7.2020

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

СОЮЗ СЕМСВЕКЛА

ВНИМАНИЕ!

Производителям сахарной свёклы!

УЖЕ В ПРОДАЖЕ

семена отечественных гибридов сахарной свёклы нового поколения **ВУЛКАН и БУРЯ**

Созданы на основе лучших генетических линий отечественных селекций и современных биотехнологических методов

- Потенциальная урожайность до 95 т/га
- Сбор сахара более 10 т/га
- Генетическая устойчивость к корневым гнилям и засухе
- Улучшенные морфологические особенности корнеплодов
- Высокая адаптивность к жёстким условиям

Предоставляются государственные субсидии до 70%*

* на семена гибридов сахарной свёклы отечественной селекции, произведённых в рамках ФНТП (Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 года №996)

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

Юбилейная конференция, посвященная 100-летию основания отдела энтомологии, фитопатологии и защиты растений Никитского ботанического сада

С 12-го по16-е октября 2020 года в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» прошла Международная научно – практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных и лесных культур», посвященная 100-летию основанию отдела энтомологии, фитопатологии и защиты растений, а ныне лаборатории энтомологии и фитопатологии Никитского ботанического сада.

В работе конференции приняли участие 50 научных сотрудников. В их числе: 1 академик РАН, 2 член-корреспондента РАН, 15 докторов наук, 20 кандидатов наук и 12 молодых специалистов из 20 ведущих НИИ России. Были заслушаны: 4 пленарных, 14 секционных докладов, в том числе 3 доклада в форме видео презентации.

Тематика конференции охватывала основные научные направления в защите растений: современные методы и способы; тенденции развития болезней и вредителей плодовых, декоративных культур и винограда; перспективы биологизации защиты многолетних агроценозов; геномные технологии.

Участники конференции отметили, что за столетний период в научных исследованиях сотрудников выделяется ряд этапов теоретических и прикладных аспектов, отражающих не только историю становления и развития Никитского ботанического сада, но объективный ход истории формирования науки о защите растений в целом.

На сегодняшний день в лаборатории энтомологии и фитопатологии ФГБУН «НБС-ННЦ» работают 2 доктора наук (энтомолог и фитопатолог), 4 кандидата наук (акаролог, 2 энтомолога и фитопатолог), 1 научный и 2 младших научных сотрудника, которыми на протяжении последних десяти лет выполнен большой объем работ как фундаментального, так и прикладного характера. Опубликовано более 180 научных работ, в т.ч. 5 монографий и 8 методических рекомендаций, зарегистрированы два патента: «Способ защиты плодовых насаждений от грушевой листоблошки» № 2689496; «Способ защиты плодовых насаждений с использованием хищных клещей» №2693094, что позволяет объективно оценить фитосанитарное состояние садово-паркового агробиоценоза, выявить доминирующие виды патогенов и вредителей, прогнозировать тенденции их развития и подобрать экологически безопасные, экономически рентабельные методы контроля их численности. Современные исследования имеют высокую теоретическую и прикладную значимость для развития систем интегрированной защиты плодовых, декоративных, лесных культур в Российской Федерации, в т.ч. Крыму.

В работе конференции выявлены актуальные проблемы, требующие решения:

- организация эффективного карантинного надзора за ввозом в РФ, в т.ч. Крым, для интродукции плодовых, декоративных культур и винограда;
- развитие органического производства в свете принятого закона «Об органическом производстве»;
- нивелирование недостатка специалистов по таким вопросам, как фитопатология, микология, энтомология и зоология, вирусология путем подготовки кадров через аспирантуру и учебные учреждения;
- финансовая поддержка издательства в печатном виде и на электронных носителях в большем количестве специальной литературы – монографий, справочников, определителей, атласов – по вопросам диагностики фитопатогенов, особенностям их развития, прогнозу эпифитотий.

В резолюции конференции отмечено, что в современных условиях защита садов, виноградников и парков строится на результатах глубоких научных исследований биологии, геномики и экологии фитопатогенов ведущими учреждениями Российской Федерации, в т.ч. Крыма (ННЦ-НБС, институт «Магарач» и др.).

Необходимо дальнейшее проведение фундаментальных исследований по следующим направлениям:

- использование хищных и паразитических видов для защиты плодовых, декоративных, лесных культур и винограда от вредителей;
- видовая диагностика возбудителей заболеваний и вредителей (в том числе инвазивных) плодовых, декоративных, лесных культур и винограда классическими и молекулярно – генетическими методами;
- мониторинг и разработка методов контроля новых для юга России фитоплазменных заболеваний и их переносчиков на территории Крыма;
- поиск и испытание эффективности новых экологически безопасных средств защиты плодовых, декоративных, лесных культур и винограда.

Участники конференции обменялись опытом в вопросах интеграции научных исследований, проводимых в Республике Крым, в общероссийские научные Программы.

При закрытии форума в заключительных выступлениях отмечалась очень хорошая организация работы конференции, техническое обеспечение выступлений и результативное обсуждение тематики конференции.

7.2020 ОКТЯБРЬ

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

ПЛОДОРОДИЕ **FERTILITY**

Н. Н. Дубенок, А. В. Гемонов, А. В. Лебедев. Общая пористость и пористость аэрации дерново-подзолистой почвы при выращивании саженцев сливы при капельном орошении 3

N. N. Dubenok, A. V. Gemonov, A. V. Lebedev. General porosity and aeration porosity of sod-podzolic soil when growing plum seedlings under drip irrigation

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО **FIELD CROPS**

С. Ю. Блохина, Ю. И. Блохин. Интеллектуальное земледелие на основе Интернета вещей 7

S. Yu. Blokhina, Yu. I. Blokhin. A smart farming concept based on the Internet of things

СОРТА И СЕМЕНА **GRADES AND SEEDS**

Л. А. Логвиненко, О. М. Шевчук. Цитральная форма полыни сантонинной (*Artemisia santonica* L. f. citralifera N. Rubtz.)* 16

L. A. Logvinenko, O. M. Shevchuk. The citral form of *Artemisia santonica* L. f. citralifera N. Rubtz.

О. М. Шевчук, С. А. Феськов. Хемотипическое разнообразие эфирного масла видов и культиваров рода *Perovskia* Kar. в условиях Южного берега Крыма 20

O. M. Shevchuk, S. A. Fes'kov. Chemotypical variety of essential oil of species and cultivats of the genus perovskia kar. in the conditions of the South coast of Crimea

А. И. Грабовец, К. Н. Бирюков, М. А. Фоменко. Сравнительная характеристика урожайности и количества белка в зерне сортов озимой пшеницы и тритикале на Дону 25

A. I. Grabovets, K. N. Biryukov, M. A. Fomenko. Comparative characteristics of yield and protein content in winter wheat and triticale grain in the Don region

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. 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
В. А. Романенков, доктор биологических 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 2.10.20
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

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Е. Б. Балыкина, Л. П. Ягодинская, Т. С. Рыбарева, Д. А. Корж, О. В. Иванова. Регулирование численности паутинных клещей в яблоневых садах Крыма методом «наводнения» клещей-фитосейид 30

А. П. Савва, Т. Н. Тележенко, В. А. Суворова, Л. П. Есипенко. Новый комбинированный граминицид Эволюшн, КЭ для защиты посевов сои 34

В. А. Яковук, М. В. Пушня, Е. Ю. Родионова, И. В. Балахнина, А. Ю. Собина, А. С. Абдрахманова, А. А. Пачкин. Анализ многолетнего мониторинга лёта яблонной плодожорки как основа планирования защитных мероприятий 39

PLANT PROTECTION

E. B. Balykina, L. P. Yagodinskaya, T. S. Rybareva, D. A. Korzh, O. V. Ivanova. Control of red spiders’ population in the Crimean apple orchards applying the method of “flood” with Phytoseiidae mites 30

A. P. Savva, T. N. Telezhenko, V. A. Suvorov, L. P. Esipenko. New combined graminicide *Evolution*, EC for the protection of soybean crops 34

V. A. Yakovuk, M. V. Pushnya, E. Yu. Rodionova, I. V. Balakhnina, A. Yu. Sobina, A. S. Abdrakhmanova, A. A. Pachkin. Analysis of long-term monitoring of codling moth emergence as a basis for planning protective measures 39

Уважаемые читатели!

В 2021 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

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10701
УДК 631.674.6 (470.0)

Общая пористость и пористость аэрации дерново-подзолистой почвы при выращивании саженцев сливы при капельном орошении

Н. Н. ДУБЕНОК, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой
А. В. ГЕМОНОВ, аспирант (e-mail: agemonov@yandex.ru)
А. В. ЛЕБЕДЕВ, старший преподаватель
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Одно из направлений интенсификации сельскохозяйственного производства в области растениеводства и садоводства – применение ресурсосберегающих технологий, к которым относится капельное орошение. Цель работы – изучение общей пористости и пористости аэрации дерново-подзолистой почвы при выращивании саженцев сливы при капельном орошении в плодовом питомнике в условиях центральной Нечерноземной зоны России. Исследования проводили в Московской области в 2018 и 2019 гг. Полевой опыт, заложенный по двухфакторной схеме, предусматривал изучение следующих вариантов: уровень поддерживаемой влажности почвы (фактор А) – без полива, 60...80 %, 70...90 %, 80...100 % наименьшей влагоемкости; сорт сливы (фактор В) – Машенька, Утро (на подвое алычи). Наибольшая оросительная норма отмечена в самых увлажняемых вариантах. На ее величину также оказала влияние равномерность распределения осадков в течение вегетационного периода, и глубина промачивания почвы при капельном поливе. По сравнению с существующими рекомендациями по поливу плодовых культур дождеванием, применение технологии капельного орошения демонстрирует значительную экономию воды. Капельное орошение не оказывало существенного влияния на общую пористость почвы, которая по слоям в 10 см в верхнем полуметре составляла по уровням полива соответственно 42,5...51,0, 42,8...51,2, 43,4...52,1 и 43,7...52,4 % и определялась в основном почвенной неоднородностью. В вариантах с капельным орошением пористость аэрации была более стабильной и близкой к оптимальным значениям (в корнеобитаемом слое в среднем за вегетационный период 15...23 %). В контроле величина этого показателя характеризовалась высокой изменчивостью и часто достигала неудовлетворительных значений (32 %). Наиболее стабильную пористость аэрации отмечали в вариантах опыта с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80...100 % и 70...90 % наименьшей влагоемкости.

Ключевые слова: *капельное орошение, плодовый питомник, слива (Prunus domestica), почва, водно-физические свойства, Нечерноземная зона.*

Для цитирования: *Дубенок Н. Н., Гемонов А. В., Лебедев А. В. Общая пористость и пористость аэрации дерново-подзолистой почвы при выращивании саженцев сливы при капельном орошении // Земледелие. 2020. № 7. С. 3–6. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10701.*

Развитие садоводства и питомниководства в России относится к одной из приоритетных задач реализуемой государством политики в сфере агропромышленного комплекса. При этом особое внимание уделяют вопросам, посвященным обеспечению граждан качественной витаминной продукцией и поддержке отечественных сельхозпроизводителей плодовой продукции.

Выращивание саженцев плодовых культур в условиях центральной Нечерноземной зоны России экономически эффективно, так как затраты на производство сравнительно небольшие, а рыночная стоимость реализации продукции – высокая. При этом в России остается актуальной проблема обеспечения спроса на внутреннем рынке на плодовую и ягодную продукцию, с учетом действующих рациональных норм потребления [1]. К 2020 г. планировалось в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг. осуществить закладку садов на площади 84,3 тыс. га [2]. При этом существует проблема низкой обеспеченности садоводства отечественным посадочным материалом, большая часть которого в последние годы завозится из-за рубежа. Использование зарубежного, не адаптированного к местным почвенно-климатическим условиям посадочного материала приводит к тому, что через 7...10 лет после закладки сада до 15...20 % деревьев могут погибать. При этом каждый год ущерб составляет до 1,5 млрд руб. [1, 2]. Опыт отечественного и зарубежного садоводства свидетельствует, что целесообразно применение высококачественного посадочного материала, при выращивании которого необходимо учитывать многие факторы, в том числе особенности водного режима почв.

При выращивании плодовых культур широко применяют поверхностные способы полива и дождевание. Однако они не способствуют рациональному использованию оросительной воды, энергетических, трудовых и других видов ресурсов. В последнее десятилетие значительное распространение получили различные виды малообъемного орошения. Их преимущество состоит в возможности регулирования подачи поливной воды, а также управления водным и питательным режимами почвы с учетом потребностей выращиваемых культур. Одним из способов интенсификации сельского хозяйства в сфере растениеводства и садоводства можно рассматривать применение современных ресурсосберегающих технологий, в том числе капельного орошения, применение которого способствует повышению качества и выхода сельскохозяйственной продукции [3, 4, 5]. Таким образом, вопросы, связанные с регулированием водного баланса почвы при выращивании посадочного материала плодовых культур, в последние годы приобретают особенную актуальность и требуют проведения экспериментальных исследований, направленных на изучение биологических особенностей растений и их возможной реакции на комплекс факторов окружающей среды [6, 7, 8].

В последние годы капельное орошение находит широкое распространение в сельском хозяйстве стран, характеризующихся не только засушливым (Израиль, Индия, Египет, Мексика, Италия и др.), но и умеренным и влажным (США, Великобритания,

Германия, Нидерланды и др.) климатом [9]. Капельный полив в большинстве случае используют на наиболее рентабельных культурах. К ним можно отнести фруктовые деревья (яблоня, слива, груша, вишня, абрикос и др.), овощи (огурец, лук, картофель, томат и др.), ягодные культуры (виноград, земляника, малина). Также достаточно распространен капельный полив при выращивании различных декоративных растений (деревья, кустарники, цветы).

Цель работы – изучение влияния капельного орошения на общую пористость и пористости аэрации дерново-подзолистой почвы для оптимизации ее водно-воздушного режима при выращивании саженцев сливы в плодовом питомнике в условиях центральной Нечерноземной зоны России.

Исследования проводили на землях учебно-опытного хозяйства лаборатории плодоводства «Мичуринский сад» Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева в 2018 и 2019 гг. Оно расположено в зоне достаточного увлажнения. По многолетним наблюдениям в среднем годовая сумма осадков составляет 550…650 мм. В летние месяцы выпадает до 40 % годовой нормы, что достигает 225 мм. В течение вегетационного периода выпадают дожди средней интенсивности, хорошо увлажняющие почву, кроме того, нередки ливни и возможен град. Условный показатель увлажнения (гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова) для этой территории составляет 1,3…1,4.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, хорошо окультуренная, грунтово-глееватая, глубокопахотная, среднесуглинистая на моренном суглинке, подстилаемая на глубине 150…170 см подморенными песками. Она характеризуется мощным пахотным горизонтом ($А_{пах}$), содержание гумуса в среднем достигает 2,8 %. Емкость поглощения катионов в пахотном слое составляет 15,2 мг-экв./100 г почвы. В элювиальном горизонте ($А_2$) отмечено ее снижение до 8,0 мг-экв./100 г, а в иллювиальном горизонте (В) – повышение до 13,7 мг-экв./100 г почвы. Самую высокую сумму обменных оснований фиксировали в пахотном слое ($А_{пах}$) – 13,3 мг-экв./100 г почвы. В нижележащих горизонтах она значительно меньше. На опытном участке регулярно вносят большие дозы навоза и проводят систематическое известкование, поэтому почва в пахотном слое ($А_{пах}$) характеризуется слабокислой реакцией (pH_{KCl} = 5,7). Вниз по почвенному профилю кислотность возрастает, и в иллювиальном горизонте (В) достигает pH_{KCl} = 3,9. Содержание в пахотном слое почвы легкогидролизируемого азота составляет 83 мг/кг, подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) по методу Кирсанова – соответственно 261 и 69 мг/кг.

Схема полевого двухфакторного опыта (см. рисунок) предусматривала изучение следующих вариантов: уровень поддерживаемой влажности почвы (фактор А) – без полива, 60…80, 70…90, 80…100 % наименьшей влагоемкости (НВ); сорт сливы (фактор В) – Машенька, Утро. Высадку саженцев осуществляли согласно схеме 0,9 × 0,33 м, расстояние между соседними рядами различных вариантов составляло 1 м. В каждой повторности опыта высаживали по 30 растений. Исследования выполнены в трехкратной повторности с систематическим расположением вариантов.

В качестве подвоя использовали сеянцы алычи. Их особенности заключаются в способности хорошо переносить тяжелые, переувлажненные почвы, хорошая совместимость с сортами и высокая якорность. Прививку сливы выполняли весной черенком. Этот способ можно считать одним из главных для достижения высокой приживаемости прививки и высокого качества посадочного материала.

Плотность сложения и плотность твердой фазы почвы определяли по Н. А. Качинскому послойно с шагом в 10 см на глубину до 50 см, на их основании рассчитывали общую пористость, а с учетом плотности сложения и влажности – пористость аэрации для различных вариантов. В 2018 г. пористости аэрации рассчитывали для слоя почвы 0…30 см, в 2019 г. – для слоя 0…40 см.

Наибольшие оросительные нормы отмечены в самых увлажняемых вариантах опыта. Кроме того, на их величину влияли равномерность распределения осадков в течение вегетационного периода и глубина промачивания почвы при капельном поливе. Повышенная влажность почвы приводила к большему водопотреблению, и в конечном итоге происходило увеличение расхода воды на поддержание уровня влажности почвы. В таких вариантах опыта отмечали рост оросительных норм вследствие увеличения числа поливов (табл. 1).

Средняя норма для одного полива в варианте с поддержанием влажности почвы на уровне 60…80 % НВ в 2018 г. по вариантам опыта составила 37,1 м³ при 19 поливах, 70…90 % НВ – 38,8 м³ и 23 полива, 80…100 % НВ – 38,1 м³ и 25 поливов; в 2019 г. – соответственно 45,6 м³ и 13 поливов, 45,3 м³ и 19 поливов, 45,7 м³ и 21 полив. По сравнению с существующими рекомендациями по орошению плодовых культур дождеванием, применение технологии капельного орошения демонстрирует значительную экономию поливной воды (в среднем за вегетационный период 645…1144 м³/га, или 43…55 %). Более частые поливы предпочтительнее при выращивании саженцев, так как позволяют избегать резких колебаний влажности почвы, и растения не подвергаются периодическим стрессам, вызванным дефицитом влаги.

При выращивании плодовых культур нельзя пренебрегать потребностью растений в почвенном воздухе. Из этого следует, что необходимо создавать оптимальный водно-воздушный режим**.** Наибольшие изменения общей пористости отмечали в пахотном слое. В начале вегетационного периода 2018 г. после вспашки по классификации Н. А. Качинского [10] она соответствовала категории удовлетворительная. К концу вегетации произошло незначительное снижение общей пористости по при-

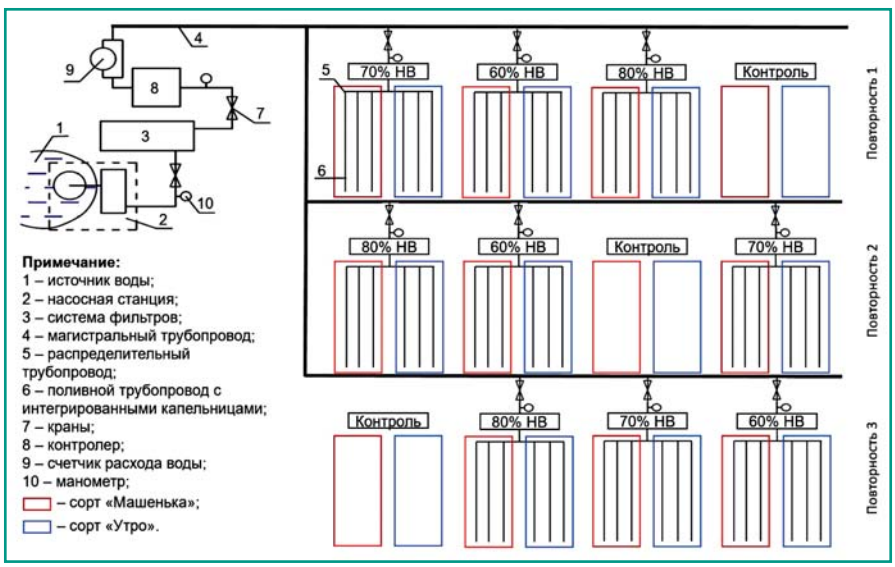


Рисунок. *Схема полевого опыта.*

1. Характеристика режимов капельного орошения по годам исследования

Показатель	Вариант									Рекомендации при дождевании [5]
	60…80 % НВ			70…90 % НВ			80…100 % НВ			
	2018 г.	2019 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	среднее	
Оросительная норма, м³/га	705	593	649	893	816	855	952	960	956	1500…2100
Средняя поливная норма, м³/га	37,1	45,6	41,4	38,8	45,3	42,1	38,1	45,7	41,9	300…350
Число поливов	19	13	16	23	19	21	25	21	23	5…6
Межполивной период, дней	6	9	8	5	6	6	5	6	6	20…25

чине переуплотнения почвы. Между орошаемыми вариантами опыта не выявлено статистически достоверных различий по величине этого показателя при 5 %-ном уровне значимости (табл. 2): для слоя 0…10 см – F = 1,39 (р-значение = 0,25), для слоя 10…20 см – F = 1,36 (р-значение = 0,30), для слоя 20…30 см – F = 0,99 (р-значение = 0,43), для слоя 30…40 см – F = 1,77 (р-значение = 0,21) и для слоя 40…50 см – F = 2,62 (р-значение = 0,10).

2. Общая пористость почвы опытного участка по вариантам опыта

Слой почвы, см	2018 г. (начало вегетации)	2018 г. (конец вегетации)	2019 г. (конец вегетации)	Средняя
60…80 % НВ				
0…10	52,3	51,1	50,3	51,2
10…20	53,1	50,5	50,1	51,2
20…30	51,9	48,1	48,2	49,4
30…40	44,0	44,3	43,4	43,9
40…50	42,9	42,2	43,3	42,8
70…90 % НВ				
0…10	52,9	52,4	51,1	52,1
10…20	53,3	51,1	50,7	51,7
20…30	52,1	50,3	49,4	50,6
30…40	44,4	42,6	44,1	43,7
40…50	43,3	44,8	42,1	43,4
80…100 % НВ				
0…10	54,0	52,0	51,2	52,4
10…20	52,2	50,4	49,8	50,8
20…30	51,8	49,2	49,0	50,0
30…40	42,1	43,1	43,6	42,9
40…50	44,0	43,8	43,3	43,7
Без орошения				
0…10	53,3	49,6	50,1	51,0
10…20	51,3	50,1	49,1	50,2
20…30	50,5	48,4	48,5	49,1
30…40	42,7	45,2	44,2	44,0
40…50	42,1	42,1	43,3	42,5
Различия по вариантам опытам (2018–2019 гг.)				
0…10	F = 1,39		p = 0,25	
10…20	F = 1,36		p = 0,30	
20…30	F = 0,99		p = 0,43	
30…40	F = 1,77		p = 0,21	
40…50	F = 2,62		p = 0,10	

Вниз по почвенному профилю общая пористость снижается. При этом в подпахотном слое она меняется не значительно как по вариантам опыта, так и по годам проведения исследования. Уплотнение пахотного слоя почвы за 2018–2019 гг. в среднем составило 0,1 г/см³. Это можно связать с выпадением обильных осадков и с поверхностной обработкой междурядий на глубину 5…10 см при выращивании саженцев. Таким образом, капельное орошение незначительно влияет на общую пористость и плотность почвы. Изменчивость величин этих показателей может быть связана с почвенной неоднородностью.

Пористость аэрации – общепризнанный критерий насыщенности почвы кислородом. Угнетение физиологических процессов у растений может наступать при величине этого показателя меньше 10…15 % [12, 13]. Принято, что оптимальная пористость аэрации должна находиться в пределах от 15 % до 25 %, а при орошении до 30 % [14].

Наиболее близкую к оптимальной пористость аэрации в 2018 г. отмечали в вариантах с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80…100 % НВ и 70…90 % НВ (табл. 3). В контроле (без орошения) пористость аэрации выходила за пределы оптимума во второй декаде мая, во второй декаде июля и третьей декаде августа. Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют, что средняя пористость аэрации почвы в орошаемых вариантах опыта статистически достоверно отличалась от величины этого показателя в контроле на 5 %-ном уровне: F = 22,83 (р-значение = 8,90 × 10^{-9}). Пористость аэрации в орошаемых вариантах опыта в среднем за вегетационный период находилась в диапазоне 15…23 %. В контроле она характеризовалась большей изменчивостью: от 15 до 32 %.

В 2019 г. оптимальная пористость аэрации, как и в 2018 г., сложилась в вариантах с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80…100 % НВ и 70…90 % НВ (табл. 4). В контроле она часто выходила за границы оптимума значения. В орошаемых вариантах складывались наиболее благоприятные условия для роста саженцев. В среднем за вегетационный период пористость аэрации находилась в диапазоне 15…24 %. Некоторое ее уменьшение ниже 15 % во второй декаде июля объясняется обильными и продолжительными осадками. В контроле амплитуда изменения значений пористости аэрации за вегетационный период составила от 15 до 37 %. Дисперсионным анализом выявлено, что средние величины пористости аэрации по вариантам опыта статистически достоверно различаются на 5 %-ном уровне с контролем без орошения: F = 10,41 (р-значение = 3,39 × 10^{-5}).

Исследуемые режимы капельного орошения позволили выровнять пористость аэрации в динамике за вегетационный период. Наибольшая ее стабилизация отмечена в вариантах с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80…100 % НВ и 70…90 % НВ. В контроле выращиваемые саженцы сливы подвергались стрессовому воздействию из-за чередующихся периодов сильного иссушения и переувлажнения почвы, что отразилось на пористости аэрации, которая выходила за границы оптимальных пределов.

3. Подекадная динамика пористости аэрации в орошаемом слое почвы (0…30 см) в вегетационный период 2018 г., %

Месяц	Декада	Вариант												F-критерий Фишера
		60…80 % НВ			70…90 % НВ			80…100 % НВ			без орошения			
		начало декады	среднее за декаду	конец декады	начало декады	среднее за декаду	конец декады	начало декады	среднее за декаду	конец декады	начало декады	среднее за декаду	конец декады	
Май	1	27,1	19,5	20,5	27,1	17,9	15,5	27,5	15,5	19,4	27,1	22,0	23,2	22,83 (p = 8,90 × 10^{-9})
	2	20,5	21,8	15,2	15,5	17,6	16,7	19,4	16,0	12,8	23,2	28,5	14,4	
	3	15,2	21,4	24,0	16,7	19,8	15,2	12,8	15,8	19,0	14,4	24,0	24,0	
Июнь	1	24,0	21,4	15,9	15,2	18,8	14,4	19,0	15,2	12,5	24,0	24,5	14,0	
	2	15,9	21,4	23,6	14,4	17,8	16,7	12,5	15,0	14,8	14,0	25,5	17,8	
	3	23,6	18,4	14,0	16,7	17,9	14,4	14,8	15,7	11,7	17,8	26,6	12,8	
Июль	1	14,0	17,8	16,7	14,4	16,5	15,2	11,7	14,1	12,8	12,8	17,8	14,0	
	2	16,7	22,0	14,0	15,2	17,9	12,8	12,8	15,2	11,7	14,0	31,5	12,8	
	3	14,0	15,0	17,5	12,8	14,7	15,2	11,7	14,6	19,8	12,8	15,1	14,8	
Август	1	17,5	21,0	23,2	15,2	19,3	15,9	19,8	16,0	12,5	14,8	22,9	30,5	
	2	23,2	20,7	25,9	15,9	17,3	17,5	12,5	16,1	12,1	30,5	26,6	26,7	
	3	25,9	23,2	21,3	17,5	18,1	14,8	12,1	15,6	14,0	26,7	27,7	34,8	

4. Подекадная динамика пористости аэрации в орошаемом слое почвы (0…40 см) в вегетационный период 2019 г., %

Месяц	Декада	Вариант												F-критерий Фишера
		60…80 % НВ			70…90 % НВ			80…100 % НВ			без орошения			
		начало декады	среднее за декаду	конец декады	начало декады	среднее за декаду	конец декады	начало декады	среднее за декаду	конец декады	начало декады	среднее за декаду	конец декады	
Май	1	27,9	17,5	14,4	27,9	17,5	14,8	27,5	17,2	12,1	27,5	17,6	14,8	10,41 ($p = 3,39 \times 10^{-5}$)
	2	14,4	16,1	26,3	14,8	16,0	15,5	12,1	15,0	15,5	14,8	16,0	27,1	
	3	26,3	24,4	23,2	15,5	19,8	15,9	15,5	15,3	15,2	27,1	33,9	34,4	
Июнь	1	23,2	23,7	27,9	15,9	18,9	23,2	15,2	15,7	11,7	34,4	37,0	37,1	
	2	27,9	21,7	22,8	23,2	17,8	15,2	11,7	15,0	12,1	37,1	32,2	38,2	
	3	22,8	20,7	18,6	15,2	18,2	18,2	12,1	15,1	16,7	38,2	28,1	17,8	
Июль	1	18,6	20,4	22,1	18,2	20,3	21,7	16,7	15,4	17,8	17,8	20,4	22,1	
	2	22,1	16,2	16,7	21,7	15,3	15,2	17,8	13,0	14,0	22,1	16,5	15,2	
	3	16,7	19,2	20,2	15,2	18,5	15,5	14,0	16,2	16,7	15,2	19,5	33,6	
Август	1	20,2	18,5	14,0	15,5	16,8	14,4	16,7	14,0	12,5	33,6	24,9	14,0	
	2	14,0	16,6	17,8	14,4	16,6	17,8	12,5	16,0	17,8	14,0	16,5	17,8	
	3	17,8	24,4	25,9	17,8	19,6	17,1	17,8	16,0	18,2	17,8	28,4	34,0	

Таким образом, капельное орошение не оказывало существенного влияния на общую пористость почвы, которая по слоям в 10 см в верхнем полуметре составляла по уровням полива соответственно 42,5…51,0, 42,8…51,2, 43,4…52,1 и 43,7…52,4 % и определялась в основном почвенной неоднородностью. В вариантах с капельным орошением пористость аэрации в корнеобитаемом слое почвы была более стабильной и близкой к оптимальным значениям (в корнеобитаемом слое в среднем за вегетационный период 15…23 %), чем без орошения, где величина этого показателя характеризовалась высокой изменчивостью и часто достигала неудовлетворительных значений (32 %). Наиболее стабильную пористость аэрации отмечали в вариантах опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое в диапазоне 80…100 % и 70…90 % наименьшей влагоемкости.

Литература.

1. Родионова И. А., Сушков А. А. Импортозамещение как важнейший фактор обеспечения экономического развития садоводства // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 43 (418). С. 2–11.

2. Егоров Е. А. Импортозамещение в промышленном плодоводстве и приоритеты научного обеспечения его развития // Садоводство и виноградарство. 2017. № 2. С. 18–23. DOI: 10.18454/VSTISP.2017.2.5290

3. Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato / S. K. Biswas, A. R. Akanda, M. S. Rahman, et al. // Plant Soil Environ. 2015. Vol. 61. No. 3. P. 97–102.

4. El Houssine El Mzouri. To what end? Drip irrigation and the water–energy–food nexus in Morocco / G. Jobbins, J. Kalpakian, A. Chriyaa, et al. // International Journal of Water Resources Development. 2015. Vol. 31. P. 393–406.

5. Формирование саженцев сливы при капельном орошении в условиях Нечерноземной зоны / Н. Н. Дубенок, А. В. Гемонов, А. В. Лебедев и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 23–35. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-23-35

6. Yield and water use efficiency of pear trees under drip irrigation with different surface wetted percentages / Z. Zhao, W. Wang, Y. Wu, et al. // International Journal of Agriculture and Biology. 2012. No. 6 (14). P. 887–893.

7. Dabach S., Shani U., Lazarovitch N. Optimal tensiometer placement for high-frequency subsurface drip irrigation management in heterogeneous soils // Agricultural Water Management. 2015. Vol. 152. P. 91–98.

8. Almond tree response to a change in wetted soil volume under drip irrigation / M. Espadafora, F. Orgaz, L. Testi, et al. // Agricultural Water Management. 2018. Vol. 202. P. 57–65.

9. Mahata C., Sarkar N. Effect of drip irrigation with mulch cover on yield and water use efficiency in pot culture of Brinjal // Int. J. Pure App. Biosci. 2019. No. 7 (3). P. 632–636.

10. Левковский Е.В., Губер А.К. Расчет дифференциальной пористости на основе твердой фазы почвы // Вестник ОГУ. 2008. № 85. С. 108–113.

11. Dasberg S., Dani Or. Drip irrigation. Applied agriculture. Springer Verlag, 1999. 162 p.

12. Carter D. L. Soil Erosion on Irrigated Lands // Irrigation of Agricultural Crops – Agronomy Monograph. USA, 1990. No. 30. P. 143–171.

13. Grant C. D., Dexter A. R. Air entrapment and differential swelling as factors in the mellowing of molded soil during rapid wetting // Australian Journal of Soil Research. 1990. No. 28 (3). P. 361–369.

14. Цырибко В. Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе // Почвоведение и агрохимия. № 1 (56). 2016. С. 36–44.

General porosity and aeration porosity of sod-podzolic soil when growing plum seedlings under drip irrigation

N. N. Dubenok, A. V. Gemonov, A. V. Lebedev
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. *One of the directions of intensifying agricultural production in the field of plant growing and horticulture is the use of resource-saving technologies, which include drip irrigation. The purpose of this work was to study the general porosity and porosity of aeration of sod-podzolic soil when growing plum seedlings with drip irrigation in a fruit nursery in the Central Non-chernozem zone of Russia. The studies were carried out in the Moscow region in 2018 and 2019. The field experiment, based on a two-factor scheme, provided for the study of the following options: the level of soil moisture (factor A) – without irrigation, 60–80%, 70–90%, 80–100% of the lowest moisture capacity; plum variety (factor B) – Mashenka, Utro (on the cherry-plum stock). The highest irrigation rate was observed in the most humidified variants. Its value was also influenced by the uniformity of precipitation distribution during the growing season, and the depth of soil wetting during drip irrigation. Compared with the existing recommendations for irrigation of fruit crops by sprinkling, the use of drip irrigation technology demonstrates significant water savings. Drip irrigation did not have a significant effect on the total porosity of the soil, which was 42.5–51.0%, 42.8–51.2%, 43.4–52.1%, and 43.7–52.4% in layers of 10 cm in the upper half-meter and was determined mainly by soil heterogeneity. In the variants with drip irrigation, the porosity of aeration was more stable and close to optimal values (in the layer of 0–30 cm on average for the growing season it was 15–23%). In the control, the value of this indicator was characterized by high variability and often reached unsatisfactory values (32%). The most stable porosity of aeration was noted in the variants of the experiment with maintaining soil moisture in the root layer in the range of 80–100% and 70–90% of the lowest moisture capacity.*

Keywords: *drip irrigation; fruit nursery; plum (Prunus domestica); soil; water-physical properties; Non-chernozem zone.*

Author Details: *N. N Dubenok, member of the RAS, D. Sc. (Agr.), head of department; A. V Gemonov, post graduate student (e-mail: agemonov@yandex.ru); A.V. Lebedev, senior lecturer.*

For citation: *Dubenok NN, Gemonov AV, Lebedev AV [General porosity and aeration porosity of sod-podzolic soil when growing plum seedlings under drip irrigation]. Zemledelie. 2020. (7):3-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10701.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10702
УДК 631.58:551:5

Интеллектуальное земледелие на основе Интернета вещей

С. Ю. БЛОХИНА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: sblokhina@agrophys.ru)
Ю. И. БЛОХИН, научный сотрудник (e-mail: blohin3k4@gmail.com)
Агрофизический научно-исследовательский институт, Гражданский просп., 14, Санкт-Петербург, 195220, Российская Федерация

В статье представлен обзор современного состояния и рассмотрены перспективные направления применения технологий Интернета вещей (IoT) в земледелии. Разработана научно-техническая структура IoT для информационного обеспечения умного земледелия, включающая три основных уровня: устройств, сетевого взаимодействия и конкретного применения. Предложенная структура IoT обеспечивает интеллектуальный, автоматизированный сбор, обработку и комплексирование разнородных данных, поступающих с датчиков и различных систем, и обеспечивает высокий уровень интерпретации и масштабируемости процесса оценки агрофизических свойств почвы сельскохозяйственных земель. Разработана информационно-измерительная система с применением беспроводной сенсорной сети (БСС) для мониторинга пространственной неоднородности основных характеристик почвы в режиме реального времени. Передача данных в сети между сенсорными узлами и координатором осуществляется по протоколу ZigBee, а отправка данных на интернет-сервер – с использованием 4G модема. Размещенные в оптимальных местах под поверхностью земли автономные датчики автоматически измеряют и передают данные для дальнейшей обработки и использования при решении задач прогнозирования или управления. Для мониторинга основных характеристик почвы и детализации их пространственно-временного распределения разработан прототип сенсорного узла БСС, включающий пятиканальный емкостной скважинный влагомер для оперативного мониторинга влажности и температуры почвы с глубины 10, 20, 30, 50 и 100 см от поверхности на сельскохозяйственном поле в режиме реального времени. Каждый сенсорный узел оснащен блоком электроники с аккумулятором, системой управления питанием, стабилизации напряжения и контроля разряда батареи. После выхода из режима ожидания головная плата управления узла подает с использованием реле питание на влагомер и актуатор, проводит поочередный опрос микроконтроллеров влагомера, преобразует полученные данные в значения влажности и температуры, и осуществляет передачу данных с использованием внешней выдвижной антенны.

Ключевые слова: *умное земледелие, Интернет вещей, информационные системы управления, беспроводные сенсорные сети, информационно-измерительные системы, сенсорный узел, скважинный влагомер.*

Для цитирования: *Блохина С. Ю., Блохин Ю. И. Интеллектуальное земледелие на основе Интернета вещей // Земледелие. 2020. № 7. С. 7–13. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10702.*

Технологии на основе данных быстро продвигаются с развитием Интернета вещей (IoT) и в будущем станут важной частью сельского хозяйства [1]. Интеллектуальное (умное) земледелие «Smart farming» основывается на таких передовых технологиях, как дистанционное зондирование, анализ и управление данными, облачные вычисления, технологии IoT, беспроводные сенсорные сети (БСС), информационные системы управления хозяйством, которые интегрируются с мобильными устройствами и автономно работающими сельскохозяйственными машинами для улучшения мониторинга и управленческих решений. Умное земледелие обычно включает в себя интеллектуальные услуги для применения и управления Информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ) и позволяет осуществлять интеграцию по всей агропродовольственной цепочке с точки зрения безопасности и оперативного контроля пищевых продуктов [2]. IoT выступает ключевой технологией в интеллектуальном сельском хозяйстве, поскольку обеспечивает обмен данными между датчиками и другими устройствами, повышая ценность полученной информации путем автоматической обработки, анализа и доступа, что приводит к более своевременному и экономически эффективному управлению в хозяйствах. IoT позволяет осуществлять контроль в режиме реального времени за появлением сорных растений, вредителей, заболеваний, осуществлять мониторинг опасных погодных или почвенных условий, что приводит к сокращению и адекватному использованию таких ресурсов, как удобрения или средства защиты.

