

Распространение ризоктониоза в посадках картофеля в условиях Северо-Запада РФ при неоднородном содержании элементов питания в почве

© 2023. В. В. Смук, А. М. Шпанев 

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Ризоктониоз – одно из самых распространенных и вредоносных заболеваний картофеля на Северо-Западе России. Степень его проявления зависит от многих факторов, в том числе от содержания основных элементов питания в почве. В условиях Ленинградской области изучали влияние длительного внесения органических и минеральных удобрений на степень и характер проявления ризоктониоза на картофеле сорта Метеор в полевом и кормовом севооборотах. По результатам детализированного учета 2022 г., включающего осмотр всех растений картофеля (суммарное количество 43406), определено, что их поражение ризоктониозом имело характер случайного распределения в полевом севообороте и очагового – в кормовом. Такой вывод основан на соответствующих коэффициентах вариации (79 и 87 %) и агрегации (1,0 и 1,5). Пространственную неоднородность размещения растений, пораженных ризоктониозом, в посадках картофеля удалось визуализировать на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11, при проведении группировки данных на элементарные участки. Обозначилось влияние разной степени окультуренности и удобрённости на распространение ризоктониоза. Влияние окультуренности было неоднозначным и статистически достоверным только в кормовом севообороте, где наблюдалось увеличение пораженности растений картофеля ризоктониозом (в 1,7-2,5 раза по сравнению с низкоокультуренной почвой). Под действием минеральных удобрений происходило снижение пораженности растений картофеля ризоктониозом как в полевом севообороте (в 1,1-1,7 раза по сравнению с вариантом без удобрений), так и кормовом (в 1,1-1,3 раза). Комплексное влияние окультуренности почвы и удобрённости посадок картофеля привело к снижению пораженности клубней ризоктониозом в 1,9 и 2,0 раза соответственно в полевом и кормовом севооборотах.

Ключевые слова: *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, геостатический анализ, пространственное размещение, окультуренность почвы, минеральные удобрения, Северо-Запад РФ

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (тема № FGEG-2022-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Смук В. В., Шпанев А. М. Распространение ризоктониоза в посадках картофеля в условиях Северо-Запада РФ при неоднородном содержании элементов питания в почве. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(2):240-248. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.240-248>

Поступила: 27.01.2023

Принята к публикации: 23.03.2023

Опубликована онлайн: 25.04.2023

The spread of rhizoctoniosis in potato plantings in the conditions of the North-West of the Russian Federation with a heterogeneous content of nutrients in the soil

© 2023. Vasiliy V. Smuk, Alexander M. Shpanev 

Agrophysical Research Institute, Saint-Petersburg, Russian Federation

Rhizoctoniosis is one of the most common and harmful diseases of potatoes in the North-West of Russia. The degree of its manifestation depends on many factors, including the content of basic nutrients in the soil. In the Leningrad region the effect of prolonged application of organic and mineral fertilizers on the degree and nature of the manifestation of rhizoctoniosis was studied in potato variety Meteor in forage and field crop rotations. By the results of the detailed accounting carried out in 2022 including observation of all potato plantings (43406 in total) it was determined that rhizoctoniosis damage had random distribution character in field crop rotation and focal distribution in forage crop rotation. This conclusion was confirmed by respective coefficients of variation (79 and 87 %) and aggregation (1.0 and 1.5). Spatial heterogeneity of plants damaged by rhizoctoniosis was visualized on digital maps compiled with GIS AFI and Surfer 11 while grouping the data into elementary sections. There was sufficient influence of cultivation and fertilization of different levels on rhizoctoniosis spread. The influence of cultivation was weak and statistically significant only in forage crop rotation, where there was an increase of rhizoctoniosis damage of potato plants (by 1.7-2.5 times compared to low cultivated soil). Under mineral fertilizers application there was a decrease of rhizoctoniosis damage of potato plants both in field crop rotation (by 1.1-1.7 times compared to variant without fertilizers application), and in forage crop rotation (by 1.1-1.3 times). Complex influence of soil cultivation and fertilization of potato plantings caused a decrease of rhizoctoniosis damage of potato tubers by 1.9 and 2.0 times in field and forage crop rotations, respectively.

