

Научная статья

УДК 551.5:634.1/.7

EDN SUHVZP

DOI: 10.22450/199996837_2022_4_39

Управление урожайностью яблок при помощи автономных метеостанций в Волгоградской области

Илья Евгеньевич Добренко¹, Игорь Юрьевич Подковыров²

^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Москва, Россия

¹ ilya.dobrenko@bk.ru, ² agrosad@inbox.ru

Аннотация. Основанием для проведения работы послужили риски в бизнесе сельскохозяйственных предприятий, связанные с урожайностью культур. Цель работы – показать возможность оперативного и стратегического управления урожайностью яблонь с помощью автономных цифровых профессиональных метеостанций в садах Волгоградской области. Используя данные метеостанций, с помощью функций рассчитаны уровни урожайности в садах Волгоградского регионального ботанического сада. Рассмотрены функции цифровых метеостанций в сборе информации для прогнозирования урожайности и определяющих ее факторов. Показаны перспективы совершенствования алгоритмов в определении рисков выполнения сельскохозяйственных работ в процессе программирования урожайности культур. На основании среднестатистических данных по урожайности, планируемых изменений в уровне агротехники, механизации и организации труда, прогноза конъюнктуры рынка, в 2023–2025 гг. планируется получить урожайность яблок на уровне 23,0 т/га. В перспективе к 2030 г. при вступлении в плодоношение семилетних саженцев яблони сорта Голден Делишес прогнозируется получать 30,0–40,0 т/га первосортных яблок. При оптимизации основных факторов роста и развития, переходе на новые высокопродуктивные сорта яблонь, управлении процессом формирования урожая, внедрении интенсивных приемов технологии, рациональной системы удобрений, орошения, защиты растений с использованием априорной и оперативно текущей информации и ЭВМ программируется получать урожайность яблок на уровне 70–80 т/га и более.

Ключевые слова: метеостанция, прогноз, программирование, яблоня, урожайность

Для цитирования: Добренко И. Е., Подковыров И. Ю. Управление урожайностью яблок при помощи автономных метеостанций в Волгоградской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Том 16. № 4. С. 39–46. doi: 10.22450/199996837_2022_4_39.

Original article

Apple yield management using autonomous weather stations in the Volgograd region

Ilya E. Dobrenko¹, Igor Yu. Podkovyrov²

^{1,2} All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow, Russia

¹ ilya.dobrenko@bk.ru, ² agrosad@inbox.ru

Abstract. The basis for the work was the risks in the business of agricultural enterprises associated with crop yields. The purpose of the work is to show the possibility of operational and strategic management of the apple tree yield using autonomous digital professional weather stations in the orchards of the Volgograd region. Using the data of weather stations, by means of the functions, the yield levels in the orchards of the Volgograd Regional Botanical Garden were calcu-

lated. The functions of digital weather stations while information gain for yield predicting and the factors that determine it are considered. The prospects for algorithm improvement in determining of the risks of agricultural work performing in the process of crop yield programming are shown. Based on average statistical data on yields, planned changes in the level of agricultural technology, mechanization and labor organization, market forecast, it is planned to obtain an apple yield of 23.0 t/ha in 2023–2025. In the future, by 2030, when seven-year-old Golden Delicious apple seedlings start bearing fruit, it is predicted to obtain 30.0–40.0 t/ha of first-class apples. When optimizing the main factors of growth and development, switching to new highly productive varieties of apple trees, managing the process of crop formation; introducing intensive technology methods, a rational system of fertilizers, irrigation, plant protection using a priori and operationally current information and a computer, it is programmed to obtain apple yields at the level of 70–80 t/ha and more.

Keywords: weather station, forecast, programming, apple tree, productivity

For citation: Dobrenko I. E., Podkovyrov I. Yu. Upravlenie urozhainost'yu yablok pri pomoshchi avtonomnykh meteostantsii v Volgogradskoi oblasti [Apple yield management using autonomous weather stations in the Volgograd region]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2022; 16; 4: 39–46. (in Russ.). doi: 10.22450/199996837_2022_4_39.

Введение. Условием выживания и успешного функционирования большинства российских предприятий является маркетинговое управление. Прогноз представляет собой научное предположение об обстановке и состоянии объекта в будущем. Дают прогнозы наукастинг (это предсказание настоящего, ближайшего будущего и недавнего прошлого экономического состояния), краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные и перспективные. По своим масштабам различают частные, местные, региональные, отраслевые, государственные, мировые (глобальные) прогнозы. Их делают на уровне личности, предприятия или государственных органов. Задача прогноза – объективное представление о будущем объекта в новых условиях.

Главные признаки прогноза: масштаб его распространения, время ожидания, состояние прогнозируемого объекта, цели и функции. В зависимости от объекта прогнозы могут быть научно-техническими, экономическими, социальными, военно-политическими, метеорологическими и другими. От назначения прогноза бывают как общего пользования (публикуемые в средствах массовой информации, на Интернет-сайтах), так и специализированные (авиационные, морские и речные, сельскохозяйственные). По принципам разработки различают случайные, инерционные, климатологические, экстраполяционные, а по результатам – альтернативные, веро-

ятностные прогнозы. Но этим классификация прогнозов не ограничивается.

Под погодой понимают совокупность значений метеорологических величин и явлений в атмосфере в определенное время в конкретном месте. Научное предположение о будущем состоянии погоды называют ее прогнозом. Прогностическая информация позволяет заблаговременно планировать хозяйственные действия, позволяющие уменьшить или исключить потери (убытки) по метеорологическим причинам [1].

Сельскохозяйственным предприятиям метеорологи делают прогнозы перезимовки озимых культур, приводя процент посевов, который выйдет из-под снега в плохом состоянии, чтобы аграрии своевременно приняли меры по подготовке семян яровых культур для пересева погибших озимых. Определяют запасы влаги в почве к началу полевых работ на основании осеннего увлажнения почвы, количества выпавших осадков за зимний период, высоты снежного покрова и делают оценку влагообеспеченности полей к началу вегетационного периода [2]. Цель таких прогнозов – проведение мероприятий по задержанию талых вод и планирования способов обработки почвы.

Прогнозы теплообеспеченности вегетационного периода ориентируют аграриев на количество тепла за лето. Прогнозы наступления фаз роста и развития культурных растений позволяют планиро-

вать уход за растениями [3, 4]. Даты наступления цветения трав определяют время сенокоса. Фазы наступления зрелости зерна пшеницы, овса, ячменя используются для подготовки и проведения уборочной кампании [5].

Прогноз урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур необходим для рационального распределения техники и транспортных средств, корректировки планов продаж, заготовок сельскохозяйственной продукции и снабжения населения продовольствием.

Все функционирующие в стране метеостанции подразделяются на три разряда. Метеостанции первого разряда ведут наблюдения, обработку данных и управление работой метеостанций; метеостанции второго разряда проводят наблюдения, обрабатывают и передают данные; метеостанции третьего разряда ведут наблюдения по сокращенной программе.

В СССР было 445 метеостанций только первого разряда. Сейчас на территории России осталось всего 156 метеостанций. После 1991 г. по настоящее время они предоставляют данные исключительно на коммерческой основе. В связи с глобальными программами мониторинга климата с 2006 г. стали доступны архивные и онлайн данные наблюдений метеостанций. Успех бизнеса туристических, курортных, сельскохозяйственных и других фирм тесно связан с погодой [6]. Воспользоваться данными метеорологических наблюдений может далеко не каждое сельскохозяйственное предприятие.

Свободное прогностическое пространство стали занимать новые профессиональные метеорологические центры. Сейчас свободно можно приобрести цифровые профессиональные метеостанции отечественных (Sokol-M1) и зарубежных (Davis Instruments серий Vantage VUE, Vantage Pro2, Vantage VUE 6250, Vaisala MAWS201) производителей. Их можно использовать на предприятиях, турбазах, в сельском хозяйстве, школах и вузах. Они пригодны для экологического мониторинга и наблюдений за погодой в поле, саду, огороде, на даче [2, 3, 4, 6].

Однако не всякая из предлагаемых на мировом рынке моделей цифровых профессиональных метеостанций имеет эффективный комплект нужных датчиков.

Возникают проблемы в получении определенных данных и единицах их измерения, необходимых аграриям; разработки математических алгоритмов, позволяющих достоверно прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур и связанные с ней риски. Также немаловажным критерием для потребителей выступает возможность круглогодичной эксплуатации метеостанций. Пока эти недостатки негативно влияют на перспективы внедрения автономной агрометеорологии в сельском хозяйстве.

Позитивно то, что измерить температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра и количество выпавших осадков можно оперативно в реальном режиме времени. Метеостанция оборудована встроенными часами, календарем и будильником, а данные обрабатываются и дистанционно выводятся на большой ЖК-экран, цветной или монохромный. Несмотря на отмеченные недостатки, автономная метеостанция в будущем станет незаменимым инструментом для работников сельского хозяйства.

Сейчас большим спросом у аграриев пользуются агрометеостанции с комплектом датчиков, способных предоставлять широкий спектр не только метеорологических данных, но и данных, связанных с агрофоном конкретного поля, угодья, прогнозом распространения вредителей, болезней, сорной растительности, запасов продуктивной влаги в пахотном и метровом слое почвы [7]. Такие современные универсальные и экономичные метеостанции могут быть успешно использованы аграриями для планирования, прогнозирования и программирования урожая сельскохозяйственных культур [8].

Цель работы – показать возможность оперативного и стратегического управления урожайностью яблонь с помощью автономных цифровых профессиональных метеостанций в садах Волгоградской области.

Методика, результаты исследований и их обсуждение. В садах Волгоградского регионального ботанического сада урожай яблок прогнозируются по линейному уравнению (1):

$$Y = a + bx \quad (1)$$

где Y – средний урожай в году, т/га;
 a – свободный член уравнения;
 b – коэффициент регрессии;
 x – фактор времени.

Для расчета программированного урожая яблок в питомниковых садах Волгоградского регионального ботанического сада используются следующие параметры метеостанций:

1. История погоды в целом позволяет заглянуть в прошлое, оценить причины возникших рисков в производстве продукции сельского хозяйства и скорректировать планы при работе со страховыми компаниями.

2. Годовая сумма активных и эффективных температур (10 °С и 15 °С) позволяет оценить термический потенциал региона для целесообразности включения в севооборот новых культур при богарном и орошаемом земледелии.

3. Влажность и температура воздуха позволяют оценить риски, связанные с распространением инфекционных заболеваний и злостных вредителей на возделываемых культурах (рис. 1).

4. Влажность почвы позволяет оценить состояние поля и сада по влагообеспеченности и провести корректировку планов по обработке почвы и поливу культурных насаждений (рис. 2).

5. Данные о скорости и направлении ветра, осадках позволяют рационально планировать обработки пестицидами и использование растениями доступных питательных веществ почвы, опираясь на оперативные данные.

6. Фотосинтетически активная радиация позволяет сельскохозяйственным товаропроизводителям раскрыть потенциал действительно возможной урожайности, формирования сухой биомассы основной продукции в регионе, чтобы знать возможности растений; понимать, какую урожайность можно получить, и сколько вкладывать средств в производство, на агрохимию, мелиорацию, и, наоборот, какими вложениями можно пренебречь.

Рассчитать действительно возможную урожайность сухой массы основной продукции сельскохозяйственной культуры можно по формуле (2):