Концепцию IoT (подключение всех вещей в мире к Интернету для удалённого управления ими через программное обеспечение и обмен данными в режиме реального времени через сервер или напрямую) предложил занимавшийся оптимизацией производства Кевин Эштон в 1999 г. Он заметил, что оптимизация напрямую зависит от скорости передачи и обработки данных. Использование радиочастотной идентификации (RFID) с подключением к Интернету [3] позволило ускорить процесс обмена данными непосредственно между устройствами. «Вещами» могут быть любые объекты с датчиками и/или регулирующими устройствами (актуаторами), которые имеют уникальный адрес, соединены между собой и доступны через всемирную компьютерную сеть Интернет. Применение IoT в сельском хозяйстве выгодно из-за возможности осуществлять мониторинг и управление многими параметрами в операционно-совместимом, масштабируемом и открытом контексте с увеличением использования разнородных автоматизированных компонентов [4]. В результате применения IoT сельское хозяйство становится управляемым на основе данных, то есть обоснованные решения принимаются в режиме реального времени, сокращая неопределённость и неэффективность, и, как следствие, уменьшая негативное влияние на окружающую среду.

Цель работы – охарактеризовать современное состояние технологий Интернета вещей, используемых в земледелии, и проанализировать подходы к построению и развитию на их основе информационно-измерительных систем, включающих беспроводные сенсорные сети, для умного земледелия; для определения основных характеристик почв и детализации их пространственно-временного распределения раз-

работать структуру беспроводной подземной сенсорной сети (БПСС) и сенсорных узлов с учётом их размещения под поверхностью земли.

Применение IoT в земледелии

Применение IoT в сельском хозяйстве быстро завоёвывает внимание в научном сообществе. В Европе реализуется несколько масштабных международных проектов, нацеленных на внедрение технологий IoT в Европейском аграрном секторе (IoF2020 [5], AIOTI [6], SmartAgriFood [7], SMART AKIS [8], SmartAgriHubs [9]). В Австралии в рамках аналогичного проекта разрабатывается методическая основа для перехода от «Точного сельского хозяйства» к «Принятию решений в сельском хозяйстве» (P2D), с привлечением крупных инвестиций [10]. Научные публикации о применении IoT в сельском хозяйстве посвящены в основном таким конкретным вопросам, как Big Data (большие объёмы данных) [11], моделированию [12], беспроводным сенсорным сетям (БСС) [13] и информационным системам управления (ИСУ) сельскохозяйственным предприятием [14].

Только несколько работ можно отнести непосредственно к земледелию [15], которое связано со специфическими особенностями и проблемами, возникающими по следующими причинам:

большие размеры хозяйств, которые влияют на топологию размещения сети датчиков, обработку, анализ и экстраполяцию данных с ограниченного количества стационарных датчиков;

пространственные данные, имеющие важное значение в земледелии, связанные с внутриполевой изменчивостью;

широкое использование датчиков и других устройств на транспортных средствах. В земледелии часто требуется парк транспортных средств для согласованной работы, что создает проблемы в отношении сетевой инфраструктуры, например, связь движущихся вещей, которые используют в основном мобильные сети, с облаком или совместимость между машинами и устройствами различных производителей в режиме реального времени;

большие объемы генерируемых с разной скоростью и из очень разрозненных источников пространственно-неоднородных данных – стационарные датчики, движущиеся транспортные средства и оборудование (навесное), спутники, информация веб-сервисов и др., которые должны быть интеллектуально интегрированы;

изменчивые и неопределенные условия окружающей среды. Система IoT должна обеспечивать обработку как пространственных, так и временных данных, что увеличивает сложность этой задачи, а также процесс принятия решений на основе собранных данных;

разнообразие видов полевых операций в течение вегетационного периода, от подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур, с учётом проведения разнообразных мероприятий по уходу за растениями, до уборки запланированного урожая, что усложняет как выполнение поставленной задачи, так и риски.

Со временем, по мнению специалистов, IoT будет приобретать всё большие масштабы в производстве сельскохозяйственной продукции благодаря возможности удовлетворять насущную потребность в оперативной совместимости между различными производителями, масштабируемости и возможности контроля (отслеживания событий), несмотря на рассмотренные сложности освоения в земледелии [4]. Различные технологии, реализуемые как IoT, активно развиваются, адаптируясь к большому разнообразию прикладных задач. Следует отметить, что для лучшего понимания всего спектра используемых технологий, протоколов, стандартов и др. в последние годы в литературе архитектуру (структуру) IoT описывают тремя основными уровнями [16]: уровень устройств, уровень сети и уровень конкретного применения. В Агрофизическом институте разработана структура IoT для информационного обеспечения умного земледелия (рис. 1). Рассмотрим структуру каждого уровня.

Уровень устройств

Уровень устройств состоит из физических объектов (вещей), способных к автоматической идентификации, измерению или выполнению действий, а также подключению к Интернет. Сенсорные устройства автоматически измеряют и собирают информацию об одном или нескольких параметрах и передают данные по каналу беспроводной связи в облако. Устройства состоят из трансивера, микроконтроллера, схем интерфейса и одного или нескольких датчиков и/или исполнительных механизмов (актуаторов).

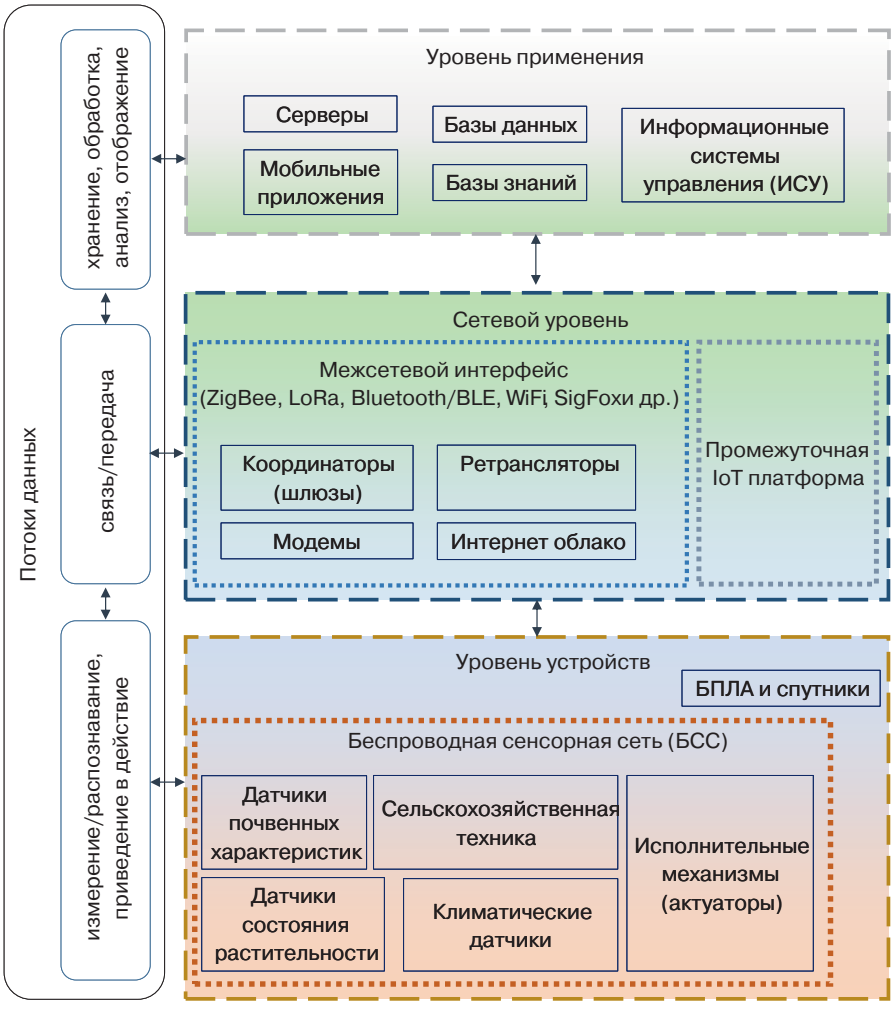


Рис. 1. *Архитектура (структура) IoT для информационного обеспечения умного земледелия.*

Датчик измеряет физический параметр, например температуру почвы, который интерпретируется и трансформируется в эквивалентный аналоговый сигнал, то есть электрическое напряжение или ток, который преобразуется в схеме интерфейса, то есть аналого-цифровом преобразователе (АЦП) в соответствующий цифровой формат. После этого, микроконтроллер, иногда в виде микропроцессоров или одноплатных компьютеров, собирает данные в цифровом формате от одного или нескольких датчиков через АЦП и отправляет их на трансивер, или модуль беспроводной связи, который передает данные на межсетевой интерфейс (шлюз). В случае граничных вычислений микроконтроллер или одноплатный компьютер обрабатывают сведения от одного или нескольких датчиков до их дальнейшей передачи, с целью, например, сокращения объема данных, передаваемых в облако, и ускорения их обработки [17]. Для туманных вычислений данные обрабатываются на уровне локальной сети, то есть в соответствующем узле или шлюзе IoT [17, 18]. При использовании актуатора сигнал принимается трансивером, передается на микроконтроллер, где преобразуется в аналоговый сигнал с использованием АЦП, а именно схемой интерфейса, или цифровой сигнал с использованием цифрового преобразователя окончательно обрабатывается актуатором, который действует в соответствии с поступившим сигналом.

Данные от датчиков и устройств, установленных на сельскохозяйственной технике, обычно собираются и доступны через систему локальной сети контроллеров (CAN), в некоторых случаях доступ осуществляется через другие порты (многоразрядные входы или выходы устройств). Информация о работе техники и оператора доступна через систему управления, к которой также можно получить доступ через CAN. Через них часто также доступны данные глобальной навигационной спутниковой системы, например, RTK-GPS, что позволяет, среди прочего, отслеживать движение транспортных средств и оптимизировать маршруты [19].

Согласно прогнозам, количество IoT-устройств на сельскохозяйственных предприятиях во всем мире в 2020 г. достигнет 75 млн (с 30 млн в 2015 г.). Кроме того, ожидается, что объем информации, генерируемой ими в течение дня в хозяйстве также существенно увеличится [20]. Однако большое количество данных часто не используется или используется недостаточно [21]. Например, в Дании, стране с относительно высоким уровнем распространения информационно-коммуникационных технологий в сельском хозяйстве, в 2016 г. только 2...5 % фермеров активно работали с получаемыми данными [15].

Сетевой уровень (уровень сетевого взаимодействия)

На сетевом уровне данные сначала передаются на промежуточную платформу, а затем в Интернет (облако), откуда, например, на исполнительные механизмы (актуаторы). При передаче на промежуточную платформу обычно используют технологии беспроводной связи, например, RFID (радиочастотная идентификация), БСС с Zigbee (беспроводные сенсорные сети), LoRa (Long Range с большим радиусом действия) и др., с недавних пор – NFC (технология ближней бесконтактной связи). Промежуточная платформа, как правило, представляет собой интернет-шлюз, расположенный поблизости от подключенных устройств, в ряде случаев с подключением промежуточного сервера, на котором данные собираются и периодически обрабатываются для дальнейшей отправки информации конечному потребителю через Интернет с использованием, например, стандартов MQTT, протоколов HTML или XMPP.

Все более популярными в сельском хозяйстве становятся интеллектуальные устройства на базе Android или других операционных систем, поскольку их можно использовать в качестве шлюза для 3G и 4G сетей. Кроме того, они, как правило, включают другие технологии беспроводной связи, например, Bluetooth, Wi-Fi, GPRS и NFC. Такие устройства автоматически соответствуют стандартам и протоколам связи, благодаря чему повышается оперативная совместимость (с другими устройствами) [22]. Кроме того, интеллектуальные устройства на базе Android и других операционных систем могут включать датчик GNSS (ГЛОНАСС) и RGB камеру, относительно легко могут быть запрограммированы для вычисления данных и их отображения с использованием графического интерфейса пользователя (GUI), а также имеют возможность напрямую обновлять программное обеспечение. Таким образом, интеллектуальные устройства на базе Android и других операционных систем представлены на всех трех уровнях IoT: для измерений на уровне устройств, для передачи данных через узлы или шлюзы на сетевом уровне, для вычисления данных и их отображения на уровне применения [17].

В сельском хозяйстве для различных целей используют разные беспроводные технологии, в зависимости от экономических факторов, доступности и имеющихся возможностей. Большое разнообразие таких технологий, стандартов и частотных диапазонов вызывает проблемы оперативной совместимости и применения, возникающие при освоениии технологий IoT. Потенциальные стандарты связи для интеллектуального земледелия можно разделить в зависимости от расстояния на ближние и дальние, что определяет их конкретную применимость в различных условиях. Это особенно актуально в земледелии, где проблемой может оказаться доступность мобильной сети, а большие размеры хозяйств ограничивают использование некоторых беспроводных технологий из-за уменьшения расстояния связи и необходимости замены/подзарядки аккумуляторов в сенсорных узлах на больших площадях.

БСС формируют базовые устройства, называемые сенсорными узлами, которые объединяют датчики и актуаторы, обменивающиеся данными, образуя пространственную сеть [13, 22]. В БСС базовые станции действуют как шлюзы, пересылающие данные в облако. В зависимости от цели применения в БСС используют разные технологии беспроводной связи, поскольку каждая из них имеет разные возможности архитектуры сенсорного узла, скорости передачи данных, диапазоны, стандарты. Широко используют в сельском хозяйстве такие как ZigBee, LoRa, Bluetooth/BLE, WiFi и SigFox [23].

Последнее поколение мобильной связи (5G) отличается более высокой скоростью передачи данных и пиковой пропускной способностью, большими зонами покрытия, а также универсальностью применения, что предоставляет новые возможности для мониторинга сельской местности, в которой ранее не было инфраструктуры для Интернет [24]. 5G также позволит улучшить связь между транспортными средствами, например, для принятия логистических решений благодаря низкой задержке сигнала и новым частотным диапазонам [25]. Проблемой для сетей 5G станет значительное увеличение числа поддерживающих устройств, когда Интернет вещей станет стандартным решением не только в сельском хозяйстве, но и в любой сфере повседневной жизни.

Уровень применения

Уровень применения имеет решающее значение в контексте технологии IoT, поскольку именно он фактически увеличивает ценность

измеряемых и передаваемых данных посредством прямого управления устройствами, поддержкой процессов принятия решений и др. На этом уровне выполняются такие важные сервисные функции, как хранение и анализ информации, доступ к данным через соответствующий интерфейс прикладного программирования (API), а также, возможно, программное приложение пользовательского интерфейса. Уровень применения также может включать промежуточные платформы, которые участвуют в обработке разнородных облачных данных, улучшая способность к взаимодействию.

Хранение информации возможно в облаке, то есть на нескольких серверах, или на локальном уровне, когда она хранится в разных базах данных, в зависимости от приложения и архитектуры. Анализ данных может выполняться с использованием облачных вычислений, когда происходит дистанционное управление ресурсами компьютера, или посредством распределенных вычислений, например, граничных и туманных. Преимущество облачных вычислений заключается в предоставлении высококачественных функционалов, которые позволяют независимо выполнять несколько приложений, как если бы они были изолированы, даже если находятся на одной платформе, например, в центрах обработки данных, что особенно актуально при работе с большими данными [22].

Для решения различных проблем, возникающих при применении IoT, особенно связанных с оперативным взаимодействием, все больший интерес приобретает использование промежуточных платформ. На их основе предпринимаются попытки упростить сложную связь через облако, возникающую из-за применения разнородных устройств, коммуникаций и сетей, используя такие инструменты, как стандартизированные API и протоколы. Примерами служат HYDRA, UBIWARE, UBIROAD, UBIDOTS, SMEPP, SIXTH, ThinkSpeak, SensorCloud, Amazon IoT и IBM IoT с акцентом на контекстно-зависимую функциональность; Aneka, WSO_2, PubNub, SmartFarmNet и FIWARE с более широким сервисно-ориентированным подходом. Даже если все упомянутые и другие решения присутствуют на рынке Интернета вещей, интеллектуальные промежуточные решения для сельского хозяйства успешно еще не реализованы [26]. Однако, например, FIWARE и SmartFarmNet внедрены в приложения для точного и интеллектуального земледелия [17]. Для передачи информации между платформами и IoT устройствами, а также обеспечения совместимости важное значение имеют API-интерфейсы. Они должны адаптироваться к активно развивающимся или новым стандартам, чтобы обеспечить более длительный срок службы, отсутствие обновлений API может ограничить их возможности. Именно через API-интерфейсы данные становятся доступными для таких приложений IoT, как мониторинг, управление событиями, прогнозирование или оптимизация сельскохозяйственной деятельности.

Опыт применения Интернета вещей (IoT) и информационных систем управления (ИСУ) в земледелии

Применение технологий IoT в земледелии открывает широкие возможности для следующих задач: мониторинга, документирования, прогнозирования и управления. Мониторинг – это своевременное измерение разнообразных параметров и, как правило, основная начальная точка входа для других задач. Документирование охватывает хранение экспериментальных данных для последующего использования, например, в управлении хозяйством. В прогнозировании используются различные источники данных с применением аналитических методов прогнозирования конкретных событий и математических моделей. Управление — это результат активного мониторинга, когда обработанную информацию используют в управлении актуаторами путём автоматического включения. Для этого применяют ИСУ в процессах выработки и поддержки принятия решений, а также в совершенствовании технологических операций и производственных процессов, включая анализ позиционирования транспортных средств, оптимизацию производства и логистику.

В технологиях IoT измеряемые показатели автоматически корректируются, например, до предварительно определенных пороговых значений. Прогнозирование также может играть важную роль в процессе управления. Например, в интеллектуальных ирригационных системах, когда полив осуществляется до выявления поврежденных засухой участков растительного покрова. В работе [27] использовали оперативные измерения влажности и температуры почвы совместно с метеорологическими данными для управления полностью автономной схемой орошения. Датчики для измерения в движении, установленные на тракторах и рабочих органах, также могут использоваться для контроля, например, дифференцированного внесения удобрений, в прецизионных технологиях борьбы с сорными растениями или точного высева. Контроль имеет решающее значение в интеллектуальном сельском хозяйстве, поскольку позволяет автоматизировать системы, особенно работу автономных транспортных средств, когда точные действия управляемых объектов и информационно-измерительные комплексы на основе датчиков играют важную роль, например, в обнаружении препятствий на поле для автономных транспортных средств.

ИСУ используют информационно-измерительные комплексы для сбора, хранения и последующей обработки информации, относящейся к сельскохозяйственным полям, а также принятия решений для управления производством, что облегчает выполнение задач, документирование хозяйственной деятельности, ее оценку и оптимизацию, а также стратегическое, тактическое и оперативное планирование [16, 28]. Таким образом, ИСУ представляют собой системы, которые могут объединять все актуальные приложения, и выступают жизненно важными элементами управления «умным» хозяйством. Однако освоение ИСУ, ориентированных на новые технологии IoT, идет медленно, большинство используемых сейчас архитектур ИСУ разработаны в 1980-х гг. Это обстоятельство может объяснить, почему сегодня структура и архитектура большинства ИСУ не подходят для распределенной и сервис-ориентированной системы поддержки принятия решений, необходимой для точного и умного земледелия. Например, 75 % ИСУ по-прежнему основаны на ПК, а функциональные возможности для оценки современных (новейших) агротехнологий, контроля качества продукции, все еще отсутствуют или находятся на начальных этапах разработки [16]. Существующие системы поддержки принятия решений (СППР) важны для работы с большими данными и оказания помощи руководителям хозяйств в управлении и принятии решений в умном земледелии [7, 14]. Разработанная в АФИ ИСУ позволяет руководителям хозяйств или агрономам принимать обоснованные решения на всех временных уровнях, используя знания экспертов и собственный опыт [29, 30].

Теоретически, недостаточно одного датчика для измерений, чтобы охарактеризовать несколько почвенных параметров в масштабе реального времени. Для оперативного определения пространственной неоднородности физических и химических свойств почвы на различной глубине (поверхностный, пахотный и под-

пахотный слой) в разных масштабах поля, обычно задействуют мультисенсорные мобильные комплексы, оснащенные различными датчиками, которые должны быть адаптированы к измерениям в движении. В таких системах используют разные типы датчиков: электропроводности, оптические, сопротивления горизонтальной пенетрации и др. Технологии IoT открывают возможности для создания базовой инфраструктуры для подключения различных интеллектуальных объектов – датчиков в составе БСС, мобильных систем, транспортных средств, локального или удаленного сбора данных, облачного анализа информации и принятия решений, взаимодействия пользователей и автоматизации технологических операций.

Разработка быстрых, надежных, экономически эффективных и экологически безопасных методов распознавания неоднородности почвы – первейшая задача для освоения технологии умного земледелия. Один из перспективных подходов к сплошной (площадной) оценке состояния и вариабельности свойств почвы – использование комплекса информационно-измерительных систем и методов дистанционного зондирования [31, 32]. В АФИ разработан прототип комплексной информационно-измерительной системы для мониторинга пространственной неоднородности основных характеристик почвы в режиме реального времени, включающий следующий функционал: сенсорные узлы БСС, состоящие из датчиков температуры и влажности, микропроцессорного блока, трансивера и антенны; автоматическую семиканальную метеорологическую станцию с интернет-каналом передачи данных на сервер, которая служит базовой для сенсорных узлов БСС; сервер для сбора и первичной обработки данных, получаемых с базовой станции, приборов для маршрутного обследования опытных полей; беспилотный летательный аппарат для получения аэрофотоснимков [33]. Апробация прототипа измерительной системы на опытных полях биополигона АФИ в 2018–2019 гг. позволила сформировать базу разнородных комплексированных пространственно-атрибутивных данных, которая улучшила информационное обеспечение экспериментов по внесению удобрений.

Для оперативного получения данных датчики должны располагаться на поле в течение вегетационного периода, функционировать автономно в составе сенсорных узлов, объединенных в беспроводную сеть. Вероятность повреждения оборудования для регистрации и передачи информации внутри сети сельскохозяйственной техникой при проведении технологических операций, инициировала идею размещения сенсорных узлов под поверхностью земли в составе беспроводной подземной сенсорной сети (БПСС). БПСС – перспективная область исследований вследствие уникальной природы подземной среды. Сложность передачи сигнала под землёй определяет необходимость решения таких практических вопросов, как размеры каждого устройства, расположенного под землёй, способность передачи показаний датчиков на главный узел приёма данных в режиме реального времени. По результатам оценки технических возможностей современных БСС в сельском хозяйстве [34, 35], преимуществ и недостатков использования различных датчиков температурно-влажностного режима в полевых условиях с учетом влияния растительного покрова, климатических условий, применения сельскохозяйственной техники и прочих факторов были сформированы основные требования к разрабатываемому сенсорному узлу БПСС: надежность конструкции, полностью подземная установка, возможность измерения на разных глубинах, оперативность получения данных. На основе этих требований был разработан прототип сенсорного узла БПСС, включающий скважинный влагомер для оперативного мониторинга влажности и температуры почвы на сельскохозяйственном поле в режиме реального времени, обеспечивающий последовательное решение задач измерения и передачи данных с использованием выдвижной антенны (рис. 2). Связь между сенсорными узлами и коор-

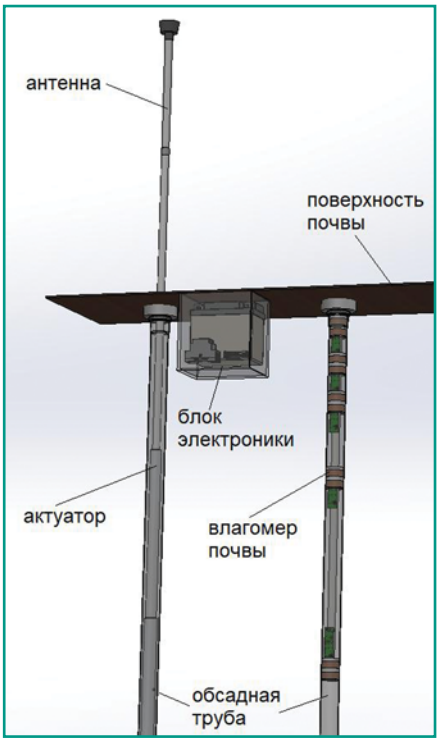


Рис. 2. *Схема размещения сенсорного узла под поверхностью почвы.*

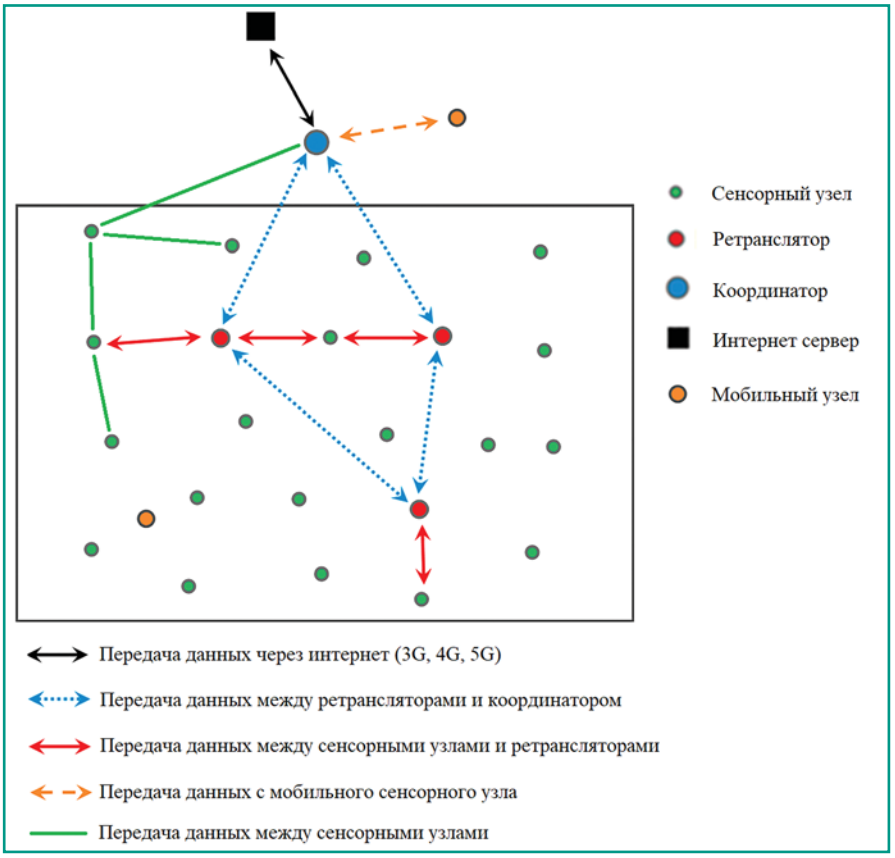


Рис. 3. *Архитектура передачи данных в сенсорной сети.*

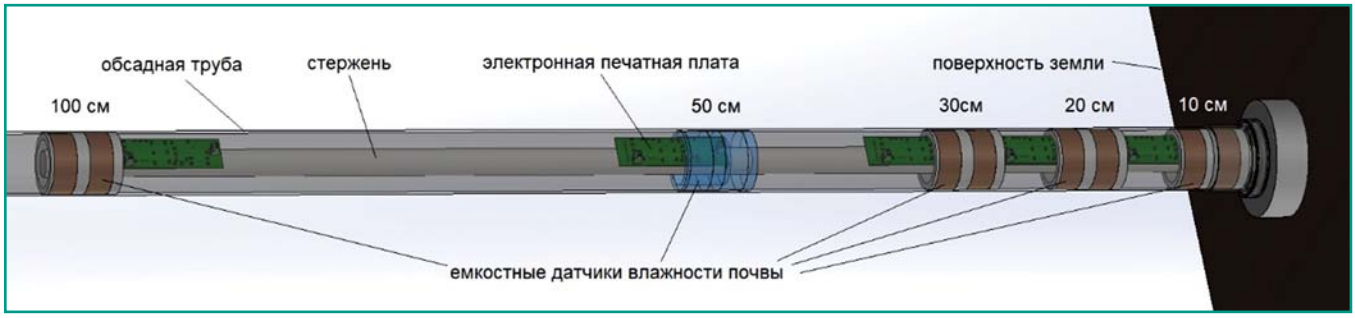


Рис. 4. *Пятиканальный скважинный влагомер.*

динатором БПСС, размещенным в удалении от поля, осуществляется также с использованием выдвижной антенны без ретрансляторов, по протоколу ZigBee. Координатор сети отправляет полученные данные на интернет-сервер через 4G модем.

Доступ к данным, собираемым с использованием датчиков в режиме реального времени, осуществляется через централизованную архитектуру передачи данных БСС (рис. 3). В основном ее структура включает пять элементов: 1) сенсорные узлы (с датчиками), 2) маршрутизаторы (роутеры), 3) координатор (или шлюз) для сбора и передачи данных, 4) регистратор данных или ПК, 5) интернет-сервер с веб-интерфейсом. В подземной топологии все блоки датчиков размещены ниже поверхности почвы, за исключением конечного узла (координатора), в гибридной топологии рассматривается комбинация подземных, надземных и мобильных устройств. Гибридная топология, которая состоит из подземных датчиков и надземных маршрутизаторов, более предпочтительна для передачи данных на большие расстояния [36]. Так как в БСС узлы в основном получают электропитание от батарей, важным ограничением служит их энергопотребление.

Каждый сенсорный узел оснащен блоком электроники, в который входят аккумулятор, системы управления питанием, стабилизации напряжения и контроля разряда батареи. После выхода из режима ожидания головная плата управления узла подает с использованием реле питание на влагомер и актуатор, проводит поочередный опрос микроконтроллеров влагомера, преобразует данные в значения влажности и температуры, и с использованием ZigBee маршрутизатора передает пакеты данных на координатор БПСС.

Первичный измерительный преобразователь (ПИП) пятиканального скважинного диэлектрического влагомера для использования в составе узла БПСС (рис. 4) обладает достаточной зоной охвата тестируемого материала электромагнитным полем датчика. Емкостные цилиндрические датчики с соосными кольцевыми электродами располагаются на одной оси стержня влагомера на глубине 10, 20, 30, 50 и 100 см от поверхности почвы. Диаметр датчиков для плотного прилегания к внутренним стенкам шахты составляет 46 мм. Для корпуса влагомера используются конструкционные полимеры, в которых оптимально сочетаются механическая прочность, твёрдость, жёсткость, свойства механического демпфирования и износостойкость, а также хорошие электрические изоляционные свойства и химическая стойкость.

Предложенная структура IoT для информационного обеспечения умного земледелия обеспечивает интеллектуальный, автоматизированный сбор и комплексирование разнородных данных, поступающих с датчиков и различных систем, и обеспечивает высокий уровень интерпретации и масштабируемости процесса оценки агрофизических свойств сельскохозяйственных земель. Разработанный прототип информационно-измерительной системы с использованием беспроводной сенсорной сети позволяет осуществлять мониторинг пространственной неоднородности основных характеристик почв в режиме реального времени, передачу данных между сенсорными узлами посредством выдвижной антенны по протоколу ZigBee и отправку данных на интернет-сервер с использованием 4G модема.

Таким образом, несмотря на существующие барьеры внедрения технологий IoT (неравномерное качество сотовой связи в сельской местности, кадровый дефицит, отсутствие единой программной платформы по обмену информацией и средств для инвестиций в цифровые технологии у многих хозяйств), в ближайшие годы в сельскохозяйственной сфере внедрение цифровых технологий (по данным аналитиков Российского информационного оператора «Центр 2М», разработчика платформенных решений в области M2M и промышленного Интернета вещей) неизбежно. Перспективные направления – дифференцированный полив, посев, внесение удобрений, прогнозирование урожайности, дистанционное зондирование. Для извлечения полезной информации из огромных объемов данных, собираемых устройствами IoT, требуется интеллектуальный анализ в рамках M2M-платформ.

Литература.

1. IoT in agriculture: Designing a Europe-wide large-scale pilot / C. Brewster, I. Roussaki, N. Kalatzis, et al. // IEEE Comm. Magazine. 2017. Vol. 55. No. 9. P. 26–33. doi: https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600528.

2. Internet of food and farm 2020 / H. Sundmaeker, C. Verdouw, S.Wolfert, et al. // In Digitising the industry Internet of Things connecting the physical, digital and virtual worlds, O. Vermesan, & P. Friess (Eds.). Gistrup, Denmark: River Publishers. 2016. Vol. 49. P. 1689–1699. doi: https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004.

3. Ashton K. That «Internet of Things» Thing // RFID Journal. 2009. No. 22. P. 97–114.

4. Agri-IoT: A semantic framework for internet of Thingsenabled smart farming applications / A. Kamilaris, F. Gao, F. X. Prenafeta-Boldu, et al. // In 2016 IEEE 3rd world Forum on Internet of Things, WF-IoT 2016. 2016. P. 442–447. doi: https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2016.7845467.

5. IOF2020: Fostering business and software ecosystems for large-scale uptake of IoT in food and farming / C. Verdouw, S. Wolfert, G. Beers, et al. / In The International tri-conference for precision agriculture. 2017. doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.1002903.

6. Smart farming and food safety Internet of Things applications / L. Pérez Freire, L. Brillouet, M. Álvarez-Diaz, et al. // AIOTI WG06. 2015. 49 p.

7. Farm management systems and the Future Internet era / A. Kaloxylos, R. Eigenmann, F. Teye, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. 2012. Vol. 89. P. 130–144.doi: https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.002.

8. Djelveh S., Bisevac V. D3.7. Smart-AKIS policy gaps and briefs. 2016. // Retrieved from https://www.smart-akis.com/wpcontent/uploads/2018/08/SmartAKIS_D3.7_Final.pdf.

9. Smart agri hubs D3.1 innovation experiment guidelines / G. Chatzikostas, D. Matic, D. Van Damme, et al. 2019. Retrieved from https://smartagrihubs.eu/Deliverables/pdfs/D3.1_IE Guidelines_final.pdf.

10. Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies / V. Higgins,

M. Bryant, A. Howell, et al. // J. of Rural Studies. 2017. Vol. 55. P. 193–202. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.08.011.

11. Big data in smart farming – a review / S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, et al. // J. Agr. Systems. 2017. Vol. 153. P. 69–80. doi: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023.

12. O'Grady M. J., O'Hare G. M. P. Modelling the smart farm // Information Processing in Agriculture. 2017. Vol. 4. No. 3. P. 179–187. doi: https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.05.001.

13. Energy-efficient wireless sensor networks for precision agriculture: A review. / H. Jawad, R. Nordin, S. Gharghan, et al. // Sensors. 2017. Vol. 17. No. 8. P. 1781. doi: https://doi.org/10.3390/s17081781.

14. Farm machinery management information system / S. Fountas, C. G. Sorensen, Z. Tsiropoulos, et al. // Computers and Electronics in Agriculture 2015. Vol. 110. P. 131–138. doi: https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.11.011.

15. Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential / A. Villa-Henriksen, G.T.C. Edwards, L. Pesonen, et al. // Biosystems Engineering. 2020. Vol.191. P. 60–84.

16. Koksal O., Tekinerdogan B. Architecture design approach for IoT – based farm management information systems // Precision Agriculture. 2019. Vol. 20. P. 926–958. doi: https://doi.org/10.1007/s11119-018-09624-8.

17. Precision agriculture design method using a distributed computing architecture on Internet of Things context / F. J. Ferrandez-Pastor, J. M. Garc a-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo, et al. // Sensors. 2018. Vol. 18. No. 1731. P. 1–21. doi: https://doi.org/10.3390/s18061731.

18. Ahmed E. M. E., Abdalla K. H. B., Eltahir I. K. Farm automation based on IoT // In the International conference on computer, control, electrical, and Electronics engineering (ICCCEEE). 2018. P 1–4.

19. Route planning evaluation of a prototype optimised infield route planner for neutral material flow agricultural operations / G. T. C. Edwards, J. Hinge, N. Skou-Nielsen, et al. // Biosystems Engineering. 2017. Vol. 153. P. 149–157. doi: https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.007.

20. Meola A. Why IoT, big data & smart farming are the future of agriculture // Business Insider – Dec 20, 2016. Retrieved from https://www.businessinsider.com/internet-of-things-smartagriculture-2016-10?rjUS&IRjT.

21. Bennett J. M. Agricultural big Data: Utilisation to discover the Unknown and instigate practice change // Farm Policy Journal. 2015. Vol. 12. No. 1. P. 43–50.

22. IoT android gateway for monitoring and control a WSN / D. Hernandez-Rojas, B. Mazon-Olivo, J. Novillo-Vicuna, et al. // In Communications in computer and information science M. Botto-Tobar, N. Esparza-Cruz, J. Leon-Acurio, et al. (Eds.). CITT 2017: Technology trends. Cham: Springer. 2018. Vol. 798. P. 18–32. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72727-1-2.

23. A 5G platform for unmanned aerial monitoring in rural areas: Design and performance issues / G. Faraci, A. Raciti, S. Rizzo, et al. // In IEEE international conference on network softwarization (NetSoft 2018) – technical sessions. 2018. Vol. 1. P. 237–241. doi: https://doi.org/10.1109/NETSOFT.2018.8459960.

24. 5G radio access network architecture – design guidelines and key considerations / P. Marsch, I. D. Silva, O. Bulakci, et al. // IEEE Communications Magazine. 2016. Vol. 54. No. 11. P. 24–32. doi: https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.1600147CM.

25. Internet of Things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt / P. P. Jayaraman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, et al. // Sensors (Switzerland). 2016. Vol. 16. No. 11. P. 1–17. doi: https://doi.org/10.3390/s16111884.

26. An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies / A. Goap, D. Sharma, A. K. Shukla, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 155. P. 41–49. doi: https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.040.

27. Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований / В. Л. Баденко, А. Г. Топаж, В. В. Якушев и др. // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. №. 3. С. 437–445. doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.437rus

28. Якушев В. П., Якушев В. В., Матвеенко Д. А. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии // Земледелие. 2020. № 1. С. 33–37. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10109.

29. Оперативное и долгосрочное прогнозирование продуктивности посевов на основе массовых расчетов имитационной модели агроэкосистемы в геоинформационной среде (обзор) / В. П. Якушев, В. В. Якушев, В. Баденко и др. // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. №. 3. С. 451–467. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.451rus

30. Новые возможности автоматизации процесса обнаружения внутриполевой неоднородности по гиперспектральным снимкам и оптическим критериям / В. П. Якушев, Е. В. Канаш, В. В. Якушев и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 24–32. doi:10.21046/2070-7401-2019-16-3-24-32.