Keywords: *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, geostatic analysis, spatial placement, soil cultivation, mineral fertilizers, North-West of the Russian Federation

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Agrophysical Research Institute (theme No. FGEG-2022-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Smuk V. V., Shpanev A. M. The spread of rhizoctoniosis in potato plantings in the conditions of the North-West of the Russian Federation with a heterogeneous content of nutrients in the soil. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(2):240-248. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.240-248>

Received: 10.01.2023

Accepted for publication: 23.03.2023

Published online: 25.04.2023

Северо-Запад России, несмотря на отрицательные тенденции последних лет, по-прежнему, занимает ведущее место по площадям и валовому сбору картофеля в нашей стране. Биологические особенности культуры и агроклиматические условия региона определяют всё то множество фитосанитарных проблем, с которыми постоянно вынуждены сталкиваться сельхозпроизводители. К числу наиболее распространенных и вредоносных заболеваний картофеля в Северо-Западном регионе относится ризоктониоз, который оказывает влияние как на количественную, так и качественную составляющую урожая [1, 2]. Основными причинами такой ситуации является дефицит минерального питания, характерный для дерново-подзолистых почв данного региона, нарушения севооборотов, ненадлежащее фитосанитарное состояние посадочного материала [3, 4]. При этом известно о высокой эффективности обработки посадочных клубней фунгицидами в защите картофеля от этого заболевания [5, 6, 7].

Пространственная неоднородность фитосанитарного состояния – важная особенность агроценозов и объективная реальность, с которой следует считаться при проведении мониторинговых и защитных мероприятий в рамках разработки прецизионных подходов в защите растений [8, 9]. Так, нашими более ранними исследованиями было показано, что малолетние виды сорных растений склонны к более равномерному размещению на полях, а многолетние – к куртинному произрастанию, что объясняется особенностями их размножения [10]. Неравномерность пространственного размещения личинок жуков-щелкунов являлась следствием разного содержания элементов питания, обусловленного длительным применением минеральных удобрений в зернотравяно-пропашном севообороте [11]. При этом пространственное распространение ризоктониоза внутри посадок картофеля, по-прежнему, не охарактеризовано, несмотря на очевидную необходимость и практическую значимость.

Цель исследований – изучение особенностей пространственного распространения ризоктониоза в посадках картофеля и влияния на него гетерогенности почвенных условий по содержанию основных элементов питания на Северо-Западе России.

Новизна исследований – выявлены геостатистические особенности распространения ризоктониоза в посадках картофеля полевого и кормового севооборотов на Северо-Западе РФ, обусловленные неоднородным содержанием основных элементов питания. Составлены цифровые карты пространственного размещения растений картофеля, пораженных ризоктониозом. Определено частное и комплексное влияние окультуренности и удобрённости полей на поражение растений и клубней картофеля ризоктониозом.

Материал и методы. Изучение пространственного распространения ризоктониоза в посадках картофеля проводили в 2022 году в длительном стационарном опыте с разным уровнем окультуренности дерново-подзолистой супесчаной почвы Меньковского филиала Агрофизического НИИ. Стационар функционирует с 2006 г. и состоит из полевого и кормового севооборотов, развёрнутых во времени на двух смежных полях площадью 1 га каждое. Размер делянки – 320 м² (8 × 40 м), размещение систематическое, повторность трехкратная. Схема полевого севооборота: ячмень с подсевом многолетних трав (тимофеевка луговая + клевер красный), многолетние травы 1-2 года пользования, рожь озимая, картофель, однолетние зернобобовые; кормового: картофель, пшеница озимая, люпин узколистный, свёкла столовая, капуста белокочанная, ячмень яровой.

Назначение стационара связано с определением влияния органоминеральной системы удобрения на урожайность и качество продукции возделываемых культур в зависимости от уровня окультуренности почв и типа севооборота. Схема опыта включала три уровня окультуренности (низкий, средний, высокий) и три дозы минеральных удобрений, зависящие от

культуры. Уровни окультуренности создавались внесением высоких (160 т/га за 2003-2005 гг.) и очень высоких (480 т/га) доз органических удобрений в виде навоза крупного рогатого скота, в настоящее время поддерживаются внесением птичьего помета однократно за ротацию: в полевом севообороте – под картофель,

в кормовом – под капусту белокочанную. Дозы органики в среднеокультуренном варианте составили 80 т/га, высокоокультуренном – 160 т/га. Под влиянием удобрений агрохимические свойства почвы претерпели значительные изменения на начало третьей ротации севооборота (табл. 1).

Таблица 1 – Основные показатели агрохимических свойств почвы разной степени окультуренности (2018 г.) /
Table 1 – The main indicators of agrochemical properties of soil of different degrees of cultivation (2018)

Севооборот / Crop rotation	Окультуренность почвы / Cultivation of the soil	pH _{KCl}	Органическое вещество, % / Organic matter, %	Содержание подвижных соединений, мг/кг / Content of mobile compounds, mg/kg	
				P ₂ O ₅	K ₂ O
Полевой / Field	Низкая / Low	5,3	2,49	183	59
	Средняя / Average	5,9	3,48	359	189
	Высокая / High	6,3	4,38	407	277
Кормовой / Forage	Низкая / Low	5,2	2,34	178	97
	Средняя / Average	5,8	3,64	408	206
	Высокая / High	6,1	4,15	428	367

В качестве минеральных удобрений в опыте использовались сухие смеси из комплексных (азофоска, аммофоска) и простых (аммиачная селитра, карбамид, хлористый калий) минеральных удобрений. В 2022 году на обоих полях стационара возделывали картофель сорта Метеор, согласно литературным данным [12], обладающего высокой устойчивостью к ризоктониозу, дозы минеральных удобрений соответствовали N₀P₀K₀, N₈₀P₂₀K₁₀₀, N₁₂₀P₃₀K₁₅₀, органические удобрения под картофель не вносили.

Изучение заключалось в проведении детализированных учетов пораженности растений картофеля ризоктониозом в период роста клубней (30 июля – 4 августа), когда внешние признаки проявления данного заболевания хорошо заметны. В опыте учету подлежали все растения картофеля, которых в полевом севообороте насчитывалось 22119 шт., в кормовом – 21287 шт. Определяли долю пораженных растений ризоктониозом, а также коэффициенты вариации¹ и агрегации².

При анализе клубневого урожая, собранного с 10 растений каждого варианта опыта в 3-кратной повторности, определяли такие показатели, как пораженность клубней ризокто-

ниозом (доля пораженных клубней) и интенсивность поражения по 9-балльной шкале с нечетным обозначением баллов³.

Цифровые карты пространственного распространения растений картофеля, пораженных ризоктониозом, составляли с помощью программ Surfer 11 и ГИС АФИ, разработанной в лаборатории информационного обеспечения точного земледелия Агрофизического НИИ.

Статистическая обработка данных проведена методом дисперсионного анализа в программе Statistica 6.

Результаты и их обсуждение. По данным наших многолетних исследований [13], ризоктониоз является самым стабильным заболеванием картофеля на полях Меньковского филиала АФИ. Пораженность растений картофеля ризоктониозом варьировала от 1 % в годы с засушливыми условиями в период появления всходов и начального развития культуры до 3-6 % при прохладных и дождливых погодных условиях. Доля пораженных клубней в урожай была значительной – 19 %, а в годы с избыточным увлажнением достигала 70 %. Интенсивность поражения клубней ризоктониозом изменялась в пределах 8,5-16,2 %.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1979. 416 с.

²Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 359 с.

³Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2009. 378с.

По данным детализированных обследований посадок картофеля, в 2022 г. была выявлена слабая пораженность растений ризиктониозом – в среднем 1,5 и 2,1 % соответственно в полевом и кормовом севооборотах с максимальным поражением в рядах 6,5 и 11,6 %. Такая ситуация обусловлена зараженностью ризиктониозом посадочного материала картофеля на уровне 28 % (доля пораженных клубней) с интенсивностью поражения 10 % (доля пора-

женной поверхности клубней). При этом проявилась выраженная неравномерность в размещении пораженных растений в пространстве исследуемых полей, подтверждаемая высокими коэффициентами вариации (79 и 87 %). Полученные коэффициенты агрегации свидетельствуют о том, что распространение ризиктониоза в посадках картофеля полевого севооборота имело случайный характер, кормового севооборота – очаговый (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика пространственного размещения растений картофеля сорта Метеор, пораженных ризиктониозом, в полевом и кормовом севооборотах /

Table 2 – Characteristics of spatial placement of potato plants of the Meteor variety affected by rhizoctoniosis in the fields of field and forage crop rotations

Севооборот / Crop rotation	Доля пораженных растений, % / Proportion of affected plants, %			Коэффициент вариации, % / Coeffi- cient of variation, %	Коэффициент агрегации / Aggregation coefficient
	среднее / average	min	max		
Полевой / Field	1,5	0,0	6,5	79	1,0
Кормовой / Forage	2,1	0,0	11,6	87	1,5

Геостатические особенности распространения ризиктониоза в посадках картофеля полевого и кормового севооборотов четко просматриваются на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11 (рис.). Для визуального представления нами была проведена группировка данных по элементарным участкам, состоящим из 8 рядов по 8 растений в каждом, что соответствует ширине варианта с разной степенью удобренности. В каждом поле (севообороте) были выделены 324 элементарных участка с определенной характеристикой пораженности растений картофеля ризиктониозом. В очагах поражения картофеля ризиктониозом доля пораженных растений чаще всего варьировала в пределах 1,6–4,7 %, а в отдельных случаях достигала 7,8 % в полевом севообороте и 8,9 % – в кормовом. По всей видимости, ввиду слабого заражения посадочного материала, характерная особенность в распространении ризиктониоза на посадках картофеля оказалась обусловлена инфекционным запасом, имеющимся в пахотном горизонте почвы. По мнению некоторых исследователей, именно почва является одним из основных источников сохранения и передачи данного заболевания в природе [14, 15].

Известно, что вносимые удобрения, помимо очевидного положительного влияния на физические, агрохимические свойства почвы и формирование урожая, оказывают значительное воздействие на состав, численность и

активность почвенной биоты, в том числе *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn [16]. Исходя из этого, в качестве факторов, влияющих на распространение ризиктониоза в посадках картофеля, нами рассматривались уровни окультуренности и удобренности, создаваемые путем внесения органических и минеральных удобрений в соответствии со схемой опыта. Влияние окультуренности на поражение растений картофеля ризиктониозом получило статистическое подтверждение только в кормовом севообороте. По мере улучшения окультуренности почвы происходило увеличение пораженности растений ризиктониозом с максимальными показателями на фоне высокого содержания органического вещества и основных элементов минерального питания (табл. 3). Возможно, это связано с изменением условий увлажнения, которые сильно зависели от габитуса растений. Вегетативная масса растений картофеля на средне- и высокоокультуренной почве была выше на 35,8 и 45,1 % соответственно. При этом известно, что повышенная влажность окружающей среды и почвы усиливает развитие ризиктониоза [17, 18]. В то же время имеются сведения, что органические удобрения снижают восприимчивость растений к ризиктониозу за счет их быстрого роста и хорошего развития. Кроме того, в почву вносится большое количество микроорганизмов, многие из которых являются антагонистами *Rh. solani*. Как следствие, наблюдается снижение развития заболевания на ростках и клубнях картофеля [19].

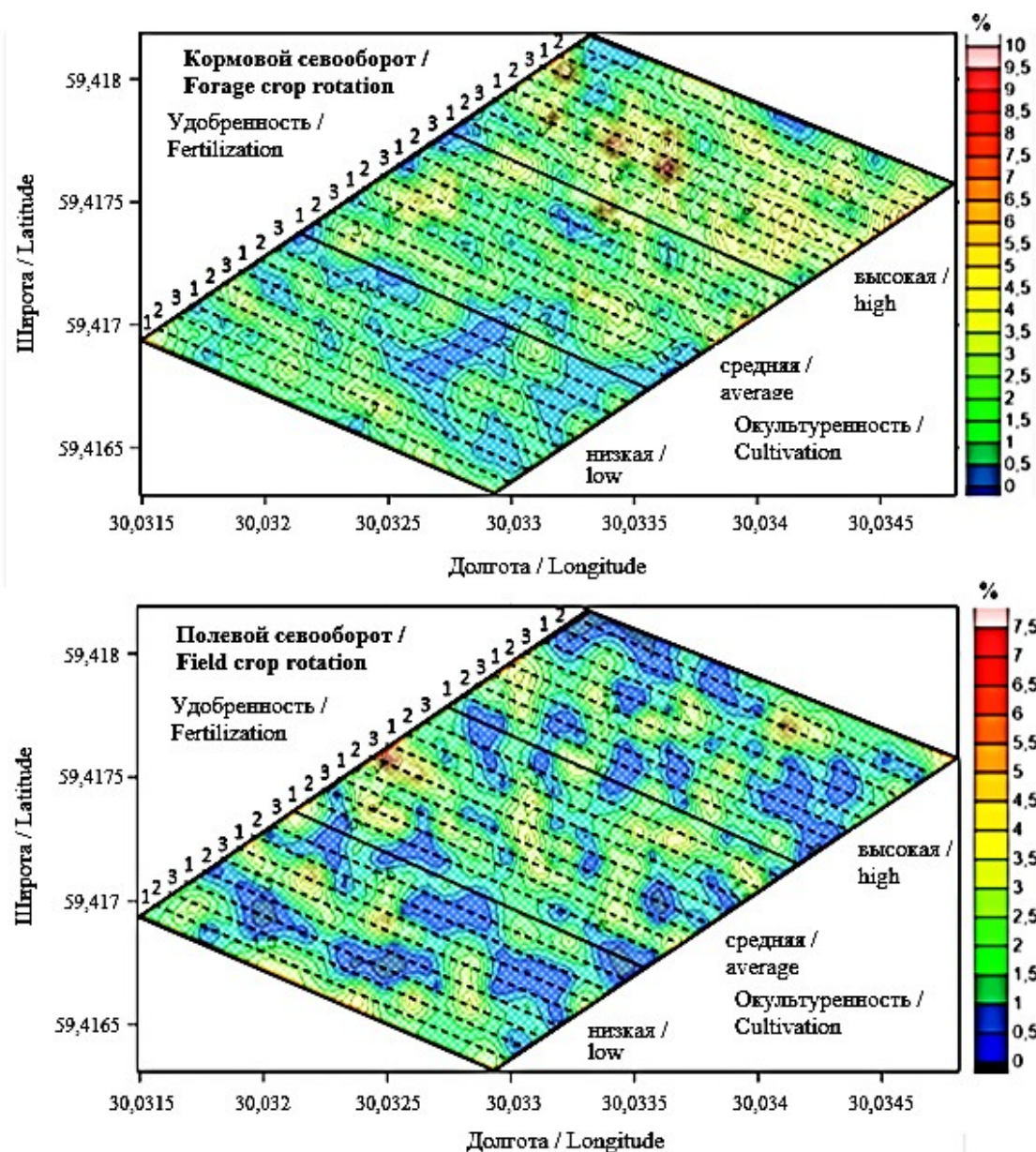


Рис. Цифровые карты распространения ризиктониоза в посадках картофеля сорта Метеор полевого и кормового севооборотов: 1 – $N_0P_0K_0$; 2 – $N_{80}P_{20}K_{100}$; 3 – $N_{120}P_{30}K_{150}$ /

Fig. Digital maps of rhizoctoniosis spread in potato plantings of the Meteor variety of field and forage crop rotations: 1 – $N_0P_0K_0$; 2 – $N_{80}P_{20}K_{100}$; 3 – $N_{120}P_{30}K_{150}$

Таблица 3 – Пораженность ризиктониозом растений картофеля сорта Метеор в разных вариантах окультуренности почвы и удобрения посадок, % /

Table 3 – The incidence of rhizoctoniosis of potato plants of the Meteor variety with different variants of soil cultivation and fertilization of plantings, %

Севооборот / Crop rotation	Окультуренность / Cultivation			Удобрение / Fertilization		
	низкая / low	средняя / average	высокая / high	$N_0P_0K_0$	$N_{80}P_{20}K_{100}$	$N_{120}P_{30}K_{150}$
Полевой / Field	1,3	1,9	1,4	1,9	1,7	1,1**
Кормовой / Forage	1,2	2,0	3,0**	2,3	2,1	1,8*

* различия достоверны при $P \geq 0,95$, ** при $P \geq 0,99$ / *differences are significant at $P \geq 0.95$, ** $P \geq 0.99$

Внесение минеральных удобрений, наоборот, приводило к снижению пораженности растений картофеля ризоктониозом в 1,1-1,7 и 1,1-1,3 раза (относительно варианта $N_0P_0K_0$) соответственно в полевом и кормовом севооборотах. Отмеченное положительное действие минеральных удобрений связано с повышением темпа начального роста растений и общей устойчивости к фитопатогену [20, 21, 22].

Отмеченное положительное действие удобрений в отношении пораженности растений

ризоктониозом просматривалось во всех вариантах окультуренности полевого севооборота, а также при низкой и высокой окультуренности почвы кормового севооборота. Снижение пораженности растений картофеля ризоктониозом на низком фоне окультуренности, в зависимости от дозы минеральных удобрений, составило 1,5-1,8 и 1,3-1,9 раза, на среднем – 1,3-2,3 раза, на высоком – 1,4-1,9 и 1,2-1,9 раза соответственно в полевом и кормовом севооборотах (табл. 4).

Таблица 4 – Комплексное влияние окультуренности почвы и удобрённости посадок на пораженность растений картофеля сорта Метеор ризоктониозом /

Table 4 – The complex effect of soil cultivation and fertilization of plantings on the rhizoctoniosis infestation of potato plants of the Meteor variety

Вариант опыта / Variant of the experiment		Пораженность растений, % / Plant infestation, %	
окультуренность (A) / cultivation (A)	удобрённость (B) / fertilization (B)	полевой севооборот / field crop rotation	кормовой севооборот / forage crop rotation
Низкая / Low	$N_0P_0K_0$	1,8	1,5
	$N_{80}P_{20}K_{100}$	1,2	1,2
	$N_{120}P_{30}K_{150}$	1,0	0,8
Средняя / Average	$N_0P_0K_0$	2,5	1,8
	$N_{80}P_{20}K_{100}$	2,0	1,8
	$N_{120}P_{30}K_{150}$	1,1	2,5
Высокая / High	$N_0P_0K_0$	1,9	3,7
	$N_{80}P_{20}K_{100}$	1,4	3,1
	$N_{120}P_{30}K_{150}$	1,0	2,0
HCP ₀₅ A / LