применением удобрений повышался выход питательно ценных компонентов с единицы площади, по сравнению с контролем (см. рисунок): крахмала – на 7,3…21,0 ц/га (36,9…106,1 %); витамина С – на 2,0…4,1 кг/га (50,0…102,5 %).

Применение биопрепарата в различных дозах не снижало кулинарные качества картофеля, по сравнению с минеральным фоном. Вкус варёных клубней улучшался с 5 баллов (средний) у картофеля, выращенного с использованием хлорсодержащих удобрений, до 9 баллов (отличный) в вариантах с максимальными дозами биопрепарата Фертигрейн Старт П.

В практической агрономии, цель которой заключается в производстве рентабельной продукции, основной акцент делается на управление эффективным плодородием почвы, которое, прежде всего, определяет содержание доступных питательных веществ в пахотном слое почвы. В этом плане эффективное плодородие почвы, особенно в севооборотах с пропашными культурами – быстро истощаемый ресурс, который необходимо восполнять. В нашем эксперименте рост урожайности, товарности и качества продукции картофеля в вариантах с удобрениями объясняется улучшением минерального питания растений (табл. 5).

Повышение содержания Cl^- в пахотном слое почвы в варианте $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$ иногда может приводить к уменьшению поступления NO_3^-, $H_2PO_4^-$ и других анионов в растения. Наилучшие параметры по обеспеченности нитратным азотом, фосфором, калием, магнием и серой наблюдали в варианте с $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$.

При планировании сбалансированного минерального питания картофеля следует учитывать, что такой элемент, как сера может частично реутилизироваться из состава органических соединений, а азот, фосфор, калий и магний – многократно используются и передвигаются от старых органов к молодым – растущим. Поэтому важно исправлять почвенный дефицит многократно используемых элементов питания, в нашем случае это, прежде всего, касается нитратного азота, обменного магния и подвижной серы. Содержание этих элементов в почве в контроле характеризовалось как низкое: $N\text{-}NO_3$ – 10…15 мг/кг, Mg – 81…108 мг/кг, S – 7…11 мг/кг. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению содержания $N\text{-}NO_3$ до высокого уровня (28…40 мг/кг), а использование калимагнезии в составе полного удобрения – обеспеченности обменным магнием и подвижной серой до среднего (соответственно 129…133 мг/кг и 12…17 мг/кг).

Таким образом, применение сбалансированных доз удобрений на основе пяти элементов питания ($N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$) в сочетании с предпосадочной обработкой клубней биопрепаратом Фертигрейн Старт П в дозах 1,5 и 2,0 л/т на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве, способствует формированию высокой продуктивности (32 т/га), структуры урожая и качества клубней картофеля. Использование такого сочетания можно рекомендовать на посадках продовольственного и семенного картофеля с целью повышения урожайности на 5,7…5,9 т/га (22…22,9 %), увеличения выхода семенной фракции клубней на 61,6…66,0 тыс. шт./га (23,7…25,4 %), повышения товарной урожайности (на 6,6…6,9 %) и качества продукции, по сравнению с традиционными дозами и формами минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$).

Литература.

1. Response of potato's cultivation (*Solanum tuberosum* L.) to the combination of the ecological fertilizer HerbaGreen with chemical fertilizer / E. O. A. Cruz, G. G. Oramas, R. L.Gonzalez et al. // CENTRA AGRICOLA. 2017. Vol. 44. No. 1. Pp. 80–89.

2. Новый регулятор роста – Люрастим / О. А. Шаповал, В. В. Вакуленко, И. П. Можарова и др. // Плодородие. 2010. № 4. С. 10–12.

3. Савенко О. Аминокислотные удобрения «Агритекно» в технологии возделывания картофеля // Картофельная система. 2017. № 1. С. 24–27.

4. Intedhar A. M., Majeed K. A. Effect of foliar application of seaweed extract and amino acids on some vegetative and anatomical characters of two sweet pepper (*Capsicum Annuum* L.) cultivars // Internation Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS). 2015. Vol. 1. Iss. 1. P. 35–44.

5. Методика проведения агротехнических опытов, учетов и наблюдений, и анализов на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, В. И. Старовойтов и др. М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2019. 120 с.

6. Шильников И. А., Аканова Н. И., Темников В. Н. Значение известкования и потребность в известковых удобрениях // Агрохимический вестник. 2008. № 6. С. 28–31.

7. К вопросу об известковании кислых почв в России / В. П. Якушев, А. И. Осипов, Р. М. Миннулин и др. // Агрофизика. 2013. № 2 (10). С. 18–22.

8. Чекмарев П. А. Агрохимическое состояние пахотных почв ЦЧО России // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 17–20.

9. Чекмарев П. А., Купреев Е. М., Ермаков А. А. К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 7. С. 14–19.

10. Аристархов А. Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агросистемах. М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. 524 с.

11. Аристархов А. Н. Оптимизация режима серы в современных агроэкосистемах // Плодородие. 2001. № 3. С. 25–29.

12. Klein L.B., Chandra S., Mondy N. I. Effect of magnesium fertilization on the quality of potatoes: total nitrogen, nonprotein nitrogen, protein, amino acids, minerals and firmness // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1982. Vol. 30. No. 4. Pp. 754–757.

13. Loide V. Application of Dolostone Powder as Industrial Residual on Magnesium Deficient Arable Soils in Estonia / V. Loide, R. Kõlli, E. Reintam // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2010. Vol. 41. No. 2. Pp. 207–218.

14. The Importance of Nutrient Management for Potato Production. Part I: Plant Nutrition fand Yield / M. Koch, M. Naumann, E. Pawerzik et al. // Potato Research. 2020. Vol. 63. Part I. No. 1. Pp. 97–119. doi: 10.1007/s11540-019-09431-2.

15. Эффективность агрохимиката агровин на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева и др. // Картофель и овощи. 2018. № 4. С. 23–26.

16. Влияние комплексных микроудобрений на основе L – α аминокислот на продуктивность картофеля / С. В. Жевора, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева и др. // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: сборник трудов Международной дистанционной научно-практической конференции. Челябинск: ФГБНУ ЮУНИИСК, 2018. С. 383–391.

17. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / А. В. Коршунов, Е. А. Симаков, Ю. Н. Лысенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12–20.

18. Mansvelt J. D. Historic and actual awareness of soil fertility in agriculture: Russia – Western Europe – Usa: draft of a survey // Успехи современной науки. 2017. № 9. Т. 2. С. 40–50.

19. Удобрение как фактор управления продуктивностью картофеля в современных агроэкологических условиях / Л. С. Федотова, А. В. Кравченко, Н. А. Тимошина и др. // Нива Татарстана. 2011. № 1-2. С. 52–54.

20. Докшин Я. В., Федотова Л. С. Плодородие почвы, урожайность и качество картофеля в зависимости от форм, доз и способов применения калийных удобрений в условиях Центрального региона России // Земледелие. 2015. № 7. С. 28–31.

21. Колядко И. И. Бульба белорусская: энциклопедия / под общ. ред. И.И. Колядко. Минск: Беларус. энцыклапедыя імя П. Броукі, 2008. С. 105–122.

Potato productivity and indicators of effective soil fertility depending on the use of mineral fertilizers and Fertigrain Start P biological preparation

S. V. Zhevora, L. S. Fedotova, N. A. Timoshina, E. V. Knyazeva
Lorkh Federal Research Center on Potato, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to assess the effect of the main application of mineral fertilizers and pre-planting treatment of potato tubers with Fertigrain Start P biological product on the productivity, yield structure and quality of tubers. The work was carried out in 2017–2019 in the Kolomensky district of the Moscow region. The soil was sod-podzolic medium loamy. The experimental design included the following options: without fertilizers (the control); N90P90K135Cl100 (traditional dose and form of fertilizers at the farm); N90P90K135Mg53S87 (the dose equivalent to the traditional one with the replacement of potassium chloride as part of the fertilizer by potassium magnesia) – the background; combinations of the mineral background with four doses (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 L/t of tubers) of Fertigrain Start P. The use of mineral fertilizers in the dose of N90P90K135Mg53S87 increased the yield of potato by 2.0 t/ha, or by 7.8%, compared with the application of chlorinated fertilizer N90P90K135Cl100. Preplanting treatment of tubers with Fertigrain Start P (0.5– 2.0 L/t) against the background of N90P90K135-Mg53S87 provided an increase at the level of 1.5–3.9 t/ha (5.4–13.7%) in addition to the background option. The largest harvest of tubers (31.4–31.6 t/ha) was noted in the variants with preplant treatment with a biological product in the doses of 1.5 and 2.0 L/t, in which the increase, compared to the background, was 3.7–3.9 t/ha, or 13.3–14.1%. In the same variants, the seed fraction of tubers increased, relative to the background, by 39.6–44.0 thousand units/ha, or by 15–17% and starch harvest rose by 0.78–0.91 t/ha, or by 25–29%. The content of exchangeable magnesium and mobile sulphur in the soil without fertilizers was characterized as low: Mg – 81–108 mg/kg, S – 7–11 mg/kg. The application of potassium magnesia as a part of full mineral fertilizer (N90P90K135Mg53S87) contributed to an increase in the provision with these elements to an average level of 129–133 mg/kg and 12–17 mg/kg, respectively*

Keywords: *potato (Solanum tuberosum L.); potassium magnesia; Fertigrain Start P; yield; output of seed tubers; nutrient collection; exchangeable magnesium; mobile sulphur.*

Author details: *S. V. Zhevora, Cand. Sc. (Agr.), director (e-mail: coordinazia@mail.ru); L. S. Fedotova, D. Sc. (Agr.), chief research fellow; N. A. Timoshina, Cand. Sc. (Agr.), head of laboratory; E. V. Knyazeva, research fellow.*

For citation: *Zhevora SV, Fedotova LS, Timoshina NA, et al. [Potato productivity and indicators of effective soil fertility depending on the use of mineral fertilizers and Fertigrain Start P biological preparation]. Zemledelie. 2020;(4):5-9. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10401.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10402
УДК 635.21:631.543.2

Эффективность применения комплекса агроприемов при выращивании нового сорта картофеля Гранд

А. Э. ШАБАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом (e-mail: coordinazia@mail.ru)
А. И. КИСЕЛЕВ кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Исследования проводили с целью определения оптимальных сроков посадки и приемов внесения минеральных удобрений при выращивании нового среднеспелого сорта картофеля Гранд. **Выбор агроприемов** *обусловлен необходимостью ускорения появления всходов, дальнейшего роста, развития растений и бесперебойного их питания в течение всей вегетации путем ранней посадки и дробного внесения минеральных удобрений для формирования высокого урожая хорошего качества. Эксперименты проводили в 2018–2019 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве в Московской области. В двухфакторном опыте изучали следующие варианты: сроки посадки (фактор А) – ранний (3-я декада апреля); обычный (через 7...10 дней после первого срока); приемы внесения минеральных удобрений (фактор В) – единовременное основное ($N_{90}P_{90}K_{135}$ при нарезке гребней); дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ при нарезке гребней + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку при междурядной обработке через 7...10 дней после всходов); дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ при нарезке гребней + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку через 7...10 дней после всходов + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку при междурядной обработке в фазе бутонизации). Посадка в первый срок ускоряла, относительно ее проведения в обычные сроки, появление всходов на 4...7 дней и наступление фаз бутонизации и цветения растений на 4...6 дней. В варианте с посадкой клубней в 1-й срок и дробным ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$) внесением удобрений масса ботвы и площадь ассимиляционной поверхности листьев возрастали в среднем за 2 года на 3,5 т/га и 4,3 тыс. м²/га соответственно, урожайность клубней – на 3,8 т/га, или 12,1 %, в сравнении с обычным сроком посадки и единовременным внесением минеральных удобрений. Условно-чистый доход при этом увеличивался на 37 тыс. руб./га.*

Ключевые слова: *картофель (solanum tuberosum L.), урожайность, срок посадки, минеральные удобрения, прием внесения, показатели качества, доход.*

Для цитирования: *Шабанов А. Э., Киселев А. И. Эффективность применения комплекса агроприемов при выращивании нового сорта картофеля Гранд // Земледелие. 2020. № 4. С. 9–12. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10402.*

В комплексе агротехнических мероприятий по созданию оптимальных условий выращивания и достижения стабильно высоких урожаев картофеля важную роль играют срок посадки, удобрения и многие другие факторы. Один из эффективных агроприемов, повышающих сбор и качество клубней без дополнительных материальных затрат, – правильно выбранный срок посадки с учетом биологических особенностей возделываемого сорта, качества посадочного материала, гранулометрического состава, температуры почвы и др. [1, 2].

Еще один элемент технологии, оказывающий значительное влияние на урожайность и качество картофеля, – научно обоснованная система применения минеральных удобрений. Отдача от них зависит не только от дозы и соотношения между основными элементами питания, но и от способов и сроков внесения. При этом, как правило, также необходимо учитывать биологические особенности сорта, цели выращивания, почвенно-климатические условия и другие агроприемы [3, 4].

Влияние этих факторов на урожайность и показатели качества хорошо известно. Однако сведений об их совместной эффективности в зависимости от биологических особенностей новых сортов не достаточно.

Цель исследований – определить оптимальные сроки посадки и приемы внесения минеральных удобрений при выращивании нового среднеспелого сорта картофеля Гранд**.**

Выбор агроприемов обусловлен необходимостью ускорения появления всходов, дальнейшего развития растений и формирования высокого урожая клубней хорошего качества до наступления неблагоприятных метеорологических условий, а также обеспечения бесперебойного питания в течение всей вегетации, поскольку на супесчаных почвах происходит вымывание подвижных форм минеральных элементов в недоступные для корневой системы растений слои.

Опыты проводили в 2018–2019 гг. на экспериментальной базе «Коренево» ВНИИКХ (Московская область) на дерново-подзолистой почве с низким (1,8…1,9 %) содержанием гумуса, высокой обеспеченностью (по Кирсанову) подвижным фосфором (269…278 мг/кг почвы) и средней – калием (128…130 мг/кг почвы).

В двухфакторном полевом опыте изучали следующие варианты: сроки посадки (фактор А) – ранний (3-я декада апреля); обычный (через 7…10 дней после первого срока); приемы внесения минеральных удобрений (фактор В) – единовременное основное ($N_{90}P_{90}K_{135}$ при нарезке гребней); дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ в основное + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку при междурядной обработке через 7…10 дней после всходов); дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ в основное + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку через 7…10 дней после всходов + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку при междурядной обработке в фазе бутонизации).

Клубни массой 50…80 г высаживали 27 апреля, когда почва гарантировано прогревалась до +5 °С (ранний срок), и 4…6 мая (обычный срок) сажалкой СН-4Б-К на глубину 8…10 см. Густота посадки – 44 тыс. клубней/га по схеме 75 см × 30 см. Уход за посадками – общепринятый в зоне. Минеральные удобрения (азофоска с добавлением калимагнезии) вносили локально двумя лентами культиватором КРН-4,2 с туковысевающими аппаратами. Повторность в опыте 3-кратная, площадь делянки – 30 м².

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований различались, что повлияло на рост, развитие, продуктивность растений и качество клубней. Май 2018 г. был теплее на 3,4 °С при осадках в пределах нормы. Во второй половине июня установилась жаркая и очень сухая погода, осадков выпало в 2 раза меньше среднемноголетней суммы. Июль выдался жарким и влажным, температура воздуха составила 20,4 °С при норме 19,3 °С, сумма осадков – 87,2 мм при норме 79,3 мм. Август был жарким и сухим. Температура превышала среднемноголетнюю на 2,6 °С, а сумма осадков был в 2 раза ниже нормы. $ГТК_{2018}$ = 0,89.

Вегетационный период 2019 г. характеризовался неравномерным выпадением осадков. Засуха в июне сменилась избыточным увлажнением и похолоданием в июле. Температура была на 2,4 °С ниже, а сумма осадков в 1,5 раза выше нормы. Погода в августе выдалась теплой и влажной. Температура воздуха и сумма выпавших осадков были близки к норме. $ГТК_{2019}$ = 1,39.

Фенологические наблюдения, определение биометрических параметров растений и показателей качества клубней проводили по общепринятым методикам [5, 6, 7]. Оценку экономической эффективности выращивания и статистическую обработку показателей урожайности и качества клубней проводили по действующим методикам [7, 8].

При определении экономической эффективности возделывания сорта Гранд в зависимости от изучаемых агроприемов учитывали все затраты, связанные с производством картофеля. Товарный урожай оценивали по 10 руб./кг, а нестандартный картофель по 3 руб./кг.

Посадка в первый срок ускоряла, относительно ее проведения в обычные сроки, появление всходов на 4…7 дней и наступление фаз бутонизации и цветения растений на 4…6 дней. Незначительную разницу между сроками посадки по времени прохождения фаз развития (4 дня) отмечали в 2018 г. из-за похолодания в конце апреля – начале мая.

Сроки посадки картофеля в среднем за 2 года не оказывали заметного влияния на высоту растений, количество стеблей в кусте, массу ботвы и площадь листовой поверхности. В вариантах с дробным внесением удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$ при нарезке гребней + $N_{30}P_{30}K_{45}$ через 7…10 дней после всходов) масса ботвы и площадь листьев увеличивались, в сравнении с единовременным внесением полной дозы удобрений, в зависимости от срока посадки соответственно на 2,8…3,2 т/га и 3,0…3,8 тыс. м²/га. Лучшие в опыте биометрические показатели растений отмечены при ранней посадке и дроб-

1. Урожайность клубней в зависимости от срока посадки и приема внесения минеральных удобрений

Прием внесения удобрений	Урожайность, т/га			Прибавка	
	2018 г.	2019 г.	средняя	от срока посадки	от приема внесения
1-й срок посадки					
Единовременное ($N_{90}P_{90}K_{135}$)	25,5	40,5	33,0	+1,5	–
Дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	27,7	42,9	35,3	+1,7	+2,3
Дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	24,4	39,6	32,0	+0,8	-1,0
2-й срок посадки					
Единовременное ($N_{90}P_{90}K_{135}$)	24,3	38,7	31,5	–	–
Дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	26,3	40,9	33,6	–	+2,1
Дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	23,8	38,5	31,2	–	-0,3
$НСР_{05}$, т/га для частных различий	1,4	1,3			
Влияние факторов, %				19	62

2. Показатели качества клубней в зависимости от срока посадки и приема внесения минеральных удобрений (среднее за 2018–2019 гг.)

Прием внесения удобрений	Товарность, %	Содержание				
		крахмала, %	сухого вещества, %	витамина С, мг/%	белка, %	нитратов, мг/кг
1-й срок посадки						
Единовременное ($N_{90}P_{90}K_{135}$)	87	17,7	23,5	15,6	1,1	108
Дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	87	17,4	23,1	16,9	1,2	145
Дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	85	17,0	22,7	17,4	1,1	138
2-й срок посадки						
Единовременное ($N_{90}P_{90}K_{135}$)	86	17,6	23,5	17,3	1,1	121
Дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	84	17,5	23,3	18,0	1,3	160
Дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	82	17,1	22,8	18,6	1,2	137
$НСР_{05}$ для частных различий	2	0,3	0,4	0,6	0,2	7

ном внесении удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$) – масса ботвы и площадь листовой поверхности растений были выше на 3,5 т/га и 4,3 тыс. м^2/га, чем при 2-ом сроке посадки и единовременном использовании $N_{90}P_{90}K_{135}$. Отмеченные преимущества способствовали формированию более высокой урожайности в этом варианте (табл. 1).

Установлено, что при посадке клубней в ранний срок происходило достоверное повышение урожайности в среднем за 2 года на 1,5…1,7 т/га, или на 4,8…5,1 %, в сравнении со 2-м сроком. Это, по нашему мнению, связано с увеличением продолжительности периода вегетации растений на 8…10 дней. Статистическая обработка данных показала, что на влияние срока посадки в целом приходилось 19 % от действия всех факторов в опыте. Благоприятные метеоусловия в июле–августе 2019 г. (умеренная температура воздуха и достаточная увлажненность почвы) способствовали формированию более высокого урожая клубней, в сравнение с 2018 г. Разница в среднем по вариантам опыта составляла 14,9 т/га, или 58,9 %.

По результатам оценки приемов внесения удобрений наиболее эффективным оказалось дробное применение ($N_{60}P_{60}K_{90}$ при нарезке гребней + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в качестве подкормки через 7…10 дней после всходов). Прибавка урожая, в сравнении с единовременным внесением полной дозы, в среднем за 2 года в зависимости от срока посадки составила 2,1…2,3 т/га, или 6,7…7,0 %. Вклад этого фактора в варьирование урожайности картофеля был равен 62 % от действия всех факторов в опыте.

Сочетание ранней посадки картофеля и дробного использования удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$) обеспечивало формирование прибавки урожая, в сравнении с обычным сроком посадки и единовременным внесением полной дозы удобрений ($N_{90}P_{90}K_{135}$), в размере 3,8 т/га, или 12,1 %.

При ранней посадке товарность урожая в среднем за 2 года была на 1…3 % выше, чем при обычном сроке (табл. 2). Дробное применение минеральных удобрений при первом сроке посадки не влияло на величину этого показателя, а при втором приводило к его снижению на 2…4 %, в сравнении с единовременным внесением полной дозы.

Заметных различий по содержанию крахмала, сухого вещества и белка в клубнях в зависимости от срока посадки не выявлено. Отмечена тенденция к увеличению концентрации витамина С и нитратов в клубнях при втором сроке посадки на 1,1…1,7 мг/% и 13…15 мг/кг соответственно. В клубнях, выращенных в вариантах с дробным внесением удобрений, содержание крахмала и сухого вещества снижалось, по отношению к величинам этих показателей при единовременном применении, в зависимости от срока посадки на 0,1…0,8 %, а витамина С, белка и нитратов – увеличилось соответственно на 0,7…1,8 мг/%; 0,1…0,2 % и 30…39 мг/кг.

3. Экономическая эффективность агроприемов выращивания картофеля, среднее за 2018–2019 гг.

Внесение удобрений	Стоимость урожая, тыс. руб./га	Себестоимость, руб./кг	Условный доход, тыс. руб./га
1-й срок посадки			
Единовременное ($N_{90}P_{90}K_{135}$)	303	4,8	152
Дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	322	4,5	171
Дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	289	5,0	138
2-й срок посадки			
Единовременное ($N_{90}P_{90}K_{135}$)	285	5,1	134
Дробное ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	306	4,7	155
Дробное с двукратной подкормкой ($N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$)	275	5,0	124

Результаты расчетов свидетельствуют, что в вариантах опыта с ранней посадкой клубней условный доход в среднем за 2 года увеличивался, в сравнении с посадкой в обычные сроки, на 14…18 тыс. руб., а при дробном внесении удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}P_{30}K_{45}$), по сравнении с единовременным применении полной дозы $N_{90}P_{90}K_{135}$, – на 19…21 тыс. руб./га в зависимости от срока посадки. Дробное использование удобрений при раннем сроке посадки картофеля, в сравнении с единовременным внесением полной дозы и обычным сроком посадки, повышало условно чистый доход на 37 тыс. руб./га и снижало себестоимость урожая на 0,6 руб./кг.

Таким образом, ранняя посадка (3-я декада апреля при температуре почвы не ниже +5 °С) клубней в сочетании с дробным внесением удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$ в основное при нарезке гребней + $N_{30}P_{30}K_{45}$ в подкормку при междурядной обработке через 7…10 дней после всходов) приводила к сдвижению календарных сроков развития растений на 4…7 дней, увеличению массы ботвы в среднем за 2 года на 3,5 т/га и площади ассимиляционной поверхности листьев – на 4,3 тыс. м^2/га. Сочетание этих агроприемов обеспечивало формирование прибавки урожая в размере 3,8 т/га, или 12,1 %, повышение суммы условно-чистого дохода на 37 тыс. руб./га и снижение себестоимости клубней на 0,6 руб./кг, в сравнении с единовременным внесением всей дозы удобрений и посадкой в обычные сроки.

Литература.

1. Дмитриева З. А. Оптимальные сроки посадки // Картофель и овощи. 1985. № 2. С. 15–17.

2. Эффективность раздельного и комплексного применения агроприемов при выращивании картофеля / А. Э. Шабанов, А. И. Киселев, С. Н. Зебрин и др. // Земледелие. 2016. № 1. С. 38–40.

3. Коршунов А. В., Федотова Л. С. Дозы, сроки и способы внесения минеральных удобрений // Картофель России. Т. 2. / Под ред. А. В. Коршунова. М: ООО «Редакция журнала: «Достижения науки и техники АПК», 2003. С. 142–154.

4. Эффективные агроприемы на картофеле / А. Э. Шабанов, А. И. Киселев, С. Н. Зебрин и др. // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 27–28.

5. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова,. В. И. Старовойов и др. М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2019. 120 с.

6. Кирюхин В. П. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М.: НИИКХ, 1989. 142 с.

7. Полунин Г. А. и др. Методические рекомендации по определению годового экономического эффекта от использова-

ния НИР и ОКР в АПК. М.: АНО «НИЦПО», 2007. 32 с.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / 5 изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 336с.

Efficiency of a complex of agricultural methods in growing potato *Grand*

A. E. Shabanov, A. I. Kiselev
A. G. Lorkh Russian Potato Research Center, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to determine the optimal planting dates and methods of applying mineral fertilizers when growing a new mid-season potato Grand. The choice of agricultural methods is conditioned by the need to accelerate the emergence of seedlings, further growth, development of plants and their uninterrupted nutrition throughout the growing season by early planting and fractional application of mineral fertilizers to form a high-quality crop. The experiments were carried out in 2018–2019 in sod-podzolic sabulous soil in the Moscow region. In a two-factor experiment, the planting dates (factor A) and methods of applying mineral fertilizers (factor B) were studied. Planting dates were early (the 3rd decade of April) and usual (in 7–10 days after the first date). We studied three variants of fertilizer use: single main application (N90P90K135 when cutting ridges); fractional application (N60P60K90 when cutting ridges + N30P30K45 as top dressing during inter-row cultivation in 7–10 days after germination); fractional application with double top dressing (N30P30K45 when cutting ridges + N30P30K45 as a top dressing in 7–10 days after germination + N30P30K45 as top dressing during inter-row cultivation in the budding phase). Planting on the first date accelerated, relative to the usual date, the emergence of seedlings by 4–7 days and the onset of the budding and flowering phases by 4–6 days. In the variant with the planting of tubers on the first term and fractional (N60P60K90 + N30P30K45) fertilizer application, the weight of tops and the area of the assimilation surface of leaves increased on average over 2 years by 3.5 t/ha and 4,300 m2/ha, respectively, tuber productivity – by 3.8 t/ha, or 12.1%, in comparison with the usual planting date and a single application of mineral fertilizers. Conditional net income in this variant increased by 37,000 rubles/ha.*

Keywords: *potato (Solanum tuberosum L.); yield; planting date; mineral fertilizer; method of application; quality indicators; income.*

Author Details: *A. E. Shabanov, Cand. Sc. (Agr.), head of division (e-mail: coordinazia@mail.ru); A. I. Kiselev, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow.*

For citation: *Shabanov AE, Kiselev AI [Efficiency of a complex of agricultural methods in growing potato Grand]. Zemledelie. 2020;(4): 9-12. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10402.*

doi:10.24411/0044-3913-2020-10403
УДК 631.635.2. 631.8

Влияние удобрений и погодных условий на формирование урожая яровой пшеницы на осушаемых землях

Л. И. ПЕТРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru)
Ю. И. МИТРОФАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом
Н. К. ПЕРВУШИНА, младший научный сотрудник
В. Н. ЛАПУШКИНА, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, пос. Эммаусс, 27, Калининский р-н, Тверская обл., 170530, Российская Федерация

Работа выполнена на территории Тверской области в 2011–2019 гг. Изучали влияние разных норм минеральных удобрений в различных погодных условиях на водно-воздушный и питательный режимы почвы, ее биологическую активность, фотосинтетическую деятельность и фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна яровой пшеницы, окупаемость удобрений прибавкой урожая. Опыт заложен на осушаемой закрытым дренажом почве в 3 вариантах: без удобрений (контроль), средние ($N_{45}P_{45}K_{45}$) и высокие ($N_{90}P_{90}K_{90}$) нормы минеральных удобрений. Метеоусловия в годы исследований были влажными (ГТК 1,34…1,79), избыточно влажными (ГТК 2,22), засушливыми (ГТК 0,93…0,99). Наиболее благоприятное состояние водно-воздушного режима пахотного слоя почвы в посевах яровой пшеницы отмечали во влажные годы, когда влажность почвы в среднем за вегетацию составляла 64,8 % наименьшей влагоемкости (НВ), в избыточно влажные она достигала 94,0 %, в засушливые – 44,8 %. В среднем за 9 лет в варианте со средними нормами удобрений урожайность яровой пшеницы повысилась, по сравнению с контролем, в 1,6 раз, с высокими – в 1,9 раз. Доля участия удобрений в вариабельности величины этого показателя составляла 58,6 %, лет – 32,5 %, их взаимодействия – 5,3 %. В засушливые годы сбор зерна был ниже, чем во влажные и избыточно влажные, в среднем по вариантам на 0,95…1,09 т/га. Самая высокая окупаемость удобрений (в пересчете на 1 кг действующего вещества) отмечена при внесении средних норм – 9,3 кг зерна. При этом во влажные годы она возрастала до 10,7 кг.

Ключевые слова: *яровая пшеница (Triticum aestivum L.), погодные условия, нормы удобрений, водно-воздушный режим, питательный режим, урожайность, окупаемость удобрений.*

Для цитирования: *Влияние удобрений и погодных условий на формирование урожая яровой пшеницы на осушаемых землях / Л. И. Петрова, Ю. И. Митрофанов, Н. К. Первушина и др. // Земледелие. 2020. № 4. С. 12–15. doi:10.24411/0044-3913-2020-10403.*

В современных условиях ведения сельского хозяйства на осушаемых землях все большее значение приобретает рациональное природопользование. Система эксплуатации осушаемых агроландшафтов эффективна только при оптимальном использовании почвенно-климатических ресурсов и учете особенностей возделываемых культур [1, 2, 3].

Количество и качество основной продукции сельскохозяйственных культур во многом определяют факторы внешней среды и, в частности, метеоусловия [4, 5, 6]. Комплексным критерием оценки климатических ресурсов может служить гидротермический коэффициент (ГТК) [7, 8].

Для дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России, отличающихся невысоким естественным плодородием, применение удобрений – основное средство, обеспечивающие повышение урожайности сельскохозяйственных культур, при своевременном и качественном выполнении других агротехнических приемов [9, 10, 11]. Однако их ограниченные ресурсы обусловливают необходимость определения экономически и экологически целесообразных доз их внесения.

Цель исследований – установить эффективность разных норм удобрений в зависимости от погодных условий при возделывании яровой пшеницы на осушаемых землях Тверской области.

Исследования проводили в 2011–2019 гг. на опытном полигоне ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (Тверская область). Эксперимент закладывали в четырехкратной повторности на осушаемом закрытым гончарным дренажом участке (междренное расстояние 20 м, глубина заложения дрен 0,9…1,2 м) с размещением вариантов методом расщепленных делянок. Схема опыта предусматривала 3 варианта: без удо-

1. Метеоусловия вегетационных периодов в годы проведения исследований

Год	Сумма температур >10 °С			Сумма осадков за период с температурой >10 °С, мм			ГТК	
	фактическая	норма	±	фактическая	норма	±	фактический	норма
2011	1779	1528	+251	263	255	+8	1,48	1,68
2012	1800	1581	+219	400	256	+144	2,22	1,62
2013	1993	1687	+306	198	273	-75	0,99	1,62
2014	1751	1422	+329	163	238	-75	0,93	1,67
2015	1762	1714	+48	289	267	+22	1,64	1,56
2016	1754	1559	+195	214	243	-29	1,22	1,56
2017	1581	1857	-276	283	290	-7	1,79	1,56
2018	1597	1559	+38	214	225	-11	1,34	1,44
2019	1739	1714	+25	270	267	+3	1,55	1,56

брений (контроль), средние нормы – $N_{45}P_{45}K_{45}$, высокие нормы – $N_{90}P_{90}K_{90}$. Почва на участке дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, хорошо окультуренная среднекислая ($pH_{сол.}$ – 4,6 ед.), с высоким содержанием (по Кирсанову) подвижного фосфора – 157 мг/кг почвы и повышенным калия – 156 мг/кг, гумуса (по Тюрину) – 2,23 %.

В эксперименте выращивали районированный в Тверской области сорт яровой пшеницы Иргина по рекомендованной в зоне технологии за исключением изучаемых приемов, норма высева 6 млн/га. Исследования проводили в плодосменном четырехпольном севообороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г.п. – озимые зерновые – картофель. Севооборот развернут в пространстве и во времени. Общая площадь делянок второго порядка 430 м², учетная – 50 м². Сопутствующие исследования, анализы и наблюдения в полевом опыте (в том числе за водно-воздушным и питательным режимами, а также биологической активностью почвы, фотосинтетической деятельностью и фитосанитарным состоянием посевов, формированием урожая и его структуры, качеством зерна) проводили по общепринятым методикам.

Метеоусловия в годы исследований различались. Их оценку проводили по результатам расчетов ГТК (по Г. Т. Селянинову). К влажным (ГТК за вегетационный период 1,34...1,79) отнесены 2011, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 гг., к избыточно влажным (ГТК 2,22) – 2012 г., к засушливым (ГТК 0,93...0,99) – 2013 и 2014 гг. (табл. 1).

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа (двухфакторного опыта) с использованием программы «Statistica» по методике Б. А. Доспехова (М., 1968).

Результаты и обсуждение. На осушаемых землях особенно важно учитывать показатели, характеризующие водный режим почвы, так как это ведущий фактор их дифференциации при сельскохозяйственном использовании.

Показатели водно-воздушного состояния пахотного слоя почвы изменялись в соответствии с погодными условиями (табл. 2). Нижний оптимальный предел ее влажности для яровой пшеницы на средних по гранулометрическому составу почвах составляет 70 % НВ [12]. Наиболее близким к нему в посевах яровой пшеницы в течение вегетации оно было во влажные годы. В среднем за вегетацию величина этого показателя во влажные годы составляла 64,8 % НВ, в избыточно влажные – 94,0 %, в засушливые – 44,8 %. В засушливом 2013 г. влажность почвы находилась на уровне 72 % НВ только в фазе кущения, в остальные фазы, начиная с выхода в трубку (58 % НВ) и особенно в периоды колошения, налива зерна и до конца вегетации от 20 до 37 % НВ. В 2014 г. растения испытывали дефицит влаги в течение всего периода вегетации, влажность пахотного слоя почвы составляла от 17 до 46 % НВ. В 2012 г. в отдельные фазы наблюдали ее переувлажнение, особенно в периоды всходов и колошения, когда влажность пахотного слоя почвы составляла 102...112 % НВ.

2. Влияние погодных условий на основные показатели водно-воздушного режима пахотного слоя почвы под посевом яровой пшеницы в годы исследований (в среднем за вегетацию)

Показатель	Степень увлажнения лет исследования		
	избыточно влажные	влажные	засушливые
Влажность, % от НВ	94,8	64,8	44,8
Порозность аэрации, % объема почвы	17,4	25,4	34,2
Общая пористость, % объема почвы	47,3	49,6	48,1
Объемная масса, г/см³	1,37	1,31	1,35

Наиболее благоприятные условия водно-воздушного режима пахотного слоя почвы для произрастания растений складываются при общей пористости 50...55 % и порозности аэрации не менее 20 % объема почвы. Для хорошего обеспечения растений водой и воздухом их соотношение в увлажненных районах на дерново-подзолистых почвах должно составлять 1:1 [13]. Общая пористость в годы исследований была близка к оптимуму и несколько ниже его. Самый высокий объем пор, занятых воздухом, отмеченный в засушливые годы, значительно превышал оптимальные величины этого показателя, что также свидетельствует о недостаточной влагообеспеченности посевов.

Объемная масса пахотного слоя почвы во все годы находилась на уровне близком к оптимальному (1,25...1,35 г/см³) для пшеницы на легкосуглинистых почвах.

По результатам 9-и летних наблюдений за разложением льняного полотна в течение 30 дн. было выявлено, что наибольшее влияние на биологическую активность почвы оказывали технология возделывания культуры и условия увлажнения. Во все годы при внесении удобрений и повышении их норм активность микрофлоры почвы возрастала. Разложение льняного полотна в этих вариантах было выше, чем в контроле, в среднем за 9 лет соответственно в 1,5 и 3,0 раза. В избыточно влажный год разложение льняного полотна в среднем по вариантам удобрений составляло 24,5 % и было выше, чем во влажных, в 1,3 раза, а по сравнению с засушливыми, – в 1,8 раза.

Содержание нитратного и аммиачного азота в пахотном слое почвы во все фазы развития растений возрастало при использовании удобрений и повышении их норм с преобладанием нитратной формы. В среднем за 9 лет за период вегетации на фоне естественного плодородия почвы суммарное количество минеральных форм азота было очень низким – 9,2 мг/кг почвы, при внесении средних норм удобрений оно возрастало до 24,5 мг/кг, высоких – 48,0 мг/кг. Во влажные годы общее содержание нитратного и аммиачного азота при использовании средних и высоких норм удобрений превышало величину этого показателя в контроле соответственно в 3,2 и 7,1 раза, в засушливые – в 1,7 и 5,4 раза, в избыточно влажный – в 1,9 и 2,4 раза.

В среднем по вариантам удобрений наибольшее суммарное количество доступных форм этого элемента отмечали во влажные годы (36,2 мг/кг почвы), в избыточно влажный оно было меньше (25,4 мг/кг почвы), а в засушливые самым низким (17,8 мг/кг почвы). Наибольшие различия по его содержанию отмечали в фазы всходов и кущения, в среднем по вариантам удобрений во влажные годы величина этого показателя была равна соответственно 119 и 53 мг/кг почвы, в избыточно влажный – 95 и 43 мг/кг почвы, в засушливые – 27 и 31 мг/кг почвы. Начиная с фазы кущения и до конца вегетации во все годы происходило снижение суммарного содержания нитратного и аммиачного азота до низкого и очень низкого уровня: в среднем

3. Показатели фотосинтетической деятельности посевов яровой пшеницы в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий в среднем за вегетацию

Вариант удобрения	Степень увлажнения лет исследования			В среднем за 2011–2019 гг.
	избыточно влажные	влажные	засушливые	
Площадь листьев, тыс. м²/га				
Без удобрений	18,2	15,6	14,2	15,6
Средняя норма	29,6	26,4	25,6	26,5
Высокая норма	31,4	36,0	37,2	35,7
Среднее	26,4	26,0	25,7	25,9
ФПП млн м²/га дн.				
Без удобрений	0,69	1,00	0,66	0,88
Средняя норма	1,22	1,73	1,14	1,52
Высокая норма	1,30	2,24	1,66	1,98
Среднее	1,07	1,66	1,15	1,46
КПД ФАР, %				
Без удобрений	1,08	0,89	0,72	0,87
Средняя норма	1,32	1,41	1,12	1,34
Высокая норма	1,54	1,64	1,26	1,54
Среднее	1,31	1,31	1,03	1,25

по вариантам удобрений в избыточно влажный год – от 4,8 до 12,4 мг/кг (в среднем 7,6 мг/кг), во влажные – от 9,9 до 13,6 мг/кг (в среднем 11,3 мг/кг), в засушливые – от 7,0 до 19,8 мг/кг (в среднем 12,4 мг/кг).

Один из основных показателей качества зерна – содержание переваримого протеина. В среднем в опыте за девятилетний период отмечено его повышение в удобренных вариантах, по сравнению с фоном естественного плодородия почвы: 17,5...18,6 % против (14,2 %). В зависимости от погодных условий изменение его содержания на фоне применения средних и высоких норм удобрений, по сравнению с контролем, было больше во влажные годы – соответственно на 30 и 35 % (относительных), в избыточно влажный – на 24 и 28 %, в засушливые – на 6 и 23 %.

Оценка фитосанитарного состояния посевов показала низкую устойчивость яровой пшеницы к корневым гнилям. Во всех вариантах поражение было выше экономического порога вредоносности (15 %), с тенденцией увеличения восприимчивости с повышением фона удобренности, в среднем по девятилетним данным с 17,7 % (в контроле) до 21,9 и 25,8 %. Несколько меньше поражение (22,4 %) наблюдали при внесении удобрений во влажные годы с наиболее благоприятными условиями водно-воздушного режима почвы, в избыточно влажные и засушливые годы оно достигало 25,3 и 30,7 % соответственно.

Засоренность посевов во влажные и избыточно влажные годы возрастала, по сравнению с засушливыми. Численность сорняков перед уборкой в среднем по удобренным вариантам составляла 50...53 и 35 шт./м² соответственно, в том числе многолетних – 5...7 и 2 шт./м², их воздушно-сухая масса – 19...20 и 10 г/м², в том числе многолетних 5...8 и 1 г/м². Применение удобрений в избыточно влажный год увеличивало засоренность посевов с 36 шт./м² и 10 г/м² до 58...64 шт./м² и 14...33 г/м² соответственно. В засушливые годы, наоборот, наибольшее их количество и воздушно-сухую массу отмечали на фоне естественного плодородия – 66 шт./м² и 23 г/м² соответственно, против 18...20 шт./м² и 3...5 г/м² в удобренных вариантах. Во влажные годы по количеству сорняков четкой зависимости не установлено, но их воздушно-сухая масса в удобренных вариантах была меньше, чем в контроле, в 1,5...1,6 раза.

Формирование урожайности зависит как от площади листьев, так и от времени их функционирования. Значения фотосинтетического потенциала посева (ФПП) позволяют оценить его состояния как целостной системы по формированию урожая. Величина этого показателя более 1 млн м²/га дн. обеспечивает высокую урожайность зерна.

Важная составляющая фотосинтетической деятельности посева – коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД ФАР). Хорошими считаются посевы с КПД ФАР 1,5...3,0 %, но обычно величина этого показателя находится на уровне 0,5...1,5 % [14].

В наших исследованиях величина листовой поверхности, ФПП и КПД ФАР яровой пшеницы во все годы увеличивались с улучшением условий минерального питания (табл. 3). В среднем за 9 лет при применении удобрений и повышении их норм площадь листьев и ФПП возрастали, по сравнению с фоном естественного плодородия почвы, в 1,7...2,3 раза, КПД ФАР – в 1,5...1,8. В зависимости от погодных условий наибольшие ФПП и КПД ФАР отмечали во влажные годы.

Во все годы применение и повышение норм удобрений положительно сказывалось на формировании урожайности яровой пшеницы (табл. 4). В среднем за 9 лет исследований сбор зерна в варианте с внесением средних норм удобрений повысился, по сравнению с контролем, в 1,6 раза, с высокими – в 1,9 раз. Увеличение нормы удобрений обеспечивало прибавку урожая на 18 %.

Больший эффект от улучшения условий минерального питания отмечали во влажные годы, прибавка урожая на фоне средних норм составила 66 %, высоких – 96 %, в засушливые соответственно – 62 и 80 %, в избыточно влажный – 22 и 47 %. В менее благоприятных условиях засушливых лет, сбор зерна в среднем по вариантам опыта был на 0,95...1,09 т/га ниже, чем во влажные и избыточно влажные годы.

4. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий, т/га

Вариант	Степень увлажнения лет исследования			В среднем за 2011–2019 гг.
	избыточно влажные	влажные	засушливые	
Без удобрений	2,69	2,24	1,60	2,15
Средняя норма	3,28	3,71	2,60	3,41
Высокая норма	3,95	4,40	2,88	4,01
В среднем	3,31	3,45	2,36	3,19

$НСР_{05}$ для частных средних – 0,34 т/га, лет и удобрений – 0,20 т/га

Улучшение условий минерального питания растений повышало стабильность урожайности по годам, по сравнению с неудобренным вариантом. Во влажные и избыточно влажный годы в контроле она была выше, чем в засушливые, на 40...68 %, при внесении средних норм удобрений – на 26...43 %, высоких – на 18...37 %. Доля участия удобрений в вариабельности урожая составляла 58,6 %, метеоусловий лет – 32,5 %, их взаимодействия – 5,3 %.

Анализ структуры урожая яровой пшеницы показал, что число зерен в колосе и масса 1000 зерен возрастали в избыточно влажный год и уменьшались – в засушливые. Количество продуктивных стеблей было больше во влажные годы (в остальные величина этого показателя находилась на одном уровне) на 12,1...12,6 % (51...53 шт./м²).

Применение и повышение норм удобрений положительно отразилось на всех основных продуктивных элементах структуры урожая. В среднем за 9 лет наиболее выраженное влияние они оказали на число зерен в колосе, разница между контролем и вариантом с внесением высокой нормы составила 54,8 % (11,4 шт.), затем на количество продуктивных стеблей – 16,2 % (67 шт./м²)

5. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожайности яровой пшеницы в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий, кг

Норма удобрений	Степень увлажнения лет исследования			В среднем за 2011–2019 гг.
	избыточно влажные	влажные	засушливые	
Средняя	4,4	10,9	7,4	9,3
Высокая	4,7	8,0	4,7	6,9

и наименьшее на массу 1000 зерен – 8,2 % (2,6 г).

Во влажные годы изменение величины продуктивных элементов структуры урожая при применении удобрений было аналогично средним многолетним. В большей степени они повлияли на увеличение числа зерен в колосе, разница между контролем и вариантом с высокой нормой – 39,7 % (9,3 шт.), на количество продуктивных стеблей – 14,2 % (61 шт./м^2) и в меньшей степени на массу 1000 зерен – 10,6 % (3,3 г).

В засушливые годы применение удобрений влияло на массу 1000 зерен еще меньше, разница между крайними вариантами опыта – 6,9 % (2,2 г), больше на количество продуктивных стеблей – 32,2 % (116 шт./м^2) и число зерен в колосе – 29,1 % (6,8 шт.). В избыточно влажный год большее влияние они оказали на изменение числа зерен в колосе и массу 1000 зерен, разница между вариантом без удобрений и на фоне высоких норм соответственно составила 14,2 % (4,1 шт.) и 9,1 % (3,1 г), по количеству продуктивных стеблей – 4,9 % (20 шт./м^2).

Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрения сбором зерна яровой пшеницы в опыте в среднем за 9 лет отмечена при внесении средних норм (9,3 кг), на фоне высоких норм она была ниже на 35 % (табл. 5). В зависимости от погодных условий самую высокую величину этого показателя отмечали во влажные годы и также при средних нормах.

Выводы. Таким образом, на осушаемых землях применение удобрений в посевах яровой пшеницы обеспечивает наибольший эффект во влажные годы. При внесении средних норм прибавка урожая в таких условиях составляет 66 %, высоких – 96 %, в засушливые годы она находится на уровне 62 и 80 % соответственно, в избыточно влажные – 22 и 47 %. В засушливые годы в среднем по вариантам удобрений урожайность снижается, по сравнению с влажными и избыточно влажным, на 0,95...1,09 т/га. Доля участия удобрений в вариабельности урожайности составляет 58,6 %, лет – 32,5 %, их взаимодействия – 5,3 %.

Самая высокая окупаемость удобрений прибавкой урожая зерна яровой пшеницы на осушаемой хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве отмечена при использовании средних норм – 9,3 кг зерна, во влажные годы на этом фоне она достигала 10,7 кг и была максимальной в опыте.

Использование результатов проведенного исследования открывает возможности для применения более выгодных ресурсоэкономичных технологических вариантов возделывания яровой пшеницы.

Литература.

1. Митрофанов Ю.И. Погода и урожай на осушаемых землях // Мелиорация и водное хозяйство. 2001. № 3. С. 31–33.

2. Дубовик Д. В., Чуян О. Г. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий // Земледелие. 2018.№ 2. С. 9–13.

3. Влияние почвенно-климатических факторов на урожайность основных сельскохозяйственныхкультур в муниципальных районах Белгородской области / А. С. Строков, О. А. Макаров, Н. А. Марахова и др. // Земледелие. 2019. № 6. С. 21–24.

4. Сычев В. Г., Беличенко М. В. Романенков В. А. Результаты мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах географической сети // Плодородие. 2017. №6 (99). С. 2–5.

5. Лукин С. М., Мерзлая Г. Е. Сравнительная эффективность различных систем удобрения при длительном их применении в севооборотах // Плодородие. 2016. № 5 (92). С. 42–47.

6. Алметов Н. С., Чернова Л. С., Завалин А. А. Продуктивность ячменя при использовании минеральных удобрений на дерново-слабоподзолистых почвах // Плодородие. 2012. № 3 (66). С. 2–4.

7. Грингоф И. Г., Попова В. В., Страшный В. Н. Агрометеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. С. 184–187.

8. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии. Под ред. И. Г. Грингофа. Л.: Гидрометеоиздат. 1986. С. 191.

9. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы Свеча / В. Д. Абашеев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 2 (57). С. 35–40.

10. Лыскова И. В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. №6 (61). С. 35–40.

11. Петрова Л. И., Корнеева Е. М. Влияние агроландшафтных условий и удобрений на урожай культур на осушаемых землях ЦР НЗ // Земледелие. 2008. №1. С. 12–13.

12. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. С. 47.

13. Румянцев В. И., Коптева З. Ф., Сурков Н. Н. Земледелие с основами почвоведения. М.: Колос, 1979.С. 52–53.

14. Каюмов М. К. Программирование продуктивности полевых культур. М.: Росагропромиздат,1989.С.11.

Influence of fertilizers and weather conditions on the formation of spring wheat yield on drained lands

L. I. Petrova, Yu. I. Mitrofanov, N. K. Pervushina, V. N. Lapushkina
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, pos. Emmauss, 27, Kalininskii r-n, Tverskaya obl., 170530, Russian Federation

Abstract. *The work was performed on the territory of the Tver region in 2011–2019. We studied the influence of mineral fertilizers rates under different weather conditions on the water-air and nutrient regimes of the soil, its biological activity, photosynthetic activity and phytosanitary condition of crops, the yield and quality of spring wheat grain, and the payback of fertilizers by crop increase. The experiment included 3 options and was established in the soil drained by a closed drainage system: without fertilizers (the control), average rates of mineral fertilizers (N45P45K45), and high rates (N90P90K90). Weather conditions during the years of the research were humid (hydrothermal coefficient of 1.34–1.79), excessively wet (hydrothermal coefficient was 2.22), and arid (hydrothermal coefficient of 0.93–0.99). The most favourable state of the water-air regime of the arable layer in spring wheat crops during the growing season was in the wet years, when soil moisture on average during the growing season was 64.8% of the lowest moisture capacity, in the excessively wet years it was 94.0%, in the dry years it was equal to 44.8%. On average over 9 years, in the variant with average fertilizer rates, the yield increased 1.6 times, in comparison with the control, in the variant with high rates – by a factor of 1.9. The share of fertilizers in the variability of the value of this indicator was 58.6%, of the year – 32.5%, their interaction – 5.3%. The yield was lower in the dry years, compared with humid and excessively wet ones, the difference was 0.95–1.09 t/ha on average over the options. The highest payback of fertilizers (in terms of 1 kg of active substance) was noted in the variant with average norms, it was 9.3 kg of grain. In wet years, it increased to 10.7 kg.*

Keywords: *spring wheat (Triticum aestivum L.); weather conditions; fertilizer rates; water-air and nutritional regimes; productivity; fertilizer payback.*

Author Details: *L. I. Petrova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); Yu. I. Mitrofanov, Cand. Sc. (Agr.), head of division; N. K. Pervushina, junior research fellow; V. N. Lapushkina, junior research fellow.*

For citation: *Petrova LI, MitrofanovYuI, Pervushina NK, et al. [Influence of fertilizers and weather conditions on the formation of spring wheat yield on drained lands]. Zemledelije. 2020;(4):12-5. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10403.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10404
УДК 635.21: 635.24:631.5

Зависимость продуктивности картофеля и параметров почвы от предшественника после консервации топинамбуром

О. А. СТАРОВОЙТОВА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: agronir2@mail.ru)
В. И. СТАРОВОЙТОВ[1], доктор технических наук, зав. отделом (e-mail: agronir1@mail.ru)
Н. Э. ШАБАНОВ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: agronir2@mail.ru)
А. А. МАНОХИНА[2], доктор сельскохозяйственных наук, проф. (e-mail: alexman80@list.ru)
[1]Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация
[2]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения возможности улучшения влажности, плотности и биологической активности почвы для повышения продуктивности картофеля путем выращивания сидеральных культур после топинамбура в монокультуре. Эксперимент выполнялив Московской области в 2018–2019 гг. Схема опыта предусматривала варианты с промежуточным посевом различных сидеральных культур (люпин белый, горчица белая, овес) после многолетнего (8...9 лет) выращивания топинамбура перед картофелем. В контрольном варианте чередование культур было следующим: вико-овес – картофель – овес на сидерат – картофель. Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая среднеокультуренная, по гранулометрическому составу – супесчаная. В опыте выращивали картофель сортов Удача и Вымпел. При размещении перед картофелем после многолетнего возделывания топинамбура промежуточной культуры – горчицы белойотмечено улучшение водно-физических свойств почвы, по сравнению с контролем – повышение влажности в среднем за вегетационный период на 6,6 % ППВ, снижение плотности на 0,04 г/см^3, а также увеличение ее биологической активности на 6,37 %. Ранний сорт Удача ожидаемо сформировал наибольшую в среднем за 2 года биологическую урожайность при посадке по горчице белой – 33,3 т/га (прибавка к контролю 4,8 т/га, или 16,8 %). У среднеспелого сорта Вымпел наибольшая величина этого показателя отмечена после люпина белого и горчицы – 29,4 и 29,2 т/га (прибавка соответственно 2,0 и 1,8 т/га, или 3,2 и 2,5 %). Для ранних сортов картофеля при выращивании после многолетних посадок топинамбура в качестве промежуточной предшествующей культуры можно рекомендовать горчицу белую либо овес на сидерат, для среднеспелых сортов – люпин белый либо горчицу белую на сидерат.

Ключевые слова: *топинамбур, консервация поля, влажность, плотность и биологическая активность почв, картофель, урожайность.*

Для цитирования: *Зависимость продуктивности картофеля и параметров почвы от предшественника после консервации топинамбуром / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, Н. Э. Шабанов и др. // Земледелие. 2020. № 4. С. 16–18. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10404.*

Картофель – социально значимая культура, продукция которой занимает большое место в рационе питания россиян. Сегодня в Российской Федерации его возделывают на площади 2,0 млн га (в 2002 г. – 3,2 млн га) [1]. Прогноз развития картофелеводства показывает, что оно постепенно укрупняется, увеличиваются площади механизированного возделывания культуры, как в отдельных хозяйствах, так и в целом по стране [2].

Переход на современные интегрированные технологии выращивания картофеля, использование новой техники, качественного посадочного материала привели к значительному повышению урожайности [3, 4]. В условиях растущей интенсификации, химизации, применения всё более мощных пестицидов назрела необходимость перехода на биологизированное земледелие, разработки технологий выращивания экологически безопасной продукции [5, 6, 7].

Снижение пестицидной нагрузки при производстве картофеля путем использования сидератов, биологических методов борьбы с болезнями и вредителями, микроудобрений, имеет огромное значение для сохранения окружающей среды [8], производства безопасной для здоровья людей продукции. Размещение в севообороте таких сидеральных культур, как озимая рожь, рапс, вика мохнатая озимая, вика яровая, белая горчица, масличная редька и др., способствует восстановлению запасов органического вещества в почве и снижению накопления патогенов [9, 10, 11].

В Нечерноземной зоне РФ многие поля годами не используют, вследствие чего происходит их постепенное зарастание сорной растительностью, кустарниками и деревьями. В дальнейшем это усложняет их введение в оборот. Сохранение полей для развития сельского хозяйства, предотвращения деградации земель, восстановления плодородия почв и загрязненных территорий возможно путем выращивания топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) семейства астровых (Asteraceae) [12, 13]. Почва восстанавливает свое плодородие уже после 3…5 лет выращивания топинамбура на землях, выведенных из оборота. При этом снижаются затраты на рекультивацию почвы с одновременным возвратом залежных земель к сельскохозяйственному использованию [14, 15].

Цель исследования – изучить возможность улучшения влажности, плотности и биологической активности почвы для повышения продуктивности картофеля путем выращивания сидеральных культур после топинамбура в монокультуре.

Условия, материалы и методы. Объект исследования – картофель, сидеральные культуры, почва.

Исследования проводили на экспериментальной базе ФГБНУ ВНИИКХ Коренёво Люберецкого района Московской области на участке с отсутствием химических обработок и внесения минеральных удобрений на протяжении 8…9 лет. С 2008 по 2016 гг. на испытательном участке выращивали топинамбур. В 2016 г. на части поля был заложен опыт по следующей схеме:

вико-овёс (до 2015 г.) – картофель (2016 г.) – овёс на сидерат – картофель (контроль);

топинамбур в монокультуре (до 2016 г.) – люпин белый на сидерат – картофель;

топинамбур в монокультуре (до 2016 г.) – горчица белая на сидерат – картофель;

топинамбур в монокультуре (до 2016 г.) – овёс на сидерат – картофель.

В 2017 г. по аналогичной схеме был заложен эксперимент на оставшейся части поля.

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая среднеокультуренная, супесчаная; предельная полевая влагоёмкость (ППВ) – 13,3%. Содержание органического вещества по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91) в почве пахотного горизонта 1,45…2,42 %; подвижного фосфора и калия (по Кирсанову, ГОСТ 26207-91) – 491…548 мг/кг и 68…104 мг/кг соответственно; pH_{KCl} (ГОСТ 26483-85) – 4,4…4,8 ед.; гидролитическая кислотность (ГОСТ 26412-91) – 4,15…4,55 мг-экв./100 г, сумма обменных оснований – 1,5…4,0 мг-экв./100 г.

1. Влажность почвы в слое 10…20 см в посадках картофеля в зависимости от предшественника, % ППВ

Год	Предшественник	Посадка	Всходы	Бутонизация	Цветение	Клубнеобразование	Перед уборкой	Среднее
2018	Овес по картофелю (контроль)	60,4	59,6	45,7	37,9	27,5	13,3	40,7
	Люпин белый	61,8	72,7	43,4	37,8	29,3	15,4	43,4
	Горчица белая	73,1	73,7	50,3	38,7	35,5	20,4	48,6
	Овес по топинамбуру	65,3	68,2	48,9	41,4	29,7	20,7	45,7
	Среднее	65,2	68,6	47,1	39,0	30,5	17,5	–
	$НСР_{05}$	4,9	5,6	2,7	1,5	3,0	3,2	–
2019	Овес по картофелю (контроль)	61,1	59,3	16,1	14,3	62,8	31,6	40,9
	Люпин белый	59,8	66,8	18,2	18,5	54,8	38,8	42,8
	Горчица белая	59,7	61,5	18,5	19,6	75,5	42,3	46,2
	Овес по топинамбуру	58,7	52,5	20,3	16,1	67,6	43,8	43,2
	Среднее	59,8	60,0	18,3	17,1	65,2	39,1	–
	$НСР_{05}$	0,9	5,1	1,5	2,1	7,5	4,7	–

Посадки топинамбура заделывали в почву (не скашивая) путем двукратного прохода агрегата с экспериментальным фрезерным культиватором-грядоделателем ФГФ-1. Посев сидеральных культур (люпин белый, горчица и овёс) осуществляли вручную. При выращивании картофеля весенняя предпосадочная подготовка почвы включала рыхление на глубину 12…15 см (МТЗ-82 + БДТ-3,0). Посадку непророщенных клубней средней фракции (46…53 мм), предварительно обработанных препаратом Фитоспорин М, проводили в нарезанные гребни агрегатом МТЗ-82 + СН-4БК на глубину 8…10 см. Густота посадки – 44,4 тыс. шт./га при ширине междурядий 75 см. Высаживали клубни сортов картофеля, устойчивых к основным болезням (фитофторозу, альтернариозу, парше, ризоктониозу): Удача (ранний), Вымпел (среднеспелый), репродукция – элита. Уборку проводили во второй декаде августа. Площадь учетной делянки составила 25,0 м^2; повторность – 4-кратная.

Закладку полевого опыта, учеты и наблюдения проводили в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985) и других действующих методик (Доспехов Б. А. и др. Практикум по земледелию. М., 1977; Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967).

Средняя температура воздуха за вегетационный период в 2017 г. – 16,2 °С, в 2018 г. – 18,7 °С, в 2019 г. – 17,4 °С, при норме 16,5 °С. Сумма осадков за вегетационный период 2017 г. составила 378,4 мм, или 145,3 % от нормы (260,5 мм), в 2018 г. – 205,9 мм, или 79,04 %, в 2019 г. – 292,3 мм, или 112,2 % от нормы. ГТК в 2017 г. был равен 2,06, в 2018 г. – 0,89, в 2019 г. – 1,49 при климатической норме 1,3…1,4.

В 2018 г. близкую к оптимальной влажность почвы отмечали только в период от посадки до появления всходов (табл. 1). К фазе бутонизации она уменьшилась до 43,4…50,3 % ППВ и в период уборки составляла 13,3…20,7 % ППВ.

В среднем в зоне клубневого гнезда самая высокая влажность отмечена в варианте с предшественником горчица белая (после топинамбура) – на 7,9 % ППВ больше, чем в контроле. Немного меньше она была после овса и люпина белого, размещенных по топинамбуру, – на 5,0 и 2,7 % от ППВ выше, чем в контроле.

2. Плотность почвы (в слое 10…20 см) в посадках картофеля в зависимости от предшественника, г/см^3

Год	Предшественник	Посадка	Всходы	Бутонизация	Цветение	Клубнеобразование	Перед уборкой	Средняя
2018	Овес по картофелю (контроль)	1,30	1,35	1,39	1,34	1,31	1,31	1,33
	Люпин белый	1,32	1,29	1,35	1,29	1,26	1,31	1,30
	Горчица белая	1,24	1,25	1,28	1,25	1,26	1,25	1,26
	Овес по топинамбуру	1,29	1,23	1,31	1,26	1,25	1,29	1,27
	Среднее	1,29	1,28	1,33	1,29	1,27	1,29	–
	$НСР_{05}$	0,03	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	–
2019	Овес по картофелю (контроль)	1,18	1,26	1,26	1,25	1,18	1,25	1,23
	Люпин белый	1,15	1,29	1,24	1,25	1,22	1,19	1,22
	Горчица белая	1,21	1,30	1,26	1,26	1,17	1,23	1,24
	Овес по топинамбуру	1,22	1,32	1,22	1,26	1,21	1,22	1,24
	Среднее	1,19	1,29	1,25	1,26	1,20	1,22	–
	$НСР_{05}$	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	–

В 2019 г. влажность почвы была близка к оптимальной в период посадки, появления всходов и частично в фазе клубнеобразования. Однако в период бутонизации и цветения она снижалась до 14,3…20,3 % ППВ. К уборке величина этого показателя несколько возрастала, но оставалась невысокой – 31,6…43,8 % от ППВ. В зависимости от предшественника картофеля большую влажность почвы также отмечали в варианте с горчицей белой, в котором она была выше, чем в контроле, на 5,3 % от ППВ. Такая ситуация, вероятно, обусловлена тем, что запаханные остатки сидеральных культур способствуют увеличению влагоудерживающей способности почвы [16].

Плотность почвы под картофелем в зоне клубневого гнезда, благодаря своевременному уходу, находилась в оптимальных пределах и составляла в очень засушливом 2018 г. – 1,23…1,39 г/см^3, в 2019 г. – 1,17…1,32 г/см^3 (табл. 2). При этом в 2018 г. наименьшая в среднем величина этого показателя отмечена после горчицы белой – 1,26 г/см^3, наибольшая в контроле – 1,33 г/см^3. В 2019 г. плотность почвы в зоне клубневого гнезда мало зависела от предшественника и в среднем составляла 1,22…1,24 г/см^3.

Самую высокую биологическую активность почвы в среднем за 2018–2019 гг. наблюдали после горчицы белой и овса, размещенных по топинамбуру. В этих вариантах она была больше, чем в контроле, на 6,37 и 5,37 % соответственно (табл. 3). Возможно, это связано с большей влажностью почвы после этих предшественников, что способствовало повышению биологической активности микроорганизмов.

В среднем за 2 года наибольшая биологическая урожайность (33,3 т/га) раннегосорта Удача отмечена при посадке по горчице белой (табл. 4), которая обеспечивала создание более благоприятных условий по увлажнению почвы, а также повышение ее биологической активности. Самую высокую урожайность среднеспелого сорта Вымпел наблюдали при посадке по люпину белому и горчице – 29,4 и 29,2 т/га. Это может быть обусловлено тем, что более позднеспелый сорт Вымпел не успел полностью реализовать свой потенциал по лучшему предшественнику.

3. Учет биологической активности почвы по разложению льняных полотен, %

Предшественник	2018 г.	2019 г.	Среднее
Овес по картофелю (контроль)	8,48	11,42	9,95
Люпин белый	6,73	23,33	15,03
Горчица белая	13,81	18,83	16,32
Овес по топинамбуру	13,00	17,64	15,32
Среднее	10,5	17,8	–
$НСР_{05}$	2,98	3,04	–

4. Урожайность картофеля в зависимости от предшественника (2018–2019 гг.), т/га

Предшественник	Удача (ранний)				Вымпел (среднеспелый)			
	2018 г.	2019 г.	среднее	± к контролю, %	2018 г.	2019 г.	среднее	± к контролю, %
Овес по картофелю (контроль)	26,8	30,2	28,5	0	25,3	29,4	27,4	0
Люпин белый	28,1	32,2	30,2	6,0	28,5	30,2	29,4	3,2
Горчица белая	33,5	33,1	33,3	16,8	28,9	29,5	29,2	2,5
Овес по топинамбуру	34,9	30,7	32,8	15,1	26,2	29,6	27,9	-2,1
Среднее	30,8	31,6	–	–	27,2	29,7	–	–
$НСР_{05}$	3,43	1,16	–	–	1,53	0,31	–	–

Выводы. Размещение сидеральных культур после топинамбура оказало положительное влияние на влажность почвы под следующим за ними картофелем. Наибольшей она была после горчицы белой и овса, превосходство над контролем (овес на сидерат после картофеля), в этих вариантах составляло 6,6 и 4,1 % ППВ соответственно. После этих же предшественников отмечали самую высокую биологическую активность почвы, которая была выше, чем в контроле, на 6,37 и 5,37 % соответственно.

Ранний сорт Удача сформировал наибольшую в среднем за 2 года биологическую урожайность при посадке по горчице белой – 33,3 т/га (прибавка к контролю 4,8 т/га, или 16,8 %). У среднеспелого сорта Вымпел наибольшая величина этого показателя отмечена при посадке по люпину белому и горчице – 29,4 и 29,2 т/га (прибавка соответственно 2,0 и 1,8 т/га, или 3,2 и 2,5%).

В целом по результатам исследований для ранних сортов картофеля при выращивании после многолетних посадок топинамбура в качестве промежуточной предшествующей культуры можно рекомендовать горчицу белую либо овес на сидерат, для среднеспелых сортов – люпин белый либо горчицу белую на сидерат.

Литература.

1. Современное лабораторное оборудование и сельскохозяйственная техника для селекции и семеноводства картофеля / С. В. Жевора, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова и др. М.: ФГБНУ «Росформагротех», 2020. 80 с.

2. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года / Ю. Ф. Лачуга, Е. И. Назин, С. Г. Митин и др. М.: ВИМ, 2003. 64 с.

3. Будин К. З. Повышение эффективности производства и хранения картофеля // Науч.-техн. бюл. ВИР. 1984. Вып. 138. С. 10–13.

4. Пономарев А. Г., Кабаков Н. С., Джававов Р. Д. Можно рассчитывать на успех при разных технологиях // Картофель и овощи. 2001. № 5. С. 27–28.

5. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Механизация возделывания топинамбура в органическом земледелии // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 841–844.

6. Галеев Р. Ф., Шашкова О. Н. Оценка действия приёмов биологизации и химизации на продуктивность кормового севооборота в лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 22–25.

7. Дедов А. В., Новикова Л. А., Несмеянова М. А. Пути регулирования плодородия чернозема типичного в условиях юго-востока ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 71–77.

8. Органическое удобрение – эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор её супрессивности / М. С. Соколов, Ю. Я. Спиридонов, А. П. Глинушкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 4–12.

9. Лысенко Ю. Н., Лысенко Н. Ю., Барышникова Е. Г. Передовую технологию населению // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 24–25.

10. Терехов И. В. Сидераты эффективны // Картофель и овощи. 2015. № 7. С. 33–34.

11. Усанова З. И., Козлов В. В. Выращивание картофеля по горчице белой // Картофель и овощи. 2015. № 12. С. 30–32.

12. Jerusalem artichoke as a means of fields conservation / V. Starovoytov, O. Starovoytova, N. Aldoshin, et al. // Acta Technologica Agriculturae. 2017. Vol. 20. No. 1. Pp. 7–10.

13. Усанова З. И., Павлов М. Н. Возможность использования топинамбура в качестве фитомелиоранта загрязненной кислотными осадками дерново-подзолистой почвы // Экология и промышленность России. 2016. № 10. С. 37–41.

14. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Топинамбур как кормовой ресурс // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина. 2014. № 3. С. 24–26.

15. Влияние средовых факторов со снижением пестицидной нагрузки на формирование урожая картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина и др. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина. 2019. № 2 (90). С. 30–34.

16. Повышение продуктивности картофеля на фоне известкования и сидеральных паров / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, А. В. Кравченко и др. // Картофель и овощи. 2007. № 3. С. 5–6.

The dependence of potato productivity and soil parameters on the forecrop after conservation with Jerusalem artichoke

O. A. Starovoitova[1], V. I. Starovoitov[1], N. T. Shabanov[1], A. A. Manokhina[2]

[1]Lorkh Federal Research Center on Potato, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

[2]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. *The studies aimed to study the possibility of improving soil moisture, density and biological activity by growing green manure crops after Jerusalem artichoke as a monoculture. The increase in soil quality is necessary to grow potato productivity. The experiment was performed in the Moscow region in 2018–2019. The experimental design provided for options with intermediate seeding of various green manure crops (white lupine, white mustard, oats) after prolonged (8–9 years) growing Jerusalem artichoke before the potato. In the control variant, crop rotation was as follows: vetch + oats, potato, oats for green manure, potato. The soil of the experimental plot was sod-slightly podzolics, medium cultivated, sabulous. In the experiment, we grew potato Udacha and Vympel. When an intermediate culture (white mustard) was grown before potato, after prolonged cultivation of Jerusalem artichoke, an improvement in the water-physical properties of the soil was noted compared with the control (on average during the growing season, soil moisture increased by 6.6% of total field moisture capacity, the soil density decreased by 0.04 g/cm3), as well as its biological activity increased by 6.37%. Early potato Udacha expectedly formed the highest biological yield on average over two years when it was planted after white mustard: 33.3 t/ha (an increase of 4.8 t/ha relative to the control, or 16.8%). For mid-season variety Vympel, the highest value of this indicator was noted after white lupine and mustard: 29.4 t/ha and 29.2 t/ha (an increase of 2.0 t/ha and 1.8 t/ha, respectively, or 3.2% and 2.5%). For early potato varieties planted after Jerusalem artichoke, it can be recommended to grow white mustard or oat for green manure as the intermediate forecrop, for mid-ripening varieties – it is expedient to cultivate white lupine or white mustard for green manure.*

Keywords: *Jerusalem artichoke; conservation of field; moisture; density and biological activity of soils; potato; productivity.*

Author Details: *O. A. Starovoitova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: agronir2@mail.ru); V. I. Starovoitov, D. Sc. (Tech.), head of division (e-mail: agronir1@mail.ru); N. T. Shabanov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: agronir2@mail.ru); A. A. Manokhina, D. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: alexman80@list.ru).*

For citation: *Starovoitova O. A., Starovoitov V. I., Shabanov N. T., Manokhina A. A. The dependence of potato productivity and soil parameters on the forecrop after conservation with Jerusalem artichoke. Zemledelije. 2020;(4):16-8. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10404.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10405
УДК 631.582

Формирование севооборотов и структуры посевных площадей для получения заданного количества продукции с учетом природно-ресурсного потенциала

А. С. АКИМЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией (e-mail: kurskfarc@mail.ru)
Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70 б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили с целью разработки методологических основ совершенствования севооборотов для производства заданного количества продукции. Достижение поставленной цели возможно только при наличии необходимых природных ресурсов, в первую очередь тепла и влаги, в зависимости от обеспеченности которыми продуктивность земледельческих зон различается в 1,2...2,9 раза. Формирование структуры посевных площадей ограничено эрозионной опасностью, почвозащитной способностью культур и пригодностью для них почв, поэтому потенциальная продуктивность реализуется на 65...85 %. Увеличению реализации ресурсного потенциала в лесостепной зоне способствует включение в севообороты промежуточных культур, а в сухостепной зоне – ограничение доли чистого пара до 15...20 %. Отчуждение энергии с урожаем сопряжено с расходом почвенного плодородия, что обусловливает снижение продуктивности пашни. При повышении норм азота параллельно с увеличением продуктивности пашни сокращается убыль гумуса аналогично влиянию многолетних трав. Валовой сбор определяют площадь посева и урожайность, которая зависит от места в севообороте и удобрений. Современные сорта и гибриды положительно откликаются на увеличение нормы азота, но при этом усиливается водопотребление и почвенные влагозапасы ко времени колошения зерновых уменьшаются на 30...50 %, относительно неудобренных вариантов, что предопределяет снижение урожайности при отсутствии осадков. Возможности выбора специализации хозяйства ограничивает повышение эрозионной опасности в агроландшафте. Методологическая основа формирования севооборотов заключается в оценке потенциальной продуктивности пашни; выборе специализации по условиям агроландшафта; разработке структуры посевных площадей с учётом влияния на урожайность чередования культур и удобрений.

Ключевые слова: *севооборот, структура посевных площадей, влагообеспеченность, продолжительность теплого периода, энергия, азот, гумус.*

Для цитирования: *Акименко А. С. Формирование севооборотов и структуры посевных площадей для получения заданного количества продукции с учетом природно-ресурсного потенциала // Земледелие. 2020. № 4. С. 19–22. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10405.*

Устойчивое развитие сельских территорий предопределяет эффективность сельскохозяйственного производства, которая зависит от четко определенной специализации хозяйств и, следовательно, стабильного производства заданного (соответственно специализации) количества продукции [1, 2].

Цель исследования – разработать методологические основы совершенствования севооборотов и формирования их систем для производства заданного количества продукции в лесостепной и степной зонах Европейской территории России (ЕТР).

В исследовании использована разработанная в результате анализа и обобщения экспериментального материала авторская методика [3], основанная на следующих количественных взаимосвязях: для накопление посевами 1 ГДж энергии необходимо 1,8 мм (18 т) воды; содержание эквивалентной сбору кормовых единиц обменной энергии (в ГДж) равно полусумме выноса N и P_2O_5 (в кг); энергосодержание гумуса (в ГДж) равно половине заключенного в нем азота (кг), а его баланс зависит от отчуждения обменной энергии и поступления в почву азота. Умножение накопленной энергии на соответствующие конкретным культурам коэффициенты пересчета обеспечивает переход к натуральному (в ц/га) выражению урожайности.

Производство заданного количества продукции реально достижимо только при достаточной обеспеченности необходимыми природными ресурсами и условиями, среди которых первоочередное значение имеет тепло- и влагообеспеченность. Так, потенциальная энергопродуктивность в Предкавказской лесостепной земледельческой зоне, в которой продолжительный теплый период сочетается со сравнительно благоприятной влагообеспеченностью, в 2,9 раза больше, чем в сухой степи (табл. 1). Более полная реализация потенциала возможна при оптимальной доле высокопродуктивных культур в структуре посевных площадей. Формирование последней ограничено неодинаковой эрозионной опасностью в элементах агроландшафта, различной почвозащитной способностью растений, соответствием климата и почв их биологическим потребностям. К тому же культуры севооборотов различают по продолжительности периода вегетации. В силу перечисленных причин потенциальная продуктивность полностью не реализуется.

Возможность использования осадков теплого послеуборочного периода пожнивными промежуточными посевами на зеленое удобре-

1. Потенциальная продуктивность пашни и её реализация в зависимости от природных условий и ресурсов лесостепной и степной зон ЕТР

Земледельческая зона [4, 5]	Потенциальная* продуктивность пашни, ГДж/га	Основные ограничения**	Возможная реализация потенциала продуктивности, %
Лесостепная зона			
Центральная лесостепная	200...230	1; 3; 2; 4	68...75
Центрально-Черноземная лесостепная	220...245	2; 4; 3	73...80
Предкавказская лесостепная	260...300	4; 3	75...85
Волжско-Уральская лесостепная	190...210	3; 2; 4; 1	64...70
Степная зона			
Донской регион	200...220	2; 4; 5	68...74
Предкавказский регион	210...235	4; 3; 5	70...79
Волжско-Уральский регион			
Степь	140...160	5; 4	70...80
Засушливая степь	100...130	5; 4; 3	75...80
Сухая степь	90...105	5; 4; 3	80...85

** по ресурсу тепловлагообеспеченности с учетом нетоварной части урожая и корней;*
*** в использовании потенциала продуктивности: 1 – мощность гумусового горизонта; 2 – эрозионная опасность; 3 – реакция почвенного раствора; 4 – гранулометрический состав почв; 5 – влагообеспеченность.*

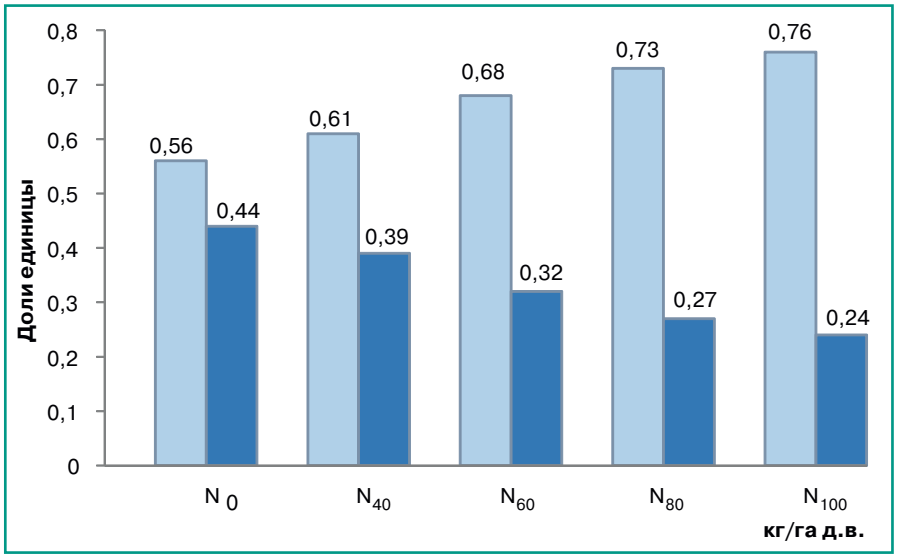


Рисунок. *Водопотребление озимой пшеницы от возобновления вегетации до колошения в зависимости от норм азота в составе удобрений и навоза: — использование ресурса влагообеспеченности (из почвы и осадков), — неиспользованные влагозапасы ко времени колошения.*

ние [6] убывает к югу и востоку от Центральной лесостепной зоны из-за сложности в получении своевременных всходов при возрастании роли подсевных донника и эспарцета [7]. В засушливых условиях повышение эффективности использования природного агроклиматического потенциала достигается путем сокращения в структуре пашни доли пара [8], в котором летние осадки расходуются бесполезно. В неблагоприятных для озимых культур регионах, в которых преимущественно возделывают яровую пшеницу, под чистый (черный) пар, как свидетельствует анализ результатов многолетних стационарных опытов, в пяти-семипольных севооборотах следует отводить одно поле.

Валовой сбор продукции каждой конкретной полевой культуры равен произведению площади посева на урожайность. Размер посевной площади определяет структура севооборотов четко обозначенного производственного назначения, а урожайность – место в чередовании и норма удобрений, позволяющая уменьшить различия в урожайности в зависимости от предшественника [9].

Современные сорта и гибриды положительно откликаются на увеличение в составе удобрений нормы азота (табл. 2). При натуральном выражении урожайности (ц/га) прибавка к пересчетному коэффициенту в неудобренном варианте равна произведению натурального логарифма дозы азота (в кг) на характерные для культур поправки (0,012...0,013 для озимых зерновых, 0,011...0,012 для яровых колосовых, 0,012...0,014 для кукурузы на зерно). Однако прогнозные расчеты оправдываются только при достаточной влагообеспеченности, так как обильное азотное питание способствует развитию листовой поверхности и, соответственно, увеличению транспирации, в том числе за счет расхода почвенных влагозапасов, которые убывают ко времени максимального водопотребления. Так, почвенные влагозапасы ко времени колошения озимой пшеницы при внесении N_{60} и N_{100} бывают соответственно на 27 % и почти на 50 % меньше, чем в неудобренном варианте (см. рисунок), что предопределяет значительное снижение урожайности при отсутствии осадков в последующий период. Пределы эффективности возрастающих доз удобрений по природно-ресурсным подзонам определены экспериментально. Вместе с тем, мониторинг почвенных влагозапасов позволит рационализировать использование азотных удобрений по периодам применения.

Отчуждение накопленной энергии с товарной частью урожая сопряжено с расходом почвенного плодородия, что со временем обусловливает снижение продуктивности пашни пропорционально степени несоблюдения закона возврата. Поэтому задачи формирования продуктивности севооборотов и воспроизводства плодородия следует решать комплиментарно. Установлено, что при повышении норм азота в составе удобрений параллельно с ростом продуктивности пашни сокращается расход гумуса (табл. 3). Общеизвестно аналогичное влияние на баланс

2. Сравнение расчетной и фактической урожайности зерновых культур в зависимости от норм азота в удобрениях

Доза удобрений	Коэффициент пересчета от энергии к натуральному выражению урожайности	Урожайность, ц/га		(Р –Ф)/Р, %
		расчетная (Р)	фактическая (Ф)	
Озимая пшеница				
Белгородский НИИСХ* [10]				
0	0,26	–	34,9	–
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,31	42,0	43,1	-2,6
$N_{180}P_{120}K_{120}$	0,33	43,0	45,8	-6,5
ВНИИЗиЗПЭ				
0	0,26	–	39,1	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,30	49,6	45,7	7,9
$N_{100}P_{100}K_{100}$	0,32	52,5	56,2	-7,0
Самарский НИИСХ [11]				
0	0,26	–	27,4	–
$N_{38}P_{26}K_{12}$	0,29	28,9	31,9	-10,4
$N_{63}P_{21}$	0,30	29,4	32,1	-9,2
Яровая пшеница				
Курский НИИАПП [12]				
0	0,25	–	26,9	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,29	32,4	33,0	-1,9
Ульяновский НИИСХ* [13]				
$N_{26}P_{6}K_{0}$	0,25	40,2	37,8	6,0
$N_{64}P_{18}K_{35}$	0,29	41,8	43,3	-3,6
$N_{105}P_{30}K_{70}$	0,31	42,5	44,5	-4,7
Кукуруза на зерно				
Адыгейский НИИСХ [14]				
0	0,27	–	46,1	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,31	53,2	53,3	-0,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,32	55,0	57,2	-4,0
$N_{120}P_{120}K_{120}$	0,33	58,7	55,8	4,9
Воронежский филиал ВНИИ кукурузы [15]				
0	0,27	–	34,2	–
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,31	45,0	47,1	-4,7
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,33	51,4	50,7	1,4

** среднее по способам основной обработки почвы.*

3. Сопоставление продуктивности севооборотов с балансом гумуса и внесением азота с удобрениями

Внесено N с NPK и навозом, кг/га севооборота	Баланс гумуса, ГДж/га за год	Продуктивность, ГДж ОЕ*/га за год		(Р –Ф)/Р, %
		фактическая (Ф)	расчетная (Р)**	
50 % зерновых, 50 % пропашных [14]				
64	-28,9	79,9	71,8	-11,3
135	+11,5	102,0	105,9	3,7
60 % зерновых, 40 % пропашных [16]				
0	-33,1	44,9	44,4	-1,1
40	-23,5	54,5	58,3	6,5
160	+6,5	86,1	98,2	12,3
72 % зерновых, 14 % пропашных, 14 % черного пара [17]				
0	-23,1	32,0	31,0	-3,2
86	+5	43,5	50,9	14,5
70% зерновых с кукурузой, 20 % люцерны, 10 % подсолнечника [18]				
0	-9,2	24,6	–***	–
84	+1,5	41,4	–	–
64% зерновых с кукурузой, 18 % люцерны, 18 % пропашных [19]				
0	-19,4	45,3	–***	–
79	-16,1	61,2	–	–
158	+2,8	80,3	–	–

** отчужденная с урожаем обменная энергия;*
*** 1,34 × баланс гумуса + 1,34 × 0,5 азота удобрений;*
**** «–» прогноз невозможен из-за отсутствия сведений о симбиотической азотофиксации.*

гумуса многолетних бобовых трав, которые способствуют симбиотической азотофиксации.

Зональная специализация необходима для эффективного использования агроклиматического ресурса и соответствующих ему развития инфраструктуры и транспортно-логистического обеспечения. Выбор направлений углубления специализации конкретных сельхозпредприятий сужается по мере увеличения эрозионной опасности, связанной с усложнением рельефа. Так, в севооборотах на пашне с уклоном больше 3° исключаются черный пар и пропашные, а насыщение многолетними травами достигает 50 % и более [20]. Поэтому в хозяйствах с большой (> 30 %) долей пашни на склонах нереальна, например, свекловодческая специализация.

Таким образом, методологическая основа формирования системы севооборотов и их конкретных схем для производства заданного (соответственно специализации сельхозпредприятий) количества полеводческой продукции заключается в следующем: оценка потенциальной продуктивности пашни по влагообеспеченности и возможности её реализации конкретными культурами с учетом продолжительности теплого периода; выбор возможных вариантов углубления специализации по результатам анализа условий агроландшафта и определение наиболее целесообразного из них с учетом внешних организационно-экономических условий; формирование (разработка) структуры посевных площадей с учетом влияния чередований и удобрений на урожайность ведущих (согласно специализации) культур.

Литература.

1. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. N 151-р. URL: http://docs.cntd.ru/document/420251273 (дата обращения 15.01.2020).

2. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 августа 2019 г. N 1796-р. URL: http://docs.cntd.ru/document/560974985 (дата обращения 16.01.2020).

3. Акименко А. С. Методика управления вещественно-энергетическими потоками в севооборотах // Земледелие. 2019. № 5. С. 7–10.

4. Особенности использования почв лесостепной зоны / И. И. Карманов, Д. С. Булгаков, Н. П. Сорокина и др. / под ред. Л. Л. Шишова, И. И. Карманова. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1988. 67 с.

5. Карманов И. И., Булгаков Д. С., Сорокина Н. П. Особенности использования почв степной и сухостепной зон / под ред. Л. Л. Шишова, И. И. Карманова. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1989. 67 с.

6. Лошаков В. Г. Зеленое удобрение как фактор повышения плодородия почвы, биологизации и экологизации земледелия // Плодородие. 2018. № 2 (101). С. 26–29.

7. Полуэктов Е. В., Зеленский Н. А., Сорокин А. Е. Биологизация земледелия в условиях Северо-Кавказского региона // Биологизация земледелия в основных земледельческих регионах России: учебник. М.: КолосС, 2012. Гл. VI. С. 383–456.

8. Rosenzweig S. T., Stromberger M. E., Schipanski M. E. Intensified dryland crop rotations support greater grain production with fewer inputs // Agriculture, Ecosystems & Environment. September 2018. Vol. 264. № 1. P. 63–72.

9. Лошаков В. Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 1. С. 9–13.

10. Логвинов И. В. Эффективность предшественников озимой пшеницы в условиях юго-запада ЦЧЗ // Инновационные технологии возделывания белого люпина и других зерновых культур: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. (Белгород, 13–15 июня 2017 г.) / Белгородский НИИСХ. Белгород: Белгородская областная типография, 2017. С. 327–336.

11. Горянин О. И., Чичкин А. П., Джангабаев Б. Ж. Формирование урожаев озимой пшеницы в технологиях точного земледелия в Самарском Заволжье // Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе: сб. докладов Междунар. практ. конф. (9–10 янв. 2016 г.). Шортанды: Изд-во НПЦЗХ им. А.И. Бараева, 2016. С. 31–37.

12. Лазарев В. И., Золотарева И.А., Хижняков А. Н. Эффективность влияния отдельных видов минеральных удобрений и их сочетаний на продуктивность культур зернопропашного севооборота // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 46–51.

13. Власов В. Г. Захарова Л. Г. Формирование урожайности нового сорта пшеницы мягкой яровой Ульяновская 105 в зависимости от приемов агротехники // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 26–28.

14. Мамсиров Н. И. Оптимизация системы обработки почв как фактор повышения их плодородия и продуктивности пропашных культур: монография. Майкоп: Магарин О. Г., 2015. 287 с.

15. Стулин А. Ф. Комплексная оценка длительного применения минеральных удобрений в агроценозах кукурузы в условиях Центрального Черноземья // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 9–14.

16. Навольнева Е. В., Соловиченко В. Д., Куликова М. А. Влияние применения удобрений на содержание гумуса в черноземе типичном // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докладов науч.-практ. конф. (21 апр. 2017 г.) / ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. Курск: ТОП+, 2017. С. 216–219.

17. Терентьев О. В. Технологии воспроизводства плодородия почвы в зерновых севооборотах в Среднем Поволжье // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 1. С. 48.

18. Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В. Влияние систематического применения удобрений в условиях богары и при длительном орошении на урожайность культур, продуктивность зернопропашного севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в агроландшафтном земледелии Центрального Предкавказья // Агрохимия. 2018. № 4. С. 3–17.

19. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева и др. // Агрохимия. 2017. № 5. С. 3–11.

20. Черкасов Г. Н. Адаптивно-ландшафтное земледелие: теория и практика (избранные научные труды). Курск: Изд-во ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2018. 331 с.

Formation of crop rotations and structure of sown areas for obtaining the given quantity of product taking into account natural resource potential

A. S. Akimenko
All-Russian Research Institute of Farming and Soil Protection from Erosion,
Kursk Federal Agrarian Scientific Center, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *The work aimed to develop methodological fundamentals of improving crop rotations for obtaining the given quantity of product. Achieving this goal is possible only with the necessary natural resources, primarily heat and moisture, depending on the availability of which the productivity of agricultural zones varies 1.2–2.9 times. The formation of the structure of sown areas is limited by erosion danger, soil protecting properties of crops and soil suitability for them and that is why potential productivity is realized by 65–85%. An increase in the realization of the resource potential in the forest-steppe zone is facilitated by the inclusion of intermediate crops in the crop rotation, and in the dry-steppe zone – by the limitation of bare fallow proportion to 15–20%. Energy estrangement with crop yield entails soil fertility discharge which stipulates the decrease in ploughland productivity. In the case of an increase in nitrogen rates, in parallel with an increase in arable land productivity, humus loss decreases similarly to the influence of perennial grasses. Gross yield is determined by the sown area and yield per hectare depending on crop place in a crop rotation and applied fertilizers. Modern varieties and hybrids respond positively to increased nitrogen rates but in this case, water consumption increases and soil moisture supplies by the time of cereal earing decrease by 30–50% as compared with the untreated variants which predetermines yield decrease with the lack of precipitation. The possibilities of choosing the specialization of a farm are limited by the increase in erosion hazard in the agrolandscape. The methodological basis for the formation of crop rotation is to assess the potential productivity of arable land; to choose the specialization in terms of agrolandscape; to develop the structure of sown areas, taking into account the effect of the alternation of crops and fertilizers on the productivity.*

Keywords: *crop rotation; structure of sown areas; moisture supplies; warm period durability; energy; nitrogen; humus.*

Author Details: *A. S. Akimenko, D. Sc. (Agr.), head of the laboratory (e-mail: kurskfarc@mail.ru).*

For citation: *Akimenko AS [Formation of crop rotations and structure of sown areas for obtaining the given quantity of product taking into account natural resource potential]. Zemledelie. 2020; (4): 19-22. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10405.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10406
УДК 633.34:631.53.04:631.53.048

Влияние структуры посева и нормы высева семян на формирование урожайности сои сорта Китросса

Г. П. ЧЕПЕЛЕВ, старший научный сотрудник (e-mail: chegripet@yandex.ru)
М. П. МИХАЙЛОВА, старший научный сотрудник (e-mail: mihaylovamariya@mail.ru)
Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Игнатьевское ш., 19, Благовещенск, Амурская обл., 675027, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения продукционных процессов нового среднеспелого сорта сои Китросса в зависимости от способов посева и норм высева семян для оптимизации агротехники его возделывания. Работу выполняли в Амурской области в 2017–2018 гг. Почва опытного участка – луговая черноземовидная, тяжёлая по механическому составу. Общая площадь делянки – 3,6 м^2, учетная – 1,8 м^2, повторность 6-кратная. Схема опыта предусматривала изучение двух факторов: А – способ посева (ширина междурядья 15, 30 и 45 см), Б – норма высева семян (200, 400 и 600 тыс. шт./га). Состояние фотосинтетического аппарата сои фиксировали флуориметром MINI-PAM в основные фазы ее развития по двум показателям: квантовый выход фотосинтеза и флуоресценция хлорофилла. В среднем за два года квантовый выход фотосинтеза за вегетационный период в зависимости от нормы высева и способа посева был самым высоким в начальный период роста (0,708...0,757 отн.у.ед.) и во время формирования урожая (0,730...0,780 отн.у.ед.). Это свидетельствует о высокой активности работы фотосинтетического аппарата в указанные периоды развития сои. В среднем за годы исследований наибольший квантовый выход флуоресценции хлорофилла (615,1 отн.у.ед.) отмечен в фазе цветения, что свидетельствует о слабом использовании квантов света хлорофиллом в этой фазе. Самый высокий сбор семян (3,82 т/га) отмечен в благоприятных условиях 2017 г. при рядовом посеве с нормой 400 тыс. шт./га. В сложных метеоусловиях 2018 г. наибольшая урожайность (2,0 т/га) зафиксирована при норме высева 600 тыс. шт./га и посеве с междурядьями 30 и 15 см.

Ключевые слова: *соя (Glycine max (L.) Merrill), норма высева, способы посева, квантовый выход фотосинтеза, квантовый выход флуоресценции хлорофилла, урожайность.*

Для цитирования: *Чепелев Г. П., Михайлова М. П. Влияние структуры посева и нормы высева семян на формирование урожайности сои сорта Китросса // Земледелие. 2020. № 4. С. 22–25. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10406.*

Основной физиологический процесс, определяющий продуктивность агроценоза, – фотосинтез, в результате которого создается до 90 % и более сухого вещества растений. Любой агротехнологический прием будет эффективен, если он направлен на формирование оптимальной площади листьев, улучшение освещенности листового аппарата и увеличение продолжительности его активной деятельности [1, 2, 3].

В последние годы при возделывании сои отмечена тенденция к увеличению густоты стояния растений при посеве. В загущенных агроценозах смыкание рядов происходит на ранних фазах развития, поэтому листья нижних ярусов получают недостаточное количество света. Они преждевременно желтеют и опадают, что приводит к угнетению и прекращению цветения и, как следствие, к образованию небольшого количества бобов [4, 5, 6]. Однако некоторые исследователи указывают на наличие пластичных сортов, которые не реагируют или слабо реагируют на изменение освещенности [7]. Создавать благоприятные условия для поглощения и максимального использования солнечной энергии крайне необходимо, так как это может быть важным средством повышения урожайности [8]. Поэтому вопрос оптимального выбора способа посева и нормы высева семян следует решать исходя из особенностей сорта и местности, где его планируют выращивать.

Цель исследований – изучить продукционные процессы нового среднеспелого сорта сои Китросса в зависимости от способов посева и норм высева для оптимизации агротехники его возделывания.

Работу проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте сои в 2017–2018 гг. (с. Садовое Тамбовского района Амурской области). Почва – луговая черноземовидная. Мощность гумусового слоя (А+АВ) – 20...30 см.

Содержание гумуса (по И. В. Тюрину в модификации Б. А. Никитина) – 4...5 %, его запасы в метровом слое – 200...250 т/га. Реакция почвенного раствора (потенциометрическим методом) – слабокислая (pH=5,2). Почва характеризуется значительными запасами валового азота – 0,28...0,43 % и относится к средневодопроницаемым, её объемная масса колеблется от 1,02 до 1,10 г/см^3, пористость – 43,8 %.

Объект исследований – растения сои среднеспелого сорта Китросса (совместной селекции России и КНР), включённого в Госреестр селекционных достижений в 2016 г. На сегодняшний день он входит в число наиболее востребованных у сельхозпроизводителей Амурской области (посевные площади превышают 10000 га).

Метеорологические условия 2017–2018 гг. различались по температурному режиму и количеству осадков. Вегетационный период 2017 г. характеризовался переменным температурным режимом, недостатком влаги в отдельные фазы развития растений. Третья декада мая была прохладной – на 1...2 °С ниже среднемноголетней. Сумма осадков за май месяц составила 42 мм, или 108 % от нормы. В начале июня отмечали резкие перепады температур по дням от 9,5 до 21,5 °С. Среднемесячная температура воздуха составила 19 °С, что несколько выше нормы. Осадков выпало 77,2 мм, или на 9 % ниже среднемноголетнего количества. Резкие перепады температур и недостаток влаги тормозили рост и развитие растений. Июль характеризовался высокой температурой воздуха и недостатком влаги – осадков выпало 64 % от нормы. Температура воздуха во всех трех декадах находилась в пределах многолетних значений. Температурный режим в июле был несколько повышенным. Дожди прошли в основном во второй декаде месяца. В августе температура варьировала от 7,4 до 26,0 °С. Сумма осадков превышала норму на 49 %.

Вегетационный период 2018 г. отличался неустойчивым температурным режимом, частыми дождями, высокой относительной влажностью воздуха. В фазе 3-го тройчатого листа среднемесячная температура воздуха составила 17,9 °С, что ниже климатической нормы на 0,9 °С, осадков выпало 188,2 мм, или 221 % от нормы. В фазе цветения большое количество осадков, которое на 71 % превысило норму, вызвало переувлажнение почвы, что способствовало частичному угнетению растений и увеличению продолжительности периода вегетации сои. В августе и сентябре наблюдали недостаток влаги – 61 и 45 мм, что ниже нормы на 32...40 % соответственно.

Схема опыта предусматривала изучение двух факторов: способ посева (фактор А) – ширина междурядья 15, 30 и 45 см, норма высева семян (фактор Б) – 200, 400 и 600 тыс. шт./га.

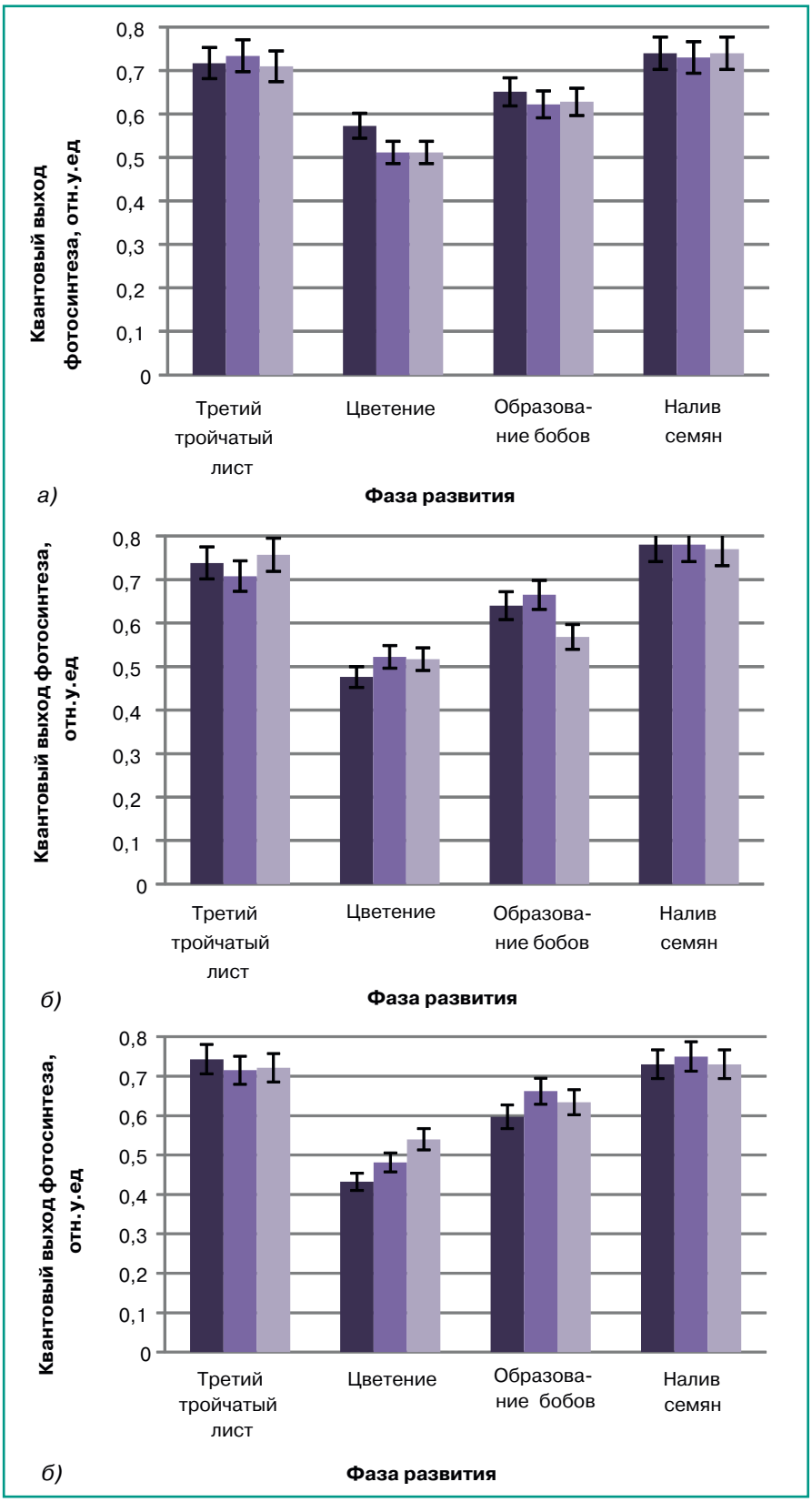


Рисунок. *Влияние способа посева и нормы высева семян сои сорта Китросса на квантовый выход фотосинтеза (среднее за 2017–2018 гг.): а) норма высева семян 200 тыс. шт./га; б) норма высева семян 400 тыс. шт./га; в) норма высева семян 600 тыс. шт./га: ■ – способ посева семян на 45 см; ■ – способ посева семян на 30 см; ■ – способ посева семян на 15 см.*

1. Влияние способа посева и нормы высева семян сои сорта Китросса на квантовый выход флуоресценции хлорофилла (среднее за 2017–2018 гг.), отн.у.ед.

Фаза роста и развития сои	Ширина междурядья, (фактор А)	Норма высева семян, тыс. шт./га (фактор В)		
		200	400	600
Третьего тройчатого листа	45	484,9	489,6	509,2
	30	527,4	534,7	499,9
	15	494,4	477,9	483,1
$НСР_{05}$	средних частных – 17,0; А – 9,8; В – 9,8; АВ – 14,5			
Цветения	45	589,0	534,8	561,4
	30	600,2	502,1	543,8
	15	615,1	546,2	503,1
$НСР_{05}$	средних частных – 56,1; А – 32,4; В – 32,412; АВ – 47,9			
Образования бобов	45	550,2	526,2	505,2
	30	536,3	525,1	503,0
	15	578,3	556,6	530,3
$НСР_{05}$	средних частных – 32,1; А – 18,5; В – 18,5; АВ – 27,4			
Налива семян	45	389,3	380,9	334,5
	30	410,6	383,9	455,4
	15	350,3	342,1	318,9
$НСР_{05}$	средних частных – 47,3; А – 13, 7; В – 13, 7; АВ – 27,7			

Общая площадь делянки – 3,6 м^2, учетная – 1,8 м^2, повторность 6-кратная, расположение делянок – блочно-рендомизированное. Агротехника возделывания включала следующие операции: глубокое безотвальное рыхление в два следа, ранневесеннее боронование, внесение почвенного гербицида, культивация.

В ходе эксперимента оценивали состояние фотосинтетического аппарата в основные фазы развития сои (третьего тройчатого листа, цветения, образования бобов и налива семян) с использованием флуориметра MINI-PAM по следующим показателям: квантовый выход фотосинтеза, характеризующей количество усвоенных фотонов, влияющих на фотохимические процессы от их общего количества поступившего в систему; квантовый выход флуоресценции хлорофилла, определяющий количество неусвоенных фотонов солнечной энергии и излученных в виде флуоресценции. Уборку осуществляли вручную, обмолот снопов – на стационарной молотилке.

Статистическую обработку данных выполняли методом дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа по Б. А. Доспехову (М., 1979).

В среднем за два года исследований в течение вегетационного периода квантовый выход фотосинтеза независимо от нормы высева и способа посева в фазы третьего тройчатого листа и налива семян, был выше, чем в фазы цветения и образования бобов. Так, величина этого показателя в фазе третьего тройчатого листа варьировала в пределах 0,708...0,757 отн.у.ед., что указывает на высокую активность работы фотосинтетического аппарата (см. рисунок). Самым высоким (0,757 отн.у.ед.) в этот период он был при норме высева 400 тыс. шт./га и посеве с шириной междурядий 15 см. В фазе цветения при увеличении нормы высева с 200 до 600 тыс. шт./га при ширине междурядий 45 см происходило снижение величины этого показателя на 17,0...24,6 %. Такая картина объясняется тем, что по мере уплотнения посева условия освещения растений и, следовательно, использование солнечной энергии в процессе фотосинтеза ухудшаются [9]. Наибольший (0,573 отн.у.ед.) квантовый выход фотосинтеза отмечен в варианте с широкорядным способом посева с нормой высева 200 тыс. шт./га, наименьшим (0,432 отн.у.ед.) – при норме высева 600 тыс. шт./га. Рост активности работы фотосинтетического аппарата наблюдали в фазе образования бобов. Самый высокий квантовый выход фотосинтеза (0,665 отн.у.ед.) отмечен в варианте с нормой высева 400 тыс. шт./га в посевах с междурядьями 30 см, самый низкий (0,568 отн.у.ед.) – при рядовом посеве (15 см) и норме высева 400 тыс. шт./га. Независимо от способа посева самые высокие величины этого показателя наблюдали в фазе налива семян в вариантах с нормой высева 400 тыс. шт./га, что было выше, чем при норме высева 200 и 600 тыс. шт./га, на 5,1...6,5 и 4,0...6,4 % соответственно.

В среднем за два года исследований наибольший квантовый выход флуоресценции хлорофилла отмечали в фазе цветения, что указывает на снижение фотохимических процессов в этот период. При рядовом способе посева повышение нормы высева вело к снижению величины этого показателя. Так, в варианте с нормами 400 и 600 тыс. шт./га, по сравнению с 200 тыс. шт./га, он был меньше на 11,2 и 18,0 % (табл. 1).

В фазе образования бобов различия межу вариантами (способ посева и норма высева) не превышали 13 %. Самый высокий выход флуоресценции хлорофилла независимо от нормы высева зафиксирован при рядовом посеве, что подтверждает предположение о слабом использовании солнечной энергии в этот период в таких условиях. Наименьшим он был в фазе налива семян. Увеличение нормы высева при рядовом посеве способствовало снижению величины этого показателя. Так, в вариантах с нормой 400 и 600 тыс. шт./га, по сравнению с 200 тыс. шт./га, выход флуоресценции хлорофилла был меньше на 2,4 и 9,0 % соответственно. Квантовый выход

2. Урожайность сои сорта Китросса в зависимости от способа посева и нормы высева семян, т/га

Ширина междурядья, см (фактор А)	Норма высева, тыс. шт./га (фактор В)								
	200			400			600		
	2017 г.	2018 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	среднее
45	3,8	1,5	2,6	3,7	1,6	2,6	3,4	1,7	2,5
30	3,4	1,8	2,6	3,7	1,9	2,8	3,4	2,0	2,7
15	3,3	1,6	2,5	3,8	2,0	2,9	3,4	2,0	2,7
$НСР_{05}$ 2017 г.	частных различий – 0,36, А – 0,16, В – 0,22, АВ – 0,34								
$НСР_{05}$ 2018 г.	частных различий –1,77, А – 0,10, В – 0,20, АВ – 0,28								

флуоресценции хлорофилла – обратная величина квантовому выходу фотосинтеза и характеризует количество не усвоенных фотонов. Чем его величина меньше, тем лучше. Наименьшей (318,9 отн.у.ед.) она была при норме высева 600 тыс. шт./га и рядовом способе посева. Это свидетельствует о том, что в этом варианте все растения равномерно размещены на единице площади и наиболее полно используют солнечную энергию.

В среднем за два года в зависимости от способа посева, нормы высева и сложившихся метеоусловий сбор семян изменялся от 2,5 до 2,9 т/га (табл. 2). Наиболее благоприятным для роста и развития сои был вегетационный период 2017 г. Ее урожайность в этот год находилась на уровне 3,32...3,82 т/га. Наибольший сбор (3,82 т/га) семян культуры отмечен при рядовом посеве с нормой высева 400 тыс. шт./га.

В 2017 г. при широкорядном посеве наибольшая урожайность (3, 8 т/га) зафиксирована в варианте с нормой высева 200 тыс. шт./га. При увеличении нормы до 600 тыс. шт./га она снижалась на 0,33 т/га. В посевах с междурядьями 30 и 15 см наибольший сбор семян отмечен при посеве с нормой 400 тыс. шт./га (2,0 т/га). Ее увеличение или снижение приводило к уменьшению урожайности на 0,3...0,5 т/га.

В сложных метеоусловиях 2018 г. растения сои по-разному реагировали на способ посева. Самая высокая урожайность (2,0 т/га) отмечена при норме 600 тыс. шт./га и посеве с шириной междурядий 30 и 15 см, а также при рядовом способе посева с нормой высева 400 тыс. шт./га (см. табл. 2), наименьшая (1,5 т/га) – в варианте с нормой 200 тыс. шт./га при широкорядном способе, в то время как в 2017 г. в этом же варианте урожайность была в 2,5 раза больше.

Установленная тесная корреляция между квантовым выходом фотосинтеза в фазе налива семян и урожайностью сои (r=0,639 при $r_{крит.}$=0,254; $d_{ух}$=0,408) свидетельствует о том, что его изменение на 40 % определяет варьирование сбора семян изучаемого сорта.

Таким образом, в среднем за 2 года наибольший квантовый выход фотосинтеза независимо от нормы высева и способа посева отмечали в начальный период роста (0,708...0,757 отн.у.ед.) и во время формирования урожая (0,730...0,780 отн.у.ед.). Наименьший квантовый выход флуоресценции хлорофилла (318,9...455,4 отн.у.ед.) отмечен в фазе налива семян сои, что свидетельствует о высокой эффективности поглощения света листовой поверхностью в этот период развития.

Самый высокий сбор семян (3,82 т/га) наблюдали в благоприятных условиях 2017 г. при рядовом способе посева нормой 400 тыс. шт./га. В сложных метеоусловиях 2018 г. наибольшая урожайность (2,0 т/га) зафиксирована при норме высева 600 тыс. шт./га и посеве с междурядьями 30 и 15 см. В среднем за годы исследования самый высокий сбор семян (2,9 т/га) отмечен в варианте с нормой 400 тыс. шт./га при рядовом посеве.

Литература.

1. Землянская Ю. Е., Синеговская В. Т. Посевы новых сортов и сортообразцов сои как фотосинтезирующие системы // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб. научн. тр. ДальГАУ. Благовещенск: Изд-во: ДальГАУ, 2004. Вып. 10. 191 с.

2. Синеговская В. Т. Сортовые агротехнологии возделывания в Приамурье // Вестник ДальГАУ. 2007. № 3. С. 51–57.

3. Синеговская В. Т., Толмачев М. В. Душко О. С. Изучение процессов фотосинтеза сортов сои амурской селекции // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего востока: сб. науч.тр. по материалам науч.-практ. конференции. Благовещенск: ООО «Типография», 2013. Т. 1. С. 57–63.

4. Сырмолот О. В., Синеговская В. Т. Использование биопрепаратов для повышения фотосинтетической и семенной продуктивности сои // Зерновое хозяйство России. 2014. № 5. С. 67–71.

5. Толмачев М. В., Синеговская В. Т. Влияние технологических приемов возделывания на фотосинтетическую деятельность и продуктивность сортов сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 12 (62). С. 5–8.

6. Икоева Л. П., Хаева О. Э., Бацазова Т. М. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность сои в условиях предгорной зоны РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56. № 1. С. 25–30.

7. Муратов А. А., Оборская Ю. В. Сортовая специфика возделывания сои российской и китайской селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (128). С. 59–63.

8. Conley S. P., Santini J. B. Crop management practices in Indiana soybean production systems // Integrated Crop Management Conference – Iowa State University. 2006. P. 27–37.

9. Шпилев Н. Б., Михайлова М. П. Продукционные процессы сои сорта Китросса в зависимости от структуры посева // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы: сб. научн. статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвящённой 50-летию образования Всероссийского НИИ сои. Благовещенск: ИПК «ОДЕОН», 2018. С. 338–345.

Influence of crop structure and seeding rate on the yield formation of soybean *Kitrossa*

G. P. Chepelev, M. P. Mikhailova
All-Russian Research Institute of Soybean Breeding, Ignat'evskoe sh., 19, Blagoveshchensk, Amurskaya obl., 675027, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to investigate the production processes of Kitrossa – the new mid-ripening soybean variety – depending on sowing methods and seeding rates to optimize the agricultural technology of its cultivation. The work was carried out in the Amur Region in 2017–2018. The soil of the experimental plot was meadow chernozem-like, heavy in mechanical composition. The total plot area was 3.6 m2, the registration area was 1.8 m2. The experiment was repeated 6 times. The experimental design involved the study of two factors: A – sowing method (row-spacing width of 15, 30 and 45 cm), B – seeding rate (200, 400 and 600 thousand seeds/ha). The state of the soybean photosynthetic apparatus was recorded with a MINI-PAM fluorimeter in the main phases of plant development according to two indicators: quantum yield of photosynthesis and fluorescence of chlorophyll. On average, over two years, the quantum yield of photosynthesis during the growing season, depending on the seeding rate and sowing method, was the highest in the initial period of growth (0.708–0.757 relative units) and during the formation of the crop (0.730–0.780 relative units). This indicates a high activity of the photosynthetic apparatus during the indicated periods of soybean development. On average, over the years of the research, the highest quantum yield of chlorophyll fluorescence (615.1 relative units) was observed in the flowering phase, which indicates the weak use of light quanta by chlorophyll in this phase. The highest seed yield (3.82 t/ha) was noted under favourable conditions in 2017 with row sowing at the rate of 400 thousand seeds/ha. Under difficult weather conditions in 2018, the highest yield (2.0 t/ha) was recorded at the sowing rate of 600 thousand seeds/ha and sowing with row-spacing of 30 and 15 cm.*

Keywords: *soybean (Glycine max (L.) Merrill); seeding rate; sowing methods; quantum yield of photosynthesis; quantum yield of chlorophyll fluorescence; yield.*

Author details: *G. P. Chepelev, senior research fellow (e-mail: chegripet@yandex.ru); M. P. Mikhailova, senior research fellow (e-mail: mihaylovamariya@mail.ru).*

For citation: *Chepelev GP, Mikhailova MP. [Influence of crop structure and seeding rate on the yield formation of soybean Kitrossa]. Zemledelie.2020;(4):22-5. Russian. doi:10.24411/0044-3913-2020-10406.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10407
УДК 633.15 : 631.26 (571.63)

Многокритериальная оценка гибридов кукурузы в условиях Приморского края

Е. С. БУТОВЕЦ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: otdelsoy@mail.ru)
Н. А. КРАСКОВСКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
И. Н. ДАНИЛЕНКО, аспирант, младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, ул. Воложенина, 30, пос. Тимирязевский, Уссурийск, Приморский край, 692539, Российская Федерация

Исследования проводили с целью интегральной оценки высокопродуктивных гибридов кукурузы для выделения лучших из них в условиях Приморского края. Работу выполняли в 2017–2018 гг. Почва опытного участка – лугово-бурая отбеленная. Метеорологические условия периода вегетации в годы исследований были благоприятными для роста и развития кукурузы. Материалом для работы служили 22 гибрида кукурузы разных групп спелости иностранной и отечественной селекции. Стандарт – гибридная популяция Славянка. Анализ гибридов осуществляли по семи признакам: урожайность, уборочная влажность зерна, масса 1000 зерен и одного початка, высота растений и прикрепления нижнего початка, выход зерна. Рассчитывали стандартные отклонения, весовые коэффициенты, интегральные оценки гибридов. Многокритериальная оценка основана на подсчете средневзвешенной суммы нормированных отклонений признаков от заданного селекционером вектора их желательных значений (идеала). Образец с наименьшей оценкой считали лучшим. Высокая урожайность отмечена у гибридов Р 9241 (10,1 т/га), Р 9074 (10,1), Делитоп (9,7), Си Новатоп (9,9), превысивших стандарт на 110,4...114,9 %. Низкой уборочной влажностью зерна, на 6,4...8,6 % меньше стандарта, характеризовались образцы Р 7054 (22,1 %), Си Ротанго (24,1), Байкал (23,2), Бирсу (22,9), НУР (21,9). Лучшими по интегральной оценке оказались 18 гибридов кукурузы (от -5,9 до -1,7). Самой низкой (-5,9) она была у гибридов – Си Новатоп, Р 8688 и Р 7054. Динамика и скорость роста главного побега кукурузы зависела от года исследований и генотипа. На начальных этапах развития (фаза образования 7...9 листа) преимуществом по высоте растений характеризовались раннеспелый Р 7054 и среднеспелый Си Новатоп – 25,3...37,7 см. В дальнейшем Си Новатоп и Р 8688 обошли в росте раннеспелый гибрид Р 7054.

Ключевые слова: *Приморский край, кукуруза (Zea mays L.), гибрид, урожайность, метод многокритериального выбора, идеал гибрида, интегральная оценка, динамика и скорость роста побега.*

Для цитирования: *Бутовец Е. С., Красковская Н. А., Даниленко И. Н. Многокритериальная оценка гибридов кукурузы в условиях Приморского края // Земледелие. 2020. № 4. С. 26–28. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10407.*

В мировом производстве кукуруза – ведущая культура по урожайности, площади посева и валовому сбору зерна [1, 2]. Ее уникальность состоит в высокой потенциальной продуктивности и универсальности использования. Зерно кукурузы характеризуется многообразием пищевого, фуражного и промышленного назначения, из него производят более 270 наименований различной продукции. В качестве фуражной культуры кукуруза лидирует среди зерновых благодаря высокой питательности [3, 4] .

В Приморском крае кукурузу выращивают как на зерно, так и на силос. Благодаря росту урожайности и увеличению посевных площадей валовой сбор ее зерна в регионе в 2019 г. составил 291,2 тыс. т [5].

Рентабельность возделывания культуры зависит от комплекса факторов, к числу которых относят правильный выбор гибридов. Современный рынок предлагает целый спектр гибридов, различающихся по срокам спелости, потенциалу урожайности, влагоотдаче и другим показателям.

Цель исследований – интегральная оценка высокопродуктивных гибридов кукурузы различного происхождения для возделывания в производстве и использования в селекционном процессе с учётом региональных особенностей.

Работу выполняли в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2017–2018 гг. Метеорологические условия периода вегетации в годы исследований были благоприятными для роста и развития кукурузы. Гидротермический коэффициент (ГТК) в оба года превышал 2,5 (табл. 1).

Почва опытного участка – лугово-бурая отбеленная тяжелосуглинистая, содержание органического вещества (ГОСТ 2623-91) – 3,8...4,4 %, легкогидролизуемого азота (ГОСТ Р 58596-2019) – 35 мг/100 г почвы, P_2O_5 и K_2O (ГОСТ Р 54650-2011) – 11,1 и 11,6 мг/100 г почвы соответственно, pH солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85) – 5,6 ед., степень насыщенности основаниями (ГОСТ 27821-88) – 98 %.

В качестве материала для исследования были выбраны 22 гибрида кукурузы разных групп спелости, иностранной (9 шт. компании Pioneer, 5 шт. компании Singenta) и отечественной (1 шт. ФГБНУ «ДВНИИСХ», 3 шт. ФГБНУ ВНИИ кукурузы, 3 шт. НПО «Семеноводство Кубани») селекции. Стандартом служила гибридная популяция Славянка, созданная в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» и районированная в Дальневосточном регионе.

Агротехника – общепринятая в Приморском крае, ширина междурядий 70 см, густота стояния – 70 тыс. шт./га [6]. Опыт заложен согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова (М., 2014). Повторность – трехкратная, расположение делянок – рендомизированное, площадь делянки – 28 м^2.

Для изучения динамики и скорости линейного роста главного побега выбраны, выделившиеся в результате интегральной оценки гибриды Р 7054 (ФАО 160), Си Новатоп (ФАО 240), Р 8688 (ФАО 270). Высоту растений измеряли, начиная с фазы образования 7...9 листа, на десяти закрепленных растениях 1 раз в 10 дней до окончания роста главного побега; при последнем замере определяли высоту прикрепления нижнего початка и количество листьев. Исследования проводили согласно методическим рекомендациям

1. Гидротермические условия периодов вегетации культуры (по данным агрометеостанции «Тимирязевский»)

Год	Сумма температур выше 10 ^{0}С	Количество осадков, мм	ГТК
2017	2714,3	724,4	2,67
2018	2643,8	752,4	2,85

2. Характеристика и интегральная оценка гибридов кукурузы (среднее за 2017–2018 гг.)

Гибрид	Урожайность, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Масса, г		Высота, см		Выход зерна, %	Интегральная оценка
			1000 зерен	одного початка	растения	прикрепления нижнего початка		
Славянка (St.)	4,7	30,5	284,1	167,5	216,5	72,8	85,7	0,1
Си Новатоп	9,9	26,4	310,2	174,5	231,9	84,2	88,4	-5,9
Р 8688	8,6	27,8	273,6	231,1	248,1	86,4	88,2	-5,9
Р 7054	7,2	22,1	276,7	149,1	224,2	80,5	87,7	-5,9
Р 7709	7,1	26,4	307,9	164,2	220,3	73,2	87,1	-4,9
Си Ротанго	8,1	24,1	258,7	157,2	226,2	66,9	86,5	-4,2
Делитоп	9,7	28,6	292,1	165,3	232,7	79,5	87,9	-4,1
Р 9175	8,9	35,4	334,7	216,9	240,1	88,5	87,6	-3,9
Р 8816	8,7	30,9	281,1	177,3	249,3	93,0	88,6	-3,9
НК Фалькон	9,1	27,9	296,2	166,4	233,8	72,4	85,1	-3,8
Р 8451	8,9	30,1	290,4	159,9	243,6	91,9	87,7	-3,8
НК Гитаго	8,2	28,2	276,5	159,2	239,5	78,1	86,3	-3,5
Байкал	5,5	23,2	242,5	140,0	214,7	73,9	82,6	-3,0
Р 9241	10,1	34,4	281,8	206,9	251,7	82,3	87,2	-2,7
Ладожский 175 МВ	7,6	29,7	295,2	165,3	196,4	61,5	86,4	-2,5
Р 9074	10,1	34,1	278,7	195,7	246,6	87,5	86,4	-2,3
КС 178 СВ	6,0	28,3	217,6	141,8	250,1	97,2	86,6	-2,2
Р 8523	4,3	27,9	268,3	180,6	250,4	94,8	88,5	-2,0
Ладожский 250	7,0	31,5	259,0	173,9	216,1	74,2	86,6	-1,7
Ладожский 181 МВ	5,4	35,4	274,8	178,1	227,4	72,8	86,6	1,0
Бирсу	3,3	22,9	240,6	111,5	191,7	64,4	81,7	2,2
Нур	3,3	21,9	228,6	84,5	142,4	29,6	85,2	3,6
Р 8400	9,1	47,4	275,7	165,7	233,3	82,3	88,9	3,6
$НСР_{05}$	1,5	7,9	49,9	29,3	17,5	12,5	4,1	
Стандартное отклонение	2,1	5,6	26,7	31,1	24,8	14,3	1,8	
Весовой коэффициент	2,275	-2,275	0,700	0,700	0,350	0,350	0,350	
Идеал (модель)	7,0	25,0	200,0	130,0	180,0	60,0	82,0	0,0

ВИР [7, 8]. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа (Б. А. Доспехов, М., 2014).

Как правило, выбор перспективного образца осложняет необходимость оценки по множеству количественных и качественных признаков. Анализ зачастую проводят отдельно по каждому из них, однако такой подход не позволяет учитывать одновременно всю совокупность признаков. Поэтому для полной и всесторонней оценки по комплексу хозяйственно важных признаков и свойств гибридов целесообразно применять многокритериальный метод, разработанный в 80-е гг. С. П. Мартыновым пшенице, который основан на использовании средневзвешенной суммы нормированных отклонений от оптимальной модели (идеала) гибрида [9].

Оценивали комплекс таких хозяйственно ценных признаков, как урожайность, уборочная влажность зерна, масса 1000 зерен и одного початка, высота растений и прикрепления нижнего початка, выход зерна.

Для расчета использовали следующую формулу:

$$SD = \sum_{i=1}^{N} W_i \left(I_i - \bar{x}_i \right) / s_i = \sum_{i=1}^{N} W_i \, \delta_i / s_i ,$$

где I_i и $\bar{x}_i$ – желательный уровень i-го признака и его фактическое значение у гидрида; W_i – весовой коэффициент; S_i – стандартное отклонение; δ_i – отклонение i-го признака у гибрида от желательного значения; N – число признаков. У лучшего гибрида величина SD минимальная в опыте.

Весовые коэффициенты W_i позволяют селекционеру легко изменять относительную важность той или иной группы хозяйственных признаков. В общем случае весовые коэффициенты признаков, относящихся к k-ой группе, определяли выражением:

$$W_i = p_k \cdot N / n_k^{k=1,\bar{G}},$$

где p_k – заданный вклад k-ой группы в интегральную оценку гибрида; n_k – число признаков в k-ой группе; N – общее количество признаков; G – количество групп.

Алгоритм многокритериального выбора гибридов включает следующие процедуры: построение доверительных интервалов с использованием $НСР_{05}$; подсчет стандартных отклонений S_i для каждого признака; построение вектора желательных значений J_i; назначение весовых коэффициентов W_i; вычисление интегрального критерия по формуле, ранжирование гибридов по величине SD.

В программе многокритериальной оценки при задании идеала (модели) гибрида руководствовались следующим: по урожайности и количественным признакам желательны наивысшие значения; по уборочной влажности зерна ограничение – не больше 25 %. Заданный идеал гибрида кукурузы и весовые коэффициенты показателей устанавливали самостоятельно по наибольшим величинам одного из испытуемых номеров. Ранжирование сортов осуществляли относительно идеала (интегральная оценка – это отклонение от идеала).

Изучаемые гибриды характеризовались разнообразием по величине основных хозяйственно ценных признаков. Значительное варьирование (Cv=28,9 %) отмечено по урожайности зерна. К высокоурожайным (табл. 2) отнесены Р 9241 (10,1 т/га), Р 9074 – (10,1 т/га), Си Новатоп (9,9 т/га) и Делитоп (9,7 т/га).

Уборочная влажность зерна – один из основных показателей, определяющих пригодность гибридов кукурузы к возделыванию в конкретном регионе [10]. Самой низкой она была у гибридов селекции компании Pioneer – Р 7054 (22,1 %) и компании Singenta – Си Ротанго (24,1 %). Среди отечественных гибридов выделились Байкал (23,2 %), Бирсу (22,9 %) и НУР (21,9 %).

Высота растений варьировала от 142,4 см (НУР) до 251,7 см (Ладожский 250 МВ). Высота прикрепления нижнего початка у всех образцов (за исключением НУР) превышали величину этого показателя у идеала на 1,5...37,2 см, что позволяет исключить потери энергетически наиболее ценной части урожая при уборке.

Наилучшая интегральная оценка, превышавшая идеал гибрида (0) зафиксирована у 18 образцов кукурузы (от -5,9 до -1,7). Наибольшей (-5,9) она была у гибридов Си Новатоп (компания Singenta), Р 8688 и Р 7054 (компания Pioneer).

Гибрид Р 8400, превосходивший стандарт Славянка по урожайности на 4,4 т/га и «модель» – 2,1 т/га, оказался на последнем месте, так как один из важных показателей «влажность зерна при уборке» превышал заданный параметр идеала почти в 2 раза. Кроме него по результатам ранжирования из дальнейшего тестирования будут исключены гибриды Ладожский 181 МВ, Бирсу, Нур, потому как их интегральная

3. Динамика роста главного побега гибридов кукурузы, см

Гибрид	ФАО	Год	Дата учета					
			27.06	7.07	17.07	27.07	6.08	15.08
Р 7054	160	2017	26,2	48,7	92,0	153,2	224,5	230,1
		2018	36,9	68,0	108,0	182,1	220,0	222,0
Си Новатоп	240	2017	25,3	55,1	85,6	158,9	240,2	255,8
		2018	37,7	65,3	104,3	172,3	215,3	223,6
Р 8688	270	2017	25,1	50,9	84,5	174,1	250,8	256,9
		2018	34,1	62,3	97,0	174,3	224,5	245,3

оценка (от 1,0 до 3,6) ниже, чем у стандарта Славянка (0,1).

Для разработки правильной технологии возделывания и прогнозирования силосной и зерновой продуктивности кукурузы необходимо знание особенностей формирования генеративных и вегетативных органов растений. Динамика роста главного побега лучших по интегральной оценке гибридов кукурузы Р 7054 (ФАО 160), Си Новатоп (ФАО 240), Р 8688 (ФАО 270) зависела от года исследований и генотипа. На начальных этапах развития наибольшую высоту растений отмечали у раннеспелого гибрида Р 7054 и среднеспелого гибрида Си Новатоп, у которых она варьировала в зависимости от года от 25,3 до 37,7 см. В дальнейшем Си Новатоп и Р 8688 обгоняли в росте раннеспелый Р 7054. Наибольшая конечная высота растений отмечена у гибрида Р 8688 (табл. 3).

Скорость линейного роста главного побега кукурузы также находилась в зависимости от генотипа и условий года исследований. Наибольшей она была в период между 17 и 26 июля и варьировала в 2017 г. от 6,1 см в сутки у раннеспелого гибрида Р 7054 до 9,0 см у среднеспелого Р 8688 (табл. 4). В 2018 г. наибольшая скорость роста также отмечена у гибрида Р 8688 – 7,7 см со снижением ко времени последнего учета до 2,1 см.

Снижение интенсивности ростовых процессов у всех гибридов наблюдали приблизительно с 6 августа – через 6…8 дней после цветения початков. Таким образом, цветение початков в условиях Приморского края не сопровождалось завершением прироста главного побега, который некоторое время увеличивается в высоту благодаря интеркалярному росту междоузлия растений, от которых отходят побеги, несущие продуктивные початки [11].

Таким образом, по интегральной оценке идеал превзошли 18 образцов кукурузы (от -5,9 до -1,7). Самой лучшей (-5,9) она была у гибридов Си Новатоп (компания «Singenta»), Р 8688 и Р 7054 (компания «Pioneer»).

Динамика и скорость роста главного побега кукурузы зависела от года исследований и генотипа. На начальных этапах развития (фаза образования 7…9 листа) самыми высокими были растения раннеспелого гибрида Р 7054 и среднеспелого Си Новатоп – 25,3…37,7 см. В дальнейшем Си Новатоп и Р 8688 превосходили раннеспелый гибрид Р 7054 в росте. Наибольшая высота отмечена у среднеспелого гибрида Р 8688.

4. Скорость роста главного побега гибридов кукурузы, см/сут.

Гибрид	ФАО	Год	Дата учета				
			27.06-6.07	7.07-16.07	17.07-26.07	27.07-5.08	6.08-15.08
Р 7054	160	2017	2,3	4,3	6,1	7,1	0,6
		2018	3,1	4,0	7,4	3,8	0,2
Си Новатоп	240	2017	3,0	3,1	7,3	8,1	1,6
		2018	2,8	3,9	6,8	4,3	0,8
Р 8688	270	2017	2,6	3,4	9,0	7,7	0,6
		2018	2,8	3,5	7,7	5,0	2,1

Литература.

1. Организационно-экономические предпосылки развития производства и реализации зерна кукурузы в странах БРИКС / Н. Д. Аварский, Г. Е. Быков, В. Г. Быков и др. // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 1. С. 73–85.

2. Надточаев Н., Холодинская Н., Володькин Д. Роль кукурузы в мировом производстве зерна // Белорусс. Сел. Хоз-во. 2018. № 1. С. 45–48.

3. Сотченко В. С. Состояние и перспективы семеноводства кукурузы // Кукуруза и сорго. 2014. № 1. С. 3–8.

4. Химический состав и питательность комбинированных силосов из кукурузы и многолетних бобовых трав / Н. Н. Зенькова, Н. П. Разумовский, И. В. Сучкова и др. // Ученые записки УО ВГАВМ. 2019. Т. 55. Вып. 2. С. 118–121.

5. ЕМИСС государственная статистика [Электронный ресурс]. URL: https://www.fedstat.ru/ (дата обращения 21.10.2019 г.).

6. Система ведения агропромышленного производства Приморского края / А. К. Чайка, Н. В. Чайка, Ю. С. Капустин и др.; РАСХН, ДВНМЦ, ПримНИИСХ. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 2001. 364 с.

7. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы : метод. указания / ВАСХНИЛ, Л.: ВИР, 1985. 49 с.

8. Методические указания по селекции кукурузы / сост. Б. П. Соколов, И. И. Ивахненко, П. П. Домашнев и др. М.: ВАСХНИЛ, 1982. 56 с.

9. Мартынов С. П. Метод многокритериального выбора на заключительном этапе селекции растений (методика) // С.-х. биология. 1987. № 6. С. 122–124.

10. Ward J. K., Henry W. B, Nock M. W. Variability in harvest moisture and drydown in multi-hybrid planting systems // Amer.soc. of agriculture and boil. engineering. St. Joseph (Mich.) 2016. Vol. 59. No. 5. Pp. 1111–1115.

11. Физиология сельскохозяйственных растений / Физиология кукурузы и риса / отв. ред. Тома Б. А. Рубин. М.: Изд-во МГУ, 1969. Т. V. 416 с.

Multicriterion estimation of corn hybrids under conditions of the Primorsky Krai

E. S. Butovets, N. A. Kraskovskaya, I. N. Danilenko
Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East, ul. Volozhenina, 30, pos. Timiryazevskii, Ussuriisk, Primorskii krai, 692539, Russian Federation

Abstract. *The studies aimed to an integrated assessment of highly productive maize hybrids to select the best of them under conditions of the Primorsky Krai. The work was carried out in 2017–2018. The soil of the experimental plot was meadow-brown bleached one. Meteorological conditions during the growing seasons were favourable for the growth and development of maize. Twenty-two hybrids of maize of different ripeness groups of foreign and domestic breeding were the material for the work. The standard was Slavyanka hybrid population. The hybrids were analyzed according to seven criteria: yield, grain harvesting moisture, the weight of 1000 grains, the weight of one ear, plant height, the height of the attachment of the lowest ear, grain output. We calculated standard deviates, weighting factors, integral estimates of hybrids. A multicriterion assessment is based on the calculation of the weighted average sum of the normalized deviations of the signs from the vector of their desired values (ideal) set by the breeder. The lowest rated sample was considered the best. High yields were observed in hybrids R 9241 (10.1 t/ha), R 9074 (10.1 t/ha), Delitop (9.7 t/ha), Si Novatop (9.9 t/ha), which exceeded the standard by 110.4–114.9%. Samples R 7054 (22.1%), Si Rotango (24.1%), Baikal (23.2%), Birsu (22.9%), NUR (21.9%) were characterized by low grain harvest moisture, it was less by 6.4–8.6% than in the standard. Eighteen maize hybrids turned out to be the best in the integrated assessment (from -5.9 to -1.7). The lowest (-5.9) score was in Si Novatop, R 8688 and R 7054 hybrids. The dynamics and growth rate of the main stem of maize depended on the weather conditions and genotype. At the initial stages of development (the phase of formation of the 7th-9th leaves), the early-ripening R 7054 and mid-ripening Si Novatop were characterized by the better height of plants: 25.3–37.7 cm. Subsequently, Si Novatop and R 8688 became higher than early-ripening R 7054.*

Keyword: *Primorsky Kray; maize (Zea mays L.); hybrid; yield; multicriterion selection method; hybrid ideal; integral estimation; dynamics and growth rate of the stem.*

Author Details: *E. S. Butovets, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: otdelsoy@mail.ru); N. A. Kraskovskaya, Cand. Sc. (Agr.), chief research fellow; I. N. Danilenko, post graduate student, junior research fellow.*

For citation: *Butovets ES, Kraskovskaya NA, Danilenko IN. [Multicriterion estimation of corn hybrids under conditions of the Primorsky Krai]. Zemledelije. 2020;(4):26-8. Russian. doi:10.24411/0044-3913-2020-10407.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10408
УДК 635.21:573.6:631

Результаты отбора базовых клонов картофеля в условиях Европейского Севера и высокогорья Северного Кавказа

Е. В. ОВЭС, кандидат сельскохозяйственных наук, зам. директора (e-mail: oveselena@mail.ru)
Н. А. ГАИТОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
О. А. ШИШКИНА, младший научный сотрудник
Н. А. ФЕНИНА, научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки прохождения межфазных периодов и продуктивности сортов картофеля различного срока созревания при отборе базовых клонов в условиях северной зоны и высокогорья Северного Кавказа. Работу выполняли в 2015–2019 гг. в северном регионе Приморском районе Архангельской области и высокогорьях Верхнего Згида (на высоте 2300…2500 м над уровнем моря). Материалом для исследования служили 100 коллекционных сортов картофеля различного срока созревания. Высаживали по 25 клубней каждого сорта, в период вегетации отмечали лучшие 5 растений, выполняли биометрические измерения, фенологические наблюдения и фитопатологическую оценку. Во время уборки каждое растение оценивали по продуктивности и выровненности урожая. На рост, развитие и клубнеобразование растений значительное влияние оказали продолжительность светового дня в северном регионе и высокое солнечное сияние в высокогорье. У растений, выращенных на длинном световом дне, межфазные периоды были более продолжительными, чем в условиях высокогорья. Фаза бутонизации у сортов поздних групп спелости в высокогорье наступала на 10…15 дней раньше, чем в северной зоне. В северной зоне наиболее урожайными оказались раннеспелые и среднеранние сорта. При значительной вариации продуктивности (Cv=26,7…30,7 %) они формировали 6,9…7,7 клубней/растение. В высокогорье коэффициент размножения был больше, чем в северной зоне, в 1,7…3,2 раза. Наибольший рост величины этого показателя отмечали у сортов позднего срока созревания. Превышение урожая клубней у сортов, выращенных в высокогорье, по сравнению с северной зоной, для ранней и среднеранней групп спелости составило 2,1…2,3 раза, для среднеспелой и поздней – 4,0…4,3 раза.

***Ключевые слова**: картофель (Solanum tuberosum), банк здоровых сортов, базовые клоны, многократный отбор, высокогорье, северная зона.*

***Для цитирования:** Результаты отбора базовых клонов картофеля в условиях Европейского Севера и высокогорья Северного Кавказа / Е. В. Овэс, Н. А. Гаитова, О. А. Шишкина и др. // Земледелие. 2020. № 4. С. 29–32. doi:10.24411/0044-3913-2020-10408.*

Изучение сохранения идентичности сортообразцов картофеля при проведении меристемно-тканевых процедур во ВНИИКХ выполняют с 70-х годов прошлого столетия. Обобщая результаты комплексной оценки меристемного материала по хозяйственно-ценным признакам, физиолого-биохимическим показателям и качественным характеристикам Л. Н. Трофимец обратил внимание на такой важный вопрос, не потерявший актуальности и сегодня, как проявление изменчивости при проведении работ в культуре тканей [1]. Использование различных видов рострегулирующих веществ, особенно в повышенных концентрациях, может способствовать возникновению модификаций отдельных хозяйственно-ценных признаков [2, 3]. У картофеля такие отклонения могут проявляться в виде смещения фаз роста и развития, изменения сроков созревания, биометрических показателей растений, морфологических характеристик клубней, продуктивности и др., которые можно обнаружить только в полевых питомниках [4]. Несмотря на это, в современной практике в целях ускоренного тиражирования *in vitro* материала продолжают разрабатывать и применять всевозможные составы питательных сред.

Придавая важное значение решению проблемы сохранения сортовой идентичности и основываясь на современном мировом опыте, в начале 2000-х годов во ВНИИКХ начато создание Банка здоровых сортов картофеля (БЗСК). Первые работы по его организации были начаты на Соловецком острове в Архангельской области в 2004–2006 гг. [5]. Позже коллекцию разместили на материке в горных условиях Республики Ингушетия на высоте 1600…1800 м над уровнем моря.

Цель исследования – оценка прохождения межфазных периодов и продуктивности сортов картофеля различного срока созревания при отборе базовых клонов в условиях северной зоны и высокогорья Северного Кавказа для поддержания коллекции БЗСК.

Работу проводили в 2015–2019 гг. в условиях Европейского Севера (Приморский район, Архангельской области) и высокогорья Северного Кавказа на высоте 2300…2500 м над уровнем моря (Верхний Згид, РСО-Алания). В ходе исследований осуществляли отборы базовых клонов 100 сортов картофеля разного срока созревания из БЗСК. Посадку проводили согласно утвержденной методике в первой декаде июня, уборку – в начале сентября [6]. Ежегодно в каждой зоне для поддержания сортообразцов в полевой коллекции в питомнике базовых клонов высаживали по 25 клубней, площадь учетной делянки – 5,25 м². Для каждого сорта в период вегетации отмечали лучшие по развитию 5 растений. Отбор проводили на основе тщательной оценки каждого растения в период бутонизация–цветение на типичность и степень выраженности основных сортоотличительных признаков. В процессе вегетации выполняли биометрические измерения, фенологические наблюдения и фитопатологическую оценку. Во время уборки сравнивали морфологические характеристики клубней с авторским описанием сортов и отбирали лучшие растения с соблюдением следующих правил: типичность формы клубней, высокий коэффициент размножения, выровненность урожая, отсутствие дефектов. В качестве базовых клонов отбирали лучшие, характеризующиеся высокими показателями продуктивности, которую определяли путем фракционирования, подсчета и взвешивания урожая. Их количество зависело от регионального фактора и коэффициента размножения: в северной зоне оно составляло 3…5 клонов, в высокогорье – 1…2 клона. От каждого отобранного клона брали по одному клубню для последующего лабораторного тестирования методом ПЦР-анализа, что позволяло ежегодно контролировать наличие скрытой инфекции различного происхождения. Базовые клоны хранили в условиях климатических камер с соблюдением заданных режимов.

Архангельская область расположена на севере Восточно-Европейской равнины. Почвы Приморского района торфяно-подзолисто-глеевые. Агрохимические показатели участка, на котором был размещен БЗСК: содержание гумуса (по Тюрину) – низкое (3,66 %), азота – среднее (43…45 мг/кг почвы), содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – высокое (240…267 и 160…170 мг/кг почвы соответственно). Реакция почвенного раствора слабокислая – 5,8 ед. pH, гидролитическая кислотность – 2,5…3,4 мг-экв./100г почвы, насыщенность основаниями – 48…66 %.

БЗСК закладывали в 4-х польном севообороте. Ежегодно под основную обработку почвы заделывали органи-

1. Метеорологические условия (по данным метеостанции Архангельск)

Показатель	Среднемноголетнее	Отклонения от среднемноголетнего				
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Июнь						
Температура воздуха, °С	13,0	+0,7	+0,7	-3,3	-0,9	+1,8
Количество осадков, мм	61	+24	-12	+28	+19	+32
Июль						
Температура воздуха, °С	16,3	-3,6	+2,9	+1.4	+2,3	-3,3
Количество осадков, мм	73	-28	+47	+61	+57	+142
Август						
Температура воздуха, °С	13,1	-1,0	+3,0	+2,4	+1,3	-1,6
Количество осадков, мм	70	+39	+14	+99	+50	+86

ческое удобрение (30 т/га). При предпосадочной обработке вносили калимаг и диаммофоску по 500 кг/га, в период вегетации при достижении растениями высоты 10…15 см осуществляли подкормку аммиачной селитрой из расчета 100 кг/га.

Воздух и почва в Приморском районе прогреваются до благоприятных для посадки картофеля температур в первой декаде июня. Лучшие для культуры условия сложились в 2016–2018 гг. В эти годы превышения среднесуточных температур над среднемноголетней в июле–августе составило 1,3…3,0 °С, обилие осадков способствовало интенсивному росту и клубнеобразованию (табл. 1). В 2015 и 2019 гг. среднесуточная температура воздуха была ниже многолетней нормы: в июле – на 3,3…3,6 °С, в августе – на 1,0…1,6 °С. Это неблагоприятно отразилось на росте, развитии и клубнеобразовании растений, особенно сортов поздних сроков созревания.

Почвы высокогорья относятся к горно-луговым субальпийским. Содержание гумуса (по Тюрину) в верхнем горизонте составляет 6,7 %, реакция почвенного раствора слабокислая, ближе к нейтральной – 5,2…5,8 ед. pH, содержание азота – 43…45 мг/кг почвы, доступных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 102…120 и 161…180 мг/кг почвы соответственно. Сумма обменных оснований зависит от гранулометрического состава и находится в пределах 25…31 мг-экв./100 г почвы. Гидролитическая кислотность – 1,75 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 95 %. Перед посадкой вносили азофоску (16:16:16) из расчета 150 кг/га.

Сложный горный рельеф Кавказа создает большое разнообразие микроклиматических условий, которые зависят от экспозиции склонов и их высоты над уровнем моря. В Верхнем Згиде на высоте 2047 м в 2017 г. была установлена online метеостанция, позволяющая ежедневно знакомиться с погодными условиями высокогорья на сайте Gismeteo. Из-за присутствия контраста температур в горах, оценку дневных и ночных показателей проводили отдельно. В 2017–2019 гг. средняя температура июня днем составляла 20,6 °С, ночью – 10,7 °С, в июле она повышалась до 23,2 °С и 13,3 °С, в августе – до 24,1 °С и 14,1 °С соответственно (табл. 2). В первой декаде сентября следовало резкое снижение температур до 18,1 °С в дневное и 10,7 °С в ночное время, а в конце месяца наблюдали ночные заморозки. Осадки в горах выпадали систематически, в большинстве случаев в виде ливней дождей и гроз.

2. Метеорологические условия 2017–2019 гг. (Верхний Згид)

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Июнь			
Температура воздуха (день/ночь), °С	19,9/9,3	20,2/11,1	21,7/11,7
Количество осадков, мм	250	116	180
Июль			
Температура воздуха (день/ночь), °С	20,0/10,3	24,9/14,6	24,7/15,0
Количество осадков, мм	118	154	292
Август			
Температура воздуха (день/ночь), °С	21,4/12,1	25,1/15,0	25,8/15,2
Количество осадков, мм	89	160	117

Характерная особенность Европейского севера – длинный световой день и белые ночи в летнее время. В Архангельске они наступают в начале второй декады мая и завершаются в конце июля. Самое продолжительное солнцестояние в регионе наблюдают в июне–начале июля. В этот период световой день составляет 21,0…21,3 ч (рис. 1). Остальное время суток приходится на сумерки, которые носят название «белые ночи». В южной зоне продолжительность дня резко отличается от северной и в период вегетации картофеля характеризуется плавным переходом с 15 ч в июне до 14 ч в начале августа.

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием программы Microsoft Excel.

Условия среды оказывали значительное влияние на скорость прохождения межфазных периодов. В северном регионе продолжительный летний световой день способствовал появлению дружных всходов. Первые всходы отмечали в начале второй декады июня, массовые – в конце третьей декады. На 45…55 день после посадки ранние и среднеранние сорта в среднем формировали куст высотой 50…60 см и вступали в фазу клубнеобразования (табл. 3). Всходы сортов среднеспелой и среднепоздней групп спелости отмечали на 10…13 дней позже. Они характеризовались интенсивным ростом до 90 см и наступлением фазы бутонизации на 20 дней позже, чем у раннеспелых.

В высокогорье всходы появились на 6…10 дней позже, чем в северной зоне. Полные всходы у большинства сортов отмечали на 20…28 день после посадки. В фазу бутонизации растения вступали в зависимости от группы спелости на 47…58 день. В целом всходы в условиях высокогорья отмечали для всех групп спелости сортов почти одновременно. Наступление фазы бутонизации у растений ранней и среднеранней группы происходило на 3…5 дней позже, чем на севере, а у среднеспелых и среднепоздних сортов ее, наоборот, отмечали на 10…15 дней раньше, что указывает на более раннее начало образования клубней в таких условиях. К фазе цветения растения формировали мощные кусты, высота которых зависела от сортовых особенностей и варьировала от 60 до 100 см.

Цветение ранних и среднеранних сортов в условиях северной зоны наблюдали с третьей декады июля до конца первой

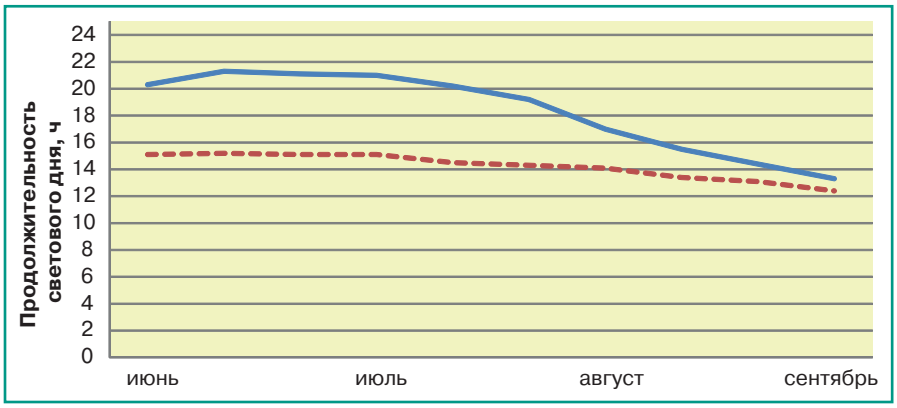


Рис. 1. Продолжительность дня в зонах поддержания полевой коллекции БЗСК: —— – северная; - - - – южная.

3. Продолжительность межфазных периодов (среднее за 2015–2019 гг.)

Группа спелости	Посадка–всходы, дн		Посадка–бутонизация, дн		Посадка–цветение, дн		Высота растений на момент уборки, см	
	I*	II	I	II	I	II	I	II
Ранняя	10…14	16…20	42…48	47…53	52…58	58…62	60…65	70…80
Среднеранняя	13…17	23…27	50…60	53…57	62…68	62…68	50…55	60…70
Среднеспелая	24…26	22…28	68…74	58…64	75…85	68…72	60…70	90…100
Среднепоздняя	24…26	22…28	73…78	58…64	80…90	68…72	50…55	90…100

**I – северная зона; II – высокогорная зона.*

декады августа. У среднеспелых сортов этот период сдвигался на вторую-третью декаду августа. У поздних сортов фазу цветения отмечали в конце августа, а в более прохладные годы (2015 и 2019 гг.) в начале сентября, что совпадало с уборкой БЗСК. В высокогорье растения характеризовались более дружным периодом массового цветения – на 60…70 день после посадки (в первой декаде августа), но у некоторых сортообразцов оно продолжалось до уборки.

Один из наиболее варьирующих показателей при проведении параллельной оценки сортов картофеля в различных агроклиматических условиях – урожай клубней [7]. Результаты отбора базовых клонов в условиях региона отражают четкую взаимосвязь между продуктивностью и скороспелостью сортов. Наиболее пригодными для возделывания в северной зоне оказались раннеспелые и среднеранние сорта, которые формировали от 6,9 до 7,7 клубней/растение при средней массе клубня 43…45 г (табл. 4). У сортов более позднего срока созревания на растении насчитывали 5,1…5,8 клубней средней массой не более 33 г. Не зависимо от зоны возделывания у сортов ранней и среднеранней групп спелости отмечали значительный коэффициент вариации признака количество сформированных клубней (*Cv*=20,5…32,6 %), что указывает на значимое влияние фактора сорта на величину этого показателя.

Коэффициент размножения растений в горах независимо от группы спелости была высоким (рис. 2) и составлял от 11,6 до 16,3 клубней/растение, продуктивность – от 640 до 850 г/растение. Наименьшая вариабельность продуктивности в БЗСК в высокогорье отмечена у сортов среднепозднего сроков созревания. Ее отклонение от среднего составляло 49 г при коэффициенте вариации 5,7 %, что указывает на наличие условий, способствующих реализации биологического потенциала этих сортов. Генотипы раннего срока созревания, несмотря на высокий урожай клубней (782,1 г/растение), характеризовались большим разбросом показателей продуктивности (*Cv*=33,6 %). Это свидетельствует о сильной зависимости ранних сортов от природно-климатических факторов возделывания.

В условиях высокогорья коэффициент размножения картофеля был выше, чем в северной зоне, в 1,7…3,2 раза, при этом наибольшие различия отмечены у сортов позднего срока созревания. С увеличением количественного выхода клубней повысилась продуктивность растений. В условиях высокогорья урожайность сортов ранней и среднеранней групп спелости была выше, чем в северной зоне, в 2,1…2,3 раза, у генотипов более позднего срока – в 4,0…4,3 раза.

4. Коэффициент размножения и продуктивность сортов картофеля разных групп спелости, выращенных в разных зонах (среднее за 2015–2019 гг.)

Группа спелости	Коэффициент размножения			Продуктивность 1 растения		
	μ, шт.*	*σ*, шт.	*Cv*, %	*μ*, г*	*σ*, г	*Cv*, %
Северная зона						
Ранняя	7,7	1,7	20,5	328,9	93,3	26,7
Среднеранняя	6,9	1,6	26,7	306,8	94,4	30,7
Среднеспелая	5,8	0,6	11,8	185,6	42,2	20,0
Среднепоздняя	5,1	0,7	13,1	166,5	26,4	13,4
$НСР_{05}$	1,02			41,23		
Высокогорье						
Ранняя	14,9	3,3	22,2	782,1	273,8	33,6
Среднеранняя	11,6	3,8	32,6	639,6	201,1	31,4
Среднеспелая	14,1	2,1	15,5	786,7	115,9	14,7
Среднепоздняя	16,3	1,3	7,9	850,3	48,9	5,7
$НСР_{05}$	2,86			95,74		

**μ – среднее значение; σ – дисперсия; Cv – коэффициент вариации.*

У ранних и среднеранних сортов корреляция между коэффициентом размножения растений и средней массой сформировавшихся клубней в северном регионе была слабой, в высокогорье – средней. Для среднеспелых и среднепоздних сортов изменение количества клубней в условиях северной зоны было связано с их средней массой обратной зависимостью *r*=-0,85 и *r*=-0,90 соответственно (табл. 5), а в высокогорье корреляция между величинами этих показателей была прямой очень высокой (*r*=0,92…0,94). С ростом коэффициента размножения в условиях северной зоны средняя масса клубней уменьшалась, поэтому продуктивность растений не увеличивалась. В то время как в высокогорье вместе с повышением числа клубней возрастала и продуктивность.

Контрасты в поведении сортов в различных агроклиматических зонах обусловлены их геоморфологическими особенностями. Высокая концентрация ультрафиолетового облучения в горах оказывает стимулирующее воздействие – повышается интенсивность окислительных процессов в тканях, увеличиваются число и масса листьев, содержание в них хлорофилла [8]. В результате этого у растений интенсивно развивается надземная часть и увеличи-

***Рис. 2.** Отбор базовых клонов в высокогорье: а) сорт Фиолетовый, б) сорт Вымпел.*

5. Коэффициенты корреляции (*r*) между количеством и средней массой сформированного клубня (среднее за 2015–2019 гг.)

Группа спелости	Зона выращивания	
	северная	высокогорье
Ранняя	0,60	0,63
Среднеранняя	0,45	0,78
Среднеспелая	-0,85	0,92
Среднепоздняя	-0,90	0,94

вается масса корней, что в перспективе может способствовать сокращению онтогенеза и ускорению образования столонов [9, 10]. Природа ростстимулирующих эффектов, наблюдаемых под действием ультрафиолетового излучения в высокогорье, в достаточной степени не исследована. Они могут быть результатом индукции как специфических антистрессовых, так и каких-либо общефизиологических регуляторных систем [8, 11].

Мониторинг оценки качества посадочного материала на основе данных ПЦР-анализа показал отсутствие новых заражений болезнями различной этиологии в питомниках БЗСК.

Таким образом, основные факторы, влияющие на прохождение межфазных периодов растений, – долгота дня в северной зоне и интенсивность солнечного сияния в высокогорье. Не смотря на более поздние всходы в высокогорье (6…10 дней), по сравнению с северной зоной, у сортов ранней и среднеранней групп спелости бутонизация наступала на 3…5 дней позже, а у более поздних сортов – на 10…15 дней раньше. Период массового цветения растений в горах характеризовался компактностью и в основном приходился на 60…70 день от посадки, в то время как на севере он растягивался на 60…90 дней. В целом в условиях длинного светового дня продолжительность межфазных периодов среднеспелых и среднепоздних сортов картофеля, по сравнению с высокогорной зоной, смещалась на 7…18 дней. Наибольшие различия по высоте растений в зависимости от условий выращивания отмечены на среднеспелых и среднепоздних сортах. В высокогорье они были в 1,5…1,8 раз выше, чем на севере.

Самыми урожайными (более 300 г/растение) в северной зоне были ранние и среднеранние сорта, которые формировали в среднем по 7 клубней на растении, при значительном варьировании продуктивности (*Cv*=26,7…30,7 %). В высокогорье их урожайность возросла в 2,1…2,3 раза, но ее варьирование сохранилось на таком же уровне (*Cv*=31,4…33,6 %).

Северная зона оказалась неблагоприятной для возделывания среднеспелых и в особенности поздних сортов картофеля, которые формировали не более 6 клубней на одном растении с преобладанием мелкой фракции и продуктивностью 166….180 г/растение. В горах у них образовывалось по 14…16 клубней/растение с увеличением урожайности в 4,0…4,3 раза. При этом характерной особенностью в горных условиях была высокая выровненность урожая клубней (*Cv*=5,7…14,7 %).

Полученные результаты указывают на важность проведения отбора базовых клонов в нескольких зонах, что позволяет отбирать наиболее продуктивные растения и использовать их в качестве материала для введения в культуру и обновления *in vitro* коллекции.

Литература.

1. Трофимец Л. Н., Волкова Т. В., Миренкова Н. Н. Метод культуры тканей в картофелеводстве // Тканевые и клеточные культуры в селекции растений. М: «Колос», 1979. С.123–128.

2. Harding K. The methylation status of dna-derived from potato plants recovered from slow growth // Plant cell tissue and organ culture. 1994. Vol. 37. No. 1. Pp. 31–38.

3. Gong Y., Igiraneza C., Dusengemungu L. Major in vitro techniques for potato virus elimination and post eradication detection methods: a review // American Journal of Potato Research. 2019. Vol. 96. Pp.379–389.

4. Особенности морфогенеза in vitro и оценка фенотипической идентичности сортовых признаков картофеля / Е. В. Овэс, Б. В. Анисимов, Е. А. Симаков и др. // Картофель и овощи. 2018. №3. С. 10–14.

5. Potato Breeding and Seed Production System Development in Russia / E. A. Simakov, B. V. Anisimov, I. M. Yashina et al. // Potato Research. 2008. Vol. 51. Pp. 313–326.

6. Овэс Е. В., Анисимов Б. В, Симаков Е. А. Проведение отбора свободных от фитопатогенов базовых клонов в чистых от фитосанитарных условиях северного региона и высокогорной зоны юга РФ: методическое положение. М.: ВНИИКХ, 2013. 17 с.

7. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля / З. Сташевски, О. А. Кузьминова, С. Г. Вологин и др. // Земледелие. 2019. № 6. С. 43–48.

8. Ковалева О. А. Стимуляция роста, развития и повышения урожайности картофеля искусственным ультрафиолетовым облучением // Актуальные проблемы агрономии и пути их решения. 2005. Вып. 1: Биологические основы адаптивного растениеводства. Ч. 1.С. 37–39.

9. Влияние искусственного солнечного света на рост и развитие регенерантов *Solanum tuberosum* / Е. П. Субботин, И. В. Гафицкая, О. В. Наконечная и др. // Turczaninowia. 2018. Vol. 21. No. 2. Pp. 32–39.

10. Мартиросян Ю. Ц., Мартиросян Л. Ю., Кособрюхов А. А. Динамика фотосинтетических процессов в условиях переменного спектрального облучения растений // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 130–139.

11. The reinforcement of potato cell wall as part of the phosphate – induced tolerance to UV-B radiation / M. F. Machinandiarena, N. S. Oyarburo, G. R. Daleo et al. // Biologia plantarum. 2018. Vol. 62. No. 2. Pp. 388–394.

The results of the selection of basic potato clones in the European North of the Russian Federation and highlands of the North Caucasus

E. V. Oves, N. A. Gaitova, O. A. Shishkina, N. A. Fenina
Lorkh Federal Research Center on Potato, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to assess the passing of interphase periods and the productivity of potato varieties of different maturity groups during the selection of basic clones in the northern zone and highlands of the North Caucasus. The work was carried out in 2015–2019 in the Primorsky district of the Arkhangelsk region and the highlands of the Upper Zgid (at the altitude of 2300–2500 m above sea level). The material for the study was 100 collection cultivars of potato of different ripening groups. We planted 25 tubers of each cultivar, the best 5 plants were noted during the growing season, biometric measurements, phenological observations, and phytopathological assessment were performed. During harvesting, each plant was evaluated by productivity and uniformity of the yield. The growth, development and tuberization of plants were significantly influenced by the length of daylight in the northern region and the high sunshine in the highlands. In plants grown on long daylight, the interphase periods were longer than under high altitude conditions. The budding phase in varieties of late ripeness groups in the highlands began 10–15 days earlier than in the northern zone. In the northern zone, early-ripening and middle-early varieties were the most productive. With a significant variation in productivity (Cv = 26.7–30.7%) they formed 6.9–7.7 tubers/plant. In the highlands, the propagation coefficient was 1.7–3.2 times greater than in the northern zone. The greatest increase in the value of this indicator was noted in varieties from the late-ripening group. The increase in the tuber yield in varieties grown in the highlands compared with the northern zone for the early and middle-early ripening groups was 2.1–2.3 times, for mid-season and late groups – 4.0–4.3 times.*

Keywords: *potato (Solanum tuberosum); bank of healthy varieties; basic clones; multiple selections; highlands; northern zone.*

Author details: *E. V. Oves, Cand. Sc. (Agr.), deputy director (e-mail: oveselena@mail.ru); N. A. Gaitova, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; O. A. Shishkina, junior research fellow; N. A. Fenina, research fellow.*

For citation: *Oves EV, Gaitova NA, Shishkina OA, et al. [The results of the selection of basic potato clones in the European North of the Russian Federation and highlands of the North Caucasus]. Zemledelie. 2020;(4):29-32. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10408.*

doi:10.24411/0044-3913-2020-10409
УДК 632.954.

Эффективность почвенных гербицидов и их смесей в посевах сои в условиях Амурской области

Т. С. КРЫЛОВА[1,2], аспирант (e-mail: tkutakova@list.ru)
А. Н. ДУБРОВИН[2], менеджер-технолог (e-mail: a.dubrovin@avgust.com)
Л. А. ДОРОЖКИНА[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: dorogkina@nest-m.ru)
[1]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация
[2]АО фирма «Август», ул. Цандера, 6, Москва, 129515, Российская Федерация

Резюме. *В Амурской области в 2018–2019 гг. проведены исследования по оценке действия баковых смесей почвенных гербицидов на сорные растения в посевах сорта сои Нега-1. Почва опытного участка лугово-черноземовидная. Технология возделывания культуры общепринятая для региона. Схема опыта включала 5 вариантов: без обработки (контроль); Камелот, СЭ – 4 л/га; Гаур, КЭ + Симба, КЭ – 0,75 + 1,0 л/га; Комманд, КЭ + Симба, КЭ – 0,3 + 1,3 л/га; Фронтьер оптима, КЭ (эталон) – 1,2 л/га. Опрыскивание проводили на 5...6 день после посева. Максимальная в опыте гибель сорняков (86...95 %) зафиксирована на 40 сут. при использовании баковой смеси Гаур + Симба, препаратов Камелот и Фронтьер оптима (эталон). В варианте со смесью Комманд + Симба она составила 77...86 %. Высокую чувствительность к изучаемым препаратам и смесям проявила щирица запрокинутая (91...100 %), марь белая (92...98 %), просо куриное (87...98 %). Наиболее распространенный и трудноискоренимый сорняк, определяющий эффективность действия гербицидов, – коммелина обыкновенная, максимальная гибель которой (86...91 %) в опыте достигнута при внесении препарата Камелот в норме 4 л/га. Использование гербицидов почвенного действия и их смесей сразу после посева сои обеспечило чистоту агроценоза в течение всего вегетационного периода. Снижение засоренности способствовало росту урожайности с 8,5 ц/га до 13,6...14,6 ц/га. Наибольшая прибавка в размере 6,1 ц/га и 5,9 ц/га отмечена при использовании препарата Камелот и баковой смеси Гаур + Симба соответственно.*

Ключевые слова: *соя, система защиты, сорняки, гербициды, биологическая эффективность, Приамурье, урожайность.*

Для цитирования: *Крылова Т. С., Дубровин А Н., Дорожкина Л. А. Эффективность почвенных гербицидов и их смесей в посевах сои в условиях Амурской области // Земледелие. 2020. № 4. С. 33–36. doi:10.24411/0044-3913-2020-10409.*

Засоренность посевов – один из ключевых факторов, сдерживающих повышение урожайности сои. При этом в условиях Амурской области ситуация обстоит особенно остро ввиду высокой интенсификации выращивания культуры и оптимизации затрат на механическую обработку почвы [1].

Ассортимент гербицидов, рекомендованных для защиты сои, не столь велик, как для зерновых колосовых, он включает 32 препарата почвенного действия на основе 8 действующих веществ и 55 препаратов против двудольных сорняков, применяемых в период вегетации сои [2].

При этом в хозяйствах Амурской области при условии достаточного увлажнения почвы эффективно применение гербицидов почвенного действия [3]. Для активного подавления сорняков необходимо, чтобы спектр действия выбранного препарата соответствовал основному видовому составу сорных растений. Использование почвенных гербицидов на фоне качественной подготовки почвы под посев и оптимальной влажности почвы исключает последующие обработки сои в период вегетации [4], что позволяет снизить загруженность техники и персонала химотряда в период вегетации сельскохозяйственных культур. Применение препаратов с различным механизмом действия позволяет проводить профилактику развития резистентности сорных растений [5].

Цель исследования – оценить влияние баковых смесей гербицидов на доминирующие виды сорной ассоциации и урожайность культуры сои.

Работу выполняли в производственных условиях в 2018–2019 гг. на базе ООО «Приамурье» Тамбовского района Амурской области. Почва опытного участка лугово-черноземовидная (гумус по Тюрину – 4,1...4,9 %; фосфор и калий по Кирсанову – 75...160 мг/кг почвы и 135...193 мг/кг почвы соответственно; pH 5,3...5,8 %).

В опыте высевали среднеспелый сорт сои Нега-1 (патентообладатель ФГБНУ ВНИИ сои). Технология возделывания культуры общепринятая для региона. Предшественник – соя.

Схема опыта включала следующие варианты: без обработки (контроль); Камелот, СЭ – 4 л/га; Гаур, КЭ + Симба, КЭ – 0,75 + 1,0 л/га; Комманд, КЭ + Симба, КЭ – 0,3 + 1,3 л/га; Фронтьер оптима, КЭ (эталон) – 1,2 л/га. Площадь делянки – 2 га. Все гербициды применяли путем опрыскивания почвы без заделки, на 5...6-й день после посева культуры для создания защитного экрана.

Действующие вещества гербицидов относятся к химическим группам с разным механизмом действия. Они представлены следующими действующими веществами (ДВ): Гаур, КЭ – оксифлуорфен, 240 г/л; Симба, КЭ – С-метолахлор, 960 г/л; Камелот, СЭ – С-метолахлор, 312,5 г/л + тербутилазин, 187,5 г/л; Комманд – кломазон, 480 г/л; Фронтьер оптима, КЭ – диметенамид-П, 720 г/л [2].

С-метолахлор и диметенамид-П относятся к группе хлорацетамидов, они блокируют ферменты сульфогидральной группы, что приводит к нарушению синтеза белков. Оксифлуорфен принадлежит к числу нитрофенолов и нарушает процессы преобразования энергии в растениях, в том числе синтез АТФ. Тербутилазин относится к группе триазинов и ингибирует фотосинтез в фотосистеме II. Кломазон подавляет синтез пигментов [4]. Перечисленные гербициды обладают системным действием, за исключением оксифлуорфена, который относится к препаратам контактного действия. Период полураспада гербицидов в почве составляет до 90 дн., но в зависимости от

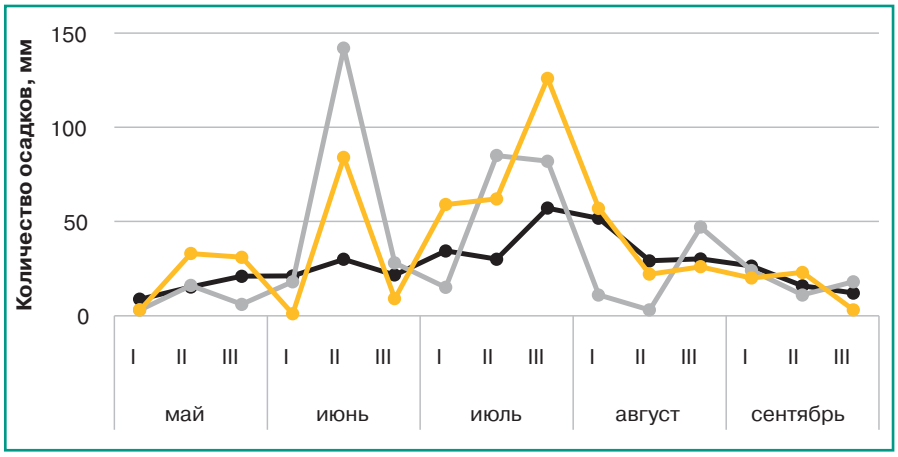


Рис. 1. *Сумма осадков по декадам за период вегетации сои в 2018–2019 гг.: — среднее многолетнее; — 2018 г.; — 2019 г.*

агроклиматических факторов может варьировать [6].

В период обработки сорняки на поле отсутствовали. Сорная ассоциация предшествующей культуры была смешанного типа: двудольные и однодольные виды сорных растений с преобладанием (более 80 %) щирицы запрокинутой, мари белой, коммелины обыкновенной и проса куриного. Также встречались полынь сиверса, пикульник обыкновенный, гречиха татарская, акалифа южная, распространение которых по делянкам было неравномерным.

По данным Амурской ЦГМС, в 2018 г. выпало 586 мм осадков, в 2019 г. – 664 мм (среднее многолетнее с 1991 по 2019 гг. – 488 мм). Их распределение по месяцам и годам было неравномерным: во второй декаде мая, сразу после посева сои, в 2018 г. сумма осадков соответствовала среднемноголетней – 16 мм, а в 2019 г. превышала ее на 18 мм (рис. 1). Экстремально высокое количество осадков в 2018 г. выпало во второй декаде июня (142 мм), что сильно тормозило рост и развитие культуры. В 2019 г. обильные дожди прошли в третьей декаде июля – 126 мм. Засушливый период в 2018 г. отмечали в третьей декаде мая и второй декаде августа, в 2019 г. – в первой и третьей декада июня.

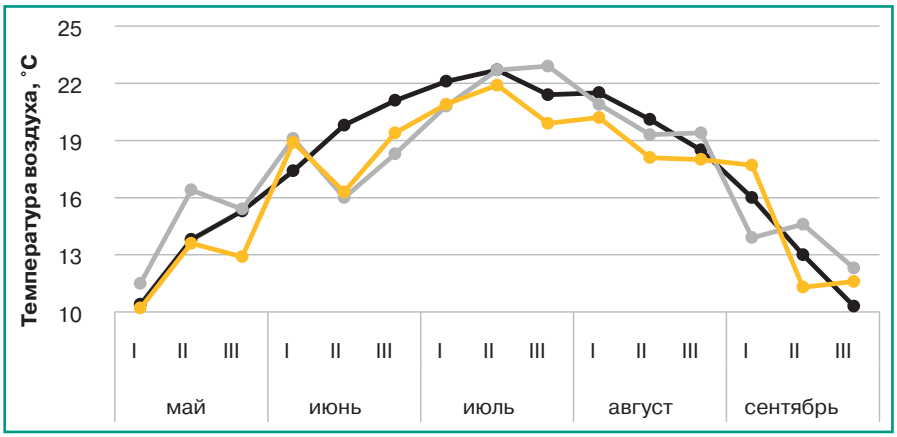


Рис. 2. Средняя декадная температура воздуха в период вегетации сои (2018–2019 гг.), °С: — средняя многолетняя; — 2018 г.; — 2019 г.

В дни проведения опрыскивания (23.05.2018 г. и 23.05.2019 г.) температура воздуха находилась в пределах 12...14 °С. В первой декаде июня, в период появления всходов, средняя температура в 2018–2019 гг. была выше нормы на 1,7...1,5 °С (рис. 2). Однако, начиная с середины июня и до середины июля, в период активного роста культуры, среднедекадная температура в оба года исследований была ниже нормы на 1,3...3,8 °С, что отразилось на росте и развитии сои. В целом метеоусловия двух лет можно охарактеризовать как удовлетворительные.

Количественный учет сорняков по видам проводили на 20-е сутки после применения препарата, учет по массе сорняков и их количеству – на 40 сутки после обработки и перед уборкой согласно методическим указаниям [7].

Целесообразность использования гербицидов оценивали по снижению засоренности посева и величине сохраненного урожая сои. Обработку данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа в программе Statistica 10.

Внесение почвенных гербицидов и их смесей не оказало фитотоксического воздействия на культуру в течение всего периода вегетации во всех вариантах опыта.

При проведении учета 12 июня и 2 июля (соответственно через 20 и 40 дней после обработки гербицидами в вариантах с их использова-

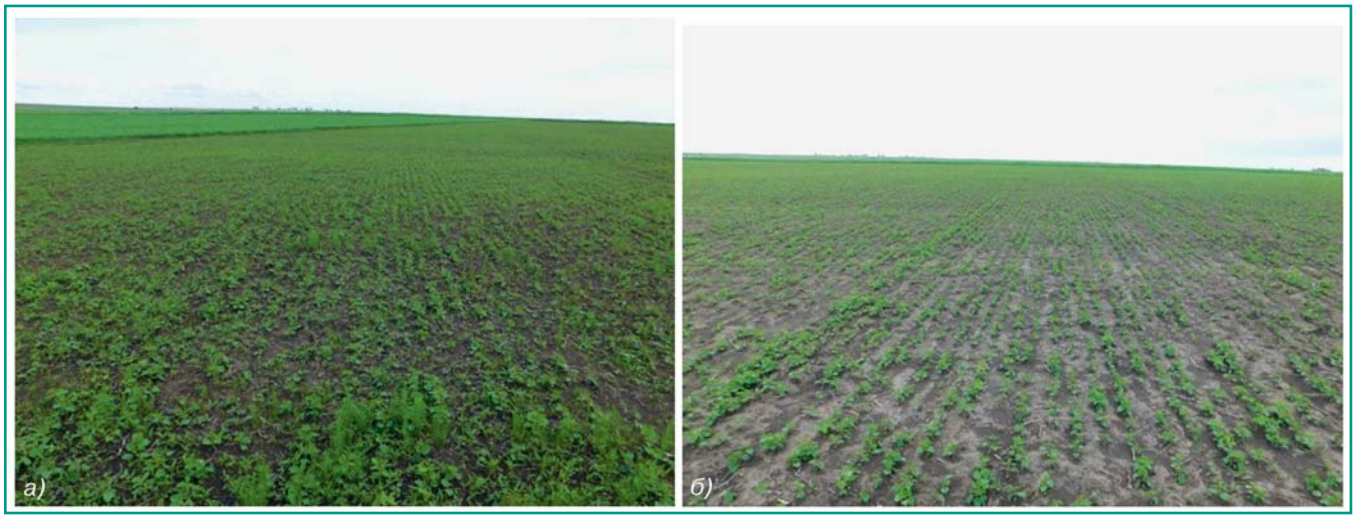


Рис. 3. *Посевы сои на 22 сутки после применения гербицидов в 2018 г.: а) контроль; б) Камелот (4 л/га).*

1. Биологическая эффективность почвенных гербицидов в посевах сои сорта Нега-1 в условиях Амурской области (2018–2019 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Снижение засоренности к контролю после обработки, %									
		через 20 дн. после обработки		через 40 дн после обработки				перед уборкой			
		количество, шт./м²	б.э.*, %	количество, шт./м²	б.э.,%	масса, г/м²	б.э.,%	количество, шт./м²	б.э.,%	масса, г/м²	б.э.,%
Без обработки (контроль)	–	479**	–	829[b]	–	636[b]	–	136[b]	–	214[b]	–
Камелот, СЭ	4	62[a]	87	83[a]	90	45[a]	93	7[a]	95	21[a]	90
Гаур, КЭ + Симба, КЭ	0,75 + 1,0	77[a]	84	75[a]	91	32[a]	95	14[a]	90	32[a]	85
Комманд, КЭ + Симба, КЭ	0,3 + 1,3	110[a]	77	191[a]	77	89[a]	86	7[a]	95	19[a]	91
Фронтьер оптима, КЭ (эталон)	1,2	94[a]	80	116[a]	86	64[a]	90	14[a]	90	24[a]	89

б.э. – биологическая эффективность

***варианты с одинаковыми латинскими буквами различаются незначимо по критерию Дункана.*

нием) в контроле без применения средств защиты растений был выявлен высокий уровень засоренности: 12 июня – 479 шт./м²; 2 июля – 829 шт./м² при массе 636 г/м². Внесение гербицидов снизило засоренность сои на 77...95 % (табл. 1). Спустя 20 дн. наибольшую гибель сорняков (80...90 %) отмечали при использовании препаратов Камелот (рис. 3), Фронтьер оптима и смеси Гаур + Симба. Практически такой же (86...91 %) она оставалась и через 40 сут. после внесения этих гербицидов. Некоторое увеличение эффективности гербицидов к 40 сут. связано с выпадением в предшествующий период осадков. Причем на таком высоком уровне она оставалась до конца вегетации культуры. В период уборки сои отмечали только отдельные экземпляры мари белой и проса куриного.

2. Видовая чувствительность сорняков к почвенным гербицидам (2018–2019 гг.)

Вид сорняка	Дни учета	Контроль	Камелот, 4 л/га		Гаур + Симба, 0,75+1,0 л/га		Комманд + Симба, 0,3+1,3 л/га		Фронтьер оптима, 1,2 л/га	
		шт./м²	шт./м²	б.э.*, %	шт./м²	б.э., %	шт./м²	б.э., %	шт./м²	б.э., %
Щирица запрокинутая	20 сут.	32	6	80	-	100	2	93	–	100
	40 сут.	182	1	100	1	100	5	97	16	91
Марь белая	20 сут.	105	1	100	35	67	18	83	79	25
	40 сут.	305	24	92	5	98	9	97	6	98
Коммелина обыкновенная	20 сут.	177	16	91	21	88	44	75	9	95
	40 сут.	74	10	86	30	60	36	52	26	65
Просо куриное	20 сут.	35	28	20	16	55	3	91	3	91
	40 сут.	221	7	87	16	93	4	98	26	88

б.э. – биологическая эффективность

Высокую чувствительность к гербицидам и их смесям проявила щирица запрокинутая, гибель которой на 40 сут. составила 91...100 % (табл. 2). Гибель мари белой и проса куриного варьировала в пределах от 87 до 100 %. Основным доминирующим и трудноискоренимым сорняком, определявшим эффективность гербицидов, была коммелина обыкновенная (рис. 4). Максимальную эффективность в её подавлении (86...91 %) наблюдали при применении гербицида Камелот. Гибель других видов сорной растительности при внесении Камелота составила 90...100 %. Эффективность других гербицидов и их смесей в подавлении этого сорняка была значительно ниже и составляла 52...65 %.

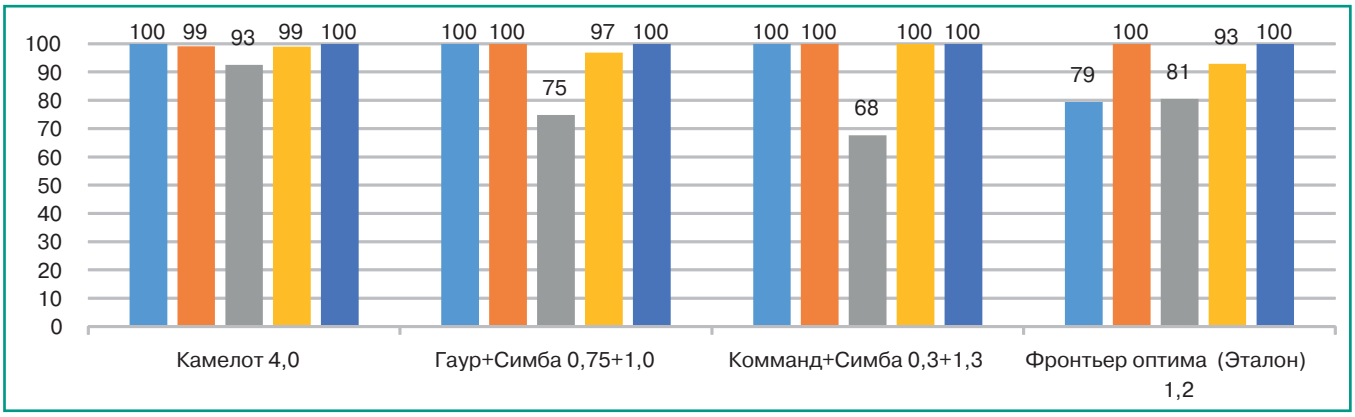


***Рис. 4.** Снижение сырой массы сорняков на 40 сут. после обработки (2018–2019 гг.), %: — щирица запрокинутая; — марь белая; — коммелина обыкновенная; — просо куриное; — полынь сиверса.*

Наибольшее уменьшение сырой массы сорняков отмечали через

3. Влияние гербицидов на урожайность сои сорта Нега-1 в условиях Амурской области (2018–2019 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га			Прибавка	
		2018 г.	2019 г.	средняя	ц/га	%
Без обработки (контроль)	–	8,0[a]*	9,0[a]	8,5	–	–
Камелот, СЭ	4	13,9[c]	15,3[cd]	14,6	6,1	71,8
Гаур, КЭ + Симба, КЭ	0,75 + 1,0	15,0[d]	13,7[b]	14,4	5,9	68,8
Комманд, КЭ + Симба, КЭ	0,3 + 1,3	14,1[c]	13,0[b]	13,6	5,1	59,4
Фронтьер оптима, КЭ (эталон)	1,2	12,7[b]	16,2[d]	14,5	6,0	70,0

**варианты с одинаковыми латинскими буквами незначимо различаются по критерию Дункана.*

40 сут. после применения гербицидов. При этом наилучшие результаты обеспечили препарат Камелот и смесь Гаур + Симба.

Высокая чистота посевов в течение периода вегетации положительно отразилась на урожайности культуры (табл. 3). В 2018 г. сбор семян при использовании гербицидов вырос на 4,7...7,0 ц/га, в 2019 г. – на 4,0...5,2 ц/га, при величине этого показателя в контроле соответственно 8,0 и 9,0 ц/га

В среднем за два года максимальная в опыте прибавка в размере 5,9...6,1 ц/га отмечена в вариантах с применением препарата Камелот и смеси Гаур + Симба. При использовании смеси Комманд + Симба она была ниже – на уровне 5,1 ц/га (59 %).

Таким образом, использование гербицидов почвенного действия сразу после посева сои при условии достаточной влажности почвы при их внесении обеспечивает чистоту агроценоза культуры в течение всего периода вегетации без последующей обработки растений. Для подавления, наиболее распространенного и трудно искореняемого сорняка – коммелины обыкновенной эффективно применение препарата Камелот, СЭ в норме расхода 4 л/га. В течение двух лет опрыскивание почвы гербицидом Камелот (4 л/га) и смесью Гаур, КЭ + Симба, КЭ, (0,75 + 1,0 л/га) обеспечивало рост урожайности сои на 69...72 %

Литература.

1. Синеговская В. Т., Чепелев Г. П. Продуктивность посевов сои в зависимости от совместного применения гербицидов и биологических веществ в Приамурье // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. №2 (46). 44–50 с.
2. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ в 2019. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2019. Вып. 4. 848 с.
3. Бабаков В. П., Антоненко В. В. Проблема защиты сои в условиях Амурской области / Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: науч. сб. Вып.VIII. ФГБУ НИИПХ Росрезерва / под общ. ред. С. Е. Уланина. М.: Галлея-Принт, 2017. С. 56–65.
4. Дорожкина Л. А, Поддымкина Л. М. Гербициды и регуляторы роста растений. Москва: РГАУ-МСХА, 2013. 213 с.
5. Ганиев М. М, Недорезков В. Д. Химические средства защиты растений. Уфа: БГАУ, 2011. 322 с.
6. Пестициды. Окружающая среда и регулирование. URL: http://rupest.ru/ppdb/terbuthylazine.html (дата обращения: 30.01.2020).
7. Методические указания по проведению производственных испытаний гербицидов / Ю. Я. Спиридонов, В. Г. Шестаков, М. С. Раскин и др. // Защита и карантин растений. Отдельный выпуск в форме брошюры. 2004. 23 с.

Efficiency of soil herbicides and their mixtures in soybean crops in the Amur region

T. S. Krylova[1], A. N. Dubrovin[2], L. A. Dorozhkina[1]
[1]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49, 127550, Russian Federation
[2]August Company – Moscow, st. Zander, 6, 129515, Russian Federation

Abstract. *In 2018–2019 in the Amur Region we evaluated the effect of tank mixtures of soil herbicides on weeds in crops of soybean Nega-1. The soil of the experimental plot was meadow-chernozem-like. Crop cultivation technology was generally accepted for the region. The experimental design included 5 options: without treatment (a control); Camelot SE, 4 L/ha; Gaur EC + Simba EC, 0.75 L/ha + 1.0 L/ha; Command EC + Simba EC, 0.3 L/ha + 1.3 L/ha; Frontier optima EC (the standard), 1.2 L/ha. Spraying was carried out in 5–6 days after sowing. The maximum weed death (86–95%) was recorded in 40 days when using the tank mixture Gaur + Simba, preparations Camelot and Frontier optima (the standard). In the variant with the mixture of Command + Simba, it amounted to 77–86%. Redroot amaranth, lamb's-quarters, barnyard grass were highly sensitive to the studied preparations and mixtures (91–100%, 92–98%, and 87–98%, respectively). The most common and hardly eradicated weed, which determines the effectiveness of the action of a herbicide, is Asiatic dayflower, the maximum death of which (86–91%) in the experiment was achieved with the application of Camelot preparation in the rate of 4 L/ha. The use of soil herbicides and their mixtures immediately after soybean sowing ensured the purity of agrocenosis during the entire growing season. The reduction of infestation contributed to an increase in productivity from 0.85 t/ha to 1.36–1.46 t/ha. The largest increase in the amount of 0.61 t/ha and 0.59 t/ha was noted for Camelot and the tank mixture Gaur + Simba, respectively.*

Keywords: *soybean; protection system; weeds; herbicides; biological efficiency; Amur Region; productivity.*

Author Details: *T. S. Krylova postgraduate student, specialist in oilseeds (e-mail: tkutakova@list.ru); A. N. Dubrovin, technology manager (e-mail: a.dubrovin@avgust.com); L. A. Dorozhkina, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: dorogkina@nest-m.ru).*

For citation: *Krylova TS, Dubrovin AN, Dorozhkina LA. [Efficiency of soil herbicides and their mixtures in soybean crops in the Amur region]. Zemledelije. 2020;(4):33-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10409.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10410
УДК 635.21:631. 532.2. 027.2:632:95

Эффективность протравителей клубней в защите картофеля от болезней в Центральном регионе

С. В. ВАСИЛЬЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: vzeyruk@mail.ru)
В. Н. ЗЕЙРУК, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
М. К. ДЕРЕВЯГИНА, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Г. Л. БЕЛОВ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки эффективности протравителей посадочного материала картофеля в Центральном регионе РФ для дальнейшего использования лучших из них в производстве. Работу выполняли в 2018–2019 гг. в Люберецком районе Московской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Схема опыта предусматривала применение препаратов Кагатник, ВРК – 0,8 л/т; Престиж, КС – 1,0; Селест Топ, КС – 0,4; Максим, КС – 0,4; Депозит, МЭ – 0,4 л/т, контроль – без обработки. Оценивали всхожесть, рост и развитие картофеля, распространенность ризоктониоза и фитофтороза в период вегетации и на клубнях нового урожая, альтернариоза в период вегетации, парши обыкновенной, парши серебристой и сухой гнили после закладки картофеля на хранение. В вариантах с протравителями Престиж и Селест Топ число основных стеблей было выше, чем в контроле, на 15,6 % и 9,4 % соответственно, масса ботвы – на 37,5 % и 25,0 %. Достоверное снижение распространение ризоктониозом растений (на дату последнего учета), по сравнению с контролем, на 7,8...11,3 %, отмечали при использовании всех изучаемых препаратов, кроме Кагатника. В начале развития альтернариоза особенно эффективными были, Кагатник и Престиж, существенно снижавшие распространение заболевания, относительно контроля, на 6,7...7,7 %. Дольше всего сохраняли

эффективность против альернариоза препараты Максим и Селест Топ. Самый высокий сбор товарных клубней отмечен в вариантах с применением препаратов Селест Топ, КС и Престиж, КС – 25,5 и 25,1 т/га, что выше контроля на 15,4 % и 13,6 % соответственно.

Ключевые слова: *картофель (Solanum tuberosum), ризоктониоз, фитофтороз, альтернариоз, болезни, протравители, предпосадочная обработка, фунгициды, урожайность, качество.*

Для цитирования: *Эффективность протравителей клубней в защите картофеля от болезней в Центральном регионе / С.В. Васильева, В. Н. Зейрук, М. К. Деревягина и др. // Земледелие. 2020. № 4. С. 36–39. doi:10.24411/0044-3913-2020-10410.*

Почва заселена огромным количеством микроорганизмов, в том числе патогенных, отдельные из которых могут вызывать заболевания различных сельскохозяйственных культур, например, картофеля. Перемещение основного производства картофеля в частный сектор, а также нарушения технологии выращивания культуры в сельскохозяйственных предприятиях, связанные с дефицитом финансовых и материальных ресурсов, создают благоприятные условия для массового развития возбудителей болезней, а также возникновения регионов с высоким потенциалом почвенных инфекций [1]. Многие сельхозпроизводители выращивают картофель по картофелю, используют семенной материал низкого качества, не соблюдая требований, изложенных в ГОСТ 33996-2016, вступившего в силу на территории Российской Федерации с 1 января 2018 г. Подобные действия приводят к дальнейшему накоплению инфекции в почве, растениях и клубнях нового урожая [2].

Картофель поражают 27 видов возбудителей грибных болезней, из которых 48 % составляют почвенные инфекции, 30 % – трансмиссионные, 15 % – воздушно-капельные и 7 % – семенные [3].

Характер природно-климатических условий выращивания культуры способствует доминированию отдельных представителей почвообитающих патогенов. Во многих регионах России среди патогенных микрогеобионтов (микроорганизмы постоянно живущие в почве) наибольшее развитие получили возбудители ризоктониоза, парши обыкновенной, парши серебристой, клубневой формы фитофтороза. По данным многих исследователей, потери урожая от поражения этими болезнями составляют 7...30 % [4, 5, 6], а в годы эпифитотий – более 50 % [7, 8].

Одна из причин эпифитотийных вспышек – высокий инфекционный фон почвы. Поэтому она нуждается в агротехнологической обработке и обеззараживании. В открытом грунте полностью уничтожить источники заражения практически невозможно, но оздоровить почву, используя организационные, агротехнические, биологические, химические приемы, реально.

Особое внимание следует уделять предпосадочной обработке клубней. Это одно из главных мероприятий в системе защиты картофеля. Скрытая грибная инфекция и повреждения вредителями, особенно в первой половине вегетационного периода, негативно сказываются на размерах урожая и на его качестве. Решение этой проблемы возможно при использовании препаратов для предпосадочной обработки семенных клубней [9, 10, 11]. Их задача — защитить материнские клубни и ростки от повреждения. Кроме того, этот метод считается более безопасным в экологическом отношении — использование препаратов для обработки клубней позволяет снизить нагрузку на биоценоз почвы благодаря сокращению числа обработок в период вегетации [12, 13, 14].

Большинство химических препаратов уничтожают не один, а несколько видов почвенных патогенов. Однако некоторые из них могут либо оказаться устойчивыми к фунгицидам, либо развивают резистентность в результате долгого применения одних и тех же препаратов. В этом случае спектр действия отдельных фунгицидов довольно ограничен, поэтому сейчас чаще всего применяют их смеси – препараты на основе химических соединений нескольких классов с разными механизмами действия, чтобы эффективно бороться со многими видами грибных патогенов.

Обработку семян можно разделить на три основные целевые зоны защиты растений: от возбудителей болезней, которые распространяются с семенами; от патогенов, обитающих в почве; от первичных аэрогенных болезней грибной этиологии.

Цель исследований – оценка эффективности протравителей клубней картофеля по степени пораженности урожая болезнями в Центральном регионе РФ для последующей рекомендации картофелепроизводящим предприятиям.

Опыты проводили в 2018–2019 гг. в полевом трехпольном севообороте ФГБНУ ВНИИКХ (Люберецкий район Московской области) на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 4,9...5,1 (потенциометрически, ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность – 3,6...3,8 мг-экв./100 г почвы (по Каппену в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91); S – 2,5 мг-экв./100 г почвы; содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову, ГОСТ 26207-91) – соответственно высокое (342,0 мг/кг почвы) и ниже среднего (64,0 мг/кг почвы); гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26213-91) – низкое (1,7 %).

Схема опыта предусматривала применение препаратов Кагатник, ВРК; Престиж, КС; Селест Топ, КС; Максим, КС; Депозит, МЭ, контроль – без использования протравителей (табл. 1). Обработку посадочных клубней проводили перед посадкой ранцевым опрыскивателем «KWA-ZAR» с нормой расхода рабочей жидкости 10 л/т.

В период вегетации, начиная с фазы смыкания ботвы в рядке, растения обрабатывали препаратами Ридомил Голд МЦ (2,5 кг/га) и Абига Пик (3,0 кг/га) в соответствии с рекомендациями по их применению (расход рабочей жидкости 300 л/га). Предшественник – вико-овсяная смесь. Площадь делянки– 25 м^2 (100 клубней картофеля), повторность – четырёхкратная, размещение – рендомизированное.

Необходимые наблюдения и учеты осуществляли на 50 постоянных учетных растениях картофеля каждой повторности по стандартным методикам [15, 16].

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (М., 1985). В опыте использовали однородную по качеству партию семенного картофеля среднераннего сорта Сантэ универсального использования. Сорт устойчив к раку картофеля (воз-

1. Схема опыта

Вариант	Норма расхода, л/т	Вредный объект
Кагатник, ВРК	0,8	ризоктониоз, фузариоз
Престиж, КС	1,0	ризоктониоз, парша обыкновенная
Селест Топ, КС	0,4	ризоктониоз, серебристая парша, антракноз, фузариоз
Максим, КС	0,4	ризоктониоз, фузариоз
Депозит, МЭ	0,4	ризоктониоз, фузариоз, парша, фитофтороз
Контроль	без обработки	–

2. Влияние изучаемых препаратов на рост и развитие растений картофеля в фазе полного цветения (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант	Количество основных стеблей, шт./раст.	Высота растения, см
Кагатник, ВРК	3,2	22,8
Престиж, КС	3,7	26,0
Селест Топ, КС	3,5	24,4
Максим, КС	3,3	23,5
Контроль	3,2	24,1
$НСР_{05}$	1,0	5,4

будитель *Synchytrium endobioticum*), золотистой картофельной цистообразующей нематоде (*Globodera rostochiensis*), вирусным болезням, восприимчив по ботве к фитофторозу, среднеустойчив к обыкновенной парше, восприимчив к ризоктониозу и фомозу [17].

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2018 г. в целом были неблагоприятными для роста, развития и, в итоге, продуктивности картофеля. Холодная погода в конце мая и начале лета способствовала развитию ризоктониоза. Гидротермический режим летних месяцев был благоприятным для развития альтернариоза, но не способствовал развитию фитофтороза. Вегетационный период 2019 г. был относительно удовлетворительным для роста, развития и продуктивности картофеля; благоприятным для развития фитофтороза и ризоктониоза, близким к оптимальному для альтернариоза. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2018 г. составила 18,7 °С, 2019 г. – 17,4 °С, при среднемноголетней норме 16,5 °С, сумма осадков – соответственно 205,9 мм, 292,3 мм и 260,5 мм. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) в 2018 г. была равна 2318,03 °С, в 2019 г. – 2126,18 °С, ГТК – соответственно 0,89 (засушливый) и 1,39 (влажный).

Предпосадочная обработка клубней препаратами Кагатник, ВРК и Депозит, МЭ в оба года приводила к снижению всхожести картофеля, по сравнению с контролем, на 34,5 % и 94,0 % соответственно. В других вариантах задержка прорастания была незначительной. В связи с этим вариант с препаратом Депозит был исключен из дальнейшего рассмотрения. Больших различий в фенологии развития растений картофеля в зависимости от применяемых протравителей не наблюдали.

По числу сформировавшихся основных стеблей лучшими были варианты с использованием препаратов Престиж и Селест Топ, в которых оно превышало контроль на 15,6 и 9,4 % соответственно. Самые высокие растения отмечены в варианте с применением препарата Престиж – на 7,9 выше, чем в контроле. В остальных вариантах значительного влияния на рост и развитие растений не наблюдали (табл. 2).

3. Влияние изучаемых препаратов на распространение ризоктониоза на растениях (среднее за 2018–2019 гг.), %

Вариант	Распространенность ризоктониоза		
	11 июня	9 июля	16 июля
Кагатник, ВРК	4,1	8,1	9,4
Престиж, КС	0,0	1,4	1,4
Селест Топ, КС	1,5	2,3	2,3
Максим, КС	0,0	3,5	3,5
Контроль (без обработки)	5,0	9,1	11,3
$НСР_{05}$	2,1	4,9	5,9

Наибольшую массу ботвы отмечали при использовании препаратов Престиж, Селест Топ и Максим – превышение над контролем составило 37,5, 25,0 и 10,2 % соответственно. Одновременно в вариантах Селест Топ и Максим количество сформировавшихся клубней в фазе полного цветения было больше, чем в контроле, на 7,6 и 10,1 % соответственно, а их масса – на 12,7 и 25,0 %.

4. Влияние изучаемых препаратов на распространение (P) и развитие (R) альтернариоза (среднее за 2018–2019 гг.), %

Вариант	1 учет		2 учет		3 учет	
	P	R	P	R	P	R
Кагатник, ВРК	0,8	0,1	7,9	1,9	26,5	5,8
Престиж, КС	1,8	0,3	6,2	1,9	22,0	5,2
Селест Топ, КС	3,7	0,5	6,1	1,1	18,3	3,7
Максим, КС	4,4	0,6	3,5	0,7	17,8	3,5
Контроль (без обработки)	8,5	1,3	14,8	2,7	25,8	6,1
$НСР_{05}$	5,0	0,6	5,2	1,7	11,4	2,1

Достоверное снижение распространение ризоктониозом растений (на дату последнего учета), по сравнению с контролем, на 7,8...9,9 %, отмечали при использовании всех препаратов, кроме Кагатника, в варианте с его применением величина этого показателя находилась на уровне контроля (табл. 3). Симптомов бактериальных болезней в виде черной ножки и кольцевой гнили на посадках картофеля не зафиксировано.

В достаточно благоприятных для развития альтернариоза условиях по результатам первых двух учетов изучаемые препараты на фоне других защитных мероприятий сдерживали распространенность и степень развития заболевания. На дату первого учета особенно эффективными были Кагатник и Престиж, достоверно снизившие распространение заболевания, относительно контроля, на 6,7...7,7 %. К концу вегетации различия между вариантами нивелировались (табл. 4). При этом на фоне обработки клубней протравителями Селест топ и Максим на дату третьего учета наблюдали наибольшую тенденцию к снижению распространенности альтернариоза, по сравнению с контролем, в 1,4 раза, одновременно развитие этого заболевания достоверно уменьшалось в 1,7 раз.

В агрометеорологических условиях вегетационных периодов 2018–2019 гг. на фоне других защитных мероприятий положительное влияние изучаемых препаратов против фитофтороза наблюдали только при проведении первого учета (конец июля) и только на уровне тенденции. В целом они оказались малоэффективными против возбудителя этого заболевания.

Выявленные преимущества по накоплению биомассы нашли прямое отражение в урожайности клубней. Применение протравителей Кагатник, Престиж и Селест Топ обеспечило ее прибавку к контролю на 3,8...14,5 %, при этом масса товарной фракции увеличилась на 7,2...15,4 %. Наибольший сбор товарных клубней зафиксирован в вариантах с препаратами Селест Топ, КС и Престиж, КС – 25,5 и 25,1 т/га, или выше контроля на 15,4 % и 13,6 %. Эффекта от обработки посадочного материала протравителем Максим не наблюдали.

По результатам осеннего клубневого анализа, проведенного через месяц после закладки урожая на хранение, изучаемые протравители не оказали значительного влияния на пораженность фитофторозом (табл. 5), которая в целом была невысокой. Снижение распространенности сухой гнили, по сравнению с контролем, в варианте с препаратом Кагатник составило 0,5 %, Престиж – 0,6 %, Максим – 1,0 %.

5. Влияние изучаемых препаратов на качество урожая картофеля (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант	Доля больных клубней, %			
	всего	в том числе		
		сухая гниль	фитофтороз	парша обыкновенная
Кагатник, ВРК	1,5	0,9	0,6	0,0
Престиж, КС	1,4	0,8	0,4	0,2
Селест Топ, КС	1,7	1,3	0,2	0,2
Максим, КС	0,9	0,4	0,5	0,0
Контроль (без обработки)	2,9	1,4	0,2	1,3
$НСР_{05}$	0,7			

Пораженность клубней нового урожая паршой обыкновенной была слабой, тем не менее, отмечена тенденция к ее снижению с 1,3 % в контроле, до полного отсутствия в вариантах с протравителями Кагатник и Максим. При использовании Селест Топ величина этого показателя составила 0,2 %. Симптомы поражения ризоктониозом и серебристой паршой отсутствовали во всех вариантах.

Таким образом, в агрометеорологических условиях 2018–2019 гг. отмечено положительное влияние предпосадочной обработки семенных клубней протравителями на формирование ботвы картофеля. Увеличение числа основных стеблей в вариантах с применением протравителей Престиж и Селест Топ, по сравнению с контролем, составило 15,6 % и 9,4 % соответственно, масса ботвы – на 37,5 % и 25,0 %.

Достоверное снижение распространение ризоктониозом растений (на дату последнего учета), по сравнению с контролем, на 7,8...11,3 %, отмечали при использовании всех препаратов, кроме Кагатника. В начале развития альтернариоза особенно эффективными были Кагатник и Престиж, существенно снижавшие распространение заболевания, относительно контроля, на 6,7...8,5 %. Дольше всего сохраняли эффективность против альернариоза препараты Максим и Селест Топ.

Самый высокий сбор товарных клубней отмечен в вариантах с применением препаратов Селест Топ, КС и Престиж, КС – 25,5 и 25,1 т/га, что выше контроля на 15,4 % и 13,6 % соответственно.

Литература.

1. Евстратова Л. П. Устойчивость картофеля к основным почвообитающим патогенам в условиях Северо-Запада России: автореф. дис.... доктора сельскохозяйственных наук. Санкт-Петербург, 2003. 40 с.

2. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б. В. Анисимов, Г. Л. Белов, Ю. А. Варицев и др. М.: Картофелевод, 2009. 272 с.

3. Чулкина В. А. Борьба с болезнями сельскохозяйственных культур в Сибири. М.: Россельхозиздат, 1987. 252 с.

4. Куневич Р. В. Влияние степени заселения семенных клубней склероциями ризоктонии на поражение растений картофеля // Картофелеводство. 1979. Вып. 4. С. 47–49.

5. Болезни картофеля / К. В. Попкова, Ю. И. Шнейдер, А. С. Воловик и др. М.: Колос, 1980. 304 с.

6. Иванюк В. Г., Банадысев С. А., Журомский Г. К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Мн.: РУП «БелНИИ картофелеводства», 2003. 550 с.

7. Охлопкова П. П., Николаева Ф. В. Изучение разнообразия почвенных патогенов картофеля на орошаемых мерзлотных почвах и разработка экологически безопасных мер борьбы с ними // Наука и образование. 2012. № 2. С.108–110.

8. Денисенко И. А. Эффективная защита картофеля от болезней различной этиологии в условиях Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т.32. №3. С.76–78.

9. Эффективность фунгицидных препаратов в борьбе с ризоктониозом / Г. Л. Белов, М. М. Ярмеева, Л. Ю. Кокаева и др. // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2019. № 1 (39). С. 7–11.

10. Safrankova I. Rhizoctonia solani Kuhn anastomosis group 3 as pathogen of potato and its sensitivity to seed-fungicides // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2015. Vol. 52. No. 1. Pp. 67–74.

11. Variation in Fungicide Sensitivity Among Rhizoctonia Isolates Recovered from Potatoes in South Africa / N. Muzhinji, J. W. Woodhall, M. Truter et al. // Plant Disease. 2018. Vol. 102. No. 8. Pp. 1520–1526. doi: 10.1094/PDIS-09-17-1470-RE.

12. Сорока С. В., Якимович Е. А. Анализ применения средств защиты в республике Беларусь. Защита растений // Сборник научных трудов РУП «НПЦ НАН Беларуси» по земледелию. 2012. Вып. 36. С.291–306.

13. Говоров Д. Н., Живых А. В., Шабельникова А. А. Применение пестицидов // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 3–4.

14. Роль предпосадочной обработки клубней в борьбе с болезнями картофеля / С. В. Васильева, В. Н. Зейрук, М. К. Деревягина и др. // Земледелие. 2018. № 5. С. 37–40.

15. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, В. И. Старовойтов и др. М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2019. 120 с.

16. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету / А. С. Воловик, В. М. Глез, Л. Н. Трофимец и др. М.: НИИКХ, 1995. 108 с.

17. Сорта картофеля, возделываемые в России / Б. В. Анисимов, С. Н. Еланский, В. Н. Зейрук и др. М.: «Агроспас», 2013. 144 с.

Efficiency of tuber protectants in protecting potato from diseases in the Central region

S. V. Vasil'eva, V. N. Zeiruk, M. K. Derevyagina, G. L. Belov
Lorkh Federal Research Center on Potato, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. *The studies aimed to assess the efficiency of protectants of potato seed material in the Central region of the Russian Federation for further use of the best of them in production. The work was carried out in 2018–2019 in the Lyubertsy district of the Moscow region in sod-podzolic sabulous soil. The experimental design provided for the use of the following preparations: Kagatnik WSC, 0.8 L/t; Prestige SC, 1.0 L/t; Selest Top SC, 0.4 L/t; Maxim SC, 0.4 L/t; Deposit ME, 0.4 L/t; the control was without treatment. We evaluated germination rate, growth and development of potato, the prevalence of Rhizoctonia blight and late blight during the growing season and on tubers of the new crop, the prevalence of early blight during the growing season and of common scab, silver scab and dry rot after laying the potato for storage. In the variants Prestige and Selest Top protectants, the number of main stems was higher than in the control by 15.6% and 9.4%, respectively, and the weight of tops was higher by 37.5% and 25.0%. A significant decrease by 7.8–11.3% in the prevalence of Rhizoctonia blight (on the date of the last count), compared with the control, was registered for all preparations, except Kagatnik. At the beginning of the early blight development, Deposit, Kagatnik and Prestige were especially effective; they significantly reduced the spread of the disease, by 6.7–8.5% relative to the control. Maxim and Selest Top had the longest effect against early blight. The highest yield of marketable tubers was noted in the variants with Selest Top SC and Prestige SC: 25.5 t/ha and 25.1 t/ha, which was higher by 15.4% and 13.6%, respectively, than in the control.*

Keywords: *potato (Solanum tuberosum); Rhizoctonia blight; late blight; early blight; diseases; protectant; preplanting treatment; fungicides; yield; quality.*

Author Details: *S. V. Vasil'eva, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: vzeyruk@mail.ru); V. N. Zeiruk, head of laboratory; M. K. Derevyagina, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; G. L. Belov, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.*

For citation: *Vasil'eva SV, Zeiruk VN, Derevyagina MK, et al. [Efficiency of tuber protectants in protecting potato from diseases in the Central region]. Zemledelie.2020;(4):36-9. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10410.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10411
УДК 631.811.93

Кремний – недооцененный элемент питания растений

Е. В. БЕЗРУЧКО, аспирант (e-mail: coordinazia@mail.ru)
Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Резюме. *Исследования проводили с целью обобщения сведений о влиянии кремния на процессы, происходящие в растениях под воздействием различных стрессоров, для обоснования возможности и необходимости использования этого элемента в сельскохозяйственном производстве. При проведении работы были проанализированы данные, опубликованные в 80 литературных источниках (77 иностранных и 3 отечественных), поиск которых осуществляли в базах данных Scopus, PubMed и GoogleScholar. Приоритет отдавали наиболее цитируемым источникам моложе 10 лет (их доля составляет 79 %). Представлены сведения о содержании кремния в растениях и механизмах его поглощения. В растениях этот элемент может участвовать в решении таких задач, как предотвращение полегания; защита от патогенных микроорганизмов и насекомых-вредителей; повышение устойчивости к низким и высоким температурам, а также водному стрессу; снижение токсического влияния тяжелых металлов и солевого стресса; повышение эффективности использования питательных веществ; улучшение фотосинтеза и ростовых процессов. Эффективность кремния во многом завит от культуры (ее генетической способности поглощать и транспортировать этот элемент), вида используемого удобрения, условий выращивания, в том числе наличия стрессового фактора. Его возврат в агроценоз посредством использования кремнийсодержащих удобрений и мелиорантов может стать дополнительным элементом стратегии защиты и питания растений, способствуя увеличению урожая, снижению применения пестицидов и агрохимикатов благодаря улучшению фитосанитарного состояния посевов. Повышение адаптационных возможностей растений способно стать одним из основных инструментов поддержки устойчивого сельского хозяйства, обеспечения безопасного производства продуктов питания и защиты окружающей среды.*

Ключевые слова: *кремнийопосредованный биохимический механизм, стимулирование и регулирование сигналов системного стресса, устойчивость растений, абразивность силицированных листьев, термоизоляция клетки, осаждение токсичных металлов в почве или в питательном растворе.*

Для цитирования: *Безручко Е. В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40–46. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10411.*

Несмотря на то, что кремний (Si) оказывает благотворное влияние на рост и развитие растений, он до сих пор не нашел широкого признания в качестве основного элемента питания высших растений. Главная способность кремния, выявленная в ряде многочисленных исследований, – смягчение влияния различных видов стресса и повышение устойчивости растений к насекомым-вредителям, грибковым и бактериальным патогенам. При этом «единой теории» кремния в биологии и сельском хозяйстве на сегодняшний день не существует [1].

В российских информационных источниках представлено относительно мало материала об исследованиях влияния кремния, по сравнению с оценками роли других элементов питания. Это служит причиной ограниченного интереса отечественных производителей растениеводческой продукции к необходимости кремниевых удобрений в технологии возделывания культур.

Начиная с 1999 г., три раза в год проводится Международная конференция «Siliconin Agriculture», на которой освещают результаты фундаментальных и практических исследований по вопросам использования кремния. Заявленная миссия этого мероприятия – «развивать, распространять и продвигать знания и использование кремния на основе его преимуществ для растений, почв и окружающей среды...». На сегодняшний день география исследований кремниевых удобрений обширна. Среди их лидеров – ученые стран-производителей риса, сахарного тростника и пшеницы (Япония, Китай, Индия, Пакистан, Бразилия). Также значительное количество работ опубликовано американскими, иранскими, австралийскими, польскими, английскими, канадскими, итальянскими исследователями.

Из культур подавляющее большинство работ ориентировано на уже упомянутые рис, сахарный тростник и пшеницу, а также ячмень, кукурузу, сорго. Несколько меньший сегмент занимают картофель и овощные, в том числе тепличные растения, подсолнечник, виноград, рапс. Более редкие объекты исследований – экзотические (авокадо, бамия, папайя, масличная пальма) и цветочные (хризантема, гербера, роза) растения.Такой широкий круг культур, вовлеченных в проводимые эксперименты, свидетельствует об интересе ученых к теме повышения продуктивности различных культур именно с помощью кремния.

Цель исследования – обобщение сведений о влиянии кремния на процессы, происходящие в растениях под воздействием различных стрессоров, для обоснования возможности и необходимости использования этого элемента в сельскохозяйственном производстве.

При написании обзора был проведен поиск литературы в базах данных Scopus, PubMed и GoogleScholar, по запросам кремний, растения, насекомые, летучие органические соединения, летучие вещества, вредители, болезни, устойчивость. Предпочтение отдавали наиболее цитируемым источникам не старше 10 лет.

Содержание и поглощение кремния в растении. Растения отличаются своей способностью поглощать и накапливать кремний в своих тканях (табл. 1). В зависимости от его содержания в побеге растения подразделяют на аккумуляторы (более 1,0 % Si), промежуточные (0,5...1,0 %) и эксклюзоры (менее 0,5 %) [1].

Такую разницу в уровне накопления кремния связывают с различиями в способности к его поглощению и транспортировке корнями растений. При этом выделяют активный (с помощью переносчиков-транспортеров) и пассивный (диффузию) транспорт. Активный транспорт выявлен у злаковых растений (рис, ячмень, пшеница, кукуруза) и, например, у тыквы, пассивный – у большинства двудольных. У риса, кукурузы и сорго в зависимости от концентрации кремния во внешнем растворе могут сосуществовать оба указанных механизма: при высокой доминирует пассивный, при низкой – активный [1, 3].

1. Накопление кремния различными культурами [2]

Культура	Содержание Si, %	Культура	Содержание Si, %
Салат	0,97	Банан	0,98
Подсолнечник	1,88	Ячмень	1,82
Соя	1,39	Рис	4,17
Люпин	0,28	Сахарный тростник	1,51
Бобы	0,95	Сорго	1,54
Мята	0,73	Пшеница	2,45
Перечная мята	1,22	Кукуруза	0,83
Лук	0,31	Картофель	0.4

Кремний, поступивший от корней к побегам через ксилему, подвергается дальнейшей концентрации (полимеризации) из-за потери воды при транспирации. Образующийся в результате силикагель (коллоидные кремниевые соединения) осаждается под кутикулой и в клеточных стенках, из-за становится недоступным для транслокации внутри растения [1].

Роль кремния в растении. Кремний позиционируется в качестве элемента, способного эффективно повышать устойчивость растений к воздействию таких экологических и биотических стрессоров, как патогенные микроорганизмы, насекомые-вредители, низкие и высокие температуры, дефицит влаги, токсическое влияние тяжелых металлов, избыточное содержание солей в почвенном растворе, комплекс условий, вызывающих полегание посевов. Кроме того, он оказывает положительное влияние на использование питательных веществ из почв, фотосинтез и ростовые процессы.

Способность кремния оказывать такое воздействие объясняют следующими механизмами:

повышение прочности растительных тканей;

индуцирование биохимической (молекулярной) резистентности;

прямое фунгицидное влияние на патогенные микроорганизмы;

опосредованное воздействие через изменение структуры почвы и влияние на почвенные микроорганизмы.

При этом большинство возникающих эффектов обусловлено объединённым действию нескольких механизмов защиты.

Предотвращение полегания посевов. Поглощенный из почвенного раствора кремний трансформируется в клеточном соке в кремнегель, который биохимически связывается с белками и углеводами, а затем аккумулируется в покровных и проводящих тканях растения, армируя их. Параллельно с этим кремний повышает эластичность клеточных стенок во время роста растяжением благодаря взаимодействию с пектинами и полифенолами [4].

Подавление заболеваний. Развитию любой болезни предшествует проникновение патогена в клетки растения-хозяина через воск, кутикулу и клеточные стенки. Вначале изучения взаимодействия кремний-растение физический барьер рассматривали как единственный фактор формирования устойчивости к вредным насекомым и патогенной микрофлоре. Упрочение кремнецеллюлозной мембраны делает растительные клетки менее уязвимыми для проникновения и колонизации грибковыми патогенами, менее восприимчивыми к ферментативному воздействию и деградации, вызываемыми инвазией патогенов [1, 5].

Кроме того, под влиянием кремния происходит образование морфологических элементов (волосков, сосочков, трихом, щетинок), которые играют важную роль в защите растений от грибковых атак,будучи дополнительным препятствием на пути патогенна [6]. В связи с этим, физическая защита может расцениваться как профилактический эффект кремния в борьбе с патогенами.

По результатам исследований установлено, что в формировании ответа на колонизацию растений почвенными и листовыми патогенами задействован и кремнийопосредованный биохимический механизм. Растения, под влиянием кремния, демонстрируют более высокую экспрессию генов, кодирующих защитные ферменты [1, 7, 8], таких как полифенолоксидаза, пероксидаза, аскорбат-пероксидаза, каталаза, фенилаланинаммиак-лиаза и глюканаза, что приводит к усилению выработки таких противогрибковых соединений, как продукты фенольного метаболизма (лигнин), флавоноиды и фитоалексины. Например, по результатам световой и электронной микроскопии тканей растений риса, выращенных в гидропонном питательном растворе, содержащем 2 мМоль Si, установлено значительное отложение фенолообразных соединений, обусловившее устойчивость образцов к искусственному заражению *Monographella albescens* [9]. Аналогичные результаты были отмечены на кукурузе, выращенной в почвенной смеси с ежедневным поливом силикатом калия, что имело большое значение для формирования устойчивости при инокуляции *Stenocarpella macrospora* [10].

Кремний оказывает положительное влияние при инфицировании растений возбудителями многих заболеваний на различных культурах (табл. 2). Так, в опытах с сорго применение силиката кальция (доза 6 т/га) способствовало снижению пораженности антракнозом устойчивой линии культуры на 39 %, восприимчивой – на 42 %. Эффективность фунгицида Opera® (эпоксиконазол + пираклостробин) при этом составила 50 и 39 % соответственно. Их совместное применение дополнительно снижало индекс заболеваемости, по сравнению с использованием только силиката кальция, на 36 %. Кроме того, в следующем году отмечали последействие агрохимиката [14]. Снижение пораженности антракнозом более чем на 80 % отмечено на сортах томата после двукратной обработки силикатом натрия вегетирующих растений. Кроме повышения сопротивляемости, у них отмечали увеличение размера плодов, снижение кислотности и повышение содержания сухого вещества в плодах [24]. Добавление

2. Влияние кремния на устойчивость растений к различным заболеваниям

Культура	Заболевание	Ссылка
Земляника	мучнистая роса (возбудитель *Sphaerotheca aphanis)*	[5, 6]
Рис	бактериальный ожог листьев (возбудитель *Xanthomonas albilineans*)	[9]
Кукуруза	диплодиоз – сухая гниль початков и стеблей (возбудитель *Stenocarpella macrospora*)	[10]
Огурец	мучнистая роса (возбудитель *Podosphaera xhantii)*	[11]
Огурец	пероноспороз – ложная мучнистая роса (возбудитель *Pseudoperonospora cubensis)*	[7]
Огурец	фузариозное увядание (возбудитель *Fusarium oxysporum)*	[13]
Сорго	антракноз (возбудитель *Colletotrichum sublineolum*)	[14]
Пшеница	бактериальная пятнистость (возбудитель *Xanthomonas translucens)*	[15]
Пшеница	гельминтоспориоз (возбудитель *Bipolaris sorokiniana)*	[16]
Салат	пероноспороз – ложная мучнистая роса (возбудитель *Bremia lactucae*)	[17]
Салат, перец, дыня, томат, огурец	серая гниль (возбудитель *Botrytis cinerea*)	[18]
Дыня	бактериальная пятнистость плодов (возбудитель *Acidovorax citrulli*)	[19]
Дыня	мучнистая роса (возбудитель *Podosphaera xhantii)*	[20]
Дыня	бактериальное фруктовое пятно (возбудитель *Acidovorax citrulli*)	[21]
Перец	фитофтороз (возбудитель *Phytophthora blight*)	[22]
Томат	антракноз (возбудитель *Glomerella cingulata*)	[23]
Томат	антракноз (возбудитель *Colletotrichum gloeosporioides*)	[24]
Томат	фузариозное увядание (возбудитель *Fusarium oxysporum)*	[25]
Томат	антракноз (возбудитель *Colletotrichum dematium*)	[26]
Томат	бактериальное увядание (возбудитель *Ralstonia solanacearum)*	[27]
Соя	ржавчина (возбудитель *Phakopsora pachyrhizi*)	[28]
Соя	ржавчина (возбудитель *Phakopsora pachyrhizi*)	[29]
Роза	корневые гнили (возбудитель *Pythium helicoides*) и мучнистая роса (возбудитель *Podosphaera pannosa*)	[30]
Картофель	сухая гниль клубней (возбудитель *Fusarium sulphureum*)	[31]
Фасоль	антракноз (возбудитель *Colletotrichum lindemuthianum)*	[32]

силиката калия в гидропонный раствор при выращивании томата уменьшало увядание, вызванное инокуляцией *Fusarium oxysporum* f. [25].

В большинстве случаев Si-индуцированная резистентность растений к патогенам обусловлена совместным влиянием модификации тканей, активацией экспрессии генов и ферментов, связанных с защитой, стимуляцией продукции антимикробных соединений, регуляцией сложной сети сигнальных путей. Так, тандемное взаимодействие лигнификации и ферментов [15], а также фенольных соединений и ферментов [16] отмечено у пшеницы. Тяжесть заболевания в продемонстрированных опытах была снижена на 15…87 %.

Защита от насекомых-вредителей. Первоочередную роль в защите от насекомых опять же играет упрочение растительных тканей. Было замечено, что сосущие вредители и поедающие листья гусеницы меньше повреждали кремнеземистые ткани растений, по сравнению с обычными. Кремний снижает усвояемость и вкусовые качества листьев, уменьшая тем самым количество потребляемой пищи. Абразивность силицированных листьев затрудняет питание насекомого, так как образующиеся кристаллы могут повреждать их жвала и мандибулы, это было, в частности, установлено на личинках сахарной тростниковой огневки [34] и кукурузной лиственной совки [35]. Эпителий пищеварительного тракта также подвергается абразивному воздействию салицированных тканей. Следствием нарушения питания становится сокращение продолжительности жизни имаго и личинок, затягивание прохождения стадий развития, а также снижение репродуктивной способности вредителей [36].

С другой стороны, кремний, делая ткани растения жестче, действует косвенно, задерживая проникновение насекомых в ткани хозяина, как например, внедрение личинки. Образование морфологических элементов (волосков, сосочков, трихом, щетинок), отмеченное как фактор защиты от патогенов, оказывает негативное воздействие и на насекомых, поскольку механически препятствует их передвижению, заселению и, возможно, яйцекладке. Кроме того, железистые трихомы выполняют функцию сдерживающего фактора, выделяя летучие соединения (например, авоноиды, терпеноиды и алкалоиды), которые могут быть репеллентами в отношении многих насекомых-вредителей [36]. Железистые трихомы мяты, шалфея, пижмы хорошо приспособлены для удержания летучих соединений в полостях, образующихся в результате отделения кутикулы от клеточной стенки. При повреждении кутикулы насекомыми они высвобождаются и распространяются в окружающее пространство, оказывая негативное влияние на вредителей. Трихомы табака и томата синтезируют соединения, которые не летучи или плохо летучи. Они выделяются непосредственно на поверхность в виде капель очень липкого экссудата, попадая в который насекомые или мелкие членистоногие могут приклеиться к листу и погибнуть [37].

Интересные данные получены о влиянии кремния на синтез и выделение летучих соединений [36, 38], продуцируемых растением под воздействием поражения вредителями и индуцирующих синтез антистрессовых веществ в неповрежденных соседних растениях или неповрежденных органах атакованного растения в качестве превентивного ответа на потенциальную угрозу. Кроме того, это могут быть вещества, служащие индикатором присутствия жертвы для естественных врагов вредителей (энтомофагов-хищников и паразитоидов) [39, 40]. Так, в тепличных условиях хищные жуки активнее нападали на хлопкового червя *Helicoverpa armigera* на растениях огурца, обогащенных кремнием [41].

Как и в случае с защитой от болезней, защита от вредителей может быть выстроена с помощью более высоких уровней фитогормонов (жасмоновой кислоты, салициловой кислоты и этилена) [36].

Интересно, что листовая обработка способна влиять и на снижение поражаемости вредителями подземных частей растения. Это было продемонстрировано в опыте на картофеле: уменьшение поражения клубней насекомыми-вредителями коррелировало с уменьшением повреждения листьев у растений, обработанных кремниевой кислотой [42].

Положительные эффекты установлены на различных культурах и против разных вредителей (табл. 3). Например, в опыте с цветной капустой воздействие кремниевой кислоты обеспечило уменьшение популяции тли на 60 %, пестицида – на 70 %, их совместное влияние – на 90 %, масса кочана при этом возросла в 1,6, 1,8 и 2,1 раза соответственного [53]. В эксперименте сразу на 4 культурах (огурце, баклажане, бобах и кукурузе) в тепличных условиях силикат калия не оказал влияния на смертность паутинного клеща. Однако эффективность его использования вместе с биологическим агентом Beauveria bassiana в концентрации 1 г/л находилась на уровне варианта с биологическим агентом в концентрации 2 г/л [44].

Повышение устойчивости к низким и высоким температурам. Соединения кремния с белками, лигнином и полисахаридами (пектином и клетчаткой) обусловливают термоизоляцию клетки, что определяет морозостойкость растений, оптимизирует перезимовку и ускоряет весеннюю акклиматизацию озимых культур и многолетних растений. Такие же факторы влияют на засухоустойчивость.

Биохимическая резистентность к этому виду стресса связана с повышением активности антиоксидантных ферментов и концентрации растворимых углеводов и белков в апоплазме листьев. В частности, это было доказано на ячмене при обработке его силикатом натрия [57]. Из физиологического ответа устойчивости к засухе под действием кремния выделяют снижение устьичной транспирации (сужение устьичных пор). Этот эффект, в частности, был отмечен на кукурузе [58].

В условиях температурного стресса возникает большой риск окислительного повреждения тканей растений. Кремний снижает такое воздействие, что, в свою очередь, значительно облегчает восстановление поврежденных клеточных мембран. При этом отмечена увеличенная активность каталазы и уменьшенная – супероксиддисмутазы и аскорбатпероксидазы [1, 59].

3. Влияние кремния на снижение поражаемости вредителями

Культура	Объект	Ссылка
Пшеница	огневка (*Sesamia inferens*)	[43]
Огурец, баклажан, бобы, кукуруза	паутинный клещ *Tetranychus urticae*	[44]
Рис	рисовый долгоносик (*Planthopper*) и огневка *(Cnaphalocrocis medinalis Guenée)*	[45]
Рис	рисовый долгоносик *(Nilaparvata lugens)*	[46, 47]
Кукуруза	кукурузная лиственная совка (*Spodoptera frugiperda*)	[48]
Кукуруза, подсолнечник	кукурузная лиственная совка и бабочка окаймленное пятно (*Spodoptera frugiperda* и *Chlosyne lacinia saundersii*)	[49]
Подсолнечник	бабочка окаймленное пятно (*Chlosyne lacinia saundersii*)	[50]
Огурец	белокрылка (*Bemisia tabaci)*	[51]
Огурец	корневые нематоды (*Meloidogyne incognita)*	[52]
Цветная капуста	тля *(Brevicoryne brassicae)*	[53]
Фасоль	белокрылка (*Bemisia tabaci)*	[54]
Сахарный тростник	желтый клещ (*Oligonychus sacchari)*	[55]
Картофель	диабротика особая (*Diabrotica speciosa)*	[56]

Снижение токсичности металлов. Различают внеклеточную и межклеточную активность кремния в ограничении влияния тяжелых металлов на растение. К первому типу относится, например, способность этого элемента снижать доступность кадмия из-за повышения pH почвы [60, 61]. Второй тип реализуется через несколько механизмов. Во-первых, это иммобилизация металлов в клеточных стенках корня и подавление его дальнейшего транспорта в надземную часть растения [62]. Кроме того, кремний способен вызывать осаждение металлов в клеточных стенках тканей листьев, сокращая их свободное присутствие в клетке [63]. Так, в листьях огурца в гидропонной культуре при избытке марганца доля форм этого элемента, связанных с клеточной стенкой, увеличилась после обработки кремнием с 65 % (без Si) до 88 %, при этом симптомы токсичности Mn отсутствовали [64].

Во-вторых, это секвестрация тяжелых металлов в вакуолях. Такие механизмы защиты, в частности, обнаружены у арабидопсиса, выращенного на почве, загрязненной Zn и Cu [65]. В-третьих, равномерное распределение ионов металла по всему растению во избежание их концентрации в отдельных точках. Так, предотвращение локального накопления марганца в тканях фасоли под влиянием кремния, позволило переносить 20-и кратный (по сравнению с контролем) избыток марганца без заметной депрессии [66].

Схожие механизмы характерны для защиты растений от солевого стресса. Кремний может уменьшать его последствия благодаря ингибированию транспорта Na^+ к листьям и специфическому накоплению Na^+ в корнях. В опытах с рапсом в условиях гидропонной культуры было показано, что при засолении концентрация ионов Na^+ в листьях и корнях растений в варианте с Si была соответственно на 31 и 20 % ниже, чем без этого элемента. А соотношение Na^+ в побеге/Na^+ в корне после применения кремния уменьшилось с 1,36 до 1,16 [67].

Токсичность NaCl также снижается в результате положительного влияния кремния на водоудержание, что способствует снижению концентрации соли в тканях растений. Такое заключение было сделано, в частности, на основании результатов опыта, в котором добавление кремния приводило к значительному снижению концентрации клеточного сока у ячменя в условиях засоления [68]. У томатов содержание воды на фоне солевого стресса увеличивалось под влиянием кремния на 40 %. Авторы сделали вывод, что смягчение токсичности солевой нагрузки было на 17 % вызвано улучшением накопления воды в тканях, что способствовало растворению соли [69].

Кроме того, на детоксикацию натрия в растении работают повышение активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, аскорбатпероксидазы), неферментативных антиоксидантов (глутатиона), увеличение концентрации растворимых веществ в ксилеме, усиление газообмена, антагонистическое поглощение калия [1, 70]. Например, у розы в культуре *in vitro* при добавлении Si уменьшались краевой ожог листьев, повреждение устьиц, накопление активных форм кислорода, вызванные солевым стрессом. Одновременно у растений было зафиксировано повышение активности и экспрессии антиоксидантных ферментов. Транспортировка натрия была синергически ограничена стимулированным поглощением калия при обработке Si + NaCl [71]. Аналогичные результаты отмечены в опыте на рассаде эспарцета, подвергавшейся воздействию NaCl. В нем также отмечено повышенное поглощение K^+. Помимо селективности в отношении K^+, зафиксировано, что добавление кремния увеличило содержание хлорофилла, массы побегов и корней, содержание воды в корне и листьях, а также пролина и растворимых сахаров [72]. В работе с рапсом улучшение кремниевого питания восстанавливало концентрацию ионов K^+ в корнях при засолении и не оказывало существенного влияния на величину этого показателя в тканях в отсутствии стрессора. В этом же опыте отмечено повышение активности каталазы и пероксидазы под влиянием кремния на фоне повышенного засоления [67].

Улучшение поглощения основных элементов питания. В первую очередь, отмечается роль кремния в повышении доступности фосфора. По одной гипотезе, анион кремниевой кислоты может замещать фосфат-анион в труднорастворимых фосфатах кальция, алюминия и железа, повышая доступность фосфора для растений и микроорганизмов на 30...50 %. Вторая гипотеза предполагает, что вносимый кремнезем адсорбирует подвижный фосфор в почве, чем препятствует, с одной стороны, его более прочной адсорбции, а с другой, выносу с почвенными водами. Предполагают также, что силикат-анион является конкурирующим по отношению к фосфат-аниону. Увеличение концентрации первого в почвенном растворе приводит к нарушению соотношения адсорбированных фосфат- и силикат-ионов, увеличению концентрации фосфат-ионов в почвенном растворе, и, соответственно, увеличению поглощения фосфора растениями.

Взаимодействию азота и кремния также уделяют большое внимание. Доказано, что совместное внесение азотных и кремниевых удобрений имеет симбиотический эффект. Во-первых, это объясняется косвенным влиянием через почву. Так, при внесении кремнезема увеличивается численность аммонификаторов и усиливается процесс нитрификации. Также возрастает численность азотобактера, что влечет увеличение фиксации атмосферного азота. Во-вторых, кремнийсодержащие минералы могут повышать адсорбционную способность почв по отношению к подвижным формам азота [73].

Имеются сведения о положительном влиянии кремния при дефиците таких микроэлементов, как железо, марганец, цинк. Поскольку дефицит – это обратная сторона избытка, можно предположить, что и механизмы нивелирования этих состояний схожи, например, через улучшение распределения нутриентов в растении после добавления кремния. Так, в работе с рисом, выращиваемым при разных уровнях цинка, применение кремния увеличивало содержание Zn в корнях и побегах растениях при дефиците этого минерального элемента и снижало на фоне его избытка [74].

Влияние на морфологические характеристики и урожайность сельскохозяйственных культур. Результаты различных исследований свидетельствуют о задержке деградации хлорофилла, увеличении количества сухого вещества, индекса площади листьев, сухой массы и объема корней, содержания пролина под воздействием кремния и, конечно, урожайности [75].

Сила реакции на обработку кремнием во многом зависела от видовой принадлежности растения и типа изучаемого стрессора. Однако положительный эффект был продемонстрирован даже на тех видах, которые не поглощают его в больших количествах, например, на овощных культурах Так, приводятся данные о увеличении урожайности сои на 12...21 %, сахарной свеклы – на 10...40 %, картофеля – на 15...50 % при одновременном увеличении доли крупной фракции клубней, лука – на 10 %, винограда – на 13 %, снижении потерь при перезимовке рапса на 10 % и др. [75]. Прибавки варьировали в зависимости от условий роста, типа удобрений и кратности их применения.

В условиях стресса отмечали большее влияние кремния, чем в благоприятной обстановке [1]. В Польше в неблагоприятных погодных условиях 2011 г. отмечено значительно большее увеличение урожайности клубней картофеля после листового применения

кремнийсодержащего препарата, чем в 2012 г., когда погода была лучше (14,8 % и 5,5 % соответственно) [75]. На почвах с высоким содержанием доступного фосфора эффект от внесения кремниевых удобрений наблюдали не всегда [73].

Эффективность способов применения. Результаты исследований не дают однозначного ответа на вопрос о предпочтительности способа применения кремния. Одни авторы отмечают больший эффект от корневого поступления [76, 77, 78], другие – от листового [79]. Так, подавление мучнистой росы на дыне было выше в случае корневого применения силиката калия, чем при листовом (73 % против 65 %) [20]. Обработка вегетирующих растений огурца не вызывала увеличение синтеза пероксидазы, полифенолоксидазы и хитиназы в ответ на инокуляцию мучнистой росой, как это было отмечено при корневом применении. В первом случае препарат защищал от инфекции только в месте нанесения и листья, появившиеся позднее, повреждались заболеванием. На основании этого было сделано предположение о том, что Si, нанесенный на листья, может эффективно контролировать заражение только путем создания физического барьера, оседая на поверхности листьев, и/или благодаря осмотическому эффекту, тогда как Si, непрерывно поступающий через корневую систему, может повышать резистентность в ответ на инфекцию [77]. Такие данные согласуются с результатами эксперимента на пшенице, в котором индекс заболевания мучнистой росой при корневом применении силиката калия снизился в 3,5 раза, а при листовом – в 1,8 раз [78].

Однако корневое применение ограничивают такие факторы, как размер частиц Si-удобрений и, соответственно, площадь их поверхности, pH почвы, органические комплексы, способные связывать кремний, присутствие ионов Al^{3+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, H_2PO4^-, температура, содержание влаги в почве. Листовая обработка лишена этих недостатков, нивелирует ограничивающие факторы и использование гидропоники.

В любом случае, действенность того или иного способа нельзя рассматривать в отрыве от физиологии изучаемого объекта, точнее от наличия и силы экспрессии генов, отвечающих за синтез соединений – переносчиков кремния. В этой связи могут быть интересны биоинженерные манипуляции с культурами, генетически обладающими низкой способностью к накоплению кремния, которая привела бы к увеличению поглощения и последующей передачи кремния в растения и, как следствие, повысила бы резистентность культуры к широкому спектру стрессов. В этом направлении уже достигнуты положительные результаты: созданы трансгенные растения томата, экспрессирующие ген Si-транспортера из пшеницы. У них отмечено двукратное увеличение количества поглощенного кремния, по сравнению с контролем. Наложение водного стресса выявило значительное снижение увядания листьев у трансгенных растений. Кроме того, у них наблюдали почти полное отсутствие поражения мучнистой росой [80].

Заключение. Кремниевое питание растений представляет не только научный интерес, но и имеет большое практическое значения в условиях роста дефицита продовольствия и необходимости увеличения продуктивности растений на фоне неблагоприятных факторов окружающей среды. В таких условиях кремниевые удобрения могут быть актуальным резервом повышения эффективности растениеводства.

Размеры ежегодного безвозвратного выноса кремния растениями позволяют ставить этот элемент в один ряд с фосфором, азотом и калием. Возврат кремния в агроценоз посредством использования кремнийсодержащих удобрений и мелиорантов вносит дополнительный вклад в стратегии защиты и питания растений, способствуя увеличению урожая, снижению применения пестицидов и агрохимикатов благодаря улучшению фитосанитарного состояния посевов. Повышение адаптационных возможностей растений может стать одним из основных инструментов поддержки устойчивого сельского хозяйства, обеспечения безопасного производства продуктов питания и защиты окружающей среды.

Литература.

1. The controversies of silicon's role in plant biology / D. Coskun, R. Deshmukh, H. Sonah, et al. // New Phytologist. 2019. Vol. 221. No. 1. Pp. 67–85. doi: 10.1111/nph.15343.

2. Phylogenetic Variation in the Silicon Composition of Plants / M. J. Hodson, P. J. White, A. Mead, et al. // Annals of Botany. Vol. 96. No. 6. 2005. Pp. 1027–1046. doi: 10.1093/aob/mci255.

3.Mitani N., Ma J. F. Uptake system of silicon in different plant species // Journal of Experimental Botany. 2005. Vol. 56. No. 414. Pp. 1255–61. doi:10.1093/jxb/eri12.

4. Пашкевич Е. Б., Кирюшин Е. П. Роль кремния в питании растений и в защите сельскохозяйственных культур от фитопатогенов // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 2. С. 52–57.

5. Takeshi K., Kazumasa M., Masataka A. Suppression of conidial germination and appressorial formation by silicate treatment in powdery mildew of strawberry // The journal of General Plant Pathology. 2007. Vol. 73. Pp. 1–7 [Электронный ресурс]. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/ s10327–006–0311–y?no–access=true. doi:10.1007/s10327–006–0311–y (дата обращения: 24.04.2020).

6. Fatema K. The effect of silicon on strawberry plants and it's role in reducing infection by Podosphaera aphanis // Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. University of Hertfordshire; School of Life and Medical Sciences Department of Human and Environmental Sciences Hatfield, AL 10 9AB UK, 2014. Pp. 211 [Электронный ресурс]. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/de5a/3fe04217f213d99be5b30c65bc1a5fc76919.pdf (дата обращения: 24.04.2020).

7. Sakr N. The role of silicon (Si) in increasing plant resistance against fungal diseases // Hellenic Plant Protection Journal. 2016. Vol. 9. Pp. 1–15 [Электронный ресурс]. URL: https://content.sciendo.com/view/journals/hppj/9/1/article–p1.xmldoi:10.1515/hppj–2016–0001 (дата обращения: 24.04.2020).

8. Effect of Silicon on Rice Blast Disease / F. Abed–Ashtiani, J. Kadir, A. Nasehi, et al. // Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. 2012. Vol. 35. 1–12 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/235333241_Effect_of_Silicon_on_Rice_Blast_Disease (дата обращения: 24.04.2020).

9.Araujo L., Paschoalino R., Rodrigues F. Microscopic Aspects of Silicon–Mediated Rice Resistance to Leaf Scald // Phytopathology. 2015. Vol. 106. No. 2. Pp. 132–141. doi: 10.1094/PHYTO–04–15–0109–R.

10.Silicon-mediated maize resistance to macrospora leaf spot / C. Hawerroth, L. Araujo, M. Bermúdez-Cardona, et al. // The journal of Tropical Plant Pathology. 2018. Vol. 44. Pp. 192–196. doi: 10.1007/s40858–018–0247–8.

11. Foliar applications of silicon fertilisers inhibit powdery mildew development in greenhouse cucumber / S. A. Wolff, I. Karoliussen, J. Rohloff, et al. // J. Food Agric. Environ. 2012. Vol. 10. Pp. 355–359.

12. Yu Y., Schjoerring J. K., Du X. Effects of silicon on the activities of defense–related enzymes in cucumber inoculated with Pseudoperonospora cubensis // The journal of Plant Nutrition. 2010. Vol. 34. No. 3. Pp. 243–257. doi: 10.1080/01904167.2011.533325.

13. Application of Sodium Silicate Enhances Cucumber Resistance to Fusarium Wilt and Alters Soil Microbial Communities / X. Zhou, Y. Shen, X. Fu, et al. // Frontiers in Plant Science: 2018. Vol. 9. Pp. 624. [Электронный ресурс]. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00624/fulldoi: 10.3389/fpls.2018.00624 (дата обращения: 24.04.2020).

14. Silicon and Fungicide Effects on Anthracnose in Moderately Resistant and Susceptible Sorghum Lines / R. S. Resende, F. A. Rodrigues, R. V. Costa, et al. // Journal of Phytopathology. 2013. Vol. 161. No. 1. Pp. 11–17. doi: 10.1111/jph.12020.

15. Wheat Resistance to Bacterial Leaf Streak Mediated by Silicon / I. T. Silva, F. A. Rodrigues, J. R. Oliveira, et al. // Journal of Phytopathology. 2010. Vol. 158. No. 4. Pp. 153–162. doi: 10.1111/j.1439–0434.2009.01610.x.

16. Wheat Resistance to Spot Blotch Potentiated by Silicon / G. P. Domiciano, F. A. Rodrigues, F. X. Vale, et al. // Journal of Phytopathology. 2010. Vol. 158. No.

5. Pp. 334–343. doi: 10.1111 / j.1439–0434.2009.01623.x.

17. Silicon and increased electrical conductivity reduce downy mildew of soilless grown lettuce / A. Garibaldi, G. Gilardi, E. E. Cogliati, et al. // European Journal of Plant Pathology. 2012. Vol. 132. No. 1. P. 123–132. doi: 10.1007/s10658–011–9855–6.

18. Effects of Silicon in the Nutrient Solution for Three Horticultural Plant Families on the Vegetative Growth, Cuticle, and Protection Against Botrytis cinerea / J. Pozo, M. Urrestarazu, I. Morales, et al. // Hort Science: a publication of the American Society for Horticultural Science. 2015. Vol. 50. No. 10. Pp. 1447–1452. doi: 10.21273/HORTSCI.50.10.1447.

19. Combined effect of yeast and silicon on the control of bacterial fruit blotch in melon / C. S. Conceicao, K. C. S. Felix, R. L. Mariano, et al. // Scientia Horticulturae. 2014. Vol. 174. No. 1. Pp. 164–170. doi: 10.1016/j.scienta.2014.05.027.

20. Effect of potassium silicate on epidemic components of powdery mildew on melon / L. J. Dallagnol, F. A. Rodrigues, F. A. O. Tanaka, et al. // Plant Pathology. 2012. Vol. 61. No. 2. Pp. 323–330. doi: 10.1111/j.1365–3059.2011.02518.x.

21. Effects of silicon on resistance to bacterial fruit blotch and growth of melon / H. A. Ferreira, C. W. A. do Nascimento, L. E. Datnoff, et al. // Crop Protection. 2015. Vol. 78. Pp. 277–283. doi: 10.1016/j.cropro.2015.09.025.

22. Silicon suppresses Phytophthora blight development on bell pepper / R. D. French-Monar, F. A. Rodrigues, G. H. Korndorfer, et al. // Journal of Phytopathology. 2010. Vol. 158. Pp. 554–560. doi: 10.1111/j.1439–0434.2009.01665.x.

23. David D.,Weerahewa H. L. D. Silicon Suppresses Anthracnose Diseases in Tomato (Lycopersicon esculentum) by Enhancing Disease Resistance // Conference: Annual Academic Sessions. 2012. Pp. 210–213.

24. Weerahewa H. L. D., David D. Effect of silicon and potassium on tomato anthracnose and on the postharvestquality of tomato fruit (Lycopersicon esculentum Mill.) // The journal of the National Science Foundation of Sri Lanka. 2015.Vol. 43. No. 3. Pp. 273–280. doi: 10.4038/jnsfsr.v43i3.7959.

25.Effect of silicates and electricalconductivity on Fusarium wilt of tomato grown soilless / W. Chitarra, E. Cogliati, M. Pugliese, et al. // Acta Horticulturae. 2014. Vol. 1044. No. 1044. Pp. 53–55. doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1044.4.

26.Somapala K., Weerahewa D., Thrikawala S. Silicon rich rice hull amended soil enhances anthracnose resistance in tomato // Procedia Food Science. Conference: International conference of Sabaragamuwa University of Sri Lanka. 2016. Vol. 6. Pp. 190–193. doi: 10.1016/j.profoo.2016.02.046.

27. Silicon–Mediated Tomato Resistance Against Ralstonia solanacearum is Associated with Modification of Soil Microbial Community Structure and Activity / L. Lei Wang, K. Cai, Y. Chen, et al. // Biological trace element research. 2013. Vol. 152. No. 2. Pp. 275–283. doi: 10.1007/s12011–013–9611–1.

28. Foliar spray of a source of soluble silicon to control asian soybean rust on soybean / H. Caroline, A. C. M. Joao, S. D. Carla, et al. // 7th International Conference on Silicon in Agriculture. 2017. Pp. 90.

29. Soybean Resistance to Phakopsora pachyrhizi as Affected by Acibenzolar–S–Methyl, Jasmonic Acid and Silicon / M. F. A. Cruz, F. A. Rodrigues, A. P. C. Diniz, et al. // Journal of Phytopathology. 2014. Vol. 162. No. 2. Pp. 133–136. doi: 10.1111/jph.12170.

30. Suppressive effects of a polymer sodium silicate solution on powdery mildew and root rot diseases of miniature rose / M. Elsharkawy, T. Hase, M. Shimizu, et al. // African Journal of Biotechnology. 2015. Vol. 14. No. 42. Pp. 2917–2927. doi: 10.5897/AJB2015.14649.

31. Antifungal Activity of Sodium Silicate on Fusarium sulphureum and Its Effect on Dry Rot of Potato Tubers / Y. Li., Y. Bi, Y. H. Ge, et al. // Journal of Food Science. 2009. Vol. 74. No. 5. Pp. 213–218. doi: 10.1111/j.1750–3841.2009.01154.x.

32. Polanco L. R., Rodrigues F. A., Moreira E. N. Management of Anthracnose in Common Bean by Foliar Spraysof Potassium Silicate, Sodium Molybdate, and Fungicide // Plant Disease. 2014. Vol. 98. No. 1. Pp. 84–89. doi: 10.1094/PDIS–03–13–0251–RE.

33. Kaushik P., Saini D. Silicon as a Vegetable Crops Modulator – A Review // Plants. 2019. Vol. 8. No. 6. Pp. 148 [Электронный ресурс]. URL: https://www.mdpi.com/2223–7747/8/6/148. doi:10.3390/plants8060148. (дата обращения: 24.04.2020).

34. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer Eldana saccharina / O. L. Reynolds, M. J. Byrne, N. Coombes, et al. // Agricultural and Forest Entomology. 2009. Vol. 11. No. 3. Pp. 301–306. doi: 10.1111/j.1461–9563.2009.00430.x.

35. Massey F. P., Hartley S. E. Physical defenses wear you down: Progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores // Journal of Animal Ecology. 2009. Vol. 78. No. 1. Pp. 281–91. doi: 10.1111/j.1365–2656.2008.01472.x.

36. Alhousari F., Greger M. Silicon and Mechanisms of Plant Resistance to Insect Pests // Plants. 2018. Vol. 7. No. 2. Pp. 33. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mdpi.com/2223–7747/7/2/33/htm. doi: 10.3390/plants7020033 (дата обращения: 24.04.2020).

37. Tissier A. Glandular trichomes: what comes after expressed sequence tags? // The plant journal. 2012. Vol. 70. No. 1. Pp. 51–68. doi: 10.1111/j.1365–313X.2012.04913.x

38. Dicke M., Baldwin I. T. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: Beyond the “cry for help” // Trends in Plant Science. 2010. Vol. 15. No. 3. Pp. 167–175. doi: 10.1016/j.tplants.

39. Silicon and Plant Natural Defenses against Insect Pests: Impact on Plant Volatile Organic Compounds and Cascade Effects on Multitrophic Interactions / N. Leroy, F. Tombeur, Y. Walgraffe, et al. // Plants. 2019. Vol. 8. No. 11. Pp. 444 [Электронный ресурс]. URL: https://www.mdpi.com/2223–7747/8/11/444. doi: 10.3390/plants8110444 (дата обращения: 24.04.2020).

40. Silicon supplementation alters the composition of herbivore–induced plant volatiles and enhances attraction of parasitoids to infested rice plants / J. Liu, J. Zhu, P. Zhang, et al. // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Pp. 1265 [Электронный ресурс]. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01265/full. doi: 10.3389/ fpls.2017.01265 (дата обращения: 24.04.2020).

41. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences / O. L. Kvedaras, M. An, Y. S. Choi, et al. // Bulletin of Entomological Research. 2010. Vol. 100. No. 3. Pp. 367–71. doi: 10.1017/S0007485309990265.

42. Inducers of resistance in potato and its effects on defoliators and predatory insects / F. A. E. Assis, C. M. Jair, C. P. S. Luis, et al. // Revista Colombiana de Entomologia. 2012. Vol. 38. No. 1. Pp. 30–34.

43. Effect of Silicon and Potassium on performance of Sesamia inferens (Walker) in wheat under field conditions / M. Jeer, K. C. Sharma, Y. Yele, et al. // 7th International Conference on Silicon in Agriculture. 2017. Pp. 71.

44. Gatarayiha M. C., Laing M. D., Miller R. M. Combining applications of potassium silicate and Beauveria bassianato four crops to control two spotted spider mite, Tetranychus urticae Koch // International Journal of Pest Management. 2010. Vol. 56. No. 4. Pp. 291–297. doi: 10.1080/09670874.2010.495794.

45.Effects of silicon amendment on the occurrence of rice insect pests and diseases in a field test / Yong-qiang Han, J. Wen, Zhao-pu Peng., De-yong Zhang, et al. // Journal of Integrative Agriculture. 2018. Vol. 17. No. 10. Pp. 2172–2181. doi: 10.1016/S2095–3119(18)62035–0.

46. High levels of silicon provided as a nutrient in hydroponic culture enhances rice plant resistance to brown planthopper / W. He, M. Yang, Z. Li, et al. // Crop Protection. 2015. Vol. 67. Pp. 20–25. doi: 10.1016/j.cropro.2014.09.013.

47. Silicon amendment is involved in the induction of plantdefense responses to a phloem feeder / Y. Lang, Y. Q. Han, P. Li, et al. // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. 4232. [Электронный ресурс]. URL: https://www.nature.com/articles/s41598-017-04571-2.pdf (дата обращения: 24.04.2020). doi: 10.1038/s41598–017–04571–2.

48. Induction of resistance of corn plants to Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicon and gibberellic acid / R. Alvarenga, J. C. Moraes, A. M. Auad, et al. // Bulletion of Entomological Research. 2017. Vol. 107. No. 4. Pp. 527–533. doi: 10.1017/S0007485316001176.

49. Influence of the application of silicon in the occurrence of caterpillars (Lepidoptera) and of its key natural enemies on corn (Zea mays L.) and on sunflower (Helianthus annuus L.) / C. S. Antunes, J. C. Moraes, A. Antonio, et al. // Bioscience Journal. 2010.Vol. 26. No. 4. Pp. 619–625.

50. The effects of foliar spray application of silicon on plant damage levels and components of larval biology of the pest butterfly Chlosyne lacinia saundersii (Nymphalidae) / F. A. Assis, J. C. Moraes, A. M. Auad, et al. // International Journal of Pest Management. 2013. Vol. 28. Pp. 128–134. doi: 10.1080/09670874.2013.779049.

51. Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B / R. S. Correa, J. C. Moraes, A. M. Auad, et al. // Neotropical Entomology. 2005. Vol. 34. No. 3. Pp. 429–433. doi: 10.1590/S1519–566X2005000300011.

52. Management of root knot nematode, Meloidogyne incognita in cucumber (Cucumis sativus) using silicon / C. Dugui-Es, N. Pedroche, L. Villanueva, et al. // Communications in agricultural and applied biological sciences. 2010. Vol. 75. No. 3. Pp. 497–505.

53. Бочарникова Е. А., Матыченков В. В. Использование кремния и актары для защиты цветной капусты от тли // Защита и карантин растений. 2011. № 6. С. 29–30.

54. Effect of silicon on the oviposition preference of Bemisiatabaci biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) on bean (Phaseolus vulgaris L.) plants / M. L. Peixoto, J. C. Moraes, A. A. Silva, et al. // Ciyncia e Agrotecnologia. 2011. Vol. 35. No. 3. Pp. 478–481. doi: 10.1590/S1413–70542011000300006.

55. Nikpay A., Soleyman Nejadian E. Field Applications of Silicon–Based Fertilizers Against Sugarcane Yellow Mite Oligonychus sacchari // Sugar Tech. 2014. Vol. 16. Pp. 319–324 [Электронный ресурс]. URL: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12355–013–0276–z (дата обращения: 25.04.2020).

56. Assis F. A., Moraes J. C, Nascimento A.M. Effects of diatomaceous earth on Diabroticaspeciosa (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) in potato // Ciencia e Agrotecnologia. 2011. Vol. 35. No. 3. Pp. 482–486. doi: 10.1590/S1413–70542011000300007.

57. Joudmand A., Hajiboland R. Silicon mitigates cold stress in barley plants via modifying the activity of apoplasmic enzymes and concentration of metabolites // Acta Physiologiae Plantarum. 2019. Vol. 41. No. 2 [Электронный ресурс]. URL: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11738–019–2817–xdoi: 10.1007/s11738–019–2817–x. (дата обращения: 24.04.2020).

58. Silicon Improves Water Use Efficiency in Maize Plants / X. Gao, C. Zou, L. Wang, et al. // Journal of Plant Nutrition. 2005. Vol. 27. Pp. 1457–1470. doi: 10.1081/PLN–200025865.

59. Yavas I., Unay A. The Role of Silicon under Biotic and Abiotic Stress Conditions stresses // Turkish Journal of Agricultural Research. 2017. Vol. 4. No. 2. Pp. 204–209. doi: 10.19159/tutad.300023.

60. Silicon improves water use efficiency in maize plants / X. Gao, C. Zou, L. Wang, et al. // Journal of Plant Nutrition. 2005. Vol. 27. No. 8. Pp. 1457–1470.

61. Mitigation effects of silicon rich amendments on heavy metal accumulation in rice (Oryza sativa L.) planted on multi–metal contaminated acidic soil / H. H. Gu, H. Qiu, T. Tian, et al. // Chemosphere. 2011. Vol. 83. No. 9. Pp. 1234–40. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.03.014.

62. Hernandez-Apaolaza L. Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? // Planta. 2014. Vol. 240. No. 3. Pp. 447–458. doi: 10.1007/s00425–014–2119–x.

63. Rogalla H., Romheld V. Role of leaf apoplast in silicon–mediated manganese tolerance of Cucumis sativus L. // Plant, Cell & Environment. 2002. Vol. 25. No. 4. Pp. 549–555. doi: 10.1046/j.1365–3040.2002.00835.x.

64. Silicon ameliorates manganese toxicity in cucumber by decreasing hydroxyl radical accumulation in the leaf apoplast / J. D. Maksimovic, M. Mojovic, V. Maksimovic, et al. // Journal of Experimental Botany. Vol. 63. No. 7. 2012. Pp. 2411–2420. doi: 10.1093/jxb/err359.

65. Neumann D., Nieden U. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants // Phytochemistry. 2001. Vol. 56. No. 7. Pp. 685–692. doi: 10.1016/S0031–9422(00)00472 –6.

66. Horst W. J., Marschner H. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (Phaseolus vulgaris L.) // Plant and Soil. 1978. Vol. 50. Pp. 287–303.

67. Farshidi M., Abdolzadeh A., Sadeghipour H. R. Silicon nutrition alleviates physiological disorders imposed by salinity in hydroponically grown canola (Brassica napus L.) plants // Acta Physiol Plant. 2012. Vol. 34. Pp. 1779–1788 doi: I 10.1007/s11738–012–0975–1.

68. Liang Y. C. Effects of silicon on salt tolerance of barley and its mechanism // Sci. Agric. Sin. 1999. Vol. 32. Pp. 75–83.

69. Romero-Aranda M. R., Jurado O., Cuartero J. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status // Journal of Plant Physiology. 2006. Vol. 163. No. 8. Pp. 847–855. doi: 10.1016/j.jplph.2005.05.010.

70. Liu B., Soundararajan P., Manivannan A. Mechanisms of Silicon-Mediated Amelioration of Salt Stress in Plants // Plants. 2019. Vol. 8. No. 9. Pp. 307. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mdpi.com/2223–7747/8/9/307/htmdoi: 10.3390/ plants8090307 (дата обращения: 24.04.2020).

71. Leaf Physiological and Proteomic Analysis to Elucidate Silicon Induced Adaptive Response under Salt Stress in Rosa hybrida 'Rock Fire'/ P. Soundararajan, A. Manivannan, Ho Ko Chung, et al. // International journal of molecular sciences. 2017. Vol. 18. No. 8. Pp. 1768 [Электронный ресурс]. URL: https://www.mdpi.com/1422–0067/18/8/1768doi: 10.3390/ijms18081768.

72. Silicon ameliorates the adverse effects of salt stress on sainfoin (Onobrychis viciaefolia) seedlings / G-Q. Wu, H-L. Liu, R-J. Feng, et al. // Plant Soil Environ. 2017. Vol. 63. No. 12. Pp. 545–551. doi: 10.17221/665/2017–PSE.

73. Матыченков И. В. Взаимное влияние кремниевых, фосфорных, азотных удобрений в системе почва – растение: дисс. … канд. биол. наук. М., 2014.

74. Impacts of silicon nutrition on growth and nutrient status of rice plants grown under varying zinc regimes / P. Mehrabanjoubani, A. Abdolzadeh, H. R. Sadeghipour, et al. // Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2015. Vol. 27. Pp. 19–29. doi: I 10.1007/s40626–014–0028–9.

75.Artyszak A. Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality – A Literature Review in Europe // Plants. 2018. Vol. 7. No. 3. 54 [Электронный ресурс]. URL: https://www.mdpi.com/2223–7747/7/3/54 (дата обращения: 24.04.2020). doi: 10.3390/plants7030054.

76. Silicon Control of Foliar Diseases in Monocots and Dicots / F. A. Rodrigues, L. J. Dallagnol, H. S. S. Duarte, et al. // Silicon and Plant Diseases.2015. Pp. 67–108. doi: 10.1007/978–3–319–22930–0_4.

77. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in Cucumis sativus / Y. C. Liang, W. C. Sun, J. Si, et. al. // Plant Pathology. 2005. Vol. 54. No. 5. Pp. 678–685. doi: 10.1111/j.1365–3059.2005.01246.x.

78. Guével M.-H., Menzies J. G., Belanger R. R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants // European Journal of Plant Pathology. 2007. Vol. 119. Pp. 429–436. doi: 10.4038/tar.v26i1.8073.

79. Soybean Resistance to Phakopsora pachyrhizi as Affected by Acibenzolar-S-Methyl, Jasmonic Acid and Silicon / M. F. A. Cruz, F. A. Rodrigues, A. P. C. Diniz, et al. // Phytopathology. 2013.Vol. 162. No. 2. Pp. 133–136. doi: 10.1111/jph.12170.

80. Silicon increases tolerance against powdery mildew and drought stress in transgenic tomato expressing the Lsi1 gene from wheat / R. Deshmukh, J. Vivancos , H. Sonah, et al. // 7-th International Conference on Silicon in Agriculture. 2017. Pp. 87.

Silicon is an underestimated plant nutrient

E. V. Bezruchko
Lorkh Federal Research Center on Potato, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to generalize information about the effect of silicon on the processes occurring in plants under the influence of various stressors, to substantiate the possibility and necessity of using this element in agricultural production. During the work, we analyzed the data published in 80 papers (77 foreign and 3 domestic), which were searched in Scopus, PubMed and GoogleScholar databases. Priority was given to the most cited sources under 10 years old (their share is 79%). In plants, this element can participate in solving such problems as preventing lodging; protection against pathogenic microorganisms and pests; increased resistance to low and high temperatures, as well as water stress; reduction of toxic effects of heavy metals and salt stress; increasing the efficiency of nutrient use; improvement of photosynthesis and growth processes. The efficiency of silicon is largely dependent on the culture (its genetic ability to absorb and transport this element), the type of fertilizer used, growing conditions, including the presence of stress factors. Its return to the agrocenosis through the use of silicon-containing fertilizers and ameliorants can become an additional element of the plant protection and nutrition strategy, contributing to an increase in the yield, a decrease in the use of pesticides and agrochemicals in connection with the improvement of the phytosanitary state of crops. Improving the adaptive capacity of plants can become one of the main tools to support sustainable agriculture, ensure safe food production and protect the environment.*

Keywords: *silicon-mediated biochemical mechanism; stimulation and regulation of systemic stress signals; plant resistance; abrasiveness of siliconized leaves; cell thermal insulation; deposition of toxic metals in soil or nutrient solution.*

Author Details: *E. V. Bezruchko, post graduate student (e-mail: coordinazia@mail.ru).*

For citation: *Bezruchko EV. Silicon is an underestimated plant nutrient. Zemledelije. 2020;(4):40-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10411.*

«Специальные» – значит «необходимые»!

Интенсивный путь развития сельского хозяйства – это игра по определённым правилам. Она требует чёткого соблюдения технологий, внедрения инновационных разработок, максимального контроля на всех этапах производства. А также использования целого набора «инструментов», позволяющих повысить эффективность растениеводческого бизнеса. К таковым относятся специальные удобрения. Объёмы применения таких агрохимикатов в России с каждым годом увеличиваются.

В портфеле компании «Щёлково Агрохим» есть несколько линеек специальных удобрений, предназначенных для оптимизации питания различных культур на разных фазах их развития. Они по многим качественным характеристикам отличаются от большинства аналогичных продуктов, представленных в нашей стране.

О рынке агрохимикатов, эффективных линейках микроудобрений и биостимуляторов, а также новинках, запланированных на ближайший сезон, мы побеседовали с **Александром Петровским, кандидатом химических наук, руководителем департамента развития компании «Щёлково Агрохим».**

– Александр Степанович, расскажите, что происходит сегодня на российском рынке специальных удобрений.

– Прежде чем приступать к теме, необходимо разобраться с терминологией. Специальные удобрения – это агрохимикаты химического или биологического происхождения (но не содержащие живые микроорганизмы и их споры), предназначенные для предпосевной обработки семян, а также проведения корневых и листовых подкормок сельхозкультур. Это однокомпонентные и комплексные микроудобрения, макроудобрения с добавлением микроэлементов, органические и органоминеральные биостимуляторы. Кроме того, существуют «прочие» продукты, не относящиеся к вышеперечисленным типам.

К сожалению, никто из специализированных организаций не занимается углублённым исследованием российского рынка специальных удобрений. Поэтому мы можем опираться лишь на открытые данные таможенной базы. И согласно им импорт специальных удобрений в нашу страну с каждым годом увеличивается. Что касается объёмов производимых в России специальных удобрений, эта информация практически отсутствует.

– Как рынок выглядит в цифрах?

– В качестве отправной точки рассмотрим 2014 год: для «Щёлково Агрохим» он стал первым сезоном большого объёма продаж собственных агрохимикатов. Речь идёт об однокомпонентных продуктах линейки **УЛЬТРАМАГ** и биостимуляторах **БИОСТИМ**. Кроме того, компания поставляла в российские хозяйства удобрения польской компании «Интермаг», чьи интересы мы тогда представляли.

Итак, в 2014 году на территорию России было ввезено приблизительно 13 тысяч тонн импортных специальных удобрений. Но за минувшие пять лет объёмы поставок существенно выросли, так что по итогам минувшего сезона превысили отметку в 25,5 тысяч тонн. Преимущественно это макроудобрения, содержащие комплекс микроэлементов, однокомпонентные микро- и макроудобрения, а также биостимуляторы разного типа, в основном на основе аминокислот.

Но всё это – об импорте. Кроме него, сельхозтоваропроизводители используют в работе продукцию отечественного производства. И одним из лидеров рынка является наша компания. Ещё в 2018 году мы отказались от линейки «Интермаг Профи» и вывели на рынок собственные, более эффективные комплексные удобрения под брендом **УЛЬТРАМАГ КОМБИ**.

Так что в прошлом году в распоряжении российских земледельцев, по самой грубой оценке, могло оказаться свыше 35тысяч тонн агрохимикатов с учётом импорта и продуктов, произведённых российскими компаниями.

– Какие позиции компания «Щёлково Агрохим» занимает на этом рынке?

– Мы находимся в топе лучших – это факт. Что касается аминокислотных биостимуляторов, то нашу компанию можно без прикрас назвать лидером. Причём – как по объёму производства, так и по продажам.

– За счёт чего компании удалось достичь высоких позиций в этом направлении?

– Прежде, чем это объяснить, – несколько слов о целесообразности применения биостимуляторов. Все растения способны самостоятельно производить аминокислоты, которые «задействованы» в ключевых биохимических и физиологических процессах. Однако синтез аминокислот требует значительных энергетических затрат.

При неблагоприятных условиях окружающей среды – будь то заморозки, высокие температуры воздуха или другие факторы стресса, – эти затраты крайне нежелательны. В таком случае на помощь приходят биостимуляторы. «Подпитка» посевов готовыми аминокислотами позволяет направить ценные ресурсы на реализацию генетического потенциала растений.

И наши препараты с поставленной задачей справляются очень хорошо. Их использование повышает устойчивость растений к стрессам и сопротивляемость к патогенным микроорганизмам. И одна из причин высокой эффективности препаратов **БИОСТИМ** связана с высококачественным сырьём растительного происхождения, которое лежит в их основе. Далеко не каждый продукт, имеющийся сегодня на российском рынке, может похвастаться таким составом. Это объясняет действенность препаратов линейки **БИОСТИМ** и высокие объёмы их продаж. На сегодняшний день «Щёлково Агрохим» является единственным предприятием в России, которое самостоятельно производит аминокислотные биостимуляторы, соответствующие европейским стандартам качества и эффективности.

– А как обстоят дела по линии микроудобрений?

– Наши комплексные микроудобрения **УЛЬТРАМАГ КОМБИ** входят в число наиболее востребованных. Их сильной стороной стала формуляция, усиленная комплексом современных адъювантов и специальных добавок. Эти вещества улучшают адгезионные свойства удобрений, то есть повышают их сцепление с поверхностью листьев – препятствуют быстрому испарению капель, улучшают проникновение питательных элементов внутрь растений, а также способствуют более эффективному их усвоению.

Кроме того, благодаря особым свойствам удобрений линейки **УЛЬТРАМАГ КОМБИ** сводятся к нулю риски возникновения ожогов на листьях. Данная проблема особенно актуальна для регионов с сухим и жарким климатом, но нам удалось её решить.

Таким образом, повышенный интерес, который проявляют российские аграрии к удобрениям линейки **УЛЬТРАМАГ**, объясняется инновационностью и эффективностью этих продуктов. Но максимального результата от их применения можно достичь, используя в комплексе с другими элементами технологии от «Щёлково Агрохим».

– Какие ещё тренды существуют на современном рынке агрохимикатов?

– С каждым годом затраты в сельскохозяйственном секторе только возрастают. Поэтому аграрии стараются сэкономить на разных элементах технологии, включая основное питание. В связи с этим растёт актуальность препаратов для проведения некорневых подкормок, включая и препараты на основе макроэлементов. Важно понимать, что у данных типов агрохимикатов есть серьёзный потенциал. В том числе доказано: применение жидкого калия и фосфора эффективно даже в условиях среднего агрофона. А по-настоящему ощутимый результат эти продукты демонстрируют на масличных и бобовых культурах.

В настоящее время мы наблюдаем рост потребления в России однокомпонентных макро- и микроудобрений, в том числе импортных. Конечно, компания «Щёлково Агрохим» не могла оставить этот тренд без внимания. В нашем портфеле имеются жидкие однокомпонентные удобрения **УЛЬТРАМАГ КАЛИЙ**, **УЛЬТРАМАГ БОР** и **УЛЬТРАМАГ КАЛЬЦИЙ**. Но на этом мы не остановились, и сейчас на финальной стадии регистрации находятся сразу несколько марок фосфор- и цинксодержащих удобрений.

– Александр Степанович, расскажите об этих новинках подробней.

– Детально расписывать особенности и преимущества новых удобрений мы сможем после того, как они получат государственную регистрацию. Ожидается, что это произойдёт в нынешнем году. А пока могу сообщить, что все удобрения представлены в жидком виде и отличаются довольно сложной формуляцией. Благодаря ей препараты технологичны в использовании, а их эффективность выше, чем у аналогов.

– Что говорят предрегистрационные испытания этих продуктов?

– Мы ставили опыты в разных регионах страны. В том числе эффективность двух марок фосфорного удобрения изучали в опытном предприятии «Дубовицкое». Результаты оказались убедительны: применение одной из марок на подсолнечнике и сое привело к значительным прибавкам относительно контроля.

Аналогичные результаты были получены на посевах сахарной свёклы, где мы применили вторую марку фосфорсодержащегоудобрения. На опытных участках увеличилась как урожайность, так и сахаристость корнеплодов. Характерно, что наивысших результатов нам удалось достичь при использовании максимальных норм расхода удобрений. Но окончательное решение, связанное с количеством обработок, будет зависеть, конечно же, от экономики сельхозпредприятий.

Кроме того, в прошлом году мы сравнивали новое цинксодержащее удобрение с хорошо зарекомендовавшим себя препаратом **УЛЬТРАМАГ ХЕЛАТ ЦИНК**. Однократная листовая подкормка позволила получить дополнительно зерна кукурузы – полтора центнера с гектара. Трёхкратная обработка винограда привела к прибавке в 3,3 центнера с гектара. Разумеется, все прибавки – в пользу нового препарата!

– Но почему именно цинк?

– За последние два года появились научные работы, в которых говорится: цинк из препаратов на основе высокорастворимых форм, в отличие от водонерастворимых форм, быстро проникает через поверхность листьев. Но этот микроэлемент слабо мобилен, и в тканях листьев может создаваться его высокая концентрация, фитотоксичная для растений. Растению для безопасности приходится выводить из оборота возникающий избыток цинка, переводя его в нерастворимые и нетоксичные формы, например в фитаты. В результате микроэлемент может в значительной степени выводиться из метаболических циклов. Как результат, снижается биологическая эффективность используемых микроудобрений. Поэтому мы предложили новое высококонцентрированное цинковое микроудобрение в суспензионной малорастворимой форме с содержанием цинка 700 г/л. Эта форма цинка безопасна, а препарат на её основе обладает пролонгированным действием и высокой эффективностью.

– Александр Степанович, и последний вопрос: как рождается идея создания того или иного продукта?

– В основу идеи ложится анализ потребностей рынка. Без его чёткого понимания мы не можем создать концепцию препарата, востребованного в сельском хозяйстве. И, конечно, важную роль играет общение с нашими партнёрами из различных научных организаций. Мозговой штурм и взгляд со стороны помогают рассмотреть проблемы под новыми углами. После чего совместными усилиями выработать стратегию их решения.

У нас есть примеры такого интеллектуального сотрудничества, в том числе после очень конструктивного общения с Андреем Ивановичем Кузиным, доктором сельскохозяйственных наук, ведущим научным сотрудником лаборатории технологий точного садоводства ФНЦ им. И. В. Мичурина, родились идеи создания сразу нескольких марок новых специальных удобрений. Это абсолютно жизнеспособные идеи, к реализации которых мы уже приступили.

– Спасибо за интервью и успехов во всех начинаниях!

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР – научно -исследовательская организация, занимающаяся исследованиями в области пестицидов и агрохимикатов. Центр оснащен современным оборудованием, имеет коллектив из специалистов высокой квалификации, располагает опорными пунктами во всех почвенно-климатических зонах РФ.
Организация включена в перечень предприятий, допущенных к государственным регистрационным испытаниям пестицидов и агрохимикатов.

АИЦ
АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

НАШИ ВОЗМОЖНОСТИ

- ☑ **РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ПРОГРАММ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.**
- ☑ **ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРТНЫХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.**
- ☑ **АНАЛИЗ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ.**
- ☑ **ПРОВЕДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.**
- ☑ **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЯХ И УРОЖАЕ.**
- ☑ **ВЫПУСК СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕСТИЦИДОВ.**

+7 (495) 610–71–45 МОСКВА, КОСТЯКОВА 12 INFO@ANO-AIC.RU

С нами расти легче.
С нами растет география продаж

Для лучшего обеспечения российских сельхозпроизводителей необходимыми средствами защиты растений компания «Август» создала собственную сбытовую сеть, состоящую из представительств и дистрибьюторов.

Продукция «Августа» поступает в 76 регионов России.

от Санкт-Петербурга до Ставрополя
с севера на юг

от Калининграда до Уссурийска
с запада на восток

60
представительств

230
дистрибьюторов

С нами расти легче. С нами растет страна.
avgust
30 лет

avgust.com

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2020. № 4.1 - 48. Индекс 70329.