31. Состояние и перспективы создания новых методов количественной оценки внутриполевой изменчивости в точном земледелии / Д. А. Матвеенко, В. В. Воропаев, В. В. Якушев и др. // Агрофизика. 2020. № 1. С. 59–70. doi: 10.25695/AGRPH.2020.01.09.

32. Блохин Ю. И., Белов А. В., Блохина С. Ю. Комплексная система контроля влажности почвы и локальных метеоусловий для интерпретации данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 87–95. doi: 0.21046/2070-7401-2019-16-3-87-95.

33. Современные решения для формирования опорной информации с целью повышения точности определения агрофизических свойств почвы по спутниковым данным / Ю. И. Блохин, В. В. Якушев, С. Ю. Блохина и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 4. С.164–178. doi: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-164-178.

34. Hybrid wireless underground sensor networks: Quantification of signal attenuation in soil / H. R. Bogena, J. A. Huisman, H. Meier, et al. // Vadose Zone Journal. 2009. Vol. 8. No. 3. P. 755–761. doi: https://doi.org/10.2136/vzj2008.0138.

35. Ojha T., Misra S., Raghuwanshi N. S. Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. // Computers and electronics in agriculture. 2015. Vol. 118. P. 66–84.

A smart farming concept based on the Internet of things

S. Yu. Blokhina, Yu. I. Blokhin
Agrophysical Research Institute,
Grazhdanskiy prosp., 14,
Sankt-Peterburg, 195220, Russian Federation

Abstract. *The article contributes an overview of the current state and perspectives of the Internet of Things (IoT) technology implementation in farming. The scientific and technical structure of the IoT has been developed for information support of smart agriculture, which includes three main levels: devices, network and application. Each level of the structure is discussed in detail in terms of interoperability, accessibility, usability. The developed IoT structure provides intelligent, automated collection, processing and integration of heterogeneous data from sensors and various systems, and provides a high level of interpretation and scalability of the assessment of the agrophysical properties of agricultural lands. The information-measuring systems, including wireless sensor networks (WSN) has been developed to monitor the spatial heterogeneity of the main soil characteristics in real-time. When the data are transferred between the sensor nodes and the coordinator in the network it typically uses the ZigBee protocol, and when the data are transferred to the Internet server it uses a 4G modem. Located in the most optimal positions below the earth's surface, autonomous sensors automatically measure and transmit data for further processing and applying in forecasting or management tasks. To monitor the main characteristics of soils and detailing their spatial and temporal distribution, the authors have developed a prototype WSN sensor unit, including a five-channel capacitive borehole moisture meter for real-time monitoring of soil moisture and temperature in an agricultural field. A detailed description of the sensor node structure providing sequential measurement and data transmission using an external retractable antenna is presented.*

Keywords: *smart farming; Internet of things; management information system; underground wireless sensor network; information-measuring systems; sensor node; borehole moisture meter.*

Author Details: *S. Yu. Blokhina, Cand Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: sblokhina@agrophys.ru); Yu. I. Blokhin, research fellow (e-mail: blohin3k4@gmail.com).*

For citation: *Blokhina SYu, Blokhin YuI [A smart farming concept based on the Internet of things]. Zemledelie. 2020. (7):7-13. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10702.*

Продуктивные гибриды кукурузы для успешного агробизнеса

Посевные площади, отданные под кукурузу, который год остаются стабильно высокими – более 2,5 млн га. При этом постепенно растут показатели средней урожайности: если в 2001 году она составляла 18 ц/га, то в 2019 году – уже 57,5 ц/га. Такие результаты оказались возможны благодаря совершенствованию технологий возделывания кукурузы, применению современных средств защиты и распространению качественных семян, высокопродуктивных гибридов с применением инновационной обработки.

ДКС 3361

ДКС 3369

ДКС 4178

В частности, среди российских сельхозпроизводителей всё более активно используются гибриды под брендом DEKALB. Секрет их успешности – стабильное обеспечение высоких стандартов урожайности при устойчивости к стрессовым факторам. В этой статье мы расскажем о перспективных гибридах кукурузы DEKALB, на которые стоит обратить внимание сельхозпроизводителям, желающим повысить показатели выращивания кукурузы и, как следствие, общую рентабельность своего хозяйства.

ДКС 3361 – простой среднеранний универсальный гибрид (ФАО 240). Среди его преимуществ – высокие первоначальная энергия роста и урожайность, толерантность к болезням, быстрая влагоотдача, стабильность. Максимальное количество рядов в початке – 16, количество зёрен в ряду – 38. Таким образом, максимальное количество зёрен в початке превышает 600 при массе тысячи зёрен в 340 грамм. Высота растения составляет 210-230 см, высота прикрепления первого початка – около 1 м. Расположение листьев – полуэректоидное, форма початка – цилиндрическо-коническая.

Простой среднеспелый универсальный гибрид **ДКС 3969** отличается высокой адаптивностью и подходит для возделывания в различных почвенно-климатических зонах. В том числе засушливых, т.к. обладает хорошей засухоустойчивостью. ДКС 3969 – урожайный гибрид, причём по этому показателю он превосходит даже некоторые более поздние гибриды. Среди других преимуществ – холодостойкость, ремонтантность, мощная корневая система, высокая масса 1000 зёрен и их лёгкая вымолачиваемость. Максимальное количество рядов в початке – 18, зёрен в ряду – 40.

Отметим также, что гибрид ДКС 3969 интенсивного типа и лучше себя проявляет на высоком агрофоне. Оптимальные предшественники для него – бобовые культуры; перед посевом рекомендуется провести вспашку и глубокое рыхление. Значительный объём семян этого гибрида будет поставляться в инновационной обработке по технологии Acceleron®.

Кстати, этот гибрид не следует чрезмерно загущать, особенно при низком уровне технологии. Чтобы определить оптимальную густоту в конкретных почвенно-климатических условиях, рекомендуем воспользоваться специальным калькулятором густоты посева на официальном сайте DEKALB.

Ещё один перспективный высокоурожайный гибрид кукурузы, который мы хотим представить вашему вниманию, – **ДКС 4178**. Он относится к простым, среднеспелым гибридам универсального направления, ФАО – 330. Среди преимуществ ДКС 4178 – холодостойкость, толерантность к болезням, высокая первоначальная энергия роста. Стебель достаточно высокий – 240-260 см, облиственный, расположение листьев – полуэректоидное. Початок крепится на высоте 100-110 см, обладает цилиндрически-конической формой и содержит 18 рядов при 46 зёрнах в каждом ряду (максимальный уровень). Количество зёрен в початке – 820.

Все описанные нами гибриды кукурузы DEKALB характеризуются высокой стабильностью зерновой продуктивности. В продуктовой линейке DEKALB каждый сельхозпроизводитель может найти гибрид, идеально подходящий для конкретных почвенно-климатических условий и используемой технологии возделывания.

Горячая линия Bayer
8 (800) 234-20-15
***для аграриев**

BAYER

ВЫБЕРИ СВОЙ ГИБРИД КУКУРУЗЫ!

Калькулятор густоты посева **DEKALB** →

Для получения максимально возможного урожая кукурузы очень важно правильно подобрать густоту посева для конкретного поля и учесть ряд факторов:

/// **Почвенно-климатические условия;**

/// **Уровень технологии в хозяйстве;**

/// **Особенности гибрида.**

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТА	ДКС 3361	ДКС 3969	ДКС 4178
ФАО	240	290	330
Тип гибрида	простой	простой	простой
Группа спелости	среднеранний	среднеспелый	среднеспелый
Засухоустойчивость	высокая	высокая	высокая
Резистентность к фузариозу	средняя	высокая	средняя
Устойчивость к корневому и стеблевомуполеганию	высокая	высокая	средняя
Ремонтантность	высокая	высокая	средняя
Влагоотдача	быстрая	быстрая	средняя
Высота прикрепления початка, см	80 – 110	80 – 95	100 – 110
Количество рядов в початке, шт	14 – 16	16 – 18	16 – 18
Количество зёрен в ряду, шт	36 – 38	38 – 40	44 – 46
Количество зёрен в початке, шт	470 – 600	600 – 720	700 – 820
Масса 1000 зёрен, г	300 – 340	320 – 350	320 – 350

BAYER

Горячая линия Bayer
для аграриев: 8 (800) 234-20-15

www.cropscience.bayer.ru на правах рекламы

DEKALB

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10703
УДК 582. 998. 16: 631. 529 (477. 75)

Цитральная форма полыни сантонинной (*Artemisia santonica* L. f. citralifera N. Rubtz.)*

Л. А. ЛОГВИНЕНКО, научный сотрудник (e-mail: logvinenko-1963@list.ru)
О. М. ШЕВЧУК, доктор биологических наук, зам. директора по науке
Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Никитский спуск, 52, пгт. Никита, Республика Крым, 298648, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения биологических особенностей и биохимических свойств A. santonica f. citralifera в условиях культуры, как природного перспективного источника сырья (эфирного масла, цитраля, гераниола). Работу выполняли в 2015–2019 гг. в условиях Южного берега Крыма на агрокоричневых почвах. Опыт заложен в 2014 г. двухлетними растениями (вегетативно размноженными клонами) по схеме конкурсного сортоиспытания 0,50×1,0 м в четырехкратной повторности. Основные элементы технологии: выращивание посадочного материала, перекопка почвы с внесением минеральных удобрений, рыхление и выравнивание поверхности, высадка посадочного материала, полив. В последующие года – рыхление междурядий и подкормка минеральными удобрениями. Массовую долю эфирного масла, сумму основных компонентов, цитраля и гераниола определяли методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга, компонентный состав – на хроматографе Agilent Technology 6890N с масс-спектографическим детектором 5973N. Растения начинали вегетацию при сумме положительных температур 1138 °С, и только при сумме 3141…4100 °С вступали в фазу цветения. Самый интенсивный прирост надземной массы полыни сантонинной в условиях культуры пришелся на конец апреля и продолжался до конца мая, составив 2,17± 0,20 см/сутки. За годы исследования в надземной массе накапливалось эфирное масло с высокой ароматической оценкой (5 баллов) и ярко выраженным цветочно-фруктовым направлением запаха, обусловленным наличием цитраля, гераниола, нерола, геранилацетата и нерилацетата. Наибольшее содержание эфирного масла (1,32…1,34 % от сухой массы) наблюдали со второй декады сентября до второй декады октября, в течение 27±3 дней. При уборке в оптимальную по комплексу хозяйственно-ценных признаков фенофазу – массовое цветение, урожайность культуры достигала 79,2…85,0 ц/га, сбор масла – 41,9 кг/га, цитраля – 16,9 кг/га. В конце цветения эфирное масло характеризовалось максимальным содержанием цитраля (44,60 %), при минимальной концентрации в нем гераниола (9,32 %).

***Ключевые слова**: полынь сантонинная (Artemisia santonica L. f. citralifera N. Rubtz.), фенологические фазы, динамика роста и развития, массовая доля эфирного масла, гидродистилляция, хроматографический анализ, цитраль, гераниол.*

***Для цитирования:** Логвиненко Л. А., Шевчук О. М. Цитральная форма полыни сантонинной (Artemisia santonica L. f. citralifera N. Rubtz.) // Земледелие. 2020. № 7. С. 16–20. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10703.*

В Крыму произрастает 17 видов полыни [1]. Это ароматические растения, в надземной массе которых накапливается эфирное масло [2, 3]. Особого внимания заслуживают виды с приятным запахом, имеющие высокую ароматическую оценку, в том числе *Artemisia santonica* L. *f. citralifera* N. Rubtz. (цитральная форма полыни сантонинной) подрода *Seriphidium* (Bess.). В состав ее эфирного масла входят цитраль и гераниол, содержание, и тем более, сочетание которых в природе чаще всего обнаруживается у теплолюбивых растений – интродуцентов, например, *Artemisia balchanorum* Krasch. [4, 5].

Цитральная форма полыни сантонинной впервые была обнаружена Н. И. Рубцовым в Степном Крыму в фитоценозе совместно с такими типичными галофитами и мезогалофитами, как *Halimione verrucifera* (M. Bieb.) Aell. (халимион бородавчатый), *Suaeda confusa* Iljin (сведа запутанная), *Petrosimonia triandra* (Pall.) Simonk. (петросимония трехтычинковая), *Tripolium vulgare* Nees (солончаковая астра обыкновенная), *Spergularia media* (L.) Presl. (торичник средний), *Limonium caspium* (Willd.) Gams (кермек каспийский) со степенью обилия sol. и sp. [5].

Биоэкологическое изучение *A. santonica f. citralifera* в условиях Южного берега Крыма определило его перспективность для введения в культуру [4]. Развивается цитральная форма полыни сантонинной как типичный раскидистый полукустарник с моноциклическими однолетними побегами. В условиях культуры высота растений составляет 72,1…76,7 см, диаметр куста – до 73,5…76,0 см. За вегетационный период они формируют 11…15 генеративных серозеленых с войлочным опушением побегов. Стеблевые листья длиной 3,9…4,3 см с 5…8 парами боковых сегментов, отмирающие к фазе бутонизации. Прицветные листья продолговатые, почти нитевидные, длиной 7…12 мм. Корзинки 2…5 цветковые, поникающие, на ножках длиной 3…11 мм, собраны в конические метельчатые соцветия длиной 45…50 см. Плод – семянка. Урожайность надземной массы достигает 79…85 ц/га. Эфирное масло с ярко выраженным цветочно-фруктовым направлением запаха, обусловленное наличием таких компонентов, как нераль, гераниаль, гераниол, нерол, геранилацетат, нерилацетат. По своей ароматической ценности стоит в одном ряду с эфирным маслом полыни лимонной (*Artemisia balchanorum*) [2].

Эфирные масла, производившиеся ранее с целью использования в парфюмерно-косметической отрасли, сегодня находят все более широкое применение в ароматерапии и медицине в качестве антисептиков [7, 8, 9]. Цитраль, который представляет собой смесь цис- и транс-форм цитраля (синонимы нераль и гераниаль), например, используют, как антисептическое и противовоспалительное средство для лечения кератитов, конъюнктивитов и трещин сосков у кормящих матерей. Широко применяют это вещество и в кондитерской промышленности. Природные источники цитраля немногочисленны и довольно ограничены [10, 11]. В связи с этим, введение в культуру новых перспективных видов с высоким содержанием таких компонентов ценно и актуально.

**Статья посвящена памяти старшего научного сотрудника отдела эфиромасличных культур кандидата биологических наук Логвиненко Игоря Евгеньевича. Благодаря его трудам и научному предвидению был получен исходный материал, доказывающий перспективность введения полыни сантонинной (Artemisia santonica L. f. citralifera) в культуру за ценные эфиромасличные свойства.*

Работу проводили в рамках выполнения плана НИР по теме № 0833-2019-0011 (0833-2015-0007).

Цель исследования – изучение биологических особенностей и биохимических свойств *A. santonica f. citralifera* при введении ее в культуру в условиях Южного берега Крыма как перспективного природного источника сырья эфирного масла, цитраля и гераниола.

Работу проводили в Никитском ботаническом саду – Национальном научном центре (НБС-ННЦ) на базе лаборатории ароматических и лекарственных растений в 2015–2019 гг.

Цитральная форма полыни сантонинной интродуцирована в Никитский ботанический сад из природной флоры Степного Крыма (район Присивашье, п. Ишун) по результатам экспедиционного обследования в 1998 г. [2, 4].

Из семенной популяции были выделены однородные по морфологическим признакам растения. Опыт заложен в 2014 г. в 4-х кратной повторности двухлетними вегетативно размноженными клонами по схеме 0,50×1,0 м, всесторонне их изучение осуществляли в 2015–2019 гг.

Экспериментальный участок расположен на Южном берегу Крыма (ЮБК) с географическими координатами 44˚31' с.ш., 34˚15' в.д., на высоте 200 м над уровнем моря. Почва – агрокоричневая среднегумусированная мощная карбонатная легкоглинистая с содержанием гумуса в слое 0…20 см (по Тюрину в модификации ЦИНАО) – 2,96 %; азота легкогидролизуемого (по Тюрину и Кононовой) – 6,6 мг/100 г; подвижного фосфора и калия (по Мачигину) – 12,8 и 17,8 мг/100 г соответственно, pH (сол.) – 7,5 ед. Сумма поглощенных оснований 15…20 мг-экв., поглощающий комплекс насыщен кальцием (80…90 % суммы оснований) [12].

Основные элементы технологии: выращивание посадочного материала, перекопка 0…20 см слоя почвы, внесение минеральных удобрений, рыхление и выравнивание поверхности, высадка посадочного материала, полив. В последующие годы – рыхление междурядий и подкормка комплексным удобрением «FERTIKA» Универсал-2 NPK 12:8:14+МИКРО (Весна-Лето).

Условия места проведения исследований характеризовались сухим субтропическим климатом средиземноморского типа. Средняя годовая температура воздуха составляла +12…+15 ^{0}C, переход среднесуточной температуры выше 5 ˚C происходил в первой–второй декаде марта, ниже 5 ˚C – в первой декаде декабря. Максимальная температура воздуха летом достигала 36…38 ˚C, минимальная зимой – 7…10 ˚C ниже нуля. Годовая сумма осадков составляла до 560 мм [13]. Во все годы проведения исследований количество выпавших осадков и сумма активных и эффективных температур не отличались от среднемноголетних значений.

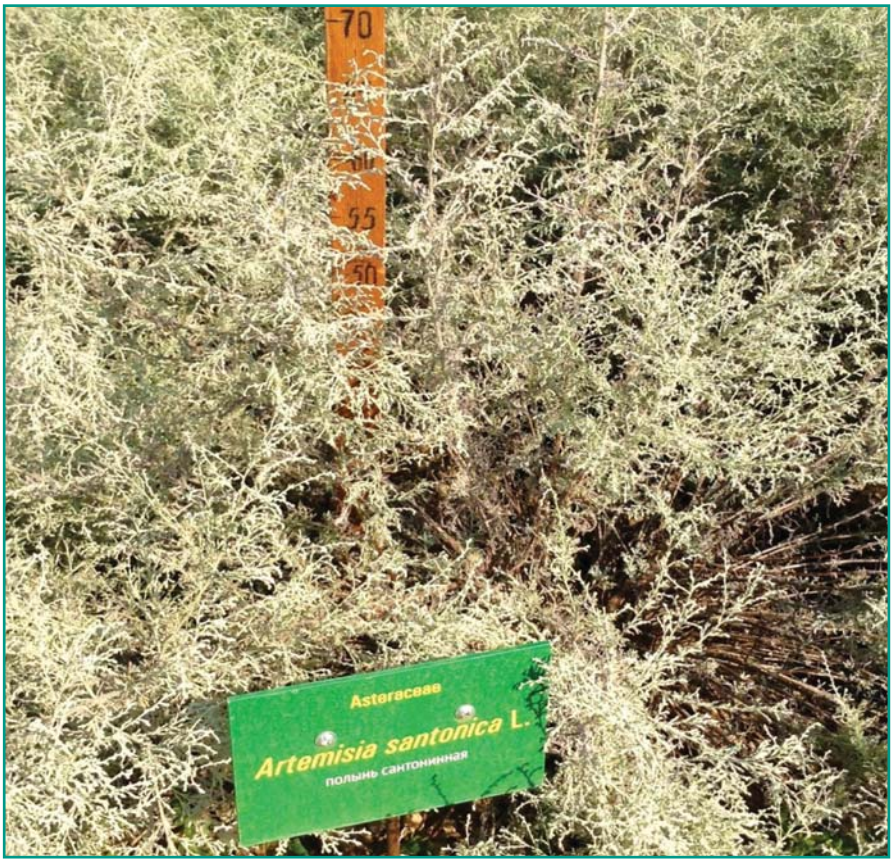


Рис. 1. *Artemisia santonica L. f. citralifera N. Rubtz. на опытном участке Никитского ботанического сада, 2019 г.*

Особенности развития, биоморфологические показатели растений изучали по методике, принятой в отделе новых ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада [14]. Массовую долю эфирного масла определяли методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга (ГОСТ 34213-2017). Компонентный состав эфирного масла исследовали на хроматографе Agilent Technology 6890N с масс-спектографическим детектором 5973N. Колонка HP-1 длиной 30 м; внутренний диаметр – 0,25 мм. Температуру термостата программировали от 50 ˚C до 250 ˚C со скоростью 4 ˚C/мин. Температура инжектора – 250 ˚C. Газноситель – гелий, скорость потока – 1 см^3 /мин. Перенос от газового хроматографа к масс-спектрометрическому детектору прогревался до 230 ˚C. Температуру источника поддерживали на уровне 200 ˚C. Электронную ионизацию проводили при 70 eV (электрон-вольт) в ранжировке масс m/z (масс-спектра) от 29 до 450 [15]. Компоненты эфирных масел идентифицировали по результатам сравнения масс-спектров химических веществ, полученных в процессе хроматографирования, с библиотекой масс-спектров NISTO2 (более 174 000 веществ). Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (*М.: Агропромиздат, 1985*).

В условиях культуры на Южном берегу Крыма *A. santonica f. citralifera* развивается как длительно вегетирующий многолетний кустарник (рис. 1) с продолжительностью вегетационного периодом 250±4 дней.

Изучаемый вид полыни характеризовался ранневесенними сроками отрастания, которые приходились на конец февраля – начало марта, однако активные ростовые процессы начинались только в первой декаде мая, когда температура воздуха достигала отметки 12…14 ˚C, почвы – 6…11 ˚C, влажность воздуха – 70…72 %. Пик интенсивности развития растений наблюдали с конца апреля по третью декаду мая (25 мая). В этот период прирост составлял 2,17 см/сут, уменьшаясь к концу мая до 1,57 см/сут (рис. 2). В июне и июле величина этого показателя находилась на уровне 0,32 и 0,20 см/сут соответственно.

В среднем за три года продолжительность формирования вегетативной массы растений составляла 132±6 дня. В конце июля – первой декаде августа полынь сантонинная снижала вегетативную активность и начинала генеративное развитие. Формирование и развитие генеративных органов продолжалось с первой декады августа до середины ноября – 110±5 дней.

В связи с длительностью вегетационного периода на фоне широкого температурного диапазона, совпадающего с осенним снижением температур, сроки наступления фенологических фаз зависели от сезонного состояния окружающей среды, и потому по годам они не

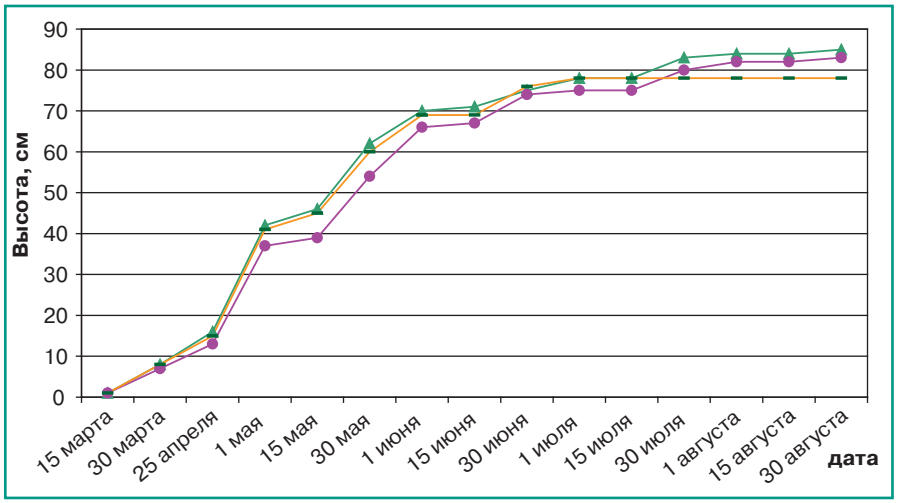


Рис. 2. *Динамика роста и развития Artemisia santonica L. f. citralifera N. Rubtz. в условиях Южного берега Крыма (среднее за 2017–2019 гг.): — 2017; — 2018; — 2019.*

ограничивались строго определенными числами месяца, а определялись суммой необходимого тепла. Так, для наступления фазы отрастания растений сумма положительных температур составляла 1138 ^{0}C, а для массового цветения требовалось в 3,2 раза больше тепла – 3695 ^{0}C (табл. 1).

1. Сумма положительных температур и массовая доля эфирного масла в надземной массе *Artemisia santonica* L. *f. citralifera* N. Rubtz. в зависимости от фазы развития растений (среднее за 2015–2019 гг.)

Фенофаза	Сумма положительных температур, ^{0}C	Массовая доля эфирного масла, %	
		от сырой массы	от воздушно-сухой массы
Отрастание	1138	следы	следы
Начало стеблевания	1736	0,18±0,02	0,46±0,04
Начало бутонизации	2442	0,31±0,03	0,73±0,06
Бутонизация	2442	0,44±0,06	1,07±0,11
Начало цветения	3141	0,58±0,05	1,32±0,12
Массовое цветение	3695	0,53±0,04	1,29±0,10
Конец цветения	4100	0,40±0,03	0,84±0,07
Созревание семян	4366	0,30±0,02	0,49±0,05
$НСР_{05}$		0,15	0,31

В фенологическом развитии полыни сантонинной на протяжении всего периода вегетации наблюдали биосинтез эфирного масла, что свидетельствует о его локализации не только в соцветиях, но и в вегетативной части растений. Период высокого содержания масла у полыни сантонинной не определяется одной фенофазой, как у большинства эфиромасличных растений, а растянут по времени. Начиная с первой декады сентября и по вторую декаду октября включительно (от бутонизации до массового цветения) она представляет интерес как эфиромасличная культура. Результаты анализа динамики маслообразовательного процесса по декадам вегетационного сезона с июня по ноябрь свидетельствуют о том, что максимально возможное накопление эфирного масла происходит в третьей декаде сентября – первой декаде октября, составляя 0,58…0,59 % от сырой массы и 1,31…1,32 % от воздушно-сухой. Среди аналогичных эфиромасличных растений ЮБК, содержащих цитраль и героаниол, например, кориандр, котовник, имеющие оптимальный период эфиромасличности от 6 до 11 дней [14], полынь сантонинная обладает неоспоримым преимуществом перед ними в 28±3 дней, что открывает возможности увеличения продолжительности срока уборки в 2,5…4,7 раза (табл. 2). Степень сопряженности показателей

2. Динамика накопления эфирного масла по декадам вегетационного периода *Artemisia santonica* L. *f. citralifera* N. Rubtz. (среднее за 2015–2016 гг.)

Месяц	Массовая доля эфирного масла, %					
	от сырой массы			от воздушно-сухой массы		
	1-я декада	2-я декада	3-я декада	1-я декада	2-я декада	3-я декада
Июнь	0,10	0,20	0,25	0,36	0,49	0,55
Июль	0,30	0,32	0,30	0,71	0,73	0,75
Август	0,43	0,43	0,45	1,06	1,06	1,09
Сентябрь	0,50	0,56	0,58	1,26	1,32	1,32
Октябрь	0,59	0,55	0,45	1,31	1,31	1,21
Ноябрь	0,40	0,40	0,30	0,84	0,60	0,49
$НСР_{05}$	0,08	0,13	0,14	0,21	0,29	0,19

3. Компонентный состав эфирного масла *Artemisia santonica L. f. citralifera* (2017 г.)

Время выхода	Компонент	Индекс удерживания Ковача	Содержание, %
5,00	3-гексен-1-ол	867	0,05
6,56	α-туйен	942	0,02
6,80	α-пинен	951	0,08
7,62	октен-3-ол	981	0,07
7,71	β-пинен (изомер)	984	0,26
7,90	β-пинен	990	0,04
8,24	не идентифицирован	–	0,01
8,86	α-терпинен	1024	0,03
9,03	п-цимен	1030	0,05
9,30	1,8-цинеол	1040	3,69
10,03	γ-терпинен	1064	0,08
10,33	цис-сабинен-гидрат	1073	0,34
11,11	линалоол	1096	0,07
11,30	транс-сабинен-гидрат	1101	0,15
11,47	α-туйон	1107	1,41
11,82	β-туйон	1120	0,10
12,06	п-мент-2-ен-1-ол	1128	0,06
12,55	цис-сабинол	1145	0,18
12,74	цитронеллаль	1151	0,86
13,03	цис-вербенол	1160	0,37
13,46	δ-терпинеол	1174	0,11
13,61	изонераль	1178	0,63
13,86	терпинен-4-ол	1186	0,86
14,28	α-терпинеол	1198	1,59
15,21	нерол	1229	6,98
15,64	цис-цитраль (Z)	1243	19,81
16,03	гераниол	1256	14,45
16,33	транс-хризантенил-ацетат	1265	0,10
16,60	транс-цитраль (E)	1273	25,03
17,26	цис-сабинил-ацетат	1292	2,52
17,57	карвакрол	1301	0,07
17,74	транс-сабинил-ацетат	1307	0,06
19,39	нерил-ацетат	1359	0,80
19,97	геранил-ацетат	1377	1,53
20,65	метилэвгенол	1396	0,05
21,80	кариофиллен	1435	0,04
21,92	цитронеллил-пропионат	1439	0,03
23,63	гермакрен D	1494	0,75
23,82	не идентифицирован	1501	0,11
23,97	геранил-изобутират	1506	0,80
24,08	бициклогермакрен	1510	0,14
24,22	β-бисаболен	1515	0,03
24,49	цитронеллил-бутират	1524	0,02
25,83	нерил(S)-2-метилбутират	1571	0,04
26,41	спатуленол	1590	0,09
26,59	геранил-изовалерат	1595	1,11
27,53	транс-фарнезол	1623	3,96
27,92	эпи-γ-эудесмол	1642	0,30
28,09	не идентифицирован	1648	0,15
28,50	бисаболол оксид B	1662	0,15
29,23	α-бисаболол	1687	6,21
30,24	транс, транс фарнезил ацетат	1715	0,13
30,82	не идентифицирован	1749	0,03
30,96	γ-костол	1755	0,13
31,17	не идентифицирован	1763	0,02
31,80	метил-изокостат	1788	0,14
33,52	транс-валеренил-ацетат	1853	0,04
36,11	геранил-бензоат	1945	0,02
41,63	β-циклокостанолид	2119	0,09

массовой доли эфирного масла и суммы температур за период активного накопления масла – от отрастания до цветения растений – сильная положительная достоверная r=0,94.

Согласно результатам органолептического и хроматографического анализа

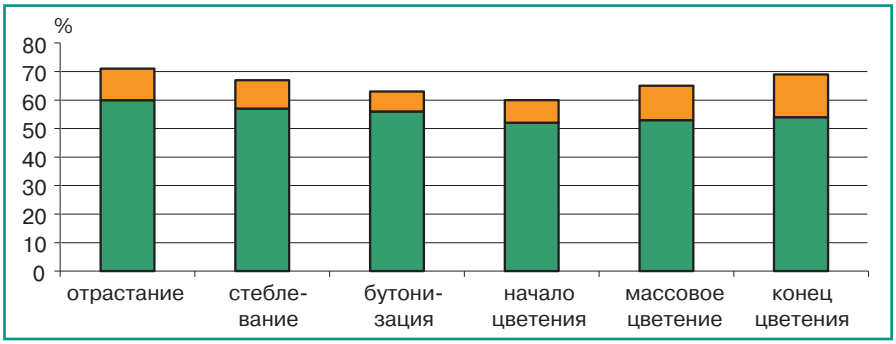


Рис. 3. *Массовая доля основных компонентов эфирного масла ($НСР_{05}$=8,10), в том числе цитраль+гераниол ($НСР_{05}$=6,30) по фенофазам Artemisia santonica L. f. citralifera N. Rubtz. (среднее за 2016–2017 гг.):* ■ *– цитраль + гераниол;* ■ *– основные компоненты.*

эфирное масло *A. santonica f. citralifera* характеризовалось ярко выраженным цветочно-фруктовым направлением запаха, что определило его ароматические свойства, получившие высшую парфюмерную оценку в 5 баллов. В биохимическом составе масла доля 5 основных из 57…59 идентифицированных компонентов, в среднем за пять лет, составила 64,7 % от цельного масла. Это ациклические монотерпены: альдегиды (цитраль) – 40,20…44,80 %, соответствующие им терпеновые спирты (гераниол, нерол) – 20,10…21,43 % и сложные эфиры (нерилацетат и геранилацетат) – 2,33…14,70 % (табл. 3).

В онтогеническом развитии полыни сантонинной отмечена тенденция обратной динамичности массовой доли эфирного масла и суммы основных компонентов, то есть максимальное продуцирование эфирного масла сопровождалось незначительным снижением в нем общей суммы ценных компонентов и наоборот (рис. 3). Установлено, что в фазах бутонизации, начала и массового цветения их содержание определялось минимальным уровнем от цельного масла (59,95…64,69 %). Это может быть связано с общими процессами образования и развития репродуктивных органов [16].

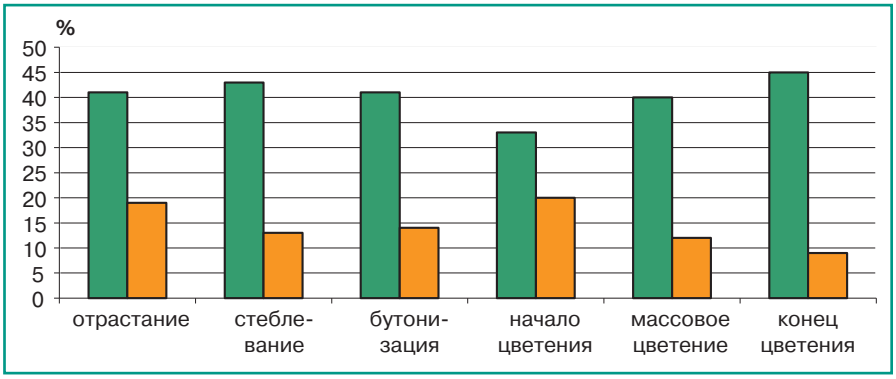


Рис. 4. *Динамика накопления цитраля ($НСР_{05}$=4,40) и гераниола ($НСР_{05}$=6,10) в основные фенофазы развития Artemisia santonica L. f. citralifera N. Rubtz. (среднее за 2016–2017 гг.):* ■ *– цитраль;* ■ *– гераникол.*

Поскольку основные компоненты эфирного масла – ненасыщенные природные соединения, пути их биосинтеза на протяжении вегетационного периода разнообразны. Так, в фенологическом развитии полыни сантонинной отмечена тенденция обратной динамичности массовой доли эфирного масла и суммы основных компонентов, то есть максимальное продуцирование эфирного масла сопровождалось незначительным снижением в нем общей суммы ценных компонентов и наоборот (рис. 3). Установлено, что в фазах бутонизации, начала и массового цветения их содержание определялось минимальным уровнем от цельного масла (59,95…64,69 %). Это может быть связано с общими процессами образования и развития репродуктивных органов [16].

Концентрация цитраля и гераниола в процессе вегетации полыни сантонинной характеризовалась интервалами варьирования от 33,00 до 44,00 % и от 9,30 до 19,60 % соответственно. Содержание этих компонентов находится в постоянном динамическом равновесии. По мнению ряда авторов, оно может смещаться в сторону образования непредельных спиртов (гераниол) или карбонильных соединений (цитраль) в зависимости от вида растений, а также в течение вегетации, что влияет на качество эфирного масла [17].

4. Динамика сбора эфирного масла, суммы основных компонентов и цитраля в процессе вегетации *Artemisia santonica* L. *f. citralifera* N. Rubtz. (2015–2019 гг.)

Фенофаза	Массовая доля основных компонентов*, % от суммы всех компонентов	Сбор, кг/га	
		эфирного масла	цитраля
Отрастание	70,62	12,92	5,30
Стеблевание	67,04	17,86	7,60
Бутонизация	63,09	25,36	10,44
Начало цветения	59,95	38,10	12,57
Массовое цветение	64,69	41,89	16,89
Конец цветения	68,71	36,91	16,47
Созревания семян	–	34,32	–
$НСР_{05}$	8,80	3,61	4,00

**цитраль (цис- и транс-формы цитраля), гераниол, нерол, геранилацетат, нерилацетат.*

В наших исследованиях в период перехода из вегетативного состояния в генеративное (от фазы стеблевания до фазы начала цветения) содержание цитраля в эфирном масле полыни снижалось с 42,50 % до 33,00 %, гераниола – возрастало с 13,10 % до 19,60 % (рис. 4). К фазе массового цветения и созревания семян наблюдали увеличения доли цитраля на 7,20…11,50 %, а к концу цветения – уменьшение количества гераниола до 9,30 %. В целом пик накопления цитраля приходился на конец цветения, гераниола – на начало этой фазы, когда регистрировали наибольшее содержанием эфирного масла в надземной массе.

Промышленное культивирование эфироносов определяется, прежде всего, количественными показателями сбора масла и его основных компонентов. По комплексу таких хозяйственно-ценных признаков, как урожайность, количество и качество эфирного масла в условиях культуры полынь сантонинная обеспечивала наибольший сбор эфирного масла (41,9 кг/га) и цитраля (16,9 кг/га) при оптимальном уровне суммы основных компонентов (64,69 %) в фазе массового цветения. В остальные фазы развития культуры величины этих показателей были значительно ниже (табл. 4).

Выводы. Продолжительность вегетационного периода *A. santonica* L. *f. citralifera* N. Rubtz.в условиях Южного берега Крыма составляет 250±4 дней, вегетативного и генеративного состояния растений – 132±6 и 110±5 дней соответственно. Сумма положительных температур для вступления растений в фазу массового цветения – 3695 ^{0}С, что в 3,2 раза больше чем для начала ее вегетации.

Календарный период максимального биосинтеза эфирного масла (1,32…1,34 % от сухой массы) продолжается со второй декады сентября по вторую декаду октября и составляет 27±3 дней. Оптимальная фенологическая фаза для уборки культуры по комплексу хозяйственно-ценных признаков – массовое цветение. При ее проведении в этот период сбор эфирного масла *A. santonica* L. *f. citralifera* достигает 41,9 кг/га, цитраля – 16,9 кг/га, сумма основных компонентов – 64,69 %. Эфирное масло полыни сантонина в конце цветения характеризуется максимальным содержанием цитраля (44,60 %), при минимальной концентрации гераниола (9,30 %).

Литература.

1. Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова. Симферополь: Н. Оринда, 2012. 232 с.
2. Логвиненко И. Е., Исиков В. П., Логвиненко Л. А. Лекарственные растения коллекции Никитского ботанического сада. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. 72 с.
3. Ржевский С. Г., Потапов М. А., Шихалиев Х. С. Сравнительное исследование состава спиртовых экстрактов Artemisia absinthium L., Artemisia armeniaca Lam. и Artemisia latifolia Ledeb. // Химия растительного сырья. 2019. № 1. С. 165–171. doi: 10.14258/jcprm.2019013888.
4. Логвиненко И. Е., Логвиненко Л. А. Итоги интродукционно-селекционных работ перспективных видов и сортов рода Artemisia L. // Труды Никитского ботанического сада. 2011. Т. 133. С.115-132.
5. Artemisia santonica L. как новый источник цитраля / Н. И. Рубцов, А. Г. Николаев, Т. П. Хорт и др. // Растительные ресурсы. 1974. Т. 10. С. 589-593.
6. Логвиненко Л. А., Шевчук О. М., Кравченко Е. Н. Интродукционное изучение некоторых видов полыни из коллекции ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 59–63.
7. Филлипова И. Рынок растительных средств: проблемы, перспективы, приоритеты. Ремедиум, 2016. 7. С. 15-16.
8. Ranjbar M., Naghavi M. R., Alizadeh H. Chemical composition of the essential oils of Artemisia species from Iran: a comparative study using multivariate statistical analysis // Journal of Essential Oil Research. 2020. Vol. 32. Iss. 4. P. 361–371. doi: 10.1080/10412905.2020.1750495.
9. Determination of the chemical composition and anti-oxidant activity of the essential oil of Artemisia dracunculus and of the antifungal and antibacterial activities of Turk-ish Artemisia absinthium, A. dracunculus, Artemisia santonicum, and Artemisia spicigera essential oils / S. Kordali, R. Kotan, A. Mavi, et all. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. Vol. 53. No. 24. P. 9452–9458. doi: 10.1021/jf0516538.
10. Шулов А. М., Хейфиц Л. А. Душистые вещества и полупродукты парфюмерно-косметического производства. М.: Агропромиздат, 1990. С. 141–143.
11. Одяков В. Ф., Матвеев К. И. Каталитические способы получения цитраля из продуктов основного органического синтеза // Химия в интересах устойчивого развития. Т. 9. 2001. С. 503–517.
12. Орел Т. И. Оценка агроэкологических ресурсов Крыма для выращивания эфиромасличных и лекарственных растений. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. 72 с.
13. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ильницкий О. А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ». 2015. 164 с.
14. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных культур. Методологические и методические аспекты / В. П. Исиков, В. Д. Работягов, Л. А. Хлыпенко и др. Ялта: НБС–ННЦ, 2009. 110 с.
15. Jennings, W., Shibamoto T. Qualitative analysis of Flavor and Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography. New York: Academic Press rapid Manuscript Reproduction, 1980. 472 p.
16. Аббасов Р. М. Биохимическое изучение полыней Азербаджана. Баку: Баку, 1965. 28 с.
17. Николаев А. Г. Биологическая роль компонентов эфирного масла. Химическая изменчивость растений. Кишинев: Штиинца, 1972. С. 9–24.

The citral form of *Artemisia santonica* L. f. Citralifera N. Rubtz.

L. A. Logvinenko, O. M. Shevchuk
Nikitsky Botanical Garden, National Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nikitskii spusk, 52, pgt. Nikita, Respublika Krym, 305021, Russian, Federation

Abstract. *The goal of the research was to study the biological characteristics and biochemical properties of Artemisia santonica f. citralifera in culture as a promising natural source of raw materials (essential oil, citral, geraniol). The work was carried out under conditions of the Southern Coast of the Crimea in agro-brown soils in 2015-2019. The experiment was established in 2014 with two-year-old plants (vegetatively propagated clones) according to the scheme of competitive variety testing of 0.50 x 1.0 m in four replicates. The main elements of the technology were growing of planting material, soil digging with the application of mineral fertilizers, loosening and smoothing of the soil surface, and watering. During the following two years we loosed row-spacings and additionally applied mineral fertilizers. The mass fraction of essential oil, the sum of the main components, citral and geraniol were determined by hydrodistillation on Ginsberg apparatus, the component composition was determined on Agilent Technology 6890N chromatograph with 5973N mass spectrographic detector. Plants started growing at a sum of positive temperatures of 1,138 C, and only at a sum of 3141–4100 C they began to flower. The most intensive increase in the aboveground mass of A. santonica occurred at the end of April and continued till the end of May, amounting to (2.17 ± 0.2) cm/day. The aboveground mass accumulates essential oil with the high aromatic rating (5 points) and with a pronounced floral-fruity smell, due to presence of citral, geraniol, nerol, geranyl acetate, neryl acetate. The maximum content of essential oil (1.32–1.34% of dry weight) was observed from the second decade of September till the second decade of October during (27 ± 3) days. When harvesting in the phenophase, optimal in terms of the complex of economically valuable traits – mass flowering – the crop yield reached 7.92–8.50 t/ha, oil collection – 41.9 kg/ha, citral output – 16.9 kg/ha. At the end of the flowering phase, the essential oil was characterized by the maximum citral content (44.6%), while the minimum concentration of geraniol (9.32%).*

Keywords: *Artemisia santonica L. f. Citralifera N. Rubtz.; phenological stages; dynamics of growth and development; mass fraction of the essential oil; hydrodistillation; chromatographic analysis; citral; geraniol.*

Author details: *L. A. Logvinenko, research fellow (e-mail: logvinenko-1963@list.ru); O. M. Shevchuk, D. Sc. (Biol.), deputy director for science.*

For citation: *Logvinenko LA, Shevchuk OM. [The citral form of Artemisia santonica L. f. Citralifera N. Rubtz.]. Zemledelie. 2020;(7):16-20. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10703.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10704
УДК 582.9492:547.913(477.75)

Хемотипическое разнообразие эфирного масла видов и культиваров рода *Perovskia* Kar. в условиях Южного берега Крыма

О. М. ШЕВЧУК, доктор биологических наук, главный научный сотрудник (oksana_shevchuk1970@mail.ru)
С. А. ФЕСЬКОВ, научный сотрудник
Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –Национальный научный центр РАН, Никитский спуск, 52, пгт. Никита, Республика Крым, 298648, Россия

Цель исследования – выявить хемотипическое разнообразие видов и культиваров рода Perovskia, произрастающих в коллекции лекарственных и ароматических растений Никитского ботанического сада, по компонентному составу эфирного масла, для определения перспективных направлений их использования в парфюмерии и фармакологии. Объекты исследований – два вида (Perovskia atriplicifolia Benth., P. scrophulariifolia Bunge) и один культивар (P. × hybrida Hort cv. Blue Gaz) рода Perovskia. Эксперименты выполняли в 2012–2019 гг. на Южном берегу Крыма. Массовую долю эфирного масла измеряли в свежем сырье трех-шестилетних растений методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга. Компонентный состав эфирных масел определяли с использованием аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором. В условиях интродукции в НБС объекты исследования проходят все фазы развития, отличаются высокой декоративностью и высоким содержанием в надземной массе эфирного масла: P. atriplicifolia – 0,38…0,53 %, P. scrophulariifolia – 0,3…0,43 % и P. × hybrida cv. Blue Gaz. – 0,30…0,46 %. Доминирующие компоненты эфирного масла P. scrophulariifolia – линалил ацетат (32,62 %) и линалоол (11,46 %), P. × hybrida cv. Blue Gaz – 1,8-цинеол (20,38 %), и камфора (24,7 %). P. atriplicifolia представлена двумя образцами разных хемотипов: у образца № 1 мажорными компонентами эфирного масла оказались камфора (21,19 %) и 1,8-цинеол (20,1 %), у № 2 – эндоборнеол (29,28 %) и 1,8-цинеол (16,17 %). В биохимическом составе изучаемых масел превалируют терпеноиды: спирты, эфиры и кетоны. В условиях ЮБК изучаемые виды представлены новыми, по сравнению

с мировыми, хемотипами: P. atriplicifolia – камфорно-цинеольным и эндоборнеольно-цинеольным; P. scrophulariifolia – линалил ацетатно-линалоольным. В надземной массе P. × hybrida cv. Blue Gaz синтезируется эфирное масло цинеольно-камфорного хемотипа.

Ключевые слова: *род Perovskia Kar., эфирное масло, компонентный состав, хемотип, 1,8-цинеол, камфора, эндоборнеол, линалилацетат, линалоол, Южный берег Крыма.*

Для цитирования: *Шевчук О. М., Феськов С. А. Хемотипическое разнообразие эфирного масла видов и культиваров рода Perovskia Kar. в условиях Южного берега Крыма // Земледелие. 2020. № 7. С. 16–24. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10704.*

Perovskia Kar. – род семейства Lamiaceae, насчитывающий 9 видов (*P. abrotanoides* Kar., *P. angustifolia* Kudrjasch., *P. artemisioides* Boiss., *P. atriplicifolia* Benth., *P. botschantzevii* Kovalevsk. & Kochk., *P. kudrjaschevii* Gorschk. & Pjataeva, *P. linczevskii* Kudrjasch., *P. scrophulariifolia* Bunge, *P. virgata* Kudrjasch. с природным распространением в Юго-Западной и Центральной Азии [1]. Представители рода – высокодекоративные листопадные полукустарники, широко используемые в народной медицине. Характеризуются высокой засухоустойчивостью и благодаря наличию в надземной массе эфирного масла, обладают фитонцидными свойствами [2]. Благодаря высоким темпам роста, адаптации к засухе, устойчивости к радиации, способности накапливать тяжелые металлы, произрастая на загрязненных почвах *P. atriplicifolia* – перспективный вид для использования в фиторемедиации [2, 3].

Наиболее хорошо изучены как эфиромасличные растения – *P. atriplicifolia* и *P. scrophulariifolia.*

Важное влияние на количество и качество эфирного сырья оказывают условия окружающей среды (температура, засуха, радиация и др.), генетические факторы, а также часть растения из которой извлекают масло [4].

Свойства эфирного масла определяет его компонентный состав, зависящий от условий произрастания растений. На сегодняшний день накоплен богатый фактический материал, свидетельствующий об изменчивости компонентного состава эфирного масла видов рода Perovskia. Известно семь хемотипов *P. atriplicifolia* – цинеольно-лимоненный [5], цинеольно-камфорный [6], цинеольно-каренный [7], цинеольно-цименный [2], цименно-лимоненный [8], камфорно-лимоненный [5] и лимоненно-терпиненовый [3, 4]; три хемотипа *P. scrophulariilia* – борнилацетатно-кариофилленовым [9], цинеольно-камфорным [10] и цинеольно-пиненовым [11].

Цель исследований – выявить хемотипическое разнообразие видов и культиваров рода *Perovskia,* произрастающих в коллекции лекарственных и ароматических растений Никитского ботанического сада, по компонентному составу эфирного масла для определения перспективных направлений их использования в парфюмерии и фармакологии.

Объектами исследования служили растения семенных интродукционных популяций *Perovskia atriplicifolia* – образец №1 и образец №2 (в коллекции НБС с 1969 г., семена получены по делектусу из Венгрии) и *P. scrophulariifolia* (в коллекции НБС с 2010 г., семена получены по делектусу из Румынии). Популяция *Perovskia* × *hybrida* hort cv. Blue Gaz. (гибрид *P. atriplicifolia* Benth. и *P. abrotanoides* Karel.) получена в 2015 г. в виде двухлетних черенков из маточных растений, произрастающих в коллекции Субтропического ботанического сада Кубани. Закладку опыта с *P. atriplicifolia* и *P. scrophulariifolia* проводили рассадой в 2012 г., *P.* × *hybrida* – двулетними черенками в 2015 г. по схеме 0,7×1 м. На начало исследований (2016 г.) каждый из изучаемых объектов был представлен 10 растениями трехлетнего возраста.

Основные элементы технологии на опытном участке: полив, рыхление междурядий и подкормка минеральными удобрениями (Комплексное удобрение «FERTIKA» Универсал-2 NPK 12:8:14+МИКРО (весной и летом).

Особенности многолетнего развития растений изучали по общепринятым методикам интродукционных исследований [12]. Массовую долю эфирного масла измеряли в свежем сырье в 2016–2019 г. методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга. Сырье для выделения эфирного масла – надземная масса, скошенная в период массового цветения (июль) на высоте 50 см от поверхности почвы. Компонентный состав эфирных масел определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором. Колонка капиллярная CR – 5ms, длина – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм. Фаза 5 % фенил 95 % полисилфениленсилоксан, толщина плёнки 0,25 мкм. Температуру термостата программировали от 75 °С до 240 °С со скоростью 4 °С/мин. Температура испарителя 250 °С. Газ носитель – гелий, скорость потока 1 мл/мин. Температура переходной линии 250 °С, источника ионов – 200 °С. Электронная ионизация 70 eV. Диапазон сканирования 20…450 а.е.м. (атомные единицы массы). Длительность скана 0,2 сек. Идентификацию выполняли на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 14 (Национальный институт стандартов и технологий, США). Программа поиска и идентификации спектров – MS Search (США). Индексы удерживания рассчитаны путём логарифмической интерполяции приведённых времён удерживания с использованием аналитического стандарта смеси реперных н-алканов Sigma-Aldrich (Швейцария) и аналитических стандартов Supelco (США). Массовую долю компонентов в пробе определяли методом процентной нормализации [13, 14].

Экспериментальный участок расположен на высоте 200 м над уровнем моря. Почва – агрокоричневая среднегумусированная мощная карбонатная легкоглинистая с содержанием гумуса в слое 0…20 см (по Тюрину в модификации ЦИНАО) – 2,96 %; азота легкогидролизуемого (по Тюрину и Кононовой) – 6,6 мг/100 г; подвижного фосфора и калия (по Мачигину) – 12,8 и 17,8 мг/100 г соответственно, $pH_{сол.}$ – 7,5 ед. Сумма поглощенных оснований 15…20 мг-экв. (смоль(+)/кг), поглощающий комплекс насыщен кальцием (80…90 % суммы оснований) [15].

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Office (Exel 2010).

В условиях ЮБК при семенном размножении исследуемые виды в первый год формируют только вегетативные побеги, со второго проходят все фазы развития, массово цветут и образуют семена. Начало вегетации наблюдается в конце марта – начале апреля, бутонизация – конце июня – начале июля, цветение – июль – август. Семена созревают во второй половине августа.

Растения *Perovskia atriplicifolia* достигают высоты 135 см и формируют куст диаметром до 100 см, насчитывающий 80…110 цветоносных стеблей (см. рисунок, а). Стебель прямостоячий, сильно опушенный, сизый. Листья черешковые, супротивные, перисто-рассеченные, сизо-зеленые, длиной 5,5…6,0 см, шириной 2,0…3,0 см. Листовая пластинка с обеих сторон густо опушена. Цветки мелкие и образуют в верхней части стебля сложное цимоидное соцветие типа тирс длиной до 60 см. Венчик цветка сине-фиолетовый, длиной 10…15 мм. Семена яйцевидные с носиком, гладкие, светло-коричневые, мелкие, 3 мм длиной, 1 мм шириной, масса 1000 семян – 0,6 г.

Растения *P. scrophulariifolia* отличаются более разлогой раскидистой формой куста высотой до 120 см (см. рисунок, б). Листья черешковые, светло-зелёные, яйцевидные, по краю тупо-городчатые, с обеих сторон железистые. Соцветие до 40 см длиной, безлистное, сильноветвистое, продолговато-пирамидальное. Чашечка трубчато-колокольчатая, фиолетовая, густо опушенная. Венчик темно-фиолетовый. Для этого вида характер более длительный период цветения – до 60 дней (с июня по август). Семена яй-

Рисунок. *Общий вид растений (2019 г., возраст растений 6 лет): а — Perovskia atriplicifolia Benth.; б — Perovskia scrophulariifolia Bunge.; в — Perovskia x hybrida hort cv. Blue Gaz.*

цевидные, гладкие, светло-коричневые, мелкие, 3 мм длиной, 1 мм шириной.

Растения *P.* × *hybrida* hort cv. Blue Gaz. высотой до 150 см с метловидной кроной и сероватыми, сильно рассеченными, небольшими листьями (см. рисунок, с). Формирует компактный куст диаметром до 90 см. Цветки дымчато-сиреневые мелкие и образуют в верхней части стебля соцветие типа тирс длиной до 70 см. Для сохранения сортовых характеристик рекомендуется размножение этого культивара одревесневшими черенками, нарезаемыми ранней весной из нижней части прошлогодних побегов.

Содержание эфирного масла в сыром сырье из надземной части представителей рода *Perovskia* в 2018 г. варьировало в следующих пределах: *P. atriplicifolia* – 0,30…0,53 % (0,70…1,20 % на абсолютно сухую массу), *P. scrophulariifolia* – 0,30…0,43 % (0,90…1,12 %) и *P.* × *hybrida* cv. Blue Gaz. – 0,30…0,46 % (0,86…1,43 %).

Результаты наших исследований сопоставимы с имеющимися данными, полученными в других точках. Так, *Perovskia atriplicifolia* в природных условиях (Передняя и южная Азия) накапливает от 1,06 до 1,64 % эфирного масла (в пересчете на абсолютно сухую массу) [6, 7]. Содержание эфирного масла в сыром сырье *P. scrophulariilia* в Центральной и средней Азия варьирует от 0,21 % [11] до 0,54 % [10].

В исследуемом эфирном масле *Perovskia atriplicifolia* (образец № 2 и № 1 соответственно идентифицировано 38 и 42 компонентов, *P.* × *hybrida* cv. Blue Gaz – 39, *P. scrophulariifolia* – 44 компонента (табл. 1). Доминирующими компонентами эфирного масла *P. scrophulariifolia* были линалилацетат (32,62 %) и линалоол (11,46 %); *P.* × *hybrida* cv. Blue Gaz – 1,8-цинеол (20,38 %) и камфора (24,7 %); у образца № 1 *P. atriplicifolia* – камфора (21,19 %) и 1,8-цинеол (20,1 %), № 2 – эндоборнеол (29,28 %) и 1,8-цинеол (16,17 %).

Все выявленные летучие вещества в изучаемых эфирных маслах относятся к группе терпенов и терпеноидов (табл. 2) с преобладанием терпеноидов, содержание которых варьирует от 60 до 84 %. Наибольшее количество терпеноидов (84,82 %) выявлено в эфирном масле *P. scrophulariifolia.* Это эфиры (линалилацетат, борнилацетат, 1,8-цинеол, геранилацетат, α-терпинилацетат и нерилацетат) и спирты (линалоол, эпиманоол, α-терпинеол, эндоборнеол и ледол). Терпены в эфирном масле *P. scrophulariifolia* представлены, в основном, сесквитерпенами (*алло*-аромадендрен, β-кариофиллен и гумулен), их доля составляет всего лишь 13,91 % от общего количества компонентов (табл. 2).

Самым низким содержание терпеноидов, по сравнению с другими видами, характеризовались образцы *Perovskia atriplicifolia* – 61…62 %. Среди веществ этой природы у образца № 1 преобладают кетоны (камфора) и эфиры (1,8-цинеол, борнилацетат и α-терпинилацетат). В эфирном масле образца № 2 преобладают спирты (эндоборнеол, α-бисаболол). Доля терпенов в их эфирном масле составляет 36…37 % и имеет сходный состав – это α- и β-пинен, 3-карен, камфен, р-цимен, γ-терпинен.

Исходя из имеющихся литературных данных [2, 3], эфирное мало этого вида при выращивании в различных условиях отличается высокой изменчивостью компонентного состава [4, 6, 8]. Особенно это касается относительного содержания терпенов. Например, при выращивании *P. atriplicifolia* в условиях Восточной Европы [8] содержание лимонена варьировало от 16,72 до 17,75 %, а в обоих образцах из НБС этот компонент отсутствовал.

Результаты анализа компонентного состава эфирного масла растений *P. atriplicifolia,* выращенных на Южном берегу Крыма, свидетельствуют о наличии двух новых для этого вида хемотипов: камфорно-цинеольного и эндоборнеольно-цинеольного.

Для эфирного масла *Perovskia* x *hybrida* hort cv. Blue Gaz. также характерно преобладание терпеноидов, сумма которых составляет 66,90 %. Среди них треть (29,97 %) приходится на эфиры (1,8-цинеол, α-терпинил ацетат и борнил ацетат). Существенна доля кетона камфоры (до 24,76 %) и незначительная доля спиртов (эндоборнеол и т-кадинол). Среди терпенов доминирующее положение занимают монотерпены (α- и β-пинен, лимонен 3-карен и камфен). Среди сесквитерпенов высоким содержанием отличается β-кариофиллен и гумулен. По основным компонентам эфирное масло *P.* × *hybrida* hort cv. Blue Gaz можно отнести к камфорно-цинеольному хемотипу [5]. По компонентному составу оно наиболее близко к эфирному маслу образца № 1 *P. atriplicifolia* камфорно-цинеольного хемотипа с небольшими отличиями, а именно, присутствием лимонена (7,19 %), увеличением относительной доли терпенилацетата (4,16 против 1,78 % у образца № 1 *P. atriplicifolia*) и сесквитерпенов кариофиллена и гумулена (5,22 и 1,88; 4,74 и 1,70 соответственно). Это подтверждает гибридное происхождение *P.* × *hybrida* hort cv. Blue Gaz, при котором *P. atriplicifolia* – одна из родительских форм.

Анализ соотношения мажорных компонентов в эфирном масле изучаемых представителей рода Perovskia позволяет сделать предположение об возможных направлениях их использования.

Эфирное масло *Perovskia x hybrida* hort cv. Blue Gaz и *P. atriplicifolia* (образец № 1), в котором превалируют эфиры (29,97 и 27,71 %) с мажорным компонентом 1,8-цинеол (20,38 и 20,10 %) и кетон терпенового ряда камфора (24,70 и 21,19 %), обладающие противоми-

кробным и противовоспалительным, антисептическим, бактерицидным, фунгицидным, противовирусным действием перспективно для фармакологии и косметологии. Основные компоненты придают эфирному маслу камфорный запах.

В эфирном масле образца №2 *P. atriplicifolia* преобладают спирты (до 34,0 %, мажорный компонент – бициклический монотерпеновый спирт камфанового ряда эндоборнеол), монотерпены и эфиры (в общей сумме 52,85 %, основной компонент – эфир 1,8-цинеол – до 16,17 %), что также позволяет отнести его к маслам фармакологического направления использования с антисептическим и противовирусным действием. Эндоборнеол, борнилацетат и цинеол придают эфирному маслу хвойно-камфорный, бальзамический аромат, что позволяет рекомендовать его для применения в парфюмерной промышленности.

В эфирном масле *P. scrophulariifolia* преобладают эфиры (до 49,89 %), основной – линалилацетат (32,62 %), спирты – до 32,18 % (линалоол – 11,46 %) и диастереомерная форма трициклического сесквитерпена аромадендрена – *алло*-аромадендрен (7,29 %). При таком компонентном составе его можно применять в медицине и косметологии, как обладающее противогрибковым и седативным действием, антисептическими, противовоспалительными и противовирусными свойствами. Линалилацетат и линалоол придают эфирному маслу ландышево-цитрусовый запах, что делает его перспективным для использования в парфюмерии, наряду с лавандовым. Также следует отметить, что в других условиях произрастания [9, 10, 11] линалилацетата накапливается значительно меньше – от 0,27 % до 2,40 %. В исследуемом же эфирном масле его относительное содержание практически равно величине этого показателя у сорта лаванды узколистной селекции НБС «Рекорд» (см. табл. 1), что позволяет рассматривать *Perovskia scrophulariilia* в качестве источника ценного эфирного масла парфюмерного направления.

Анализ эфирных масел двух видов и одного гибрида рода *Perovskia,* интродуцированных на Южный берег Крыма, показал, что для них характерен ряд особенностей в накоплении терпеновых соединений эфирных масел. Доминирующие компоненты эфирного масла *P. scrophulariifolia* – линалил ацетат и линалоол, *P.* × *hybrida* cv. Blue Gaz – 1,8-цинеол и камфора, образца № 1 *P. atriplicifolia* – камфора и 1,8-цинеол, № 2 – эндоборнеол и 1,8-цинеол.

Эфирные масла всех исследуемых видов и сорта отличаются преобладанием летучих веществ терпеноидной природы, доля которых варьирует от

1. Компонентный состав эфирного масла видов рода *Perovskia* Kar., 2019 г.

Компонент	RI*	Доля компонентов, %				
		Perovskia × *hybrida* hort cv. Blue Gaz	*Perovskia atriplicifolia* Benth.		*Perovskia scrophulariifolia* Bunge.	*Lavandula angustifolia* Mill.,сорт Рекорд
			образец № 1	образец № 2		
(Z)-3-гексен-1-ол	855	–	0,08	–	–	–
α-туен	934	0,06	0,63	0,47	–	0,07
α-пинен	945	3,36	9,54	6,28	0,48	0,08
Камфен	962	1,47	3,61	2,53	0,22	0,08
1-октен-3-ол	977	–	0,14	0,05	–	0,12
Сабинен	981	–	0,26	0,14	–	–
β-пинен	989	2,10	3,72	2,34	0,20	–
β-мирцен	990	0,54	0,62	0,63	–	–
α-фелландрен	1011	–	0,28	0,05	–	0,03
3-карен	1017	3,76	5,08	4,87	0,07	0,14
α-терпинен	1023	–	0,29	0,33	–	0,06
р-цимен	1029	0,40	4,11	5,82	0,23	0,09
лимонен	1038	7,19	–	–	–	–
1,8-цинеол	1039	20,38	20,10	16,17	3,35	0,20
β-оцимен	1047	0,06	–	–	–	3,88
γ-терпинен	1064	0,13	2,62	3,73	–	0,12
цис-сабинен гидрат	1072	0,43	0,60	0,49	0,40	0,08
транс-линалоол оксид (фураноид)	1087	–	–	–	0,08	–
α-терпинолен	1088	0,29	0,35	0,30	–	0,16
линалоол	1096	0,25	0,12	0,28	11,46	37,03
транс-сабинен гидрат	1102	0,31	0,57	0,43	0,21	–
β-туйон	1117	0,06	–	0,13	–	–
цис-п-мент-2-ен-1-ол	1127	–	–	–	0,04	–
цис-сабинол	1140	0,40	–	0,23	–	–
камфора	1152	24,70	21,19	0,41	0,96	0,12
изоментон	1159	–	–	–	0,20	–
Ментон	1169	–	–	–	0,10	–
β-терпинеол	1173	0,44	0,49	–	0,13	–
эндоборнеол	1176	4,17	6,56	29,28	4,30	0,57
терпинен-4-ол	1184	0,33	0,66	0,57	0,46	3,24
α-терпинеол	1196	0,48	0,63	0,50	4,70	2,95
Нерол	1228	–	–	–	0,83	0,33
борнилформиат	1237	0,10	0,09	0,06	0,03	–
линалилацетат	1254	0,42	0,13	0,43	32,62	33,38
цитраль	1270	–	–	–	0,05	–
Тимол	1285	–	–	0,12	0,05	–
борнилацетат	1291	4,37	5,17	6,16	6,31	0,10
карвакрол	1300	–	0,39	0,24	0,21	–
δ-терпинеолацетат	1319	0,10	–	0,03	0,15	–
α-терпинилацетат	1353	4,16	1,78	1,61	1,86	–
нерилацетат	1359	–	–	–	1,61	0,67
геранилацетат	1377	–	–	–	3,25	1,26
α-копаен	1390	0,14	–	–	–	–
Жасмон	1395	–	–	–	0,06	–
α-гурюнен	1423	0,38	–	–	0,26	–
β-кариофиллен	1434	5,22	1,84	5,04	2,43	2,38
γ-куркумен	1453	–	0,20	–	–	–
аромадендрен	1455	–	–	–	0,33	–
алло-аромадендрен	1464	–	–	–	7,29	–
Гумулен	1470	4,74	1,70	4,24	2,24	0,04
селина-3,11-диен	1477	–	0,32	–	–	–
β-селинен	1488	–	0,19	–	–	–
α-селинен	1496	–	0,23	–	–	–
Леден	1506	–	–	–	0,13	–
β-бисаболен	1510	–	0,29	–	–	–
γ-кадинен	1517	1,15	0,09	0,59	–	–
δ-кадинен	1531	0,56	0,10	0,22	0,03	–
гермакрен D	1544	–	0,34	–	–	0,65
палюстрол	1585	–	–	–	0,09	–
Кубебол	1588	0,13	–	–	–	–
(+)-спатуленол	1589	–	–	–	0,26	–
кариофилленоксид	1596	1,30	0,66	1,30	1,24	0,11
(-)-глобулол	1607	–	–	–	0,15	–
Ледол	1619	0,29	–	–	2,12	–
гумуленэпоксид	1623	0,44	0,44	0,90	0,71	–
т-кадинол	1673	3,13	0,15	1,86	–	–
α-бисаболол	1682	–	2,73	–	–	–
эпикубенол	2000	0,51	–	0,31	–	–
эпиманоол	2027	–	–	–	7,03	–
Выявлено/ идентифицировано		41/39	44/42	41/38	45/44	33/27

** – RI – индекс удерживания*

2. Органические соединения в эфирном масле видов рода *Perovskia*, 2019 г.

Органическое соединение	Доля органического соединения, %			
	Perovskia × *hybrida* hort cv. Blue Gaz.	*Perovskia atriplicifolia* Benth.		*Perovskia scrophulariifolia* Bunge.
		образец № 1	образец № 2	
Терпены				
Монотерпены всего	19,36	31,11	27,49	1,20
в том числе: ациклические	0,60	0,62	0,63	–
моноциклические	8,07	8,28	10,70	0,23
бициклические	10,69	22,21	16,16	0,97
Сесквитерпены всего	12,19	5,30	10,09	12,71
в том числе: моноциклические	–	0,83	–	–
бициклические	11,67	4,47	10,09	4,70
трициклические	0,52	–	–	8,01
Всего терпенов	31,55	36,41	37,58	**13,91**
Терпеноиды				
Спирты	10,87	12,73	34,00	32,18
Оксиды	1,30	0,66	1,30	1,32
Альдегиды	–	–	–	0,05
Эфиры	29,97	27,71	25,36	49,89
Фенолы	–	0,39	0,36	0,26
Кетоны	24,76	21,19	0,54	1,12
Всего терпеноидов	66,90	62,68	61,56	84,82

61,56 до 84,82 % от общего количество компонентов.

Масло *P. atriplicifolia*, представленной в коллекции лекарственных и ароматических растений НБС двумя образцами, отличается вариабельностью компонентного состава, по которому оно отнесено к двум новым хемотипам: камфорно-цинеольный и эндоборнеольно-цинеольный. В эфирном масле *P.* × *hybrida* hort cv. Blue Gaz также высока доля камфоры и цинеола, что позволяет говорить о его фармакологической направленности. Выявлен новый хемотип *P. scrophulariilia* – линалилацетатно-линалоольный, который перспективен для использования в парфюмерии.

Литература.

1. Perovskia // The Plant List. [Электронный ресурс]. URL: http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/ Lamiaceae/Perovskia/ (дата обращения 28.06.2020).

2. Micromorphological traits and biochemical pattern of Perovskia atriplicifolia Benth., plant with phytoremediative potential / Zamfirache M., Burzo I., Gostin I., et al. // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. September 2011. Vol. 6. No. 2. P. 261–268.

3. Glandular trichomes and essential oil constituents of Perovskia atriplicifolia Benth. / Zamfirache M., Burzo I., Gostin I., et al. // Analele Stiintifice ale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza", Sectiunea Genetica si Biologie Moleculara. 2009. Vol. 10. P. 73–80.

4. Studies regarding the chemical composition of volatile oils from some spontaneous and cultivated Lamiaceae species / Zamfirache M., Burzo I., Padurariu C. et al. // Analele stiintifice ale Universitatii "Al. I. Cuza" Iasi. Biologie vegetala. 2010. Vol.LVI. P. 43–49.

5. Chemical Composition and Biological Activity of the Essential Oil of Perovskia atriplicifolia from Pakistan / F. Z. Erdemgil, S. Ilhan, F. Korkmaz, et al. // Pharmaceutical Biology. 2007. Vol. 45. No. 4. P. 324–331. doi: 10.1080/13880200701212890.

6. Dabiri M., Sefidkon F. Analysis of the essential oil from aerial parts of Perovskia atriplicifolia Benth. at different stages of plant growth // Flavour and Fragrance Journal. 2001. No. 16. P. 435–438. doi: 10.1002/ ffj.988.

7. Jassbi A. , Ahmad V. , Tareen R. Constituents of the essential oil of Perovskia atriplicifolia Benth. // Flavour and Fragrance Journal. 1999. No. 14. P. 38–40.

8. Chemical composition and antimicrobial activities of volatile oils in some Lamiaceae species / I. Boz, C. Padurariu, M. Zamfirache, et al. // Journal of Biodiversity and Ecological Sciences. 2011. Vol. 1. No. 1. P. 21–27.

9. Dabiri M., Sefidkon F. Analysis of the essential oil from aerial parts of Perovskia atriplicifolia Benth. at different stages of plant growth // Flavour and Fragrance Journal. 2001. No. 16. P. 435–438. doi: 10.1002/ffj.988.

10. Jassbi A., Ahmad V., Tareen R. Constituents of the essential oil of Perovskia atriplicifolia Benth. // Flavour and Fragrance Journal. 1999. No. 14. P. 38–40.

11. Abduganiev B., Abdullaev U., Plugar V. Qualitative and quantitative compositions of the essential oil of Perovskia scrophulariifolia // Chemistry of Natural Compounds. 1995. Vol. 31. No. 4. P. 475–477. doi:10.1007/BF01177415.

12. Essential oil of Perovskia scrophularifolia / K. R. Nuriddinov, K. K. Khodzimatov, K. N. Aripov et al. // Chemistry of Natural Compounds. 1997. Vol. 33. No. 3. P. 299–300. doi: 10.1007/BF02234879.

13. Shakhnoza S. A., Glushenkova A. I., Vinogradova V. I. Lipids, Lipophilic Components and Essential Oils from Plant Sources. London: Springer, 2012. 992 p. doi: 10.1007/978-0-85729-323-7.

14. Методологические и методические аспекты / В. П. Исиков, В. Д. Работягов, Л. А. Хлыпенко и др. Ялта: НБС–ННЦ, 2009. 110 с.

15. Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: «Офсет», 2008. 969. с.

16. Adams R. P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. USA: Allured Pub. Corp., 2007. 804 p.

17. Орел Т. И. Оценка агроэкологических ресурсов Крыма для выращивания эфиромасличных и лекарственных растений. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. 92 с.

Chemotypical diversity of essential oil of species and cultivars of Perovskia Kar. genus under conditions of the South Coast of Crimea

O. M. Shevchuk, S. A. Fes'kov
Nikitsky Botanical Garden, National Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nikitskii spusk, 52, pgt. Nikita, Respublika Krym, 305021, Russian, Federation

Abstract. *The research aimed to identify the chemotypic diversity of species and cultivars of Perovskia genus growing in the collection of medicinal and aromatic plants of the Nikitsky Botanical Garden, according to the component composition of essential oil, to determine promising directions of their use in perfumery and pharmacology. The objects of the research were two species (Perovskia atriplicifolia Benth., P. scrophulariifolia Bunge) and one cultivar (P. x hybrida Hort cv. Blue Gaz) of Perovskia genus. The studies were carried out in 2012–2019 on the South Coast of Crimea. The mass fraction of essential oil was determined in fresh raw material of three- to six-year-old plants by hydrodistillation using Ginsberg apparatus. The component composition of essential oils was determined using a hardware-software complex based on a chromatograph "Chromatek-Kristall 5000.2" equipped with a mass spectrometric detector. Under the conditions of introduction in the Nikitsky Botanical Garden, the objects of study go through all phases of development, they are distinguished by high decorativeness and a significant content of essential oil in the aboveground part: P. atriplicifolia – 0.38–0.53%, P. scrophulariifolia – 0.3–0.43%, and P. x hybrida cv. Blue Gaz – 0.3–0.46%. The dominant components of P. scrophulariifolia essential oil are linalil acetate (32.62%) and linalool (11.46%), of P. x hybrida cv. Blue Gaz – 1,8-cineole (20.38%), and camphor (24.7%). P. atriplicifolia is represented by two samples of different chemotypes. For the first sample the main components are camphor (21.19%) and 1,8-cineole (20.1%); in the second sample endoborneol (29.28%) and 1.8- cineole (16.17%) dominate. The biochemical composition of the studied oils is dominated by terpenoids: alcohols, ethers and ketones. Under conditions of the South Coast of Crimea, the studied species are represented by new chemotypes, compared to the world samples: camphor-cineole and endoborneole-cineole (P. atriplicifolia) and linalyl acetate-linalool (P. scrophulariifolia). In the aboveground part of P. x hybrida cv. Blue Gaz essential oil of the cineole-camphor chemotype is synthesized.*

Keywords: *Perovskia Kar. genus; essential oil; component composition; chemotype; 1,8-cineole; camphor; endoborneol; linalyl acetate; linalool; Southern coast of Crimea.*

Author Details: *O. M. Shevchuk, D. Sc (Agr), chief research fellow (oksana_shevchuk1970@mail.ru); S. A. Fes'kov, research fellow.*

For citation: *Shevchuk OM, Fes'kov SA. [Chemotypical diversity of essential oil of species and cultivars of Perovskia Kar. genus under conditions of the South Coast of Crimea]. Zemledelie. 2020;(7):16-24. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10704.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10705
УДК631.5:633.11

Сравнительная характеристика урожайности и количества белка в зерне сортов озимой пшеницы и тритикале на Дону

А. И. ГРАБОВЕЦ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник (e-mail: grabovets_ai@ mail.ru)
К. Н. БИРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
М. А. ФОМЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Федеральный Ростовский аграрный научный центр, ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский р-н, Ростовская обл., 346735, Российская Федерация

Исследования выполняли в 2010–2019 гг. в Ростовской области с целью сравнения урожайности и содержания белка в зерне озимой пшеницы и тритикале для обоснования целесообразности возделывания тритикале. Сравнивали урожайность этих культур в конкурсном сортоиспытании при посеве по пару и зернобобовым предшественникам. Параллельно оценивали реакцию пшеницы и тритикале по пару на разные сроки сева (25 августа, 5, 10 и 25 сентября, 5 октября), а при поздних сроках сева (5 и 15 октября) оценивали две номы высева (4,0 и 5,5 млн всхожих семян/га), сравнивали разные агрофона (контроль без удобрений, N_{40}, $N_{47}P_{19}$, N_{70}, $N_{12}P_{52}$, $N_{52}P_{52}$, $N_{59}P_{71}$, $N_{82}P_{52}$, $N_{24}P_{104}$, $N_{64}P_{104}$, $N_{71}P_{123}$, $N_{94}P_{104}$). В конкурсном испытании урожайность тритикале превышала величину этого показателя у пшеницы при посеве по пару на 1,66 т/га, по зернобобовым – на 0,7 т/га. В опыте со сроками сева сбор зерна тритикале, в сравнении с пшеницей, был больше на 0,75…1,89 т/га, при внесении удобрений – в среднем на 1,36 т/га. По среднемноголетним данным при перезимовке озимая пшеница выдерживала на узле кущения -18 °С, тритикале – -20…-21 °С. Потенциальная продуктивность в сравнимых условиях при возделывании пшеницы по оптимальной технологии составляла 10 т/га, тритикале – 12…13 т/га. По содержанию белка в зерне пшеница (14,1 % в среднем по всем опытам) превышала тритикале на 0,9 %. Внесение удобрений под тритикале снижало этот разрыв до 0,6 %. Проведение поздних некорневых азотных подкормок карбамидом способствовало увеличению содержания белка в зерне тритикале до 14 %, клейковины – до 25 %. В сравнимых условиях из-за большей урожайности сбор белка у тритикале составил 1010 кг/га, у пшеницы 877 кг/га.