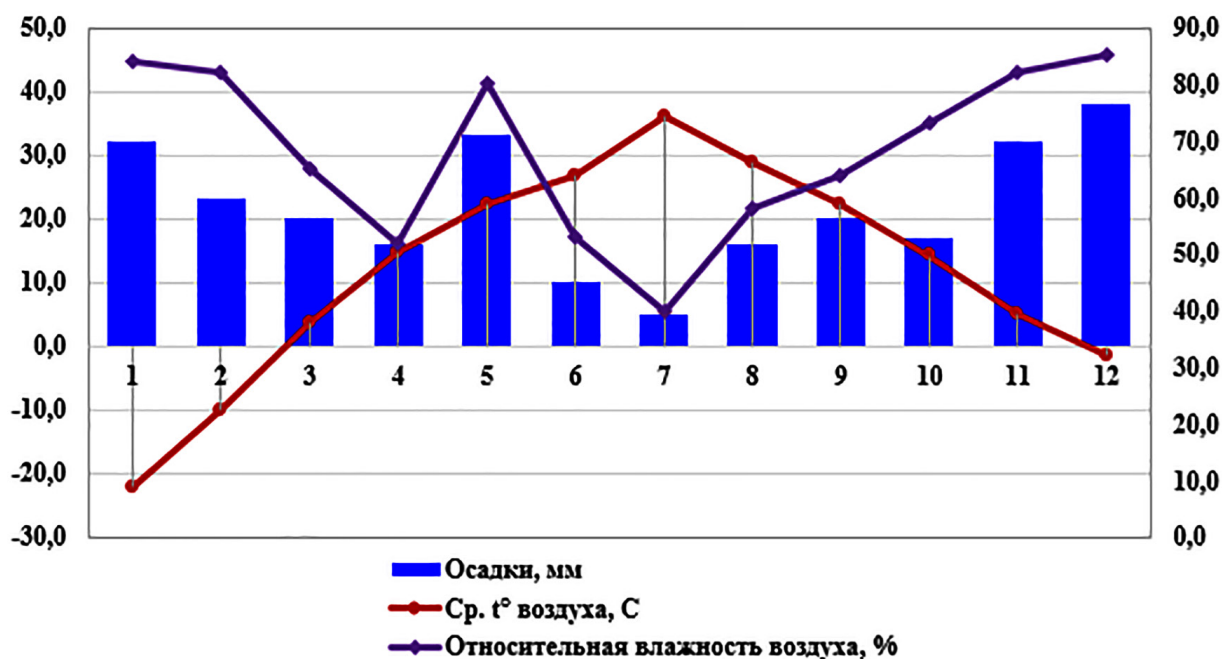


Рисунок 1 – Среднегодовые метеорологические данные Волгоградской области (по месяцам года)

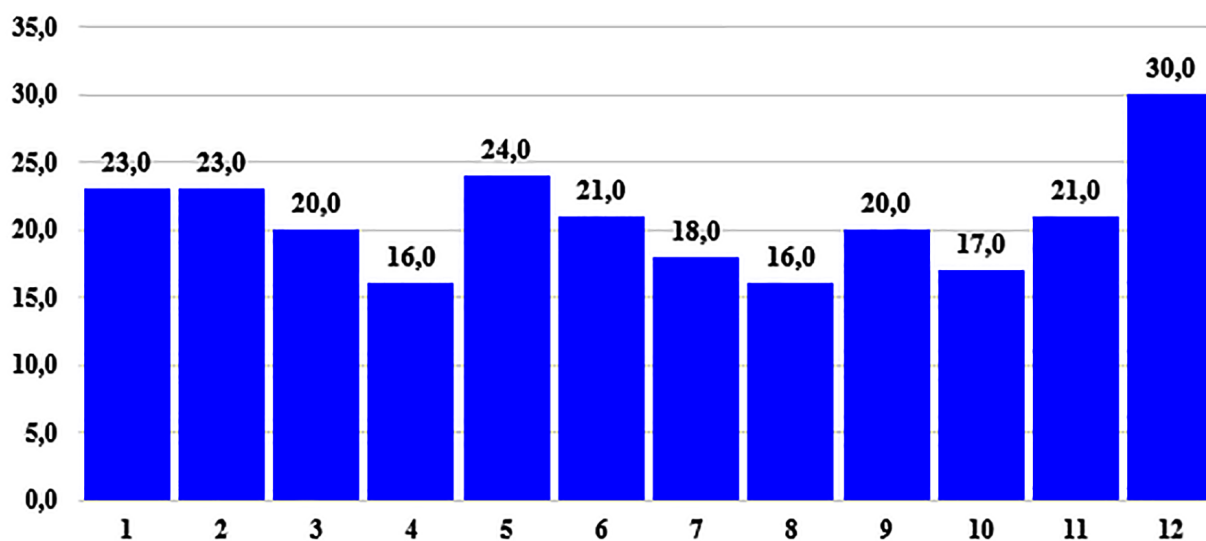


Рисунок 2 – Динамика запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в течение года (по месяцам)

$$ДВУ_{оп} = \frac{(ФАР_{в} \cdot ФАР_{к} \cdot 10^4) - \%_{пп}}{кДж_{сб}} \quad (2)$$

где ДВУ_{оп} – максимально возможный урожай сухой массы основной продукции сельхозкультуры, т/га;

ФАР_в – количество фотосинтетически активной радиации, приходящей за период вегетации основной культуры, кДж/см²;

ФАР_к – коэффициент усвоения фотосинтетически активной радиации;

10⁴ – коэффициент перевода в абсолютные величины;

%_{пп} – процент побочной продукции от целого растения (урожай/поживные остатки);

кДж_{сб} – калорийность 1 кг сухой биомассы культуры.

При этом значение ФАР_к для тонколистных культур составляет около 2 % (0,02), для широколиственных около 4 % (0,04).

Необходимо помнить, что расчет по приходящей фотосинтетически активной радиации (ФАР) как основному фактору, изначально подразумевает наивысшую культуру земледелия. Такой способ прогноза урожайности совершенно неприменим для богарного земледелия, в особенности, в зонах, где лимитирующим фактором является продуктивная влага в метровом слое почвы. Предлагаемый способ расчета урожайности больше подхо-

дит для защищенного грунта, где все факторы находятся под полным контролем человека, за исключением солнечного света, но в критические периоды для растений можно оперативно принять решение о дополнительном досвечивании.

Другим способом программирования урожайности, который можно применить для богарного земледелия, где урожай напрямую зависит от наличия света, тепла и влаги в комплексе, выступает способ с помощью расчета биогидротермического потенциала.

Взаимоотношения этих факторов в свое время очень хорошо показал в расчетах советский ученый А. М. Рябчиков. Эти расчеты с высокой точностью позволяют определить потенциал продуктивности культуры в конкретной климатической зоне [9]. Процедура расчетов включает следующие действия.

Определяют радиационный баланс из данных, собранных агрометеостанцией, по формуле (3):

$$R = \frac{ФАР_{в} \cdot (100\% - ФАР_{в} \cdot 100/ФАР_{г})}{ФАР_{в}} \quad (3)$$

где R – радиационный баланс;

ФАР_в – ФАР, приходящаяся за вегетацию культуры, кДж/см²;

ФАР_г – ФАР, приходящаяся за год, кДж/см².

Далее необходимо провести расчет балла биогидротермического потенциала региона:

$$\text{БГТП} = \frac{H_{\text{мм}} \cdot V_{\text{дек}}}{36R} \quad (4)$$

где БГТП – биогидротермический потенциал региона;

$H_{\text{мм}}$ – количество продуктивной влаги в метровом слое почвы, или сумма осадков, умноженная на коэффициент поглощения влаги почвой (равен 0,7), мм;

$V_{\text{дек}}$ – количество декад вегетации культуры данного сорта;

$36R$ – произведение количества декад в году и радиационного баланса.

На следующем этапе мы проводим расчеты действительно возможной урожайности культуры по формуле (5):

$$\text{ДВУ}_{\text{оп}} = \frac{Y_{\text{СБМ}} \cdot 100}{100 - V_{\text{ХП}}} \cdot \sum \text{Ч}_{\text{СБМ}} \quad (5)$$

где $Y_{\text{СБМ}}$ – урожай абсолютно сухой биомассы, т/га;

$V_{\text{ХП}}$ – стандартная влажность продукции при хранении, %;

$\sum \text{Ч}_{\text{СБМ}}$ – сумма частей основной и побочной продукции.

На основе данных расчетов с учетом перехода сада на новые высокопродуктивные сорта яблонь, управления процессом формирования урожая, при внедрении интенсивных приемов технологии, рациональной системы удобрений, орошения,

защиты растений с учетом дополнительных издержек производства можно получать урожайность яблок – 70–80 т/га и более.

Используя рекомендации балансового метода выноса питательных элементов с одной тонны продукции, можно установить истинную потребность во внесении удобрений в туках для достижения рассчитанной урожайности яблонь в садах Волгоградского регионального ботанического сада.

Выводы. Таким образом, *базируясь на среднестатистических данных по урожайности в садах Волгоградского регионального ботанического сада, планируемых изменениях в уровне агротехники, механизации и организации труда, изменениях конъюнктуры рынка региона и страны в 2023–2025 гг. планируется получить урожайность яблок – 23,0 т/га.*

В перспективе к 2030 г. при вступлении в плодоношение семилетних саженцев яблони сорта Голден Делишес прогнозируется получать 30,0–40,0 т/га первосортных яблок.

При оптимизации основных факторов роста и развития, переходе на новые высокопродуктивные сорта яблонь, управлении процессом формирования урожая, внедрении интенсивных приемов технологии, рациональной системы удобрений, орошения, защиты растений с использованием априорной и оперативно текущей информации и ЭВМ, программируется получать урожайность яблок на уровне 70–80 т/га и более.

Список источников

1. Васин В. Г., Васин А. В., Ельчанинова Н. Н. Растениеводство. Самара : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 528 с.
2. Епифанцев В. В., Стокоз С. В., Захарова Т. В. Эффективность увлажнения почвы и содержание нитратов в плодах в технологии выращивания баклажанов в условиях Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 51–60.
3. Епифанцев В. В., Стокоз С. В., Захарова Т. В. Вещества, стимулирующие рост и урожайность плодов баклажанов без существенного превышения в них уровня накопления нитратов в условиях Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 29–36.
4. Епифанцев В. В., Стокоз С. В., Захарова Т. В. Особенности роста, продуктивности и качества баклажанов в условиях Приамурья при обработке их стимулирующими веществами // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (140). С. 46–51.
5. Коломейченко В. В. Растениеводство : учебное пособие. М. : Агробизнесцентр, 2007. 600 с.

6. Епифанцев В. В., Стокоз С. В., Захарова Т. В. Эффективность удобрений и уровень нитратов в технологии выращивания баклажанов в условиях Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 1 (45). С. 17–25.

7. Можаяев Н. В., Серикпаев П., Стыбаев Г. С. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие. Астана : Фолиант, 2013. 160 с.

8. Новиков С. А., Шевченко В. А. Экономическая целесообразность возделывания программируемых урожаев зерновых культур в чистых и смешанных посевах в условиях Верхневолжья // Кормопроизводство. 2014. № 1. С. 7–12.

9. Васильев А. А., Зыбалов В. С. Программирование урожая картофеля в условиях Южного Урала // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 45–48.

References

1. Vasin V. G., Vasin A. V., Elchaninova N. N. *Rastenievodstvo [Crop production]*, Samara, Samarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyajstvennaya akademiya, 2009, 528 p. (in Russ.).

2. Epifantsev V. V., Stokoz S. V., Zakharova T. V. Effektivnost' uvlazhneniya pochvy i sodержание nitratoв v plodakh v tekhnologii vyrashchivaniya baklazhanov v usloviyakh Priamur'ya [The efficiency of soil moistening and nitrates content in eggplants cultivated in the climate of the Amur region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2018; 2: 51–60. (in Russ.)

3. Epifantsev V. V., Stokoz S. V., Zakharova T. V. Veshchestva, stimuliruyushchie rost i urozhainost' plodov baklazhanov bez sushchestvennogo prevysheniya v nikh urovnya nakopleniya nitratoв v usloviyakh Priamur'ya [Preparations that stimulate eggplant growth and crop yield without significant excess in accumulation of nitrates in the climates of Priamurye]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2017; 3: 29–36 (in Russ.).

4. Epifantsev V. V., Stokoz S. V., Zakharova T. V. Osobennosti rosta, produktivnosti i kachestva baklazhanov v usloviyakh Priamur'ya pri obrabotke ikh stimuliruyushchimi veshchestvami [Growth characteristics, yield and quality of eggplant under conditions of the Amur region under processing of stimulating substances]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2018; 5: 46–51 (in Russ.).

5. Kolomeichenko V. V. *Rastenievodstvo: uchebnoe posobie [Crop production: study guide]*, Moskva, Agrobiznessentr, 2007, 600 p. (in Russ.).

6. Epifantsev V. V., Stokoz S. V., Zakharova T. V. Effektivnost' udobrenii i uroven' nitratoв v tekhnologii vyrashchivaniya baklazhanov v usloviyakh Priamur'ya [The effectiveness of fertilizers and the level of nitrates in eggplant cultivation technique in the climate of the Amur region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2018; 1: 17–25 (in Russ.).

7. Mozhaev N. V., Serikpaev P., Stybaev G. S. *Programmirovaniye urozhaev sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: uchebnoe posobie [Programming crop yields: study guide]*, Astana, Foliant, 2013, 160 p. (in Russ.).

8. Novikov S. A., Shevchenko V. A. Ekonomicheskaya tselesoobraznost' vozdelvaniya programmirovemykh urozhaev zernovykh kul'tur v chistykh i smeshannykh posevakh v usloviyakh Verkhnevolzh'ya [Economical expedience of cultivating spring triticale and field pea for the programmed yields in pure and mixed crops in the Upper Volga]. *Kormoproizvodstvo. – Fodder Production*, 2014; 1: 7–12 (in Russ.).

9. Vasil'ev A. A., Zybalov V. S. Programmirovaniye urozhaya kartofelya v usloviyakh Yuzhnogo Urala [Programming the potato harvest in the conditions of the Southern Urals], *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 2014; 4: 45–48 (in Russ.).

© Добренко И. Е., Подковыров И. Ю., 2022

Статья поступила в редакцию 12.11.2022; одобрена после рецензирования 06.12.2022; принята к публикации 08.12.2022.

The article was submitted 12.11.2022; approved after reviewing 06.12.2022; accepted for publication 08.12.2022.

Информация об авторах

Добренко Илья Евгеньевич, аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, ilya.dobrenko@bk.ru;

Подковыров Игорь Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, agrosad@inbox.ru

Information about authors

Ilya E. Dobrenko, Postgraduate Student, All-Russian Research Institute of Phytopathology, ilya.dobrenko@bk.ru;

Igor Yu. Podkovyrov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Phytopathology, agrosad@inbox.ru