Ключевые слова: *пшеница (Triticum aestivum L.), тритикале (×Triticosecale Wittmack), урожайность, зерно, срок сева, удобрение, белок.*

Для цитирования: *Грабовец А. И., Бирюков К. Н., Фоменко М. А. Сравнительная характеристика урожайности и количества белка в зерне у сортов озимой пшеницы и тритикале на Дону // Земледелие. 2020. № 7. С. 25–28. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10705.*

Пшеница – одна из самых древних возделываемых культур. Тритикале – новый вид, созданный человеком в XIX в. Как у любой новой культуры из-за незнания её биологических особенностей у производителей сложилось предвзятое мнение о низкой урожайности тритикале, в сравнении с озимой пшеницей. Причем в условиях производства — это действительно так. Однако такая ситуация связана с тем, что ее высевают по самым плохим предшественникам и почвам, часто без удобрений и убирают последней с перестоем на корню до 30 дней, чтобы не засорять комбайны. Положение усугубляет и слабый интерес бизнеса к зерну тритикале. В то же время при совершенно одинаковых условиях возделывания в Центральном Нечерноземье, Саратовской области, Предуралье, в Беларуси и др. зимостойкость, устойчивость к неблагоприятным условиям и урожайность тритикале значительно выше, чем у озимой пшеницы [1, 2]. Аналогичные результаты демонстрируют ученые Украины [3], Мексики [4] и др.

Довольно неоднозначные сведения приводятся по содержанию белка в зерне тритикале. На начальных этапах селекции, когда зерновка этой культуры была щуплой, количество белка в ней варьировало в пределах 11,7…22,5 % при среднем содержании 14,5 %, у пшеницы – 12,9 (10…17 %) [5]. Однако в процессе селекции по мере увеличения заполняемости эндосперма крахмалом содержание белка снижалось. Несмотря на это оно всё же оставалось большим, чем у пшеницы [6]. В то же время можно найти и противоположные утверждения, особенно если речь идет о сортах тритикале с урожайностью 10 т/га и выше [7, 8].

Единственно бесспорным было более высокое содержание лизина в зерне тритикале (3,7 % от общего количества белка), в сравнении с пшеницей (3 %). Кроме того, тритикалевая мука отличается повышенной общей суммой аминокислот (9900…9915 мг/100 г муки у сортов тритикале Рондо и Тальва 100, против 9158 мг/100 г у пшеницы Тарасовская 29 [6]).

В Ростовской области в ДЗНИИСХ селекцию пшеницы начали в 1967 г., тритикале – 1976 г. За эти годы в Госреестр включено 40 сортов озимой мягкой пшеницы и 39 зерновой и кормовой тритикале. На 2019 г. в Госреестре их было соответственно 20 и 26 сортов.

Цель исследований – оценить потенциальные возможности пшеницы и тритикале по сбору зерна и белка в сравнимых условиях их возделывания в ряде опытов и определить обоснованность суждения о более низкой продуктивности тритикале, в сравнении с пшеницей.

Работу выполняли в 2010–2019 гг. в ДЗНИИСХ (ныне Федеральный Ростовский аграрный научный центр). Почва опытного участка – среднемощный южный карбонатный чернозем. Мощность гумусового горизонта – 60…70 см. Количество гумуса в пахотном слое находилось в пределах 3,6 % (ГОСТ 2613-91), гидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 67 мг/кг. Содержание общего азота ($N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NH_4$) (по Гинзбургу) в пахотном слое почвы составляло 12 мг/кг почвы, подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) (ГОСТ26204-91) – 19 и 320 мг/кг соответственно. Сумма поглощённых оснований (ГОСТ 27281-88) – 68 мг/кг.

Климат места проведения исследований умеренно континентальный. Сумма осадков в годы экспериментов варьировала от 230 до 600 мм (при среднемноголетней норме 450 мм). В регионе они в основном выпадают в осенне-зимний период. В летний период сумма осадков и сроки их выпадения абсолютно непредсказуемы. Из 10 лет 3 года (2012, 2013, 2015 гг.) она составляла 69…87 % от среднемноголетних значений. В 2017 и 2019 гг., несмотря на то, что доля осадков от нормы составила 113 и 154 % соответственно, налив зерна проходил при острейшей почвенной и воздушной засухе. С мая по август наблюдали высокие температуры воздуха до 35…37 °С (данные метеопоста Тарасовское опытное поле) с частыми суховейными ветрами. ГТК составлял 32…43 %. Средними по увлажнению были 2010, 2011, 2014 гг., благоприятными – 2016 и 2018 гг. Таким образом, половина лет характеризовалась крайним дефицитом влаги в период роста и налива зерновки.

Работали с гексаплоидной формой тритикале. Ежегодно закладывали по четыре полевых эксперимента.

Первый – конкурсное сортоиспытание (КСИ) по методике Госкомиссии (единые схема, агрофон $P_{100}N_{100}$, норма высева, технология ухода за посевами; срок посева и уборки в один день). Посев проводили по пару и зернобобовым предшественникам. Изучаемые факторы – культура и предшественник.

Во втором опыте определяли влияние сроков сева на урожайность и качество зерна. Посев проводили 25 августа, 5, 10 и 25 сентября, 5 октября. Норма

1. Сравнительная характеристика озимых пшеницы и тритикале в конкурсных испытаниях (среднее по сортам)

Год (фактор А)	Культура (фактор В)							
	озимая пшеница				озимая тритикале			
	урожайность по предшественнику, т/га		количество белка в зерне по пару,* %		урожайность по предшественнику, т/га		количество белка в зерне по пару, %	
	пар	зернобобовые	среднее	варьирование	пар	зернобобовые	среднее	варьирование
2010	5,40	5,30	12,6	10,4…14,3	7,6	6,39*	10,4	9,8…11,8
2011	6,32	5,53	12,8	10,4…14,6	7,1	5,24	13,8	13,0…15,2
2012	5,74	4,17	14,6	13,7…16,0	6,38	5,45	14,0	12,3…15,2
2013	5.43	1.97	15,2	13,0…17,1	7.18	2,80	14,5	13,0…15,6
2014	7,13	5,02	15,2	13,8…16,6	6,83	5,29	14,6	13,3…16,0
2015	4,95	3,95	15,3	14,8…17,1	6,58	3,94	13,8	12,6…15,1
2016	8,59	8,10	13,1	12,1…14,8	10,7	8,74	11,8	11,3…12,4
2017	8,19	7,21	–	–	9,10	6,81	–	–
2018	3,18	3,34	–	–	8,62	4,26	–	–
2019	5,47	2,62	–	–	7,70	5,31	–	–
Среднее за 2010–2019	60,4	47,2			77,8	54,2		
$НСР_{05}$ для А	1,6	2,2	0,3		2,1	2,8	0,4	
$НСР_{05}$ для В	урожайность – 4,8, содержание белка 0,4							

высева – 4 млн всхожих семян/га. Агрофон – $P_{100}N_{100}$. Факторов два – срок посева и культура.

Третий эксперимент предусматривал изучение воздействия на урожай и содержание белка в зерне поздних сроков сева (5 и 15 октября) и разных норм высева (4,0 и 5,5 млн всхожих семян/га). Опыт – трехфакторный.

В четвертом опыте определяли реакцию культур на различные агрофона без удобрений (контроль), N_{40}, $N_{47}P_{19}$, N_{70}, $N_{12}P_{52}$, $N_{52}P_{52}$, $N_{59}P_{71}$, $N_{82}P_{52}$, $N_{24}P_{104}$, $N_{64}P_{104}$, $N_{71}P_{123}$, $N_{94}P_{104}$. Фосфорные удобрения заделывали под вспашку. Проводили ранневесеннюю азотную подкормку в дозе N_{40}. Дополнительно вносили фосфорные и азотные удобрения некорневым способом (P_2O_5 в виде ЖКУ, N в виде карбамида). ЖКУ использовали после выхода в трубку, карбамид перед колошением. Факторов два – удобрения и культура. Предшественник – чистый пар. По непаровому предшественнику получать всходы не удавалось из-за частых засух.

Посев проводили рандомизированными блоками, сеялкой Клен или СКС 6-10. Площадь делянки в КСИ – 45 м², в питомнике сортовой агротехники – 15 м². Уборку урожая осуществляли комбайном Сампо 130. Количество белка определяли на приборе Infratec 1241.

В годы исследований по каждой культуре изучали по 20 сортов и селекционных линий. Каждые 3 года сортовой состав опытов полностью меняли. Следовательно, всего были изучены 120 сортов и линий. Наиболее выдающиеся сорта озимой пшеницы – Губернатор Дона, Донская лира, Золушка, Боярыня, Донэко, озимой тритикале – Корнет, Зимогор, Донслав, Алмаз, Рамзай. При обработке экспериментальных данных использовали метод дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (М., 1985).

Превосходство тритикале над пшеницей по урожайности в среднем за 2010–2019 гг. при посеве по пару составило 1,66 т/га, по зернобобовым – 0,70 т/га (табл. 1). По условиям перезимовки годы испытаний были разными. Пшеница выдерживала в узле кущения -18 ℃, тритикале – -20…21 ℃. Тритикале была значительно более устойчива, чем озимая пшеница, к притертым ледяным коркам и майским заморозкам. Количество зерен в колосе тритикале достигало 60…70 шт., что больше, чем у пшеницы, на 20…30 шт.

Только в отдельные засушливые годы пшеница незначительно превосходила тритикале по выполненности зерна: по пару в 2014 г. – на 0,3 т/га, по зернобобовым – в 2011 и 2017 гг. – на 0,2…0,5 т/га. Это объясняется сбоем в метаболомике тритикале, как филогенетически молодой культуры, что приводило к нарушению процессов аттракции метаболитов в зерно [2].

Особенно выделялись сорта тритикале по сбору зерна во влажные годы. В 2016–2017 гг. он составил у тритикале 9,10…10,70 т/га, у пшеницы – 8,19…8,59 т/га. На одном уровне с тритикале (более 10 т/га) была продуктивность сортов пшеницы Губернатор Дона, Былина Дона, Акапелла в 2016 и 2018 гг. Лидерами среди тритикале с урожайностью 11,0…11,5 т/га оказались сорта Пилигрим, Рамзес, Атаман Платов.

В многолетнем опыте содержание белка в зерне в среднем за 7 лет у тритикале было ниже, чем у пшеницы, на 0,9 %. Исходя из степени варьирования величины этого показателя, отдельные генотипы тритикале находились на одном уровне с пшеницей – 15,1…16,0 %. По общему сбору белка с 1 га тритикале превзошло пшеницу на 139 кг и составило более 1 т белка/га. Следовательно, из-за более высокой урожайности тритикале может сформировать одинаковое с пшеницей или большее количество белка с единицы площади.

Август на Дону всегда засушливый. Иногда даже по пару влага в посевном слое была недоступной для растений. Пшеница всходила неравномерно. У тритикале, как правило, всходы были более дружными. Проростки у пшеницы появлялись на 7…8 день, у тритикале – на 6 день. То есть тритикале нужно было меньше влаги для прорастания зерновки. В результате при посеве 25 августа прибавка сбора зерна тритикале, по сравнению с пшеницей, достигала 1,89 т/га (табл. 2).

2. Урожайность озимой пшеницы и тритикале в зависимости от сроков сева (среднее по сортам, 2010–2019 гг.), т/га

Культура (фактор В)	Срок посева (фактор А)					
	25 августа	5 сентября	15 сентября	25 сентября	5 октября	15 октября
Озимая пшеница	5,12	5,42	5,46	4,77	4,13	3,46
Озимая тритикале	7,01	6,77	6,79	5,88	5,01	4,21
$НСР_{05}$ для фактора А	0,70	0,65	0,78	0,55	0,34	0,41
$НСР_{05}$	для фактора В – 0,54; взаимодействие А×В – 1,81					

Прибавка урожая тритикале, по отношению к пшенице, в среднем по срокам 25 сентября – 5 октября находилась в диапазоне 0,88…1,11 т/га. Предельный срок посева озимых на Дону – 25 сентября. Однако при засухах в сентябре его часто проводят в октябре. При посеве 15 октября тритикале формирует урожай больше, чем пшеница, на 0,75 т/га.

При посеве 25 августа прибавка урожая тритикале была наибольшей, а количество белка в зерне – наименьшим (табл. 3). При всех остальных сроках сева тритикале уступало пшенице по содержанию белка в среднем на 1 %.

Вследствие большей урожайности тритикале при посеве 25 августа сбор белка у него находился на уровне 1,122 т/га, у пшеницы – 0,717 т/га, при посеве 5…15 сентября – 0,908 и 0,771 т/га, 25

3. Количество белка зерна у озимых пшеницы и тритикале в зависимости от сроков сева (среднее по сортам, 2010–2019 гг.), %

Культура (фактор В)	Срок посева (фактор А)					
	25 августа	5 сентября	15 сентября	25 сентября	5 октября	15 октября
Озимая пшеница	14,2	14,1	14,3	14,5	14,5	15,1
Озимая тритикале	12,6	13,0	13,6	13,4	13,5	14,1
$НСР_{05}$ для фактора А	0,15	0,16	0,20	0,18	0,30	0,25
$НСР_{05}$	для фактора В – 0,35; взаимодействие А×В – 0,72					

4. Урожайность озимых пшеницы и тритикале при разных нормах высева в поздние сроки (среднее по сортам, 2011–2017 гг.), т/га

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт./га, (фактор В)	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
Культура (фактор С)									
Озимая пшеница									
5 октября	4,0	4,62	1,42	2,27	3,94	2,7	7,09	5,51	3,94
	5,5	4,71	1,44	2,55	4,12	2,9	7,35	5,78	4,12
15 октября	4,0	3,85	1,25	1,65	4,32	2,23	6,77	4,73	3,54
	5,5	4,08	1,39	1,89	4,5	2,39	7,09	4,87	3,74
$НСР_{05}$ для фактора В		0,31	0,21	0,18	0,19	0,11	0,32	0,28	
Озимая тритикале									
5 октября	4,0	5,01	1,85	1,31	4,13	2,62	8,16	5,54	4,09
	5,5	5,02	1,96	1,46	4,31	2,85	8,41	5,9	4,27
15 октября	4,0	4,33	1,54	1,51	5,59	2,59	7,81	5,01	4,05
	5,5	4,87	1,57	1,65	5,59	2,79	8,44	5,12	4,29
$НСР_{05}$ для фактора В		0,36	0,25	0,14	0,21	0,15	0,41	0,32	
$НСР_{05}$	для фактора А – 0,37; для фактора С – 0,21; взаимодействие А×С – 0,18								

сентября – 5 октября – 0,855 и 0,645, 15 октября – 0,593 и 0,522 т/га соответственно.

Если сравнить варианты с посевом 25 августа и 5 октября, недобор урожая пшеницы, по отношению к первому сроку, составил 48 %, по сбору белка с 1 га – 37,3 %, тритикале – 66,5 % и 89 % соответственно.

5. Количество белка в зерне тритикале при разных нормах высева при поздних сроках сева среднее по сортам, %

Срок посева (фактор А)	Норма высева, млн шт./га (фактор В)	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
Культура (фактор С)									
Озимая пшеница									
5 октября	4,0	14,6	16,3	15,2	14,7	14,9	13,2	14,0	14,7
	5,5	15,3	16,3	15,2	14,8	14,8	13,2	13,7	14,8
15 октября	4,0	14,7	16,3	15,8	14,9	15,0	13,7	15,0	15,1
	5,5	14,4	16,1	15,8	14,9	14,9	13,4	14,7	14,9
Озимая тритикале									
5 октября	4,0	13,9	15,4	14,2	13,9	13,3	12,9	13,4	13,9
	5,5	14,2	15,1	14,2	13,8	13,0	12,8	13,4	13,8
15 октября	4,0	14,1	15,0	14,7	14,5	13,8	12,9	15	14,3
	5,5	13,6	15,0	14,6	14,8	13,6	12,7	14,6	14,1
$НСР_{05}$ для В фактора		0,11	0,14	0,18	0,12	0,2	0,16	0,17	
$НСР_{05}$	для А фактора – 0,11, для фактора С – 0,16; взаимодействие А×С – 0,19								

Увеличение нормы высева при посеве 5…15 октября с 4,0 до 5,5 млн шт./га обеспечивало прибавку урожая обеих культур в среднем на 0,2 т/га (табл. 4). Помимо этого, норма 5,5 млн шт./га способствовала формированию большей густоты посевов весной. При посеве 5 октября обеими нормами высева сборы зерна пшеницы и тритикале в среднем за 10 лет оказались одинаковыми. Однако в варианте с посевом 15 октября тритикале превысило пшеницу по урожайности на 0,51…0,55 т/га. Причина заключалась в лучшей зимостойкости этой культуры, в большем числе зерен в колосе (у пшеницы до 25 шт., у тритикале – более 40 шт.). При посеве 15 октября посевы уходили в зиму в фазе 2…3 листьев, из-за этого пшеница очень часто при перезимовке изреживалась.

При посеве в октябре содержание белка в зерне пшеницы приближается к 15 %, у тритикале – к 14 % (табл. 5), что выше, чем у зерна оптимальных сроков сева, на 1,0…1,5 %. Нормы высева при поздних сроках посева не оказали значимого влияния на количество белка в зерне обоих культур. У тритикале его было на 0,8…1,0 % меньше, чем у пшеницы. Различия по культурам по сбору белка с 1 га находились в пределах погрешности опыта ($НСР_{05}$=55 кг).

Высокие урожаи зерна пшеницы и тритикале на неудобренном контроле объясняются высоким содержанием в почве доступных фосфатов (до 35…40 мг/кг) из-за частого внесения фосфорных удобрений, а также накоплением большого количество нитратов в почве во время парования. В этом опыте в среднем по годам и вариантам тритикале по урожаю зерна превышало озимую пшеницу на 1,36 т/га. Следует отметить, что прибавки зерна (табл. 6) в ответ на внесение удобрений в среднем были примерно равны у обеих культур. То же можно сказать об окупаемости удобрений прибавками зерна (кг зерна на 1 кг д.в.). Наибольшей она была у вариантов N_{40}, $N_{47}P_{19}$, N_{70} (пшеница – 10,4…11,8 кг, тритикале – 8,0…12,8 кг). Из-за частых засух возможности фонов с P_{104} удавалось реализовать редко в какой год. При дефиците влаги растения не могли использовать весь внесенный фосфор. Поэтому окупаемость удобрений в этих вариантах была самая низкая в опыте (тритикале – 2,8…5,5 кг, пшеница – 3,1…5,1 кг). Однако для севооборота прослеживается явная польза вариантов с P_{104} – увеличится уровень доступных фосфатов в почве в последующие годы, что важно для урожаев других культур [9].

Удобрения плодотворно сказались на белковости зерна тритикале. Различия по величине этого показателя в пользу пшеницы уменьшились в среднем по опыту до 0,6 % (табл. 7). В целом, применяя необходимые удобрения, содержание белка в зерне тритикале можно приблизить к пшенице. В вариантах $N_{82}P_{52}$, $N_{94}P_{104}$ при некорневой подкормке растений перед выколашиванием карбамидом (N_{24}) содержание белка в зерне превысило 14 %. Внесение под вспашку аммофоса ($N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$) способствовало повышению белковости зерна у пшеницы на 0,2 %, у тритикале – на 0,5 %.

От некорневого применение карбамида (варианты $N_{82}P_{52}$ и $N_{94}P_{104}$), у пшеницы сбор белка увеличился на 1,0…1,1 %, у тритикале – на 1,4…1,6 %.

Использование ЖКУ некорневым способом (варианты 7, 11) обусловило прибавку содержания белка в зерне пшеницы соответственно на 0,6 и 0,8 %, у тритикале – на 1 %. В целом пшеница по количеству клейковины закономерно превышала тритикале на 2 % (см. табл. 7).

6. Урожай пшеницы и тритикале на разных агрофонах (среднее за 2010–2019 гг.), т/га

Номер	Вариант (фактор В)	Культура (фактор А)			
		озимая пшеница		озимая тритикале	
		урожайность, т/га	окупаемость, удобрений, кг зерна/кг д.в. **	урожайность, т/га	окупаемость, удобрений, кг зерна/кг д.в. **
1	контроль	5,13	–	6,45	–
2	N_{40}	5,56	10,7	6,96	8
3	$N_{47}P_{19}$	5,91	11,8	7,29	12,8
4	N_{70}	5,86	10,4	7,18	12,8
5	$N_{12}P_{52}$	5,37	3,8	6,75	10,5
6	$N_{52}P_{52}$	5,75	5,9	7,09	4,8
7	$N_{59}P_{71}$	5,88	5,7	7,28	6,2
8	$N_{82}P_{52}$	5,91	5,8	7,32	6,5
9	$N_{24}P_{104}$	5,53	3,1	6,81	6,5
10	$N_{64}P_{104}$	5,90	4,6	7,18	2,8
11	$N_{71}P_{123}$	6,11	5,1	7,51	4,4
12	$N_{94}P_{104}$	6,10	4,9	7,44	5,5
	среднее	5,75	6,0	7,11	0,7
$НСР_{05}$	для фактора В – 0,31; фактора А – 0,56, взаимодействие А×В – 0,62				

7. Количество белка и клейковины в зерне пшеницы и тритикале (среднее по сортам, 2012–2016 гг.), %

Вариант	Удобрение (фактор В)	Культура, фактор А					
		озимая пшеница			озимая тритикале		
		содержание белка, %	сбор белка, т/га	содержание клейковины, %	содержание белка, %	сбор белка, т/га	содержание клейковины, %
1	контроль	13,7	0,701	24,0	12,7	821	21,3
2	N_{40}	14,0	0,777	24,8	13,5	937	23,1
3	$N_{47}P_{19}$	13,7	0,812	25,6	13,6	993	23,6
4	N_{70}	14,4	0,843	25,5	13,8	993	24,1
5	$N_{12}P_{52}$	13,9	0,746	24,4	13,2	894	22,4
6	$N_{52}P_{52}$	14,1	0,813	25,1	13,6	964	23,4
7	$N_{59}P_{71}$	14,3	0,839	25,8	13,8	1008	24,1
8	$N_{82}P_{52}$	14,7	0,869	27,0	14,1	1032	24,8
9	$N_{24}P_{104}$	13,8	0,764	23,9	12,7	867	21,1
10	$N_{64}P_{104}$	14,5	0,854	26,0	13,7	986	23,9
11	$N_{71}P_{123}$	14,4	0,882	25,9	13,7	1031	23,8
12	$N_{94}P_{104}$	14,8	0,902	27,0	14,3	1064	25,2
Среднее		14,2	0,817	25,4	13,6	965	23,4
$НСР_{05}$ содержание белка		фактор А – 0,9; фактор В – 0,8; взаимодействие А×В – 1,1					
$НСР_{05}$ содержание клейковины		фактор А – 1,23; фактор В – 2,1; взаимодействие А×В – 3,1					

Наши многолетние исследования совместно с НИИ хлебопродуктов РАН, работы Щипака Г. В. (Украина) [7, 8] свидетельствуют о возможности производства из муки тритикале с таким содержанием клейковины и белка хлебобулочных изделий хорошего качества (объём хлеба до 850 $см^3$).

Одна из причин, которая сдерживает расширение посевов тритикале, обусловлена тем, что ее всё время стремятся приравнять по качеству зерна к пшенице. Однако у тритикале совершенно другой метаболом. Оно выгодно отличается от пшеницы повышенным содержанием лизина и других аминокислот. Это свойство следует учитывать при разработке технологий изготовления различной продукции, а также усиливать его путем селекции. Клейковинные белки тритикале имеют иное сочетание глютенинов и проламинов, чем у пшеницы. Количество дисульфидных связей в белке тритикале находится на уровне слабой пшеничной клейковины, а водородных – на уровне ржи [10].

На основании изложенного можно сделать вывод о большей продуктивности тритикале, в сравнении с пшеницей. В среднем в 2010–2019 гг. при одинаковых условиях возделывания и сроках уборки в конкурсном испытании превышение урожайности при посеве по пару составило 1,66 т/га, по зернобобовым – 0,7 т/га. В опыте со сроками сева сбор зерна тритикале был больше, чем у пшеницы, в зависимости от дат посева – на 0,75…1,89 т/га. При октябрьских сроках сева тритикале особенно выделилось по урожайности. Высокие величины этого показателя обусловлены большим количеством зёрен в колосе, лучшей перезимовкой и реакцией на внесение удобрения. Превышение урожайности тритикале над пшеницей по агрофонам составило 1,36 т/га. По содержанию белка в зерне наоборот пшеница превосходила тритикале на 0,8…1,0 %. Однако по сбору белка с 1 га тритикале, вследствие большей урожайности, превышала пшеницу или значения его были одинаковыми. Внесение удобрений снижало этот разрыв до 0,6 %.

Литература.

1. Результаты и перспективы селекции озимой тритикале для хлебопекарных целей в Центральном Нечерноземье / А. М. Медведев, В. В. Осипов, А. В. Осипова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 17–21.

2. Динамика формирования урожайности зерна озимых тритикале и пшеницы в зависимости от интенсификации технологии возделывания / Ф. И. Привалов, И. Г. Бруй, С. И. Гриб и др. // Тритикале. Стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: Мат. междунар. научн.-практ. конф. Ростов-на-Дону: "Юг", 2018. С. 35–41.

3. Продуктивность, адаптивность и качество зерна современных украинских сортов озимой тритикале / Г. В. Щипак, Ю. В. Цупко, А. П. Петрова и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 2. С. 464–470.

4. Triticale crop improvement: the CIMMYT programme / В Сб.: Triticale improvement and production / M. Mergoun, W. H. Pfeiffer, R. J. Pena, et al. // Food and agriculture organization of the United Nations. Rome. 2004. P. 11–26.

5. Виллегас У., Бауер Р. Содержание белка и лизина у улучшенных форм тритикале // В Сб.: Тритикале-первая зерновая культура, созданная человеком М.: Колос, 1978. С. 162–167.

6. Пучкова Л. И., Полландова Р. Д., Матвеева И. В. Технология хлеба. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005. С. 23–52.

7. Breeding triticale for the baking purpose / A. I. Grabovets, A. V. Krokhmal, G. F. Dremucheva, et al. // Russian agricultural sciences. 2013. Vol. 39. No. 3. P. 197–202.

8. Щипак Г. В. Тритикале і пшениця: селекція на адаптивність, урожайність, якість. Київ: АТОПОЛ, 2019. 467 с.

9. Грабовец А. И.. Фоменко М. А. Озимая пшеница: монография. Ростов-на-Дону: Изд. "Юг", 2007. 543 с.

10. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Тритикале: монография. Ростов-на-Дону: Изд. "Юг", 2019. 439 с.

Comparative characteristics of yield and protein content in winter wheat and triticale grain in the Don region

A. I. Grabovets, K. N. Biryukov, M. A. Fomenko
Federal Rostov Agrarian Scientific Center, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet, Aksaiskii r-n, Rostovskaya obl., 346735, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out in 2010–2019. in the Rostov region in order to compare the yield and protein content in grain of winter wheat and triticale to substantiate the feasibility of cultivating triticale. The yield of these crops was compared in a competitive variety test when they were sown after fallow and legumes forecrops. At the same time, we assessed the reaction of wheat and triticale, sown after fallow, to different sowing dates (August 25, September 5, 10 and 25, October 5). At the late sowing dates (October 5 and 15), we assessed two seeding rates (4.0 and 5.5 million germinating seeds per hectare) and compared different agricultural backgrounds (the control without fertilizers, N40, N47P19, N70, N12P52, N52P52, N59P71, N82P52, N24P104, N64P104, N71P123, N94P104). In a competitive test, the yield of triticale exceeded the value of this indicator for wheat by 1.66 t/ha, when the cultures were sown after fallow, and by 0.7 t/ha when they were placed after legumes. In the experiment with the sowing dates, the harvest of triticale grain, in comparison with wheat, was higher by 0.75–1.89 t/ha, with fertilization – on average by 1.36 t/ha. According to long-term data, winter wheat did not die at temperatures in the tillering node up to -18 C, triticale – at minus 20 - minus 21 C. Potential productivity under comparable conditions with cultivation using the optimal technology was 10 t/ha for wheat and 12–13 t/ha for triticale. In terms of the protein content in grain, wheat (14.1% on average for all experiments) exceeded triticale by 0.9%. Triticale fertilizing reduced this gap to 0.6%. Carrying out late foliar nitrogen fertilization with urea increased the protein content in triticale grain up to 14%, gluten content – up to 25%. Under comparable conditions, due to the higher yield, the protein output for triticale was 1010 kg/ha, for wheat – 877 kg/ha.*

Keywords: *wheat (Triticum aestivum L.); triticale (×Triticosecale Wittmack); productivity; grain; sowing date; fertilizer; protein.*

Keywords: *wheat, triticale, productivity, grain, sowing dates, fertilizers, protein.*

Author details: *A. I. Grabovets, D. Sc. (Agr.), Corresponding member of the RAS, chief research fellow (e-mail: grabovets_ai@mail.ru); K. N. Biryukov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; M. A. Fomenko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow.*

For citation: *Grabovets AI, Biryukov KN, Fomenko MA. [Comparative characteristics of yield and protein content in winter wheat and triticale grain in the Don region]. Zemledelie. 2020;(7):25-8. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10705.*

Гибриды «СоюзСемСвёкла»: наши – лучше!

В августе в России стартует уборка сахарной свёклы. Первыми к этой работе традиционно приступают аграрии Краснодарского края.

Незадолго до начала уборочной кампании-2020 посевы кубанской сахарной свёклы проинспектировала делегация из Москвы. В её состав вошли Алексей Медведев, заместитель министра науки и высшего образования, и Вугар Багиров, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук, а также генеральный директор «Щёлково Агрохим» Салис Каракотов. Гости посетили Усть-Лабинский и Гулькевичский районы, где ознакомились с предуборочным состоянием сахарной свёклы и провели смотр достижений селекционно-генетического центра «СоюзСемСвёкла».

Напомним, центр «СоюзСемСвёкла» был открыт в 2019 году силами компании «Щёлково Агрохим» и холдинга «Русагро». Цель проекта – создание новых высокопродуктивных и высокосахаристых гибридов, способных конкурировать с зарубежными аналогами.

Салис Каракотов сообщил: в настоящее время на госрегистрации находятся 13 гибридов сахарной свёклы от «СоюзСемСвёкла». Кроме того, в ближайшие два года процедуру сортоиспытаний пройдут ещё 50 «претендентов». Ожидается, что в итоге этой работы будет сформирован портфель из 30 современных гибридов, предназначенных для разных погодно-климатических регионов страны. Разумеется, они будут отличаться сроками вегетации, что крайне важно для сахарной свёклы.

В консолидации – сила

Выдающиеся представители линейки «СоюзСемСвёкла» – гибриды Буря, Волна и Бриз – были представлены на кубанских опытных площадках. Работа над созданием этих и других гибридов селекции «СоюзСемСвёкла» велась в рамках подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства сахарной свёклы в Российской Федерации» ФНТП на 2017-2025 гг. Срок их вегетации составляет 140-145 дней. Они отлично подходят для ранней копки, что важно в условиях Краснодарского края, где крупные хозяйства и холдинги заинтересованы именно в ранних гибридах. Ведь, начав уборку слишком поздно, они будут вынуждены копать свёклу до самых заморозков, рискуя потерять часть урожая.

Одна из основных целей, которая ставится на ближайшую перспективу, связана с внедрением гибридов «СоюзСемСвёкла» в массовое производство. И уже в 2021 году в распоряжение аграриев поступят порядка 120 тысяч п. е. семян сахарной свёклы новейшей отечественной селекции.

– Результаты госсортоиспытания подтверждают: наши гибриды не уступают представителям импортной селекции ни по урожайности, ни по дигестии. А по такому важному показателю, как устойчивость к заболеваниям, даже превосходят их, – отметил Салис Каракотов.

При проведении копки разных гибридов участники мероприятия отметили, насколько выровненными являются корнеплоды, которые сформировали российские гибриды.

– Выровненность корнеплода складывается из таких параметров, как фигура корнеплода и качество отрастания ботвы. Старая российская селекция имела в этом плане определённые недостатки. Ещё один минус сахарной свёклы старой селекции заключался в разнокалиберности урожая. В процессе уборки маленькие корнеплоды не попадали в бункер, а слишком большие ломались. Всё это приводило к снижению урожайности. И наша задача заключалась в том, чтобы обеспечить генетическую выровненность сахарной свёклы. В результате нам удалось решить её и создать гибриды, лишённые перечисленных недостатков, – отметил генеральный директор «Щёлково Агрохим».

Российская селекция – новый повод для гордости

Покидая опытное поле, Алексей Медведев отметил:

– Долгое время на российских полях можно было видеть исключительно импортные гибриды – как сахарной свёклы, так и ряда других стратегически важных культур. И это, по крайней мере, несправедливо по отношению к достойной российской селекции и аграриям, у которых должно быть право выбора. Сейчас мы наблюдаем коренной перелом ситуации. Отечественные гибриды идут вровень, а порой и опережают иностранные продукты. Наша задача на ближайшую перспективу – провести работу по продвижению гибридов «СоюзСемСвёкла», а также по внедрению данных новинок в реальный производственный процесс. Ведь во многом от этого зависит национальная безопасность России.

Вугар Багиров тоже акцентировал внимание на высоком уровне проделанной работы:

– Представленные здесь гибриды – это результат успешной консолидации федерального Минсельхоза, отечественной науки и бизнеса. Ещё несколько десятилетий назад селекция сахарной свёклы находилась в глубочайшем кризисе. Но сейчас ситуация кардинально изменилась. Российские учёные используют современные молекулярно-генетические методы, благодаря чему им удаётся управлять селекционным процессом. И я уверен: высокие темпы работы очень скоро позволят нам вывести российские гибриды сельскохозяйственных культур, включая сахарную свёклу, на рынки других стран!

Яна ВЛАСОВА,
Краснодарский край

Буря, Бриз и Волна – представители современной селекции, которые очень скоро появятся в производственных посевах

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10706
УДК: 632.654:634.1(477.75)

Регулирование численности паутинных клещей в яблоневых садах Крыма методом «наводнения» клещей-фитосейид

Е. Б. БАЛЫКИНА[1], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, e-mail: e_balykina@mail.ru)
Л. П. ЯГОДИНСКАЯ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Т. С. РЫБАРЕВА[2], агроном
Д. А. КОРЖ[1], кандидат биологических наук, научный сотрудник
О. В. ИВАНОВА[1], кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
[1]Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Никитский спуск, 52, пгт. Никита, Республика Крым, 298648, Россия
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт карантина растений – филиал в Республике Крым, ул. Оленчука 52, г. Симферополь, Республика Крым, 29505, Россия

Цель исследований – оценка биологической эффективности применения хищных клещей (Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot, Amblyseius andersoni Chant и Amblyseius californicus McGregor) для контроля численности клещей-фитофагов на яблоне. Работу проводили в 2015–2017 гг. в яблоневых садах Крыма на площади 1 га (2015 г.) и 100 га (2016–2017 гг.). Сад 2009 г. посадки, сорта – Бребурн, Фуджи, Гольден Делишес, схема посадки – 3,5×1,0 м, почва – темно-каштановая, тяжелосуглинистая, содержание гумуса в пахотном горизонте – 3,1 %, pH – 6,9. Хищных клещей применяли по оригинальной методике «методом наводнения» трехкратно в период выхода и массового размножения клещей-фитофагов. Схема опыта в 2016 г. предусматривала использование хищных клещей в сочетании с двумя акарицидными обработками, в 2017 г. – одну обработку акарицидом с последующим выпуском клещей и три варианта выпуска хищных клещей, различающихся по срокам и нормам. Расселение хищников в яблоневых садах позволило не только снизить плотность популяции P. ulmi до хозяйственно неощутимого уровня с 20,7 до 2,3 особи/лист, но и сократить количество акарицидных обработок с 10 до 2 за сезон. A. andersoni и A. californicus питались не только в период вегетации, но и уничтожали диапаузирующие яйца красного плодового клеща осенью и в зимние дни с положительными среднесуточными температурами. С помощью акарифагов уничтожено от 35,0 % в 2016 г. до 50,0 % в 2017 г. диапаузирующих яиц P. ulmi. Выпуск в яблоневых садах Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot мало эффективен, так как этот вид хищника плохо переносил пониженную влажность воздуха и быстро погибал. Наиболее перспективные виды хищников для защиты яблони от клещей-фитофагов – A. andersoni и A. californicus.

Ключевые слова: *яблоневый сад, фитосейиды, фитофаги, метод наводнения.*

Для цитирования: *Регулирование численности паутинных клещей в яблоневых садах Крыма методом «наводнения» клещей-фитосейид / Е. Б. Балыкина, Л. П. Ягодинская, Т. С. Рыбарева и др. // Земледелие. 2020. № 7. С. 30–34. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10706.*

Массовое размножение паутинных клещей в Крыму наблюдали ежегодно, начиная с 50-х гг. прошлого века [1, 2]. Их видовой состав постоянно менялся. Так, в 50…60-е гг. яблони в Крыму в основном повреждал *Bryobia redkorzevi* Reck. В это же время регистрировали *Tenuipalpus oudemansi* Geijskes, который не получил широкого распространения [1]. В 1970–1980-е гг. эти виды вытеснили клещи *Panonychus ulmi* Koch., *Amphytetranychus viennensis* Zacher и *Tetranychus urtica* Koch. С конца прошлого столетия на яблоне доминировали *P. ulmi* и *A. viennensis.* С начала 2000-х гг. доля двух этих видов в акарокомплексе яблоневых садов превышала 40,0 %, а к 2016 г. достигла 80 % [3]. С 2015 г. *P. ulmi* занял лидирующее положение в Красногвардейском районе, а *A. viennensis* в Симферопольском, Бахчисарайском и Нижнегорском районах Крыма [3, 4].

Потери урожая многих сельскохозяйственных культур от паутинных клещей варьируют от 20,0…50,0 % до 65,0…75,0 % [5, 6, 7]. Уже в 70…80-е гг. отмечали появление рас паутинных клещей устойчивых к пестицидам. От высокотоксичных хлорорганических и фосфорорганических препаратов, применяемых в борьбе не только с клещами, но и с *Cydia pomonella* L. и *Quadraspidiotus perniciosus* Comst. погибали энтомоакарифаги, нарушалось характерное для естественных биоценозов и не обрабатывающихся плодовых садов динамическое равновесие [1, 5, 8]. Отсутствие хищников, сдерживающее рост популяции клещей-фитофагов, приводило к быстрому увеличению их численности выше экономического порога вредоносности, защитные мероприятия при этом оказывались малоэффективными [9, 10, 11].

По данным ряда акарологов [1, 2, 12], значительную роль в снижении численности паутинных клещей играют хищные клещи семейств *Phytoseiidae*, *Stigmaeidea*, *Anystidae.* Хищного клеща *Galendromus occidentalis* Nesbitt (семейство *Phytoseiidae*) впервые использовали для сдерживания численности *A. viennensis* на яблоне в 1976 г. [2, 9, 13]. Массовое заселение *P. ulmi* яблоневых садов Красногвардейского района наблюдали с 2013 г. В 2013–2017 гг. от этого вредителя проводили по 6…10 обработок акарицидами, которые снижали численность клещей-фитофагов на короткий срок, после чего плотность их популяции быстро восстанавливалась. При этом биотический потенциал (способность к размножению, выживанию и развитию в оптимальных условиях) выживших самок с обработанных участков, приближался к величине этого показателя у самок с не обрабатывавшегося акарицидами контроля [5, 14], что свидетельствует о появлении резистентных к акарицидам рас клещей-фитофагов [15]. Все это указывает на необходимость разработки биологических методов контроля *P. ulmi*.

Цель исследований – оценка биологической эффективности применения хищных клещей (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, *Amblyseius andersoni* Chant и *Amblyseius californicus* McGregor) для контроля численности клещей-фитофагов на яблоне.

Эксперимент по использованию трех видов хищных клещей семейства *Phytoseiidae – Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, *Amblyseius andersoni* Chant и *Amblyseius californicus* McGregor в борьбе с *P. ulmi* проводили в 2015–2017 гг. в яблоневых садах Красногвардейского района Крыма на площади 1 га (2015 г.) и 100 га (2016–2017 гг.) согласно схемам защиты (табл. 1 и 2), разработанным авторами. Контролем служила общепринятая система защиты яблони с применением акарицидов (табл. 3). Сады интенсивного типа, основные сорта – Бребурн, Гольден Делишес и Фуджи. Хищных клещей расселяли ме-

1. Схема защиты яблони с применением хищных клещей (2016 г.)

Дата обработки	Фенофаза	Препарат, норма применения, кг,л/га/ акарифаг, норма выпуска			
		Вариант			
		№1	№2	№3	№4
25.03	«Спящая почка»	Препарат 30 Плюс ММЭ; 70 л/га			
11…14.04	«Выдвижение бутонов»	Аполло, КС; 0,5 л/га			
28.04	«Розовый бутон»	*Phytoseiulus persimilis,* 10000 особей/га			
23.05	«Диаметр плода»	Масай, СП; 0,5 л/га	–	–	–
15.07	«Рост плодов»	*Amblyseius andersoni*, 30000 особей/ га (200 саше–пакетов)			
16.07	«Рост плодов»		–	–	–
4.08	«Рост плодов»	–	–	–	Масай, СП; 0,5 кг/га
11.08	«Рост плодов»	Аполло, КС; 0,5 л/га		–	Аполло, КС; 0,5 л/га
25.08	«Рост плодов»	*Amblyseius californicus,* 30000 особей/га			

тодом «наводнения», то есть выпускали в сад в период выхода и массового размножения клещей-фитофагов согласно схеме опыта.

Опытные участки по 25 га располагались на удалении один от другого не более 5 км. В августе 2015 г. осуществили пробный выпуск *A. Californicus c* нормой 30000 особей/га.

В 2016 г. перед выпуском клеща, в марте и апреле провели фоновые обработки во всех вариантах (см. табл. 1) из-за высокой численности диапаузирующих яиц *P. ulmi* (350…500 шт./см^2 коры). В фенофазе «спящая почка» все площади обработали Препаратом 30 Плюс ММЭ нормой 70,0 л/га, в фенофазе «выдвижение бутонов» использовали Аполло КС нормой 0,5 л/га. Акарифага *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot выпускали в конце апреля в фенофазе «розовый бутон», до наступления неблагоприятных для вида высоких температур в сочетании с низкой влажностью, менее 60,0 % [10, 16].

Двукратно методом наводнения в середине июля и в конце августа в начале откладки *P. ulmi* диапаузирующих яиц, расселяли два вида акарифагов: *A. andersoni* и *A. californicus*.

Между выпусками в вариантах № 1 и № 4 применяли акарицид Масай СП (0,5 л/га) для снижения численности подвижных стадий (их численность превышала пороговую величину 6 экземпляров/лист в 2…3 раза) и овицид Аполло КС (0,5 л/га) для снижения числа отложенных яиц. Аполло КС (0,5 л/га) применяли в период летней яйцекладки при численности яиц более 50 шт./лист. В третьем варианте обработку акарицидами в летний период не проводили, так как численность особей и яиц паутинного клеща сдерживалась хищником на уровне, не превышающем пороговую величину.

В 2017 г. до фенофазы «цветение» акарициды не применяли, в связи с тем, что на этих участках выпуск хищных клещей проводили с начала 2015 г. и использование химических средств защиты было нецелесообразным (см. табл. 2). Кроме того, осуществляли выпуск только двух видов хищников из-за высокой смертности *P. persimilis* в течение вегетационного периода 2016 г. Этот вид, широко применяемый для защиты овощных культур закрытого грунта, адаптирован к тепличным условиям. В саду он оказался чувствителен к низким показателям влажности воздуха и не ушел в зимнюю диапаузу.

В начале мая 2017 г. расселили *A. andersoni* с нормой выпуска 30000 особей/га [10]. Последующий выпуск планировали на середину июня, но провели только в конце июля. Акарицидами опытные участки не обрабатывали за исключением варианта № 1, где численность *P. ulmi* резко возросла и превысила пороговую величину 6 особей/лист в 2…3 раза. Инсектоакарицид Оберон Рапид, КС (0,5 л/га) применили в этом варианте 17 июля. Одновременно норму выпуска хищного клеща *A. californicus* на этом участке снизили, по сравнению с расчетной 30 000 особей/га, до 15625 особей/га, а в варианте № 4 – увеличили до 46875 особей/га. На остальных участках акарифагов расселяли в норме 31250 особей/га (см. табл. 2). Норма выпуска хищных клещей рассчитана по соотношению хищник : жертва согласно [10].

На всех остальных площадях яблоневых садов Красногвардейского района в 2016 и 2017 гг. в отношении клещей-фитофагов было проведено 7…9 обработок препаратами различных химических групп (см. табл. 3).

Метеоусловия в годы исследований характеризовались мягкими зимами с количеством осадков на уровне среднемноголетних. В середине и конце февраля дневные температуры превышали 10 ^{0}С, что благотворно сказалось на перезимовке клещей-фитофагов. Весенний период в эти годы был прохладным с резкими различиями между дневными и ночными температурами. Летом 2015 г. ГТК не превышал 0,5…0,7, что указывает на засушливый период с высокими среднесуточными температурами, вызвавшими массовое размножение *P. ulmi*. Июль и август 2016 г. и весенне-летний период 2017 г. также характеризовались недобором осадков (ГТК – 0,2…0,6) и способствовали размножению паутинных клещей.

Применение фоновых обработок в ранневесенний период 2016 г. позволило снизить число диапаузирующих яиц *P. ulmi* в 10 раз – до 40…50 шт./см^2 коры. Последующий выпуск акарифага *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot удерживал плотность популяции ниже ЭПВ (6,0 особей/лист) до середины июня. В третьей декаде июня, с наступлением сухой и жаркой погоды, особи *P. persimilis* практически исчезли, что привело к увеличению в первом варианте плотности популяции *P. ulmi* до уровня ЭПВ, в

2. Схема защиты яблони с применением хищных клещей на второй год выпуска, 2017 г.

Дата обработки	Фенофаза	Препарат, норма применения, кг, л/га/ акарифаг, норма выпуска			
		Вариант			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
05.05	«Цветение»	*Amblyseius andersoni*, 200 саше-пакетов (30 000 особей/ га)			
17.07	«Рост плодов»	Оберон Рапид, КС 0,5 л/га	–	–	–
27.07	«Рост плодов»	*Amblyseius californicus*, 15625 особей/га (125 саше-пакетов. Количество уменьшено, по сравнению с нормой [10])	–	–	*Amblyseius californicus*, 46875 особей/га (375 саше-пакетов. Количество увеличино, по сравнению с нормой [10])
05.08	«Рост плодов»		*Amblyseius californicus*, (Норма 31250 особей/га)		–

3. Схема применения акарицидов против *Panonychus ulmi Koch.* (контроль)

Дата обработки	Препарат	Норма применения, кг, л/га
	2016 г.	
10.03	Препарат 30 Плюс, ММЭ	70,0
30.04	Тиовит Джет ВДГ	2,0
	Аполло КС	0,5
20.05	Энвидор SC	0,4
18.06	Ортус СК	0,75
24.07	Санмайт СП	0,9
01.08	Аполло КС	0,5
14.08	Демитан СК	0,5
	2017 г.	
24.03	Препарат 30 Плюс, ММЭ	70,0
13.04	Аполло КС	0,5
22.04	Крафт ВДГ	0,5
16.05	Битоксибациллин П	3,0
21.05	Демитан СК	0,6
8.07	Ортус СК	0,75
13.07	Санмайт СП	0,9
27.07	Масай СП	0,5
3.10	Битоксибациллин П	3,0

4. Численность *Panonychus ulmi Koch.* и хищных клещей до и после выхода из диапаузы на сорте яблони Бребурн

Вариант	Численность яиц *P. ulmi* в начале диапаузы, яиц/см²	Численность *A.californicus* в начале диапаузы особей/см²	Соотношение хищник-жертва перед откладкой диапаузирующих яиц *P. ulmi*	Численность яиц *P. ulmi* перед выходом из диапаузы яиц/см²	Численность *A.californicus* перед выходом из диапаузы особей/см²	Соотношение хищник-жертва после отрождения личинок из яиц
октябрь 2015 г. – март 2016 г.						
№1	8,3±1,2	1,1±0,1	1: 8	5,4±0,9	0,5±0,1	1:10
октябрь 2016 г.– март 2017 г.						
№1	5,9±0,8	1,1±0,1	1:5	2,9±0,5	0,5±0,01	1:5
№2	2,3±0,3	0,1±0,01	1:23	1,0±0,1	0,4±0,01	1:3
№3	1,2±0,2	0,2±0,01	1:6	0,6±0,02	0,06±0,02	1:10
№4	6,5±0,9	1,0±0,1	1:7	3,2±0,6	0,4±0,01	1:8
Среднее	4,0	0,6		1,9	0,3	
$НСР_{05}$	1,3	0,3		0,7	0,1	

остальных их численность составляла от 0,9 до 2,5 особей/лист. На 7-е сутки после опрыскивания число подвижных стадий в первом варианте снизилось в 4,0 раза – до 1,5…2,0 особей/лист. Выпуск двух видов хищника *A. andersoni* и *A. californicus* с интервалом в месяц привел к снижению численности *P. ulmi* до 0,5…1,0 особей/лист, а соотношение «фитофаг : хищник» достигло оптимального баланса – 1:5. Использование химических препаратов приводит к появлению резистентных рас паутинных клещей и негативно влияет на акарифагов, на что указывает численность особей уходящих в диапаузу и количество отложенных диапаузирующих яиц [5, 6, 8]. В сентябре 2016 г. в расчете на 1 см² коры на участках выпуска хищника оно было ниже, чем в варианте с химической защитой, в 19…20 раз.

5. Численность яиц *Panonychus ulmi Koch.* на коре яблони сорта Фуджи

Вариант, №	Яйца, шт./см²				Уничтожено в конце диапаузы, %	
	в начале диапаузы октябрь 2016 г.		в конце диапаузы март, 2017 г.		всего	хищником, в сравнении с применением акарицидов (в контроле)
	живые	погибшие	живые	погибшие		
Участки биологической защиты						
№ 1	5,0±1,5	7,0±2,0	2,9±0,7	3,7±0,9	56,0	43,8
№ 4	2,0±0,5	5,0±1,5	1,5±0,5	5,2±1,0	71,0	58,8
№ 2	0	0	0	0	0	–
№ 3	0	0	0	0	0	–
Участки химической защиты					**Погибли в зимний период, %**	
Контроль	17,0±3,2	0	14,9±2,5	2,4±0,5	13,9	
Среднее	4,8	2,4	3,9	2,3		
$НСР_{05}$	3,2	1,5	2,8	1,0		

В зимний период 2015–2016 гг., *A. californicus* из пробной партии, выпущенной в августе 2015 г., уничтожил 35,0 % диапаузирующих яиц *P. ulmi*, зимой 2017 г. – до 50,0 % яиц (табл. 4). Особи *A. californicus* питались, не только осенью, но и в зимние дни с положительными среднесуточными температурами. В морозный период они находились под корой деревьев в состоянии диапаузы.

Гибель *Phytoseiidae* под корой во время диапаузы составляла 30,0…45,0 %. Соотношение «хищник : жертва» в 2017 г. после отрождения личинок *P. ulmi* из яиц варьировало от 1:3 до 1:10.

В ранневесенний период 2016 г. перед началом эксперимента, во всех вариантах, кроме первого, количество зимующих яиц на коре штамбов достигало 350…500 шт./см². После применения минерально-масляной эмульсии в вариантах №№ 2, 3 4 она снизилась до 8,0…10,0 шт./см², что также превышало ЭПВ и потребовало проведения обработки акарицидом с овицидным эффектом Аполло КС.

В варианте № 1 после выпуска в августе 2015 г. пробной партии хищного клеща, уже в октябре на 1 см² коры насчитывалось 8,3 шт. диапаузирующих яиц, что ниже, чем на участках химической защиты, в 42 раза. Осенью 2016 г. на опытных участках было зафиксировано 1,2…6,5 яиц/см² коры *P. ulmi.*

В варианте № 1 соотношение видов *A. californicus : P. ulmi* перед началом откладки вредителем диапаузирующих яиц составляло 1:8, после отрождения личинок – 1:10 (2015 г.). В 2016 г. в эти же сроки оно было равно 1:5. Плотность популяции *P. ulmi* в остальных вариантах снизилась после применения Препарата 30 Плюс, ММЭ, по сравнению с исходной (март 2016 г.),, в 1,5 раза (см. табл. 4).

В конце вегетационного периода 2016 г. на сорте Фуджи в опытных вариантах №2 и №3 диапаузирующих яиц *P. ulmi* не выявлено, в вариантах №1 и №4 насчитывалось 2,0…5,0 яиц/см² коры (табл. 5). В хозяйственном эталоне (контроле) после проведения 9-ти опрыскиваний против *P. ulmi*, численность живых яиц на коре деревьев составляла от 15,0 до 70,0 шт./см². Следует отметить, что наиболее заселенным *P. ulmi* сортом яблони оказался Фуджи, на котором численность самок в период откладки диапаузирующих яиц превышала 30 особей/лист. Естественная гибель яиц *P. ulmi* в контроле в зимний период 2016–2017 гг. составила 12,2 %, в вариантах № 1 и № 4 – 56,0 и 71,0 % яиц соответственно, с поправкой на контроль по формуле Хендерсона-Тилтона [3] – 44…59 %.

В 2017 г. акарицидные обработки не проводили в трех вариантах из четырех (№ 2; № 3 и № 4). Численность подвижных стадий *P. ulmi* на всех участках составляла 1…2 особи/лист. Через 7 суток после выпуска *A. californicus* паутинный клещ *P. ulmi* был распространен в виде локальных очагов, в которых отмечали единичные особи. Соотношение «хищник : жертва» составляло 1:1…1:2 (табл. 6). В варианте № 1, несмотря на аналогичное соотношение «хищник : жертва» в весенний период, численность подвижных стадий вредителя во второй декаде июля превысила пороговую величину в 3,5…5,0 раз. Применение инсектоакарицида Оберон Рапид, КС нормой 0,5 л/га перед вторым выпуском *A. californicus* позволило снизить численность *P. ulmi* на третьи сутки с 10,0 до 1,0 особи/лист. Численность клещей-фитофагов

6. Численность красного плодового и хищных клещей, 2017 г.

Участок	Численность до выпуска *A. californicus,* особей/лист		Соотношение хищник-жертва до выпуска *A. californicus*	Численность на 7 сутки после выпуска *A. californicus,* особей/лист		Соотношение хищник-жертва после выпуска *A. californicus*
	P. ulmi	хищных клещей		*P. ulmi*	хищных клещей	
№1	1,0 ±0,1	0,5±0,05	1:2	0,6±0,01	0,6±0,02	1:1
№2	1,1±0,3	0,3±0,01	1:4	0,8±0,05	0,3±0,01	1:2
№3	1,2±0,6	0,4±0,01	1:3	0,4±0,01	0,4±0,01	1:1
№4	2,3±1,0	0,8±0,06	1:3	0,3±0,01	0,3±0,01	1:1
Среднее	1,4	0,5		0,5	0,4	
$НСР_{05}$	0,3	0,1		0,1	0,1	

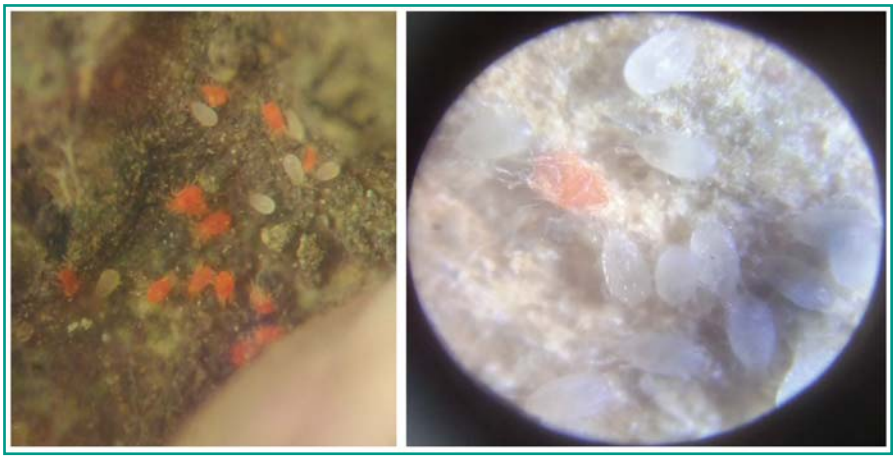


Рис. 1. *Особи хищного клеща A. californicus под корой яблони (вариант № 4). Крым, Красногвардейский район, 2017 г.*

в остальных трех вариантах в течение сезона не превышала ЭПВ (6,0 особей/лист) и находилась на уровне 0,3…2,3 особи/лист.

В вариантах №2 и №3 ко второй декаде августа были выявлены два вида паутинных клещей – *P. ulmi* и *A. viennensis,* в численности, не превышавшей 0,1 особей/лист, большинство листьев имели только следы жизнедеятельности вредителя. Питающиеся и откладывающие яйца особи *Phytoseiidae* в этот период встречались во всех опытных вариантах. В варианте № 1 отсутствовали диапаузирующие яйца *P. ulmi*, а появился *A. viennensis*, численность самок которого не превышала экономического порога вредоносности.

В октябре начался активный уход хищника под кору яблони, где он продолжал питаться самками *A. viennensis.* В этот период в колониях диапаузирующих самок, в варианте № 4 насчитывалось от 3-х до 12 особей хищного клеща *A. californicus* (рис.1).

На участках с химической защитой, после использования в июне инсектоакарицида Оберон Рапид, КС нормой 0,5 л/га *P. ulmi* был полностью уничтожен. Ему на смену в конце вегетационного периода пришел *A. viennensis*. Численность диапаузирующих самок под корой варьировала от 40,0 до 60 особей/см^2 (рис. 2).

В первой декаде ноября *P. ulmi* на опытных участках не встречался, диапаузирующие яйца на коре не выявлены. В вариантах № 2 и № 3 отмечали наличие единичных самок *A. viennensis* под корой, №1 – колонии вредителя были распространены очагами, по 9,0…40,0 особей/см^2.

В целом, систематический выпуск хищных клещей на одних и тех же участках

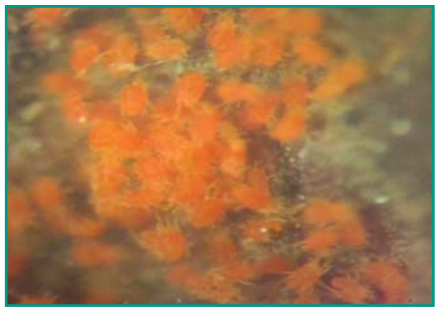


Рис. 2. *Диапаузирующие самки A. viennensis под корой яблони на участках с химической защитой. Крым, Красногвардейский район, 2017 г.*

позволил в течение первого года снизить плотность популяции клещей-фитофагов на 30,0 %, на 2-ой год – до 60,0…70,0 % и на 3-ий год – до 95,0…98,0 %.

Лучше всего акклиматизировался *A. californicus*, который активно питался в весенний умеренно жаркий период, летний с повышенными температурами и низкой влажностью, и в зимний, в дни с положительными температурами. Этот вид уничтожал все стадии вредителя в течение вегетации, а в зимний период – яйца *P. ulmi* и диапаузирующих самок *A. viennensis* под корой.

7. Экономические показатели применения хищных клещей на второй год выпуска Крым, Красногвардейский район, 2017 г.

Показатель	Эталон (хозяйственные обработки)	Эксперимент (выпуск хищных клещей)	
		вариант № 1	варианты № 2; 3; 4
Количество обработок акарицидами и инсектоакарицидами за сезон, раз	9	1	–
Стоимость акарицидных обработок за сезон, руб./га	34047,6	6006,0	–
Стоимость выпуска акарифагов за сезон, руб./га	–	22292,0	22292,0
Итого 1 га, руб.	34047,6	28298,0	–
Экономия на 1 га, руб.	–	5749,0	11755,0
Пестицидная (акарициды) нагрузка, кг, л/ га	82,25	0,7	–

Следует отметить, что применение хищных клещей оправдано не только биологически, но и экономически (табл. 7). При этом пестицидная нагрузка снижается на 81…82 кг/га акарицидов, так как сокращается до 9-ти обработок. Стоимость акарицидных обработок превышает затраты на выпуск клещей в 1,5 раза. Экономия на 1 га при однократном использовании акарицида составляет 5749,00 руб. (вариант №1), без акарицидов – 11755,00 руб. (варианты 2;3;4). Итого по хозяйству на 100 га в 2017 г. она составила 1025450,00 руб.

Таким образом, результаты исследования свидетельствует о возможности, перспективности и высокой эффективности использования хищных клещей из семейства *Phytoseiidae* для регулирования численности клещей-фитофагов в яблоневых садах.

Расселение двух видов хищных клещей *Amblyseius andersoni* Chant и *Amblyseius californicus* McGregor позволяет не только снизить плотность популяции *P. ulmi* до хозяйственно неощутимого уровня, но и сократить количество обработок до 1…2 за сезон. Хищные клещи уничтожали от 35,0 % до 50,0 % диапаузирующих яиц фитофага. Систематический их выпуск на одних и тех же участках позволяет в течение первого года снизить численность клещей-фитофагов на 30,0 %, на 2-ой год – до 60,0…70,0 % и на 3-ий год – до 95,0…98,0 %.

Использование хищных клещей оправдано не только биологически, но и экономически, так как стоимость акарицидных обработок превышает затраты на выпуск клещей в 1,5 раза. Экономия на 1 га при однократном использовании акарицида составляет 5749 руб., без акарицидов – 11755 руб. При этом сокращаются до 9-ти акарицидных обработок.

Для эффективной борьбы с паутинными клещами рекомендуется применять хищных клещей-фитосейид *Amblyseius andersoni* Chant, *Amblyseius californicus* McGregor. Выпуски необходимо проводить в летний период, при массовом размножения вредителя и достижении им пороговой численности.

Литература.

1. Лившиц И. З. Митрофанов, В. И., Петрушов А. З. Методические рекомендации по интродукции в плодовые насаждения хищного клеща – метасейулюса западного для борьбы с паутинными клещами Ялта: ГНБС, 1992. С. 1–38.

2. Кузнецов Н. Н., Петров В. М. Хищные клещи Прибалтики (Parasitiformes: Phytoseiidae, Acariformes: Prostigmata). Рига: Зинатня, 1984. 142 с.

3. Балыкина Е. Б., Трикоз Н. Н., Ягодинская Л. П. Вредители плодовых культур. Симферополь: ИТ АРИАЛ, 2015. 268 с.

4. El Taj H. F., Jung C. Effect of temperature on the life-history traits of Neoseiulus californicus (Acari: Phytoseiidae) fed on Panonychus ulmi // Experimental and Applied Acarology. 2012.

Vol. 56. P. 247–260. doi: 10.1007/s10493-012-9516-2.

5. Ягодинская Л. П. Биотический потенциал красного плодового клеща (Metatetranychus ulmi) на фоне применения акарицидов // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. № 144-3. С. 193–197.

6. К созданию промышленных садов плодовых культур в Крыму / Ю.В. Плугатарь, А.В. Смыков, Н.Е. Опанасенко и др. Симферополь: ИТ АРИАЛ, 2017. 212 с.

7. Howell A. D., Daugovish O. Biological Control of Eotetranychus lewisi and Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae) on strawberry by four phytoseiids (Acari: Phytoseiidae) // Journal of Economic Entomology. 2013. Vol. 106. No. 1. P. 80–85. doi: 10.1007/s10493-013-9730-6.

8. Дилбарян К. П. Воздействие химических препаратов на хищных клещей фитосейид // Российский паразитологический журнал. 2010. №1. С. 105–108.

9. Рыбарева Т. С. Применение хищных клещей – фитосейид в защите яблони от клещей-фитофагов // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2016. № 142. С.179–185.

10. Способ защиты плодовых насаждений от паутинных клещей / Т. С. Рыбарева, Е. Б. Балыкина, Ю. В. Плугатарь и др. // Патент РФ № 2689496 С1, 28.05.2019.

11. Aggressiveness and predation preference of predatory mites Amblyseius swirskii (Athias-Henriot), Neoseiulus californicus (McGregor) and Phytoseiulus persimilis (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) towards to heterospecific larvae / H. Somayeh, Z. G. Azadeh, S. Alireza, et al. // Ecologica Montenegrina. 2015. Vol. 3. P. 46–55.

12. Species complexes of predatory mites and spider mites (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) on cultivated and wild apple trees in Serbia / S. Bojan, M. Katarina, M. Ivana, et al. // International Journal of Acarology. 2014. Vol. 40. Iss. 7. P. 485–492. doi: 10.1080/01647954.2014.956671.

13. Некоторые биоэкологические особенности хищного клеща Phytoseiulus persimilis А-Н. / К. А. Адилхан, А. А. Мухтарханова, К. А. Алпысбаева и др. // Известия Ошского технологического университета. 2019. № 3. С. 27–31.

14. Schmidt-Jeffris R. A. Leaf structures affect predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and biological control: A review / Experimental and Applied Acarology. 2014. Vol. 62. No. 2. P. 1–17. doi: 10.1007/s10493-013-9730-6.

15. Попов С. Я. Кондряков А. В. Репродуктивные таблицы хищных клещей-фитсейид Phytoseiulus persimilis, Galenodromus occtdentalis и Neoseiulus cucumeris // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. № 7. С. 790–798.

16. Попов С. Я., Кондряков А. В. Избирательность и прожорливость самок хищных клещей-фитосейид Phytoseiulus Persimilis и Neoseiulus Cucumeris при питании особями различных возрастных стадий Атлантического паутинного клеща // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной Академии. № 3. 2003. С. 77–86.

Control of red spiders' population in the Crimean apple orchards applying the method of "flood" with Phytoseiidae mites

E. B. Balykina[1], L. P. Yagodinskaya[1], T. S. Rybareva[2], D. A. Korzh[1], O. V. Ivanova[1]

[1]Nikitsky Botanical Garden, National Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nikitskii spusk, 52, pgt. Nikita, Respublika Krym, 305021, Russian, Federation

[2]All-Russian Research Institute of Plant Quarantine, branch in the Republic of Crimea, ul. Olenchuka 52, g. Simferopol', Respublika Krym, 29505, Russian, Federation

Abstract. *The objective of the experiment was to evaluate the biological effectiveness of using predatory mites (Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot, Amblyseius andersoni Chant and Amblyseius californicus McGregor) to control the number of mites-phytophages on apple trees. The research was conducted in 2015–2017 in apple orchards of the Crimea on an area of 1 ha (2015) and 100 ha (2016–2017). Apple orchard was planted in 2009, Breburn, Fuji, Golden Delicious cultivars were used, planting scheme was 3.5 m x 1.0 m, the soil was dark chestnut, heavy loam, the humus content in the arable horizon was 3.1 %, pH value was 6.9. Predatory mites were used according to the original "flood" method three times during the release and mass reproduction of mites-phytophages. The experiment design in 2016 provided for the use of predatory mites in combination with two acaricide treatments, in 2017 – one treatment with acaricide followed by the release of mites and three options for the release of predatory mites, varied in dates and rates. The dispersal of predators in apple orchards allowed not only to reduce the population density of P. ulmi to an economically imperceptible level from 20.7 to 2.3 individuals per leaf but also to reduce the number of acaricide treatments from 10 to 2 treatments per season. A. andersoni and A. salifornicus fed not only during the growing season but also destroyed the diapause eggs of European red mites in autumn and winter days with positive average daily temperatures. With the help of acariphages it was destroyed from 35.0% in 2016 up to 50.0% in 2017 of diapause eggs of P. ulmi. The release of Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot in apple orchards is not very effective, because this type of predator does not tolerate low humidity and quickly died. The most promising species of predators for protection apple trees from mites-phytophages are A. andersoni and A. californicus.*

Keywords: *apple orchard; Phytoseiidae mites; phytophages; "flood" method.*

Author Details: *E. B. Balykina, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: e_balykina@mail.ru); L. P. Yagodinskaya, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; T. S. Rybareva, agronomist; D. A. Korzh1, Cand. Sc. (Biol.), research fellow; O. V. Ivanova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.*

For citation: *Balykina EB, Yagodinskaya LP, Rybareva TS, et al. [Control of red spiders' population in the Crimean apple orchards applying the method of "flood" with Phytoseiidae mites]. Zemledelie. 2020;(7):30-4. Russian. doi: 10.24411 / 0044-3913-2020-10706.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10707
УДК 632.51:632.95.027:633.853.52

Новый комбинированный граминицид Эволюшн, КЭ для защиты посевов сои*

А. П. САВВА, кандидат биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: savap53@mail.ru)
Т. Н. ТЕЛЕЖЕНКО, младший научный сотрудник
В. А. СУВОРОВА, младший научный сотрудник
Л. П. ЕСИПЕНКО, доктор биологических наук, зав. лабораторией
Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Цель работы – изучение биологической и хозяйственной эффективности нового комбинированного граминицида Эволюшн, КЭ на посевах сои в Краснодарском крае. Исследования проводили в 2014–2015 гг. на черноземе выщелоченном малогумусном сверхмощном тяжелосуглинистом согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. Схема опыта включала варианты с применением гербицида Эволюшн, КЭ в нормах 0,35 и 0,50 л/га в смеси с ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости), эталоны (0,6 л/га Селект, КЭ и 1,0 л/га Тарга Супер, КЭ) и вариант без обработки (контроль). Площадь опытных делянок – 25 м^2, повторность четырехкратная, норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га. Обработку проводили в период 2…6 листьев злаковых сорных растений, независимо от фазы культуры. Засоренность посевов сои в среднем составляла 56 экз./м^2. Гербицидное действие препаратов оценивали по снижению количества и массы сорных растений, а также по урожаю культуры, в сравнении с контролем (без обработки гербицидами). Злаковые сорные растения (ежовник обыкновенный, росичка кроваво-красная и щетинник сизый) проявили высокую чувствительность к препаратам. Применение 0,35 и 0,50 л/га Эволюшн, КЭ в смеси с ПАВ Амиго Стар приводило к 90…100 % гербицидному эффекту. Отрицательного воздействия на сою не отмечено, прибавки урожая культуры составили 33,2 и 35,7 % к контролю (без гербицидов). Эталоны по гербицидной активности уступали испытуемому препарату на 3,6…19,4 %.

Ключевые слова: *граминицид, гербицид, сорная растительность, эффективность, соя (Glycine max), урожайность.*

Для цитирования: *Новый комбинированный граминицид Эволюшн, КЭ для защиты*

** Исследования выполнены согласно Государственному заданию № 0686-2019-0010*

посевов сои / А. П. Савва, Т. Н. Тележенко, В. А. Суворова и др. // Земледелие. 2020. № 7. С. 34–37. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10707.

Соя (*Glycine max*) – высокобелковая культура, продукцию которой используют в технических, кормовых и пищевых целях. В Краснодарском крае площадь под ее посевами превышает 200 тыс. га, средняя урожайность в 2019 г. составила 1,89 т/га [1]. Среднемировая урожайность культуры сои находится на уровне 2,08 т/га [2]. Анализ производства семян сои в крае показал тенденцию увеличения посевных площадей и ее урожайности. Размеры сбора зерна сои зависят от генотипа сорта, метеорологических условий, фитосанитарного состояния посевов и технологии возделывания культуры [3]. Один из серьезных факторов снижения урожайности культуры – сорные растения, их влияние на культуру зависит от видовой принадлежности сорняка, времени всходов по отношению к появлению ростков сои и условий окружающей среды [4].

Плотность всходов возделываемых растений поддерживается постоянно по всей площади посева. У сорных растений она непостоянна и зависит от степени засоренности, семенного банка в почве и др. [5]. Размеры будущего урожая сои во многом зависят от времени всходов. Ранние всходы позволяют культуре захватывать пространство и почвенные ресурсы агробиоценоза. При поздних всходах сои сорные растения создают жесткую конкуренцию в использовании питательных веществ, влаги и солнечной энергии, в результате чего потери урожая культуры могут достигать 80 % [6].

В связи с изложенным борьба с сорной растительностью – необходимый элемент системы защиты посевов. Снижение конкуренции сорняков достижимо с использованием широкого спектра мер: механических, химических, биологических. В последние годы активно применяют систему борьбы с сорной растительностью с применением гербицидов [7]. Для достижения наиболее высокой биологической эффективности препаратов их используют в ранние фазы развития сорняков [8].

В справочнике «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» за 2020 г. зарегистрировано 56 граминицидов для защиты посевов сои. Несмотря на большой список рекомендуемых гербицидов, существует проблема выбора необходимого препарата в зависимости от сельскохозяйственной культуры, абиотических и биотических факторов. Поэтому изучение новых, более совершенных средств защиты от сорной растительности – актуально в современном земледелии, как в Российской Федерации, так и за рубежом [9].

Современный подход к совершенствованию средств борьбы с сорной растительностью определяет создание комбинированных гербицидных препаратов, в состав которых входят два и более действующих вещества [10]. Работая в этом направлении, фирма «Ариста Лайф Сайенс С.А.С.» (Франция) создала и предложила новый двухкомпонентный гербицид Эволюшн, КЭ, который содержит 140 г/л клетодима и 70 г/л хизалофоп-П-этила. Этот препарат обладает широким спектром действия для защиты масличных, технических и овощных культур от однолетних и многолетних злаковых сорняков

Эффективность гербицида Эволюшн, КЭ изучали в условиях Рязанской области на сахарной свекле и в Краснодарском крае на подсолнечнике [11, 12]. Сведения о его испытаниях на юге России в посевах сои не отражены в литературных источниках, поэтому наши исследования отличаются научной новизной в области гербологии.

Цель работы – изучение биологической и хозяйственной эффективности нового комбинированного граминицида Эволюшн, КЭ на посевах сои в условиях Краснодарского края.

Задачей исследований было определение спектра гербицидного действия, биологической эффективности и безопасности применения препарата Эволюшн, КЭ.

Работу по оценке биологической и хозяйственной эффективности гербицида проводили в 2014–2015 гг. на посевах сои сорта Вилана в полевом севообороте на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института биологической защиты растений (г. Краснодар).

Агротехника возделывания сои не отличалась от общепринятой для почвенно-климатической зоны. Предшественник – озимая пшеница. Обработка почвы: после уборки предшественника – лущение стерни дисковым лущильником на глубину 10…12 см; в сентябре – вспашка на глубину 22…25 см; ранневесеннее боронование с последующей предпосевной культивацией на глубину заделки семян с выравниванием поверхности почвы. Посев сои проводили сеялкой СЗУ-12 с шириной междурядий 45 см в третьей декаде апреля. Норма высева – 370 тыс. шт. всхожих семян/га. На протяжении вегетации, до смыкания рядов культуры дважды проводили междурядную обработку культиватором КРНВ-5,6-02М.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный, гранулометрический состав – легкосуглинистый, содержание гумуса в пахотном горизонте 3,7 %, реакция почвенного раствора нейтральная ($pH_{водн.}$ – 6,9), обеспеченность подвижными формами фосфора и калия (по Чирикову) – очень высокая (соответственно более 240 и 200 мг/кг).

Тип засоренности опытного участка – смешанный с преобладанием однолетних однодольных сорных видов: ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Pal. Beauv.), росичка кроваво-красная (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) и щетинник сизый (*Setaria glauca* (L.) Pal.Beauv.).

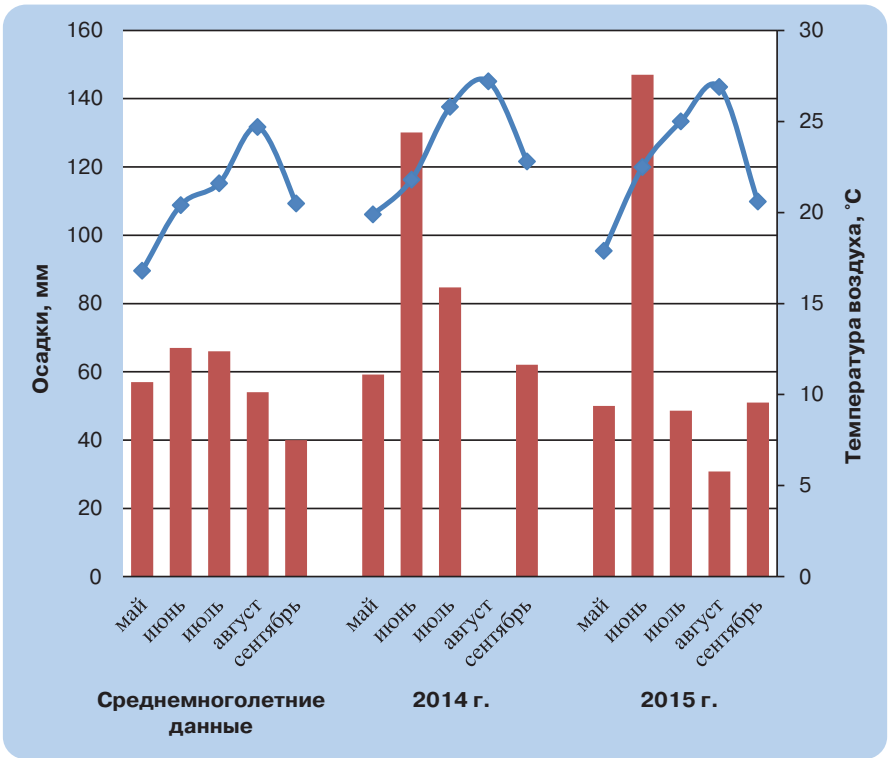


Рисунок. *Климатограммы, характеризующие метеоусловия вегетационных сезонов 2014 и 2015 гг. в сравнении со среднемноголетними данными: — сумма атмосферных осадков, мм: — суточная температура воздуха, °С.*

Степень засоренности – сильная. По данным первого учета она в среднем составляла 56 экз./м². Однолетние двудольные сорняки, присутствующие в опытах, удаляли препаратом Базагран, ВР (3,0 л/га). Многолетние двудольные сорные растения отсутствовали.

Опрыскивание посевов сои гербицидами проводили в период 2…6 листьев злаков, независимо от фазы культуры. Схема опыта предусматривала следующие варианты: гербицид Эволюшн, КЭ в нормах применения 0,35 и 0,50 л/га в смеси с ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости), эталоны Селект, КЭ (0,60 л/га) и Тарга Супер, КЭ (1,0 л/га), без гербицидов (контроль). Нанесение рабочих растворов препаратов проводили ручным ранцевым опрыскивателем PULVEREX, оборудованным двухметровой штангой. Норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га. Размер опытных и контрольных делянок – 25 м², расположение – рендомизированное, повторность – четырехкратная. Учеты засоренности посевов и эффективности гербицидов проводили согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» [13]. Сроки проведения учетов: первый – до опрыскивания (исходная засоренность); второй и третий – соответственно через 30 и 45 дней после обработки, и четвертый – перед уборкой урожая. Биомассу злаковых сорных растений определяли через 30 и 45 дней после обработки. Уборку зерна сои осуществляли малогабаритным комбайном «ХЕГЕ-125». Статистическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием MS EXEL.

Климат Краснодарского края на большей его части – умеренно-континентальный и характеризуется избытком солнечной радиации при умеренном увлажнении. Метеоусловия вегетационных периодов 2014 и 2015 гг. отличались от среднемноголетних (см. рисунок).

Май 2014 г. характеризовался повышенными температурами воздуха и обилием осадков в виде ливневых дождей. Отмечен рост листьев сои. Июнь отличался повышенным количеством осадков. Условия для роста культуры складывались благоприятно. В июле – сентябре температура воздуха была выше нормы, осадков выпадало достаточно для формирования урожая. Май 2015 г. характеризовался температурами, близкими к средним многолетним, осадки выпадали неравномерно, в основном в виде сильных ливневых дождей с порывистым ветром, но общая их сумма была близка к норме. Условия для образования листьев сои были благоприятными. В течение июня отмечали превышение нормы осадков в 2 раза, особенно в конце месяца. Температура воздуха была близка к средним многолетним значениям. В июле температурный режим был в среднем близок к норме. Отмечен значительный недобор осадков. Рост растений сои проходил благодаря влаге, сохранившейся в почве. Август характеризовался высокими температурами и дефицитом влаги. Условия для формирования урожая культуры складывались удовлетворительно. В сентябре температура воздуха и сумма осадков были близки к норме.

Для подавления сорной растительности необходимо иметь эффективную стратегию борьбы с ней в критический период роста сои. Наибольшие риски для будущего урожая сои складываются в период от 9 до 38 дней после появления всходов [14]. Для предотвращения потерь урожая сои необходимо контролировать сорную растительность на ранних стадиях вегетации и, в дальнейшем, сохранять контроль над ними на протяжении всей вегетации с использованием гербицидов. Благодаря фенотипической пластичности, растения сои легко переносят гербицидную обработку, что позволяет ей подстраиваться к сложившейся ситуации в поле для достижения максимального биотического потенциала в агробиоценозе [15].

1. Влияние гербицида Эволюшн, КЭ на общую засоренность посевов сои (среднее за 2014–2015 гг.)

Вариант	Срок учетов	Количество сорных растений		Масса сорных растений	
		экз./м²	снижение, % к контролю	г/м²	снижение, % к контролю
Эволюшн,КЭ + ПАВ Амиго Стар – 0,35 л/га + 0,5 % от расхода рабочей жидкости	2	3,8	92,9	22	94,7
	3	4,2	91,6	43	93,2
	4	4,6	90,2	–	–
Эволюшн,КЭ + ПАВ Амиго Стар – 0,50 л/га + 0,5 % от расхода рабочей жидкости	2	0	100	0	100
	3	0	100	0	100
	4	0	100	–	–
Селект, КЭ (эталон) – 0,60 л/га	2	5,4	89,9	32	92,3
	3	5,8	88,3	60	90,5
	4	6,2	86,8	–	–
Тарга Супер, КЭ (эталон) – 1,0 л/га	2	7,8	85,5	53	87,3
	3	8,1	83,7	91	85,6
	4	8,4	82,2	–	–
Без гербицидов (контроль)	2	53,7	–	418	–
	3	49,8	–	632	–
	4	47,1	–	–	–

Результаты полевых опытов, свидетельствуют о высокой биологической эффективности применения 0,35 л/га Эволюшн, КЭ в смеси с ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости) в отношении злаковой компоненты сорнякового ценоза (табл. 1). Снижение ее общей численности в течение всего периода вегетации культуры в это варианте превышало 90 %. Несколько больше были показатели уменьшения массы сорных растений через 30 и 45 дней после использования гербицида. Увеличение нормы применения препарата с 0,35 л/га до 0,50 л/га приводило к полной гибели сорных растений, при этом фитотоксического действия на культуре не отмечали.

Биологическая эффективность двух эталонов была ниже испытуемого гербицида Эволюшн, КЭ. Использование 0,60 л/га препарата Селект, КЭ обеспечило уменьшение общей численности сорняков на 86,8…89,9 %, массы сорных злаков – на 93,2…94,7 %. В варианте с 1,0 л/га Тарга Супер, КЭ величины этих показателей составили 82,2…89,9 % и 85,6…87,3 %, соответственно.

Визуальные наблюдения за злаковыми сорными растениями показали, что первые признаки воздействия препарата

2. Влияние гербицида Эволюшн, КЭ на отдельные виды злаков в посевах сои (среднее за 2014–2015 гг.)

Вариант	Срок учета	Снижение количества сорных растений, % к контролю		
		Echinochloa crusgalli	*Digitaria sanguinalis*	*Setaria glauca*
Эволюшн,КЭ+ПАВ Амиго Стар – 0,35 л/га + 0,5 % от расхода рабочей жидкости	2	93,7	91,5	92,8
	3	92,5	90,1	91,0
	4	91,3	88,9	89,2
Эволюшн,КЭ+ПАВ Амиго Стар – 0,50 л/га + 0,5 % от расхода рабочей жидкости	2	100	100	100
	3	100	100	100
	4	100	100	100
Селект, КЭ (эталон) – 0,60 л/га	2	90,8	88,7	89,2
	3	89,5	87,0	87,0
	4	88,1	85,7	84,9
Тарга Супер, КЭ (эталон) – 1,0 л/га	2	86,3	83,8	85,6
	3	85,0	81,7	84,7
	4	83,7	80,2	80,6
Без гербицидов (контроль)*	2	28,4	14,2	11,1
	3	26,7	13,1	10,0
	4	25,2	12,6	9,3

** в контроле представлены данные о количестве сорняков, экз./м².*

3. Урожайность сои при использовании гербицида Эволюшн, КЭ

Вариант	Урожайность по годам, т/га		Средняя урожайность	
	2014	2015	т/га	% к контролю
Эволюшн,КЭ+ПАВ Амиго Стар – 0,35 л/га + 0,5% от расхода рабочей жидкости	2,55	2,67	2,61	133,2
Эволюшн,КЭ+ПАВ Амиго Стар – 0,50 л/га + 0,5% от расхода рабочей жидкости	2,60	2,72	2,66	135,7
Селект, КЭ (эталон) – 0,60 л/га	2,52	2,61	2,57	131,1
Тарга Супер, КЭ (эталон) – 1,0 л/га	2,46	2,56	2,51	128,1
Без гербицидов (контроль)	1,93	1,98	1,96	100,0
$НСР_{05}$	0,15	0,11	–	–

проявлялись через 2…4 дня после опрыскивания и выражались в задержке роста и развития растений, на листьях появлялись хлоротичные пятна. В дальнейшем листья приобретали антоциановый оттенок, растения увядали и засыхали. Полную гибель сорняков наблюдали через 2…3 недели после обработки в зависимости от фазы растений и погодных условий. Повторного отрастания вегетативной массы сорняков не отмечали, что очевидно связано с высокой системной активностью действующих веществ, входящих в состав препарата Эволюшн, КЭ.

Все виды злаковых сорных растений, встречающиеся на опытном участке, проявили к гербицидам высокую чувствительность (табл. 2). При использовании 0,35 л/га Эволюшн, КЭ в смеси с ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости) отмечали снижение их количества на 88,9…93,7 %. Увеличение нормы применения испытуемого препарата приводило к полной гибели злаков.

Средняя урожайность зерна сои в контроле составляла 1,96 т/га (табл. 3). В вариантах с применением 0,35 и 0,50 л/га гербицида Эволюшн, КЭ + ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости) достоверные прибавки урожайности культуры к контролю (без гербицидов) составили 33,2 и 35,7 %.

Данные, полученные в наших исследованиях, хорошо согласуются с результатами испытаний гербицида Эволюшн, КЭ на посевах сахарной свеклы в условиях Рязанской области и на посевах подсолнечника в Краснодарском крае, где при сложившемся уровне засоренности однолетними злаковыми растениями в среднем 50 экз./м^2, была получена высокая биологическая эффективность (более 90%) от применения 0,50 л/га препарата Эволюшн, КЭ в смеси с ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости) [11, 12]. При этом отмечена достоверная прибавка урожая сельскохозяйственных культур.

Таким образом, в результате двухлетних исследований установлена высокая биологическая (90…100 %) и хозяйственная эффективность 0,35 и 0,50 л/га гербицида Эволюшн, КЭ в смеси с ПАВ Амиго Стар (0,5 % от расхода рабочей жидкости) против однолетних злаковых сорных растений (ежовник обыкновенный, росичка кроваво-красная, щетинник сизый) в посевах сои, при этом были получены достоверные прибавки урожая культуры соответственно 0,65 и 0,70 т/га, или 33,2 и 35,7 %, по отношению к контролю без гербицидов.

Литература.

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии): сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство/ Федеральная служба государственной статистики. М., 2019. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy?print=1 (дата обращения 12.06.20).

2. Mourtzinis S., Conley S.P. Delineating soybean maturity groups across the United States // Agronomy. 2017. Vol. 109. No. 4. P. 1397–1403. doi: 10.2134/agronj2016.10.0581

3. Adaptability and stability analysis of soybean genotypes using toler and centroid methods / R. L. Hamawaki, O. T. Hamawaki, A. P.Nogueira, et al. // Plant Sciences. 2015. No.6. P. 1509–1518. doi: 10.4236/ajps.2015.69150

4. Alebrahim M. T. Predicting emergence of the most important weed species in soybean (Glycine max L.) under different management operation // Plant protection. 2017. Vol. 31. No. 2. P. 322–336.

5. Dynamics of weeds in the soil seed bank: a hidden markov model to estimate life history traits from standing plant time series / B. Borgy, X. Reboud, N. Peyrard, et al. // Plos one. 2015. No. 1. P. 1–15.

6. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance / B. A. Fenta, S. E. Beebe, K. J. Kunert, et al. // Agronomy. 2014. No. 4. P. 418–435. doi.org/10.3390/agronomy4030418

7. Young, S. L. True integrated weed management. // Weed research. 2012. Vol. 52. No. 2. P. 107–111. doi: 10.1111/j.1365-3180.2012.00903.x

8. Влияние гербицидов на наиболее распространенные в Приморском крае однолетние мятликовые сорняки / В. Н. Мороховец, Т. В. Мороховец, Э. В. Басай и др. // Земледелие. 2015. № 7. С. 46–48.

9. Спиридонов Ю. Я., Жемчужин С. Г. Современное состояние проблемы изучения применения гербицидов (Обзор публикаций за 2011–2013 гг.) // Агрохимия. 2016. № 5. С. 76–85.

10. Долженко В. И., Буркова Л. А. Экологические основы формирования современного ассортимента средств защиты растений // Агрохимический вестник. 2001. № 5. С. 5–6.

11. Веневцев В. З., Захарова М. Н., Рожкова Л. В. Эффективность применения новых граминицидов в посевах сахарной свеклы в условиях Рязанской обл // Аграрная наука. 2019. № 7…8. С. 47–49. doi: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-47-49

12. Комбинированный граминицид Эволюшн, КЭ для защиты посевов подсолнечника / А. П. Савва, Л. П. Есипенко, Т. Н. Тележенко и др. // Труды КубГАУ. 2019. № 77. С. 138–142. doi: 10.21515/1999-1703-77-138-142

13. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2013. 280 с.

14. Green-Tracewicz E., Page E. R., Swanton C. J. Light quality and the critical period for weed control in soybean // Weed science. 2012. Vol. 60. No. 1. P. 86–91. doi: 10.1614/WS-D-11-00072.1.

15. Board J. E. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations // Crop Science. 2000. Vol. 40. No. 5. P. 1285–1294. doi: 10.2135/cropsci2000.4051285x.

New combined graminicide *Evolution*, EC for the protection of soybean crops

A. P. Savva, T. N. Telezhenko, V. A. Suvorov, L. P. Esipenko
All-Russian research Institute of biological plant protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. *The purpose of this work was to study the biological and economic efficiency of the new combined graminicide Evolution, EC in soybean crops in the Krasnodar Territory. The studies were carried out in 2014–2015 in leached chernozem, super-thick, heavy loamy with low humus content according to methodological guidelines for registration tests of herbicides in agriculture. The experimental design included treatments with the use of the herbicide Evolution, EC at the rates of 0.35 L/ha and 0.50 L/ha mixed with Amigo Star surfactant (0.5% of the working fluid consumption), standards (Select EC, 0.6 L/ha and Targa Super EC, 1.0 L/ha) and the option without treatment (control). The area of the experimental plots was 25 m2, the replication was fourfold, the rate of consumption of the working fluid was 200 L/ha. The treatment was carried out in the period of 2–6 leaves of cereal weeds, regardless of the culture phase. The infestation of soybean crops averaged 56 pcs/m2. The herbicidal effect of the preparations was assessed by the decrease in the number and weight of weeds, as well as by the crop yield, in comparison with the control (without treatment with herbicides). Cereals weeds (barnyard grass, hairy crabgrass, and yellow-foxtail grass) showed high sensitivity to the preparations. The use of Evolution, EC at the rates of 0.35 L/ha and 0.50 L/ha in the mixture with Amigo Star surfactant led to the 90–100% herbicidal effect. No negative impact on soybean was noted, the increase in crop yield was 33.2 and 35.7% compared to the control (without herbicides). The standards for herbicidal activity were inferior to the tested preparation by 3.6–19.4%.*

Keywords: *graminicide; herbicide; weeds; efficiency; soybean (Glycine max); productivity.*

Author Details: *A. P. Savva, Cand. Sc. (Biol.), head of laboratory (e-mail: savap53@mail.ru); T. N. Telezhenko, junior research fellow; V. A. Suvorov, junior research fellow; L. P. Esipenko, D. Sc. (Biol.), head of laboratory.*

For citation: *Savva AP, Telezhenko TN, Suvorov VA, et al. [New combined graminicide Evolution, EC for the protection of soybean crops]. Zemledelie. 2020. (7):34-7. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10707.*

Круйзер® Форс
Технология

ВРЕДИТЕЛИ НЕ ПОВЛИЯЮТ
на норму высева

Seedcare®

syngenta®

Агрономическая поддержка компании «Сингента» **8 800 200-82-82**
www.syngenta.ru

ЗАГРУЗИТЕ В App Store

ЗАГРУЗИТЕ В Google Play

Мобильное приложение «Сингента Россия»

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10708
УДК 595.2; 595.7; 574.3

Анализ многолетнего мониторинга лёта яблонной плодожорки как основа планирования защитных мероприятий*

В. А. ЯКОВУК, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
М. В. ПУШНЯ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Е. Ю. РОДИОНОВА, младший научный сотрудник
И. В. БАЛАХНИНА, научный сотрудник (e-mail: balakhnina@yandex.ru)
А. Ю. СОБИНА, младший научный сотрудник
А. С. АБДРАХМАНОВА, младший научный сотрудник
А. А. Пачкин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Цель работы – изучение особенностей динамики лёта яблонной плодожорки Cydia pomonella L. 1758 в условиях «экологической» защиты яблоневого сада для оптимизации мероприятий по управлению её численностью с использованием данных многолетнего мониторинга. Для уточнения эффективности разрабатываемой системы «экологической» защиты яблоневого сада сравнение видового разнообразия энтомофагов в различных типах садов выполняли в 2004–2019 гг. в Центральной зоне Краснодарского края. Опыты представляли собой изучение динамики лёта яблонной плодожорки. Сроки обработок определяли на основании показаний феромонных ловушек с последующим анализом данных. В ходе мониторинга уточнены сроки и продолжительность лёта генераций яблонной плодожорки. Они составляют у перезимовавшего поколения около 80 суток (со второй декады апреля по первую декаду июля), первого летнего – около 60 суток (со второй декады июня по вторую декаду августа) и второго летнего – около 60 дней (с третьей декады июля по вторую декаду сентября). Полученные данные о конкретизированных сроках лёта бабочек позволили дать уточнённые рекомендации для проведения защитных мероприятий, в результате чего удалось снизить количество обработок до 4…6 за сезон. Использование схем экологической защиты сада для регуляции численности яблонной плодожорки способствовало сохранению природной энтомофауны. Зараженность яиц плодожорки трихограммой в органическом саду составляла 28,4 %, куколок – паразитами – 9,1…29,4 %, тогда как при использовании традиционных схем защиты энтомофаги отсутствовали. В садовой агроэкосистеме яблони, где полностью исключали обработки опасными химическими пестицидами, благодаря оптимизации сроков защитных мероприятий и роли природных энтомофагов удавалось сдерживать вредоносность яблонной плодожорки на хозяйственно неощутимом уровне, повреждённость съёмного урожая в среднем не превышала 2 %.

Ключевые слова: *садовая агроэкосистема, фитофаг, яблонная плодожорка (Cydia pomonella L.), энтомофаг, феромониторинг, регуляция численности.*

Для цитирования: *Анализ многолетнего мониторинга лёта яблонной плодожорки как основа планирования защитных мероприятий / В. А. Яковук, М. В. Пушня, Е. Ю. Родионова и др. // Земледелие. 2020. № 7. С. 39–43. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10708.*

Краснодарский край относится к регионам с наиболее благоприятными природными условиями для производства плодовой продукции, обладающей высокими вкусовыми и товарными качествами. В структуре плодовых и ягодных насаждений преобладают семечковые культуры. На их долю приходится 48,7 % общей площади насаждений, из которых яблоня занимает 42,2 % [1]. Сохранение урожая – одна из основных задач в производственной практике. К доминантным вредителям плодовой продукции относится яблонная плодожорка *Cydia pomonella* L. 1758. Каждое повреждение плода гусеницей – прямая потеря урожая. В последние годы количество защитных обработок яблоневых садов достигает 20…25 за вегетационный период, длящийся с апреля по сентябрь. При этом установлено, что обработки пестицидами с нормами расхода более 400…500 г/га приводят к существенному загрязнению почвы [2].

Основная причина уменьшения результативности защитных мероприятий – появление резистентности у фитофагов, а также проведение защитных обработок «по срокам действия препаратов» без учёта реального развития вредителя в саду. Феромонный мониторинг в период вегетации плодовых растений используется в лучшем случае только для определения экономического порога вредоносности (ЭПВ), составляющего 2 экз./ловушку за неделю, часто без учёта динамики лёта поколений яблонной плодожорки. При этом феромонному мониторингу, как основному инструменту наблюдения за динамикой численности яблонной плодожорки уделяется много внимания и существует большое количество исследований как российских [3, 4], так и иностранных учёных [5, 6, 7], причём не только в яблоневых, но и, например, в ореховых садах, так же заселяемых этим фитофагом [8].

В садоводстве несколько систем защиты яблоневых насаждений называют интегрированными, экологизированными и др. Их отличия состоят в ассортименте используемых средств защиты растений с применением или отменой особо опасных химических пестицидов (I-II класс опасности) и количестве обработок. Высокий уровень пестицидной нагрузки влияет не только на загрязнение окружающей среды, но и вызывает экономические потери [9].

Яблонная плодожорка – наиболее вредоносный вид, широко распространенный в мире и постоянно расширяющий ареал обитания [10]. Потери урожая от неё могут достигать 80…90 % [4, 9]. Биология этого вредителя в зонах выращивания яблони различается. Так, в северных зонах она развивается в одном поколении, в других условиях – в двух [3, 4, 11], а в южных регионах России, например, в Краснодарском крае – в трёх [12].

Высокая приспособляемость яблонной плодожорки прослеживается в изменении количества генераций за вегетационный сезон на юге России по годам. Так, в 1930–1940-х гг. в агроклиматических условиях степи вредитель развивался в двух поколениях [13], к 1980-м гг. и позднее – уже в двух–трёх генерациях [12, 14]. Эта приспособляемость подтверждается и генетически [15].

Для своевременного регулирования численности *C. pomonella* необходимо знание биологии вредителя в сочетании с эффективным мониторингом, что дает возможность ограничивать степень вредоносности фитофага [9, 16]. Использование экологически малоопасных инсектицидов, стимулирует развитие естественных врагов яблонной плодожорки, превращая их в мощный естественный ресурс стабилизации экосистемы сада [17, 18].

Цель наших исследований – изучение особенностей лёта яблонной плодожорки *C. pomonella* для оптимизации сроков проведения защитных мероприятий в

**Исследования выполнены согласно Государственному заданию № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0010.*

1. Метеорологические данные периода наблюдений (г. Краснодар), 2004–2019 гг.

Показатель	Месяц и декада															
	апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Температура воздуха (°С)																
Средняя многолетняя	8,9	10,9	13,0	16,8	18,5	16,8	19,5	20,4	21,3	20,3	23,2	25,0	23,7	22,7	21,6	19,3
Средняя за 2004-2019 гг.	11,5	13,3	14,0	16,5	18,3	20,1	21,2	22,3	23,9	23,9	24,4	26,0	25,9	25,7	24,6	21,0
Осадки (мм)																
Средние многолетние	16	16	16	18	19	20	22	23	22	21	21	20	20	19	19	13
Средние за 2004–2019 гг.	15	16	15	14	14	25	21	19	25	18	30	14	6	12	9	17
ГТК																
Средний многолетний	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Средний за 2004-2019 гг.	1,0	1,2	1,1	0,8	0,8	1,2	0,8	0,7	1,0	0,8	1,2	0,7	0,7	0,5	0,3	0,8

Центральной зоне Краснодарского края, а также определение влияния проводимых мероприятий на биоразнообразие энтомофагов.

Интенсивность лёта яблонной плодожорки определяли путём отлова бабочек-самцов феромонными ловушками в период с апреля по сентябрь.

Наблюдения и мониторинг *C. pomonella* проводили в яблоневом саду учхоза «Кубань» ФГБОУ ВПО КубГАУ, г. Краснодар, расположенном в Центральной части Краснодарского края, на участке 1,0 га в 2004–2016 гг. Для этой части края характерны слабо выщелоченные (типичные), с небольшим содержанием гумуса сверхмощные черноземы.

Плодовые насаждения представляли собой смесь осенних и зимних сортов – Флорина, Либерти, Прима, Гала, Топаз, Айдаред и др. Деревья высажены в 1997 г. по схеме 5 × 3 м.

В экспериментах использовали стандартные феромонные ловушки «Атракон», изготовленные во ВНИИБЗР. Содержание феромона в одном диспенсере – 1 мг. Размещение – четыре ловушки на 1 га, на высоте 1,5 м, через 15 м по диагонали сада. Учёты количества отловленных самцов проводили ежедекадно с апреля по сентябрь с 2004 по 2019 гг.

В яблоневом саду использовали «экологическую защиту», основанную на применении, как биологических препаратов, так и химических пестицидов не выше III…IV классов опасности – биологически активные вещества (БАВ): ювеноиды, ингибиторы синтеза хитина. При определении степени опасности инсектицидов для энтомофагов в условиях сада рекомендована следующая шкала оценок: малоопасные инсектициды – численность энтомофагов достигает исходного уровня в течение 7 дней после обработки; средне опасные – через 7…14 дней; опасные – через 15…21 день; особо опасные – более 21 дня [17], что соответствует степени опасности инсектицидов малоопасные (IV класс опасности), средне опасные (III), опасные (II), особо опасные (I).

Для сравнения биоразнообразия энтомофагов, вычисленного через индекс *d* по формуле Маргалеффа ($d = (S-1)/\ln N$, где S – число видов энтомофагов, N – количество особей), использовали сад с традиционной химической защитой, рекомендуемой для Краснодарского края, а также органический и экологический сады ФГБОУ ВПО КубГАУ. Площади каждого типа исследуемого сада составляли по 1 га.

В качестве видов – индикаторов учитывали энтомофагов (кокценилиды, хризопы, клопы, различные афидофаги). За один учёт визуально регистрировали особей зоофагов на 50 побегах прошлого и текущего годов по 2 побега на каждом дереве (теневая и освещенная стороны кроны). Общее количество учётов за сезон – три: в конце мая, в середине июля, в середине августа. Результаты их суммировали для получения средней характеристики индекса d в сезоне [19].

Заражённость яиц яблонной плодожорки трихограммой определяли по методике, предложенной А. П. Сорокиной [20]. Для расчета выживаемости зимующего поколения вредителя в органическом саду проводили сбор гусениц и куколок с использованием ловчих поясов и определяли их заражение энтомофагами [19]. Поврежденность рассчитывали на сто плодов по стандартной методике [19]. Достоверность полученных результатов оценивали по *Б. А. Доспехову (М., 2011)*.

Сроки защитных мероприятий выбирали в соответствии с динамикой лёта яблонной плодожорки при отлове 5 экз./ловушку. В качестве средств защиты сада использовали инсектициды Лепидоцид, Битоксибациллин, Матч, Димилин, Исегар, Люфокс, Фитоверм; фунгициды Хорус, Скор. Система подержания почвы в междурядьях – чёрный пар.

Метеоусловия в годы проведения научно-исследовательской работы были в среднем типичными для региона в этот период со среднемесячной температурой 21,7 °С и влажностью воздуха 66,9 %. Наиболее сильно отличались от климатической нормы 2006, 2008, 2011, 2012, 2014, 2016, 2017 гг. (табл. 1).

Продолжительность лёта перезимовавшего поколения яблонной плодожорки в условиях Центральной зоны Краснодарского края составляет около 80 суток, лёт первого и второго летнего поколения – около 60 дней каждое (рис. 1). Длительность лёта поколений яблонной плодожорки зависит от температуры воздуха и фенофазы развития плодовых растений (табл. 2). Более высокая его продолжительность у перезимовавшего поколения объясняется растянутыми сроками окукливания части гусениц и неравномерностью вылета бабочек.

Начало лёта бабочек перезимовавшего поколения приходится на фенологические фазы развития яблони «зелёный конус» и «мышиное ушко» в третьей декаде апреля, реже – во второй. Число бабочек, отловленных на ловушку, при этом составляет 0,1...0,6 экз. за декаду (см. рис. 1). Средняя многолетняя температура воздуха во второй декаде апреля находится на уровне +13,3 °С, в третьей – +14 °С. Поскольку в это время цветения ещё нет, отродившиеся гусеницы лишены возможности полноценного питания и погибают.

В мае, при средней многолетней температуре первой декады – 16,5 °С, второй – 18,3 °С и третьей – 20,1 °С, в фенологические фазы «цветение», «завязь» и «рост завязи» отмечен максимальный лёт перезимовавшего поколения, который в среднем составил 3,3; 6,9; и 5,7 экз./ловушку соответственно. В начале интенсивного лёта (вторая–третья

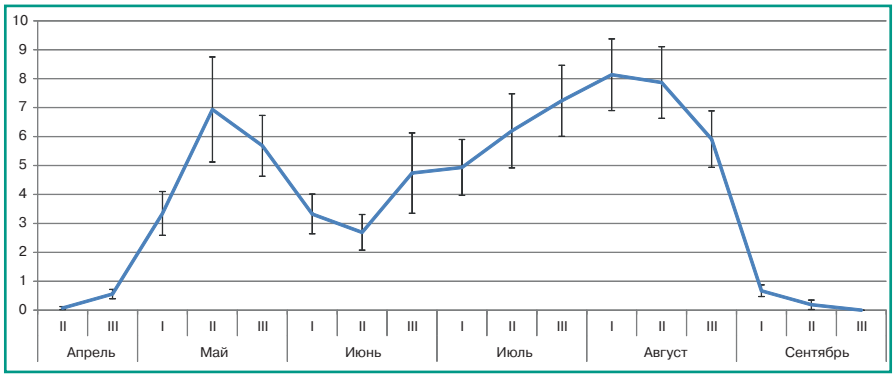


Рис. 1. *Динамика лёта яблонной плодожорки в 2004–2019 гг. в экологическом саду учхоза «Кубань» (количество отловленных самцов яблонной плодожорки в феромонные ловушки, экз./ловушку за декаду)*

2. Рекомендуемые сроки обработки в плодовом саду против яблонной плодожорки с учётом фазы вегетации, температуры, мониторинга фитофага и его развития по декадам

Показатель	Фенофаза									
	розовый бутон	окончание цветения	завязь лещина	завязь грецкий орех	плоды смотрят вверх	рост и созревание плодов				
Срок	3 декада апреля – 1 декада мая	1…2 декада мая	3 декада мая	1…2 декада июня	3 декада июня	1 декада июля	2 декада июля	3 декада июля	1…2 декада августа	3 декада августа
Температура воздуха, °С	14,0…16,5	16,5…18,3	20,1	21,2…22,3	23,9	23,9	24,4	26,0	25,9…25,7	24,6
Поколение плодожорки	начало лёта перезимовавшего поколения	массовый лёт перезимовавшего поколения	лёт перезимовавшего поколения	лёт перезимовавшего поколения + 1-го летнего поколения	-//-	лёт бабочек 1-го летнего поколения	лёт бабочек 2-го летнего поколения + 1-го летнего поколения	лёт бабочек 2-го летнего поколения + 1-го летнего поколения	лёт бабочек 2-го летнего поколения + 1-го летнего поколения	лёт бабочек 2-го летнего поколения
			гусеницы 1-го поколения	-//-	гусеницы 1-го поколения + 2-го поколения	-//-	гусеницы 2-го поколения	гусеницы 2-го поколения + факультативного	гусеницы 2-го поколения + факультативного поколение	гусеницы факультативного поколения
Обработка инсектицидом		1-я декада Лепидоцид + Фитоверм; Лепидоцид + Битоксибациллин; Инсегар + Лепидоцид*	Лепидоцид + Фитоверм; Лепидоцид + Битоксибациллин; Инсегар + Лепидоцид**	1-я декада Димилин + Лепидоцид; Димилин + Битоксибациллин*		Люфокс + Лепидоцид; Люфокс + Битоксибациллин*		Люфокс + Лепидоцид; Люфокс + Битоксибациллин*	Люфокс + Лепидоцид; Люфокс+ Битоксибациллин**	

**планируемые основные обработки.*

***по сигнализации (по показаниям в ловушках).*

декада мая) можно проводить первую обработку против яблонной плодожорки баковой смесью таких препаратов, как Лепидоцид + Фитоверм; Лепидоцид + Битоксибациллин; Инсегар + Лепидоцид (см. табл. 2) [19, 21].

В июне (реже в конце мая) начинается фенофаза «размер плодов грецкий орех», которая переходит в следующую «роста и развития плодов». Гусеницы первого летнего поколения, отродившиеся из отложенных яиц имаго перезимовавшего поколения, в это время развиваются в плодах яблони. Среднемесячные температуры в июне подекадно составляют 21,2, 22,3 и 23,9 °С. Количество самцов, попавших в ловушки снижается до 3,3; 2,7; 4,7 экз./ловушку в декаду (см. рис. 1). Со второй декады июня начинается совместный лёт двух поколений – перезимовавшего и первого летнего, который длится около 20 дней по первую декаду июля. Вторая обработка планируется по нарастанию лёта на третью декаду июня–первую декаду июля. Она проводится одной из следующих баковых смесей: Лепидоцид + Битоксибациллин; Димилин + Лепидоцид; Димилин + Битоксибациллин (см. табл. 2) [19, 21].

Июль в Центральной зоне Краснодарского края характеризуется высокими температурами, которые в первой декаде достигают 23,9 °С, во второй – 24,4 °С, в третьей – 26,0 °С. В яблоневых садах происходит налив плодов и созревание летних сортов. В это время происходит увеличение улова самцов в феромонные ловушки до 4,9; 6,2; 7,2 экз./ловушку в декаду (см. рис. 1). Со второй декады июля начинается лёт второго летнего поколения, при продолжающемся лете первого. В период совместного лёта во второй декаде июля по возрастающим показателям феромонных ловушек рекомендуется планировать обработку биопрепаратом или баковой смесью – Лепидоцид; Люфокс + Лепидоцид; Люфокс + Битоксибациллин (см. табл. 2) [19, 21].

Совместный лёт длится примерно 25 дней. В целом лет второго летнего поколения продолжается с III декады июля по начало III декады сентября (см. рис. 1). В августе плоды яблони осенне-зимних сроков созревания набирают вес и переходят в фазу «созревания плодов» (см. табл. 2). Высокие среднедекадные температуры воздуха: в первой – 25,9 °С, во второй – 25,7 °С, в третьей – 24,6 °С, способствуют быстрому развитию гусениц и резкому увеличению их вредоносности. На этот период приходится второй самый высокий пик лёта, регистрируемый в наших опытах феромонными ловушками, который составляет в среднем 8,1; 7,9; 5,9 экз./ловушку в декаду (см. рис. 1). В первой декаде августа рекомендуется планировать четвёртую обработку защитными препаратами и их баковыми смесями Лепидоцид; Люфокс + Лепидоцид; Люфокс + Битоксибациллин (см. табл. 2) [19, 21]. Гусеницы, отрождающиеся во второй декаде августа и позже, как правило, достигают старшего возраста и, не образуя куколок, уходят на зимовку. Они заползают в различные укрытия, где плетут коконы и в них зимуют. Это поколение называют факультативным. Весной гусеницы превращаются в куколок и вылетевших из них бабочек, называют перезимовавшим поколением. Этим завершается цикл развития яблонной плодожорки. От эффективности мероприятий в августе зависит формирование зимующего запаса гусениц, а, следовательно, и численность перезимовавшего поколения.

Температура в начале сентября постепенно снижается, но еще остается достаточно высокой, достигая в первой декаде в среднем 21,0 °С, в это время наступает фенологическая фаза созревания плодов, до их съемной спелости. В первой и второй декадах сентября лет яблонной плодожорки снижается до 0,7 и 0,2 экз./ловушку в декаду (см. рис. 1).

Четыре обработки экологически малоопасными препаратами были рекомендованы и в других наших работах [12], но с учётом уловистости феромонных ловушек может возникнуть необходимость проведения дополнительных защитных обработок – в первой декаде июня, третьей декаде августа.

Данные, полученные в ходе 16-летнего мониторинга лета бабочек-самцов в экологическом саду учхоза «Кубань», позволили проследить динамику изменений сезонного развития и характера лёта яблонной плодожорки перезимовавшего, 1-го и 2-го летних поколений.

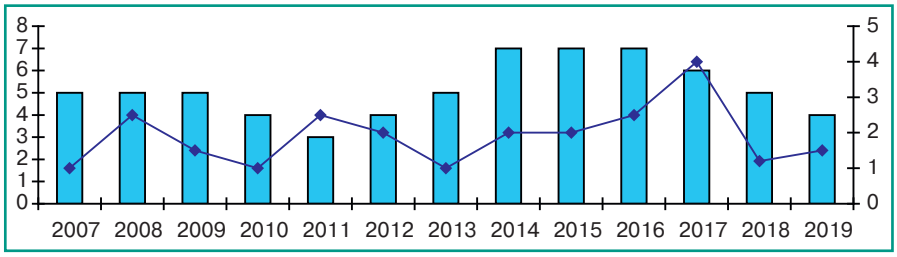


Рис. 2. *Результаты апробации экологической защиты яблоневого сада. Учхоз «Кубань» КубГАУ, 2007–2019 гг. (по оси ординат слева – количество обработок экопрепаратами, справа – повреждённость съёмных плодов гусеницами яблонной плодожорки, %): — количество обработок; —◆— повреждение плодов.*

В нашем исследовании использовали препараты – регуляторы роста и развития насекомых, как экологически малоопасные средства, так как у большинства из них ЛД50 превышает 5…10 г/кг массы, то есть они, по исследованиям Т. А. Рябчинской и Г. Л. Харченко [19], на три порядка менее токсичны большинства инсектицидов.

Повреждение съёмного урожая при использовании разрабатываемой системы экологической защиты в среднем не превышало 2 %, но с 2014 по 2017 гг. в саду проводили защиту от вредных фитофагов только биопрепаратами, исключив все химические пестициды, что привело к увеличению числа обработок и росту повреждённости съёмного урожая до 4 %, что допустимо для органического земледелия (рис. 2) [19, 21]. В то же время, в отдельно стоящей группе деревьев яблони в учхозе, не обрабатываемых инсектицидами, взятой в качестве контроля, повреждённость плодов яблонной плодожоркой в течение периода исследования в среднем составляла от 70 % до 99 %. Это служит доказательством того, что регуляция численности только природными энтомофагами мало эффективна без применения био- и малоопасных инсектицидов.

Применение экологически малоопасных препаратов в наших исследованиях программ защиты способствовало сохранению полезных видов, включение которых в систему биологического управления численностью фитофагов создаёт суммарный эффект от воздействия защитных мероприятий и естественных природных ресурсов. Наглядным примером может служить разница в биоразнообразии энтомофагов в яблоневых садах с различными системами защиты (табл. 3). За все годы наблюдений разница между органическим яблоневым садом и садом с экологической защитой была заметно меньше, чем с промышленным, в котором до 2010 г. проводили обработки химическими инсектицидами I и II классов опасности.

3. Индекс *d* биоразнообразия энтомофагов в садах с различной антропогенной нагрузкой (2008–2012 гг.)

Тип яблоневого сада	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Органический	13,08	12,79	13,21	14,17	10,6
Экологический	11,26	10,83	12,83	13,12	12,5
Традиционный	6,85	6,02	7,73	7,86	6,92

В результате использования разрабатываемой экологизированной системы защиты прослеживается тенденция к увеличению и сохранению биологического разнообразия полезных видов.

4. Изучение яиц яблонной плодожорки, отложенных в различных типах садов

Тип сада	Количество яиц яблонной плодожорки, экз. всего	В том числе: развившихся		погибших		паразитированных трихограммой	
		экз.	%	экз.	%	экз.	%
Органический сад Учхоз «Кубань»	148	71	48	35	23,6	42	28,4
Сад с интегрированной защитой ОПХ СКЗНИИСиВ	6	6*	–	0	–	0	–

**Низкая численность полученных яиц*

Наибольшее разнообразие членистоногих за годы исследования, отмечали в «органическом» и «экологическом» садах. Яблоневый сад с традиционной химической защитой, резко уступал остальным по показателям биоразнообразия.

Известно, что сохранение и привлечение полезных видов энтомофагов способствует повышению эффективности управления численностью многих вредных членистоногих. Наиболее хорошо узнаваемые индикаторные виды естественных врагов общим числом около 30 – массово представленные в «экологическом» и «органическом» садах хищники различных семейств: уховёртки (Forficulidae), муравьи (Formicidae), кокцинеллиды (Coccinellidae), хризопы (Chrysopidae), клопы набиды (Nabidae) и др.; паразитоиды – бракониды (Braconidae), ихневмониды (Ichneumonidae), птеромалиды (Pteromalidae), эулофиды (Eulophidae) и др., а также трихограмма-яйцеед (Trichogrammatidae) [19]. Например, в 2015 г. при сравнении двух различных систем защиты установлено, что там, где химические инсектициды не применяли природная популяция трихограммы может играть существенную роль в регуляции численности яблонной плодожорки. В «органическом» саду количество паразитированных яиц вредителя достигало 28,4 % от их общего количества (табл. 4).

При анализе материала, полученного из ловчих поясов с зимующими стадиями яблонной плодожорки установлено, что общая смертность перезимовавшей генерации составляла 61,8 %, причем, от деятельности энтомофагов погибло 29,4 % выборки. Основными видами паразитов были наездники: пимпла *Pimpla turionellae* (Linnaeus, 1758) (Ichneumonidae) и дибрахис (*Dibrachys cavus* (Walker, 1835) (Pteromalidae). Смертность гусениц и куколок первого летнего поколения составляла 46,1 %, смертность от естественных врагов – 9,1 %. Доминирующим видом энтомофагов был дибрахис (*D. cavus* W.) (рис. 3).

Использование многолетних данных феромонного мониторинга (2004–2019 г.) в Центральной зоне Краснодарского края, связанных с температурными и фенологическими изменениями, происходящими в плодовом саду, дает возможность планировать проведение эффективных защитных мероприятий, уменьшить количество обработок до 4…6 за сезон с одновременным обеспечением качества урожая плодов.

В ходе совместного мониторинга *C. pomonella* и комплекса энтомофагов,

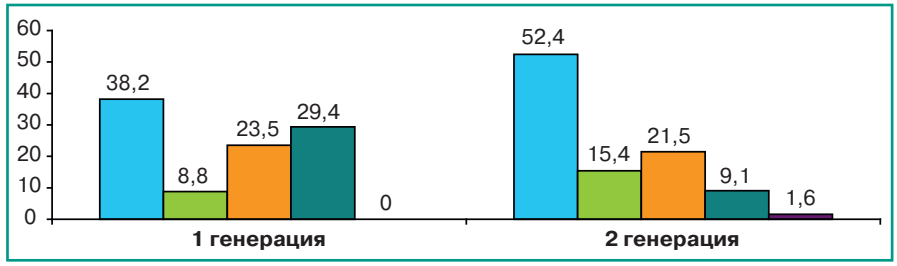


Рис. 3. Выживаемость гусениц яблонной плодожорки в ловчих поясах, учхоз «Кубань» КубГАУ, 2013 г.: — вылетевшие имаго; — погибшие куколки; — гусеницы, продолжающие диапаузу; — погибшие гусеницы; — куколки с паразитами.

обитающих в плодовых садах, где разрабатывали и испытывали различные схемы защиты на основе биопрепаратов и экологически малоопасных синтетических инсектицидов установлено, что регуляция численности яблонной плодожорки этими способами защиты способствует сохранению природной энтомофауны, что приводит к стабилизации садовой агроэкосистемы. Например, зараженность яиц плодожорки трихограммой в «органическом» саду составляла 28,4 %, а куколок – паразитами – 9,1…29,4 %, тогда как при использовании традиционных схем защиты энтомофаги отсутствовали.

Выявленные закономерности могут быть использованы для эффективного контроля численности яблонной плодожорки в Центральной зоне Краснодарского края.

*Выражаем огромную благодарность основоположнику экологической защиты яблоневых садов, сотруднику ЗИН РАН Сугоняеву Е. С. за совместное в течение многих лет проведение исследований, а также сотруднику ФГБНУ ВНИИБЗР Васильевой Л. А. за предоставление материалов по энтомофагам яблонной плодожорки.

Литература.

1. Куликов И. М., Минаков И. А. Проблемы и перспективы развития садоводства в России. Садоводство и виноградарство. 2018. № 6. С. 40–46. https://doi.org/10.31676/0235-2591-2018-6-40-46

2. Подгорная М. Е. Управление качеством плодов на основе экотоксикологического мониторинга объектов экосистемы яблоневых агроценозов. Садоводство и виноградарство. 2016. № 6. С. 36–40. https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.6.3915

3. Митюшев И. М., Вендило Н. Б., Плетнёв В. А. Эффективность мониторинга яблонной и сливовой плодожорок в зависимости от состава феромонных диспенсеров и типа ловушек // Плодоводство и ягодоводство России. 2013. Т. 36. № 2. С. 41–47.

4. Особенности мониторинга яблонной плодожорки в садах Московской области / В. Н. Корчагин, Н. Н. Третьяков, А. В. Белолипецкий и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2005. № 4. С. 68–74.

5. Huang, J., Gut L. J., Miller J. R. Codling moth, Cydia pomonella, captures in monitoring traps as influenced by proximately to competing female-like- vs. high-releasing pheromone point sources // Journal of Insect Behavior. 2013. No 26. P. 660–666. https://doi.org/10.1007/s10905-013-9381-9

6. Codling moth management and chemical ecology / P. Witzgall, L. Stelinski, L. Gut, et al. // Annual Review of Entomology. 2008. Vol. 53. No. 1. P. 503–522. DOI: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093323.

7. Płuciennik Z. The control of codling moth (Cydia pomonella L.) population using mating disruption method // Journal of Horticultural Research. 2013. Vol. 21. No.1. P. 65–70. DOI: https://doi.org/10.2478/johr-2013-0009

8. Light D. M. Control and monitoring of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in walnut orchards treated with novel high-load, low-density «Meso» dispensers of sex pheromone and pear ester // Environmental Entomology. 2016. Vol. 45. No 3. P. 700–707.

9 Коваленков В. Г. Научный и практический опыт построения биоценотического контроля фитосанитарного состояния агроэкосистем // Агрохимия. 2019. № 6. С. 50–63. DOI: 10.1134/S0002188119060061

10. Codling moth Cydia pomonella (L.) / M. Chen, X. Duan, Y. Li, et al. // In: F. Wan, M. Jiang, A. Zhan (eds) Biological Invasions and Its Management in China. Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology. Springer, Dordrecht. 2017. Vol 11. P. 285–298. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0948-2_16

11. Kot I. Monitoring of codling moth (Cydia pomonella L.) in apple orchards using two methods // Journal of Plant Protection Research. 2010. Vol. 50. No. 2. P. 220–223. DOI: 10.2478/v10045-010-0038-9

12. Species diversity and abundance of zoophages as a basic resource of the ecological pest management program for suppression of the codling moth Cydia pomonella (L.) (Lepidoptera, Tortricidae) and secondary arthropod pests in the apple orchard agroecosystems of southern Russia / E. S. Sugonyaev, I. V. Balakhnina, T. N. Doroshenko, et al. // Entomological Review. 2014. Vol. 94. No. 8. P. 1073–1090. DOI:10.1134/S0013873814080041

13. Васильев В. П., Лившиц И. З. Вредители плодовых культур. М.: Колос, 1984. 398 с.

14. Балыкина Е. Б. Оптимизация защиты яблони от яблонной плодожорки в Крыму // Защита и карантин растений. 2012. № 12. С. 37–39.

15. Киль В. И., Беседина Е. Н. Изменчивость молекулярно-генетической структуры популяций у яблонной плодожорки Cydia pomonella (L.) под влиянием инсектицидов и других стрессовых факторов внешней среды // Сельскохозяйственная биология. 2013. Т. 48. № 1. С. 61–67.

16. Зейналов А. С. Основы экологической безопасности при формировании агроэкосистем садовых культур // Садоводство и виноградарство. 2015. № 2. С. 23–28. https://doi.org/10.31676/0235-2591-2015-2-23-28

17. Долженко Т. В., Белоусова М. Е., Шохина М. В. Оценка действия инсектицидов на полезных членистоногих сада // Садоводство и виноградарство. 2016. № 6. С. 29–35. https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.6.3914

18. Совместимость энтомофагов с биологическими и биорациональными средствами защиты растений / И. С. Агасьева, М. В. Нефедова, Е. В. Федоренко и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 101–109. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.101rus

19. Экологический метод защиты яблоневого сада от вредных членистоногих на юге России: Методическое руководство / Е. С. Сугоняев, Т. Н. Дорошенко, В. А. Яковук и др. СПб.: Галаника, 2013. С. 7–43.

20. Сорокина, А. П. Пищевые связи некоторых видов рода Trichogramma (Hymenoptera, Trichogrammatidae) мировой фауны // Энтомологическое обозрение. 1999. Т. LXXVIII. Вып. 1. С. 49–59.

21. Yakovuk V. A., Balakhnina I. V., Vasilyeva L. A., Reducing the number of protective treatments in an orchard as a prerequisite for agroecosystem restoration // Entomological Review. 2014. Vol. 95. No. 4. P. 431–235.

Analysis of long-term monitoring of codling moth emergence as a basis for planning protective measures

V. A. Yakovuk, M. V. Pushnya, E. Yu. Rodionova, I. V. Balakhnina, A. Yu. Sobina, A. S. Abdrakhmanova, A. A. Pachkin
All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. *This work aimed to study the emergence dynamics of codling moth Cydia pomonella L. 1758 under the conditions of "ecological" protection of the apple orchard to optimize measures for regulating moth number using data from long-term monitoring. To clarify the effectiveness of the developed system, we compared the species diversity of entomophages in various types of orchards. The studies were carried out in 2004–2019 in the central zone of the Krasnodar Territory. We monitored the dynamics of codling moth emergence. The timing of the treatments was determined on the data from pheromone traps, followed by the analysis of data. During the monitoring, the timing and duration of the emergence of codling moth generations were specified. The duration is about 80 days for the overwintered generation (from the second decade of April to the first decade of July) and about 60 days for the first and second summer generations (from the second decade of July to the second decade of August and from the third decade of July to the second decade of September, respectively). The data obtained on the more specified dates of butterflies emergence made it possible to give refined recommendations for carrying out protective measures, as a result of which it was possible to reduce the number of treatments to 4–6 per season. The use of ecological protection schemes of gardens to regulate the number of codling moth contributed to the preservation of the natural entomofauna. For example, the infection of moth eggs with trichorgamma in an organic garden was 28.4%, the infection of pupae with by parasites was 9.1–29.4%, whereas when using traditional schemes entomophages were not found. In the garden agroecosystem of apple trees, where treatments with hazardous chemical pesticides were completely excluded, due to the optimization of the timing of protective measures and the role of natural entomophages, it was possible to restrain the harmfulness of codling moth at an economically imperceptible level, the damage to the harvest on average did not exceed 2%.*

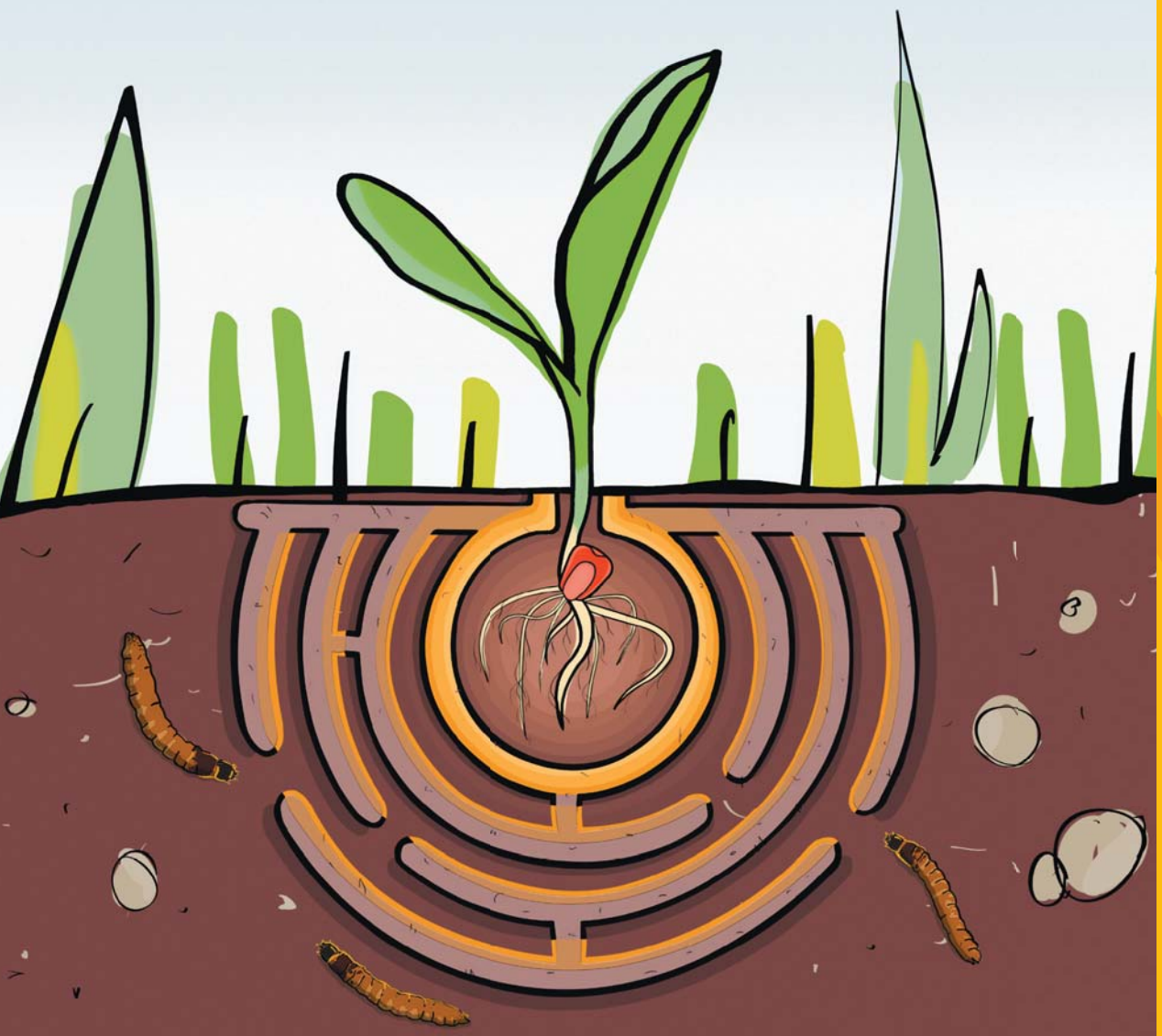
Keywords: *garden agroecosystem; phytophage; codling moth (Cydia pomonella L.); entomophage; pheromonitoring; population regulation.*

Author Details: *V. A. Yakovuk, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; M. V. Pushnya, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; E. Yu. Rodionova, junior research fellow; I. V. Balakhnina, research fellow (e-mail: balakhnina@yandex.ru); A. Yu. Sobina, junior research fellow; A. S. Abdrakhmanova, junior research fellow; A. A. Pachkin, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.*

For citation: *Yakovuk VA, Pushnya MV, Rodionova EYu, et al. [Analysis of long-term monitoring of codling moth emergence as a basis for planning protective measures]. Zemledelie. 2020. (7):39-43. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10708.*

НЕПРЕОДОЛИМАЯ ПРЕГРАДА ДЛЯ ПРОВОЛОЧНИКА

Инсектицидный протравитель семян кукурузы с защитной газовой фазой



Заказывайте семена кукурузы в обработке ФОРС® ЗЕА

Форс® Зеа

syngenta®

Агрономическая поддержка компании «Сингента» **8 800 200-82-82**

www.syngenta.ru

ЗАГРУЗИТЕ В App Store

ЗАГРУЗИТЕ В Google Play

Мобильное приложение «Сингента Россия»

КРУЙЗЕР® ФОРС: технология жизненной силы подсолнечника

Не секрет, что реальные урожаи подсолнечника обычно отстают от генетического потенциала гибридов этой культуры. Причины многообразны: и плохие климатические условия, и ошибки в технологии выращивания, и недостаточное внесение удобрений, и порча урожая многочисленными вредителями. Производители семян знают об этих проблемах и стараются уменьшить их негативное влияние, когда это в их силах. Защита от вредителей — именно тот случай, поэтому компания «Сингента», один из ведущих поставщиков семян подсолнечника в России, предлагает широкую линейку средств защиты растений и комплексные технологии их применения. Одна из них — КРУЙЗЕР® ФОРС-технология, предполагающая предпосевное инсектицидное протравливание семян заводским способом.

А нужны ли инсектициды?

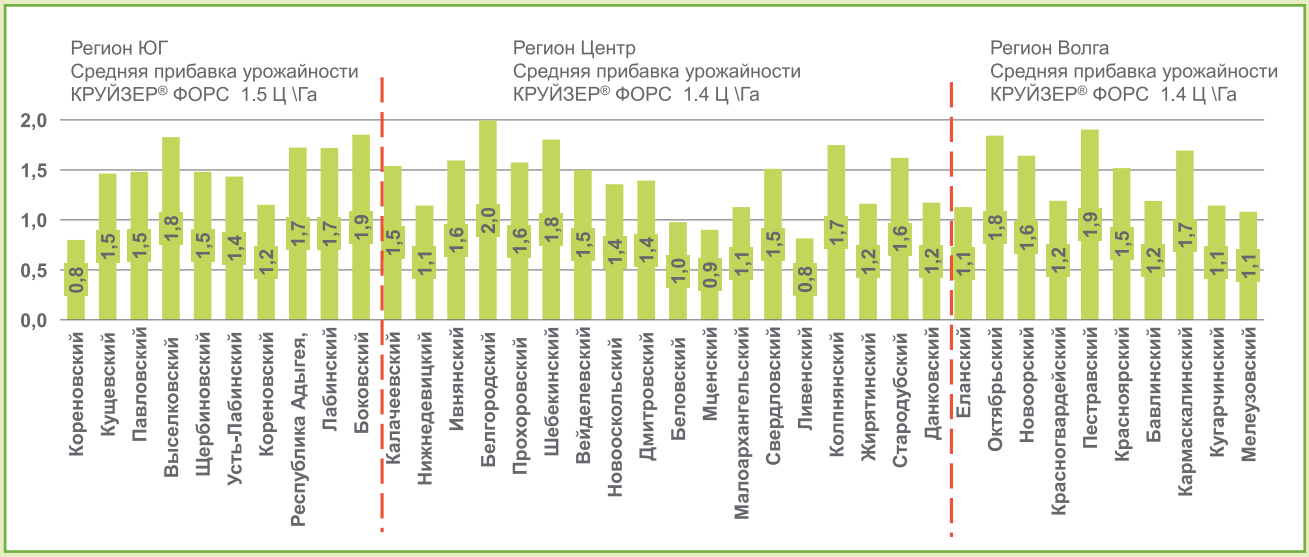
Прежде чем рассказать об эффективности технологии инсектицидной обработки КРУЙЗЕР® ФОРС, выясним, насколько вообще в современных условиях необходимо применение средств защиты против вредных насекомых. Специалисты компании «Сингента» постоянно наблюдают за распространением вредителей в посевах подсолнечника, и чаще всего полученные результаты неутешительны. Например, проведенный в 2018–2020 годах мониторинг распространения жука-щелкуна показал, что практически в каждом из 350 обследованных районов страны его предельно допустимая концентрация превышена.

Жук-щелкун и его личинка — проволочник — опасны тем, что могут уничтожить от 7 % всходов, что приводит к уменьшению густоты стояния растений и, как следствие, к снижению урожайности. Технические культуры, и в том числе подсолнечник, остро реагируют на расстановку и площадь питания каждого растения. Обычно потеря густоты от проволочника составляет 4 000–10 000 растений/га, что кажется не очень большим показателем, но изменение количества продуктивных растений на гектар даже при минимальной густоте обернется недобором минимум 1,4 ц/га при средней урожайности 25 ц/га. И это только из-за одного вида вредителей, а ведь их десятки: ложнопроволочники, хрущи, долгоносики, медляки, тли, личинки ростковой мухи и подгрызающей совки и множество других сосущих и листогрызущих насекомых. А если каждый из них будет сокращать урожайность на 1,4 ц/га?

Такая ситуация вполне реальна, ведь из-за потепления климата и распространения минимальной обработки почвы большинство сельхозпроизводителей отмечают возросшее давление вредителей на посевы. Насекомые успешно переносят относительно теплые зимы и активно развиваются с наступлением весны. Исследования показывают, что и в 2020–2021 годах следует ожидать высокой численности проволочника, так что вопрос об актуальности инсектицидной обработки не стоит. Главный вопрос другой: какую технологию обработки семян предпочесть?

Синергия, работающая на вас

Приобретение семян подсолнечника в заводской инсектицидной обработке входит в практику все большего числа сельхозпроизводителей. Это избавляет аграриев от необходимости самостоятельного проведения про-



Прибавка урожайности от применения семян, обработанных по КРУЙЗЕР® ФОРС-технологии, по сравнению со стандартной КРУЙЗЕР®

цедуры протравливания, снижает риск ошибок и экономит время на агрохимических мероприятиях. А главное — способствует более полной реализации потенциала урожайности культуры. Поэтому выбор поставщика семян все чаще основывается и на технологии их предпосевной обработки, идущей в комплексе с семенами. КРУЙЗЕР® ФОРС-технологию можно с полным правом назвать одной из ведущих среди тех, что присутствуют на рынке подсолнечника.

Длительное время эталоном инсектицидной защиты семян подсолнечника был системный инсектицид КРУЙЗЕР®, который за счет действующего вещества тиаметоксама защищает подсолнечник от проволочника, долгоносика и многих других вредителей. Но принцип действия всех системных инсектицидов таков, что для того, чтобы вредитель умер, ему необходимо откусить, попробовать молодой проросток, повредив его, и только после этого вредитель получит дозу инсектицида через ротовой аппарат, действующее вещество попадет в кишечник и произойдет остановка всех двигательных функций насекомого.

При численности проволочника 4–5 шт./м^2 и среднем количестве растений подсолнечника 6 шт. на 1 м^2 получается, что на одно растение приходится практически один проволочник. Это означает, что повреждения неизбежны даже при использовании инсектицида в обработку семян.

Чтобы изменить подход к сдерживанию вредителя, специально для России разработана уникальная КРУЙЗЕР® ФОРС-технология с системным (защита растения изнутри) и контактным действием. Механизм действия достаточно уникален: при контакте с почвенной влагой начиная с момента прорастания семени молекулы тефлутрина испаряются и образуют защитную газовую сферу вокруг каждого растения, что приводит к гибели насекомых еще до того, как те успевают навредить культуре.

Кроме действия на вредителей КРУЙЗЕР® ФОРС-технология способна влиять на физиологию прорастания семян: действующее вещество проникает внутрь растительных клеток и увеличивает уровень и активность специфических функциональных белков и ферментов, от которых зависит выработка фитогормонов, в том числе гормонов роста. Это приводит к получению более дружных и быстрых всходов и отличной стрессоустойчивости.

Экономические преимущества

После трехлетних испытаний мы пришли к выводу, что обработка семян по технологии КРУЙЗЕР® ФОРС эффективно справляется с вредителями всходов и сохраняет на 1 500 растений больше по сравнению со стандартной обработкой КРУЙЗЕР® за счет газовой фазы. При отсутствии повреждений на корневой системе и подземной части растения были меньше подвержены заражению почвенными патогенами через открытые «ворота» от укусов насекомых. Все это привело к реализации лучшего генетического потенциала гибрида и дало рост урожайности по сравнению со стандартной обработкой семян КРУЙЗЕР® в среднем по России на 1,4 ц/га, что принесло хозяйствам дополнительно 3 080 руб./га при средней цене на подсолнечник 22 руб./кг.

Стоимость обработки семян по КРУЙЗЕР® ФОРС-технологии выше стандартной КРУЙЗЕР® на 350 рублей на один гектар, но она позволяет получить 2 730 рублей дополнительной прибыли с одного гектара.

Прибавка урожайности от применения семян, обработанных по КРУЙЗЕР® ФОРС-технологии, по сравнению со стандартной КРУЙЗЕР®

ФОРС ЗЕА – защита от проволочника

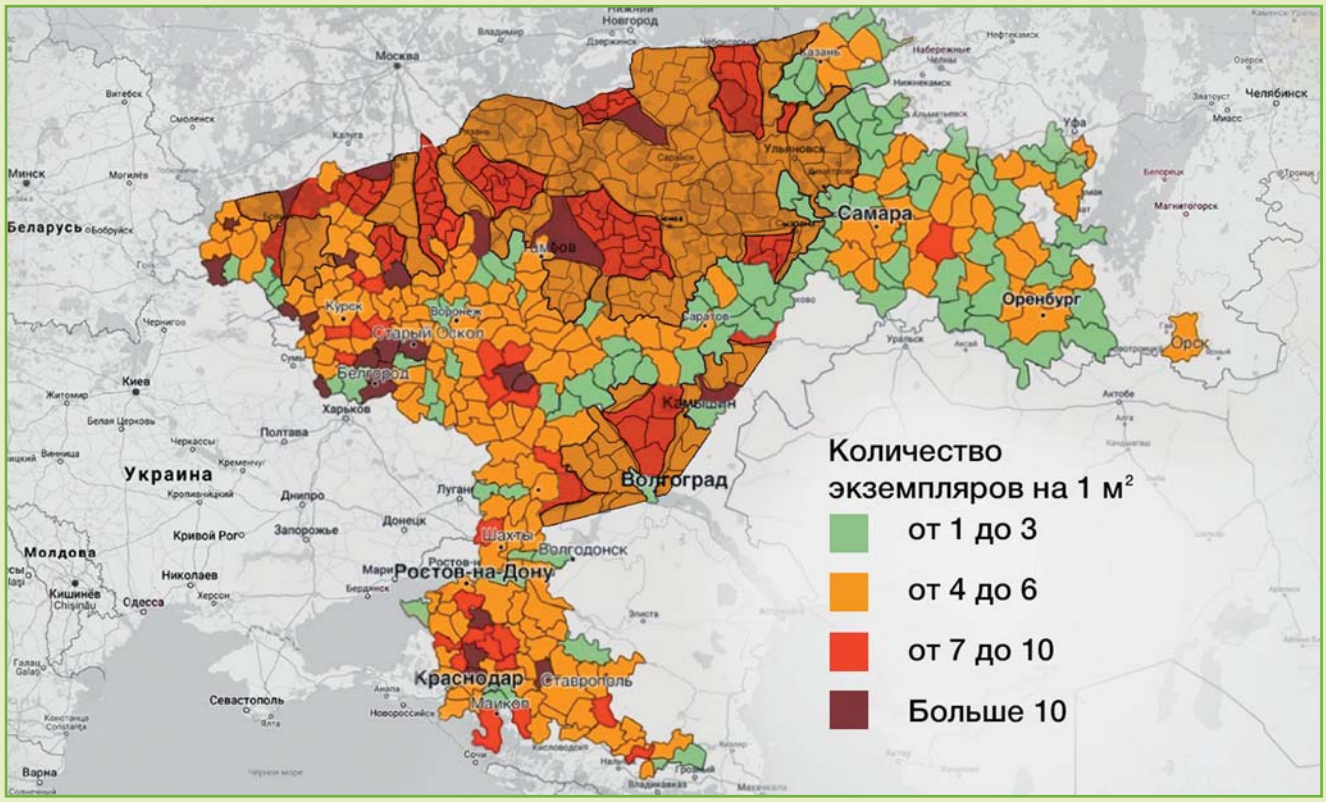
В связи с изменением климата и переходом на минимальные технологии обработки почвы резко возросла нагрузка почвенных вредителей. Этот факт отмечают все сельхозпроизводители на территории России. Одним из главных вредоносных объектов является личинка жука-щелкуна — проволочник.

В настоящее время мировая фауна щелкунов насчитывает свыше 9 тыс. видов, из них в России обитает около 800, вредоносны почти 50 (к наиболее опасным принадлежат *Agriotes, Athous, Selatosomus, Melanotus, Limonius, Corymbites, Adrastus* и некоторые другие). Причиняемый ими вред выражается в поедании корней, молодых проростков и туннелировании семян и подземных частей стебля. Кроме этого, из-за поврежденной корневой системы растения могут страдать от уменьшенного поступления воды и питательных веществ (Keiser et al., 2012).

Потенциальная плодовитость различных видов жуков-щелкунов в среднем составляет 200 яиц, при этом личинки — проволочники — обладают высокой выживаемостью. Они гигрофильны, требуют повышенной влажности почвы и способны мигрировать горизонтально и вертикально в различные ее слои. При численности вредителей, превышающей экономический порог вредоносности (ЭПВ), потери урожая на пропашных культурах могут составлять 30–60 %. ЭПВ для проволочника следующий: озимые перед посевом — 5–10 лич. / кв. м; сахарная свекла перед точным посевом — 2–3 лич. / кв. м; кукуруза перед посевом — 5–8 лич. / кв. м; подсолнечник, всходы, — 3–5 лич. / кв. м; соя до посева — 2–3 лич. / кв. м.

В связи с тем, что исследования по видовому составу, местообитанию, вредоносности щелкунов практически не проводились с 1990-х годов, возникла необходимость в их возобновлении. К тому же в условиях возросшей вредоносности вредителя без проведения защитных мероприятий можно практически полностью потерять урожай сахарной свеклы, кукурузы или подсолнечника.

В 2017–2019 годах проведены почвенные раскопки с целью установления численности личинки жука-щелкуна в весенний период. Мероприятия проведены в 450 хозяйствах на площади более 200 млн га.



Фактическое распространение проволочника по результатам почвенных раскопок

Обследования начинали при устойчивом повышении температуры верхних слоев почвы на глубине 10 см до +9 °С. Методика и техника обследования полей следующие. Пробы размером 0,25 кв. м (50 х 50 см) располагали по двум диагоналям участка либо в шахматном порядке. На поле площадью до 50 га отбиралось 8 проб, до 100 га — 12 проб, а на превышающих 100 га — 16 проб. Всех обнаруженных личинок собирали в сосуд, на котором отмечали номер пробы, глубину, предшествующую культуру. В лабораторных условиях определялась видовая принадлежность щелкунов по каждому обследуемому полю.

В результате проведенных почвенных раскопок выявлено, что наиболее массовый вид — щелкун посевной, он составляет 68,0 %. Крымский щелкун обнаружен в 12,2 % проб, степной — в 5,1 %, буроногий — в 9,9 %, блестящий — в 3,1 %, щелкун широкий — в 1,7 % образцов.

Результаты проведенных почвенных раскопок показали высокую численность проволочников, которая в большинстве случаев превышает ЭПВ на всех полях севооборотов.

В динамике численности щелкунов наблюдается тенденция к нарастанию. Погодные условия

Прибавка к густоте стояния растений кукурузы на 1 га (для 73 опытов)

Таблица 1. Лабораторная всхожесть

Продукт	Лабораторная всхожесть, %	Лабораторная всхожесть после года хранения, %	Лабораторная всхожесть после двух лет хранения, %
Стандарт	95	95	94
ФОРС® ЗЕА	95	94	94

2017–2020 годов были благоприятны для развития личинок и реализации биотического потенциала имаго щелкунов, в связи с чем в следующем, 2021 году следует ожидать высокой численности жука-щелкуна и вредоносности проволочника.

Компания «Сингента» предлагает надежное решение данной проблемы в виде заводской обработки семян технических культур.

Для гибридов подсолнечника доступна новая инсектицидная обработка семян — КРУЙЗЕР® ФОРС-технология, которая обеспечивает надежный контроль почвенных и наземных вредителей и максимальную всхожесть семян.

Для гибридов кукурузы предназначен ФОРС® ЗЕА — двухкомпонентный инсектицидный препарат для обработки семян. КРУЙЗЕР® ФОРС защищает всходы системно, но его минус в том, что для контроля вредителей они должны физически повредить растения и получить летальную дозу действующего вещества через ротовой аппарат. Поэтому в ФОРС® ЗЕА и добавлен второй механизм защиты, представляющий собой газовую фазу: после посева и при наступлении оптимальной влажности почвы вокруг семени образуется защитная газовая сфера, которая препятствует физическому контакту вредителя с обработанным семенем. Данный эффект сохраняется в течение 45 дней с момента прорастания семян.

В 2019 году «Сингента» провела более 70 производственных испытаний ФОРС® ЗЕА в различных регионах Российской Федерации: Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской, Воронежской, Курской, Липецкой, Тамбовской, Орловской, Курской, Белгородской, Брянской, Самарской, Саратовской, Волгоградской, Оренбургское областях, а также в республиках Татарстан и Башкирия. Во всех опытах использовались семена кукурузы в обработке ФОРС® ЗЕА. Мониторинг почвенных вредителей проводили путем почвенных раскопок. В фазу 1–3 листьев и перед уборкой учитывалась густота стояния растений, во время уборки — урожайность (биологическая и хозяйственная). Средняя прибавка к густоте составила 2,7 тыс. шт. на га, максимальная — 4 тыс./га при высоком фоне почвенного вредителя (более 10 экз. на 1 кв. м), минимальная — 2,5 ц/га. Сохранение густоты стояния растений в опытах привело к увеличению урожайности на 2–7 ц/га. При стоимости обработки ФОРС® ЗЕА 900 руб. на одну посевную единицу затраты окупаются сразу же, а фактический остаток — это дополнительная прибыль с каждого гектара.

ФОРС® ЗЕА — очень технологичный продукт. Его формуляция — капсулы, разработанные таким образом, что препарат начинает действовать только при наличии влаги. В сухом состоянии нанесенный на семена препарат практически не теряет своих защитных свойств даже при хранении в течение двух лет. Этот факт подтверждают результаты двухлетнего опыта: семена одной и той же партии 2016 года хранились в стандартных условиях; часть семян обрабатывалась ФОРС® ЗЕА, после чего четырехкратно проводили анализ лабораторной всхожести.

В 2018 году, после двух лет хранения, данные семена посеяли в двух локациях с высокой нагрузкой проволочника. Из данных таблицы 2 видно, что продукт ФОРС® ЗЕА за два года хранения не повлиял на всхожесть семян и не потерял своей эффективности.

Также немаловажным фактором эффективности технологии защиты семян является качество обработки посевного материала. Зачастую сельхозпроизводители используют неподходящую (неоткалиброванную или используемую не по назначению) технику для обработки семян, в результате дозировка препарата может не соответствовать запланированной, семена травмируются, проходя через агрегаты машины, что напрямую влияет на их полевую всхожесть.

Ряд хозяйств подвергают семена, обработанные фунгицидным препаратом на заводе, повторной обработке инсектицидным компонентом. Что в итоге получается? «Заводские» семена на своей поверхности имеют полимерную защитную пленку с содержанием фунгицидного компонента. При повторной их обработке инсектицидный компонент не может в полной мере адсорбироваться околоплодником, на котором уже находится полимер, и инсектицидный препарат не попадает на семенной материал в необходимой дозировке. В результате эффективность продукта снижается, а затраты не окупаются. Также при повторной обработке семена травмируются, что негативно сказывается на их полевой всхожести.

Таблица 2. Густота стояния растений на момент проведения учета

	локация 1 (4 экз. проволочника на 1 кв. м)	локация 2 (7 экз. проволочника на 1 кв. м)
Норма высева, тыс. шт. / га	65	80
Стандарт (обработка 2014 г.), тыс. шт. / га	59	73
ФОРС® ЗЕА (обработка 2015 г.), тыс. шт. / га	63	79
ФОРС® ЗЕА (обработка 2016 г.), тыс. шт. / га	62	79

Эксперты «Сингенты» придерживаются мнения, что семена должны быть обработаны в заводских условиях с использованием специальных машин и технологий, которые позволяют качественно нанести продукт.

«Сингента» предлагает сельхозпроизводителям семена кукурузы, обработанные сразу фунгицидным и инсектицидным препаратами (МАКСИМ® КВАТРО + ФОРС® ЗЕА). Данное решение позволяет снизить риск некачественной обработки семян и за счет этого повысить эффективность средств защиты растений и урожайность культуры, а также снизить себестоимость конечной продукции.

УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ОСЕННЕГО ВНЕСЕНИЯ

N
АММИАЧНАЯ СЕЛИТРА,
КАРБАМИД

K
КАЛИЙ ХЛОРИСТЫЙ

NPK
8:20:30:2, 10:26:26

УРАЛХИМ
www.uralchem.ru

тел.: +7 (495)721 89 89

marketing@uralchem.com

С нами расти легче.
С нами растут инвестиции

Компания «Август» развивает Агропроект, в рамках которого в составе компании создаются и действуют новые сельхозпредприятия. Общая площадь земельных активов в хозяйствах «Августа» — более 100 тыс. га.

Здесь на больших площадях в условиях реального сельхозпроизводства «Август» отрабатывает современные агротехнологии и системы защиты растений, приносящие максимальную прибыль. Это поможет повысить культуру сельхозпроизводства на региональном, а в перспективе — и на федеральном уровнях.

Посевные площади:

75 тыс. га
в Татарстане

14 тыс. га
в Казахстане

5 тыс. га
в Краснодарском крае

1,5 тыс. га
в Чувашии

С нами расти легче. С нами растет страна. С нами растут инвестиции

avgust 30 лет

avgust.com

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2020. № 7.1 - 48. Индекс 70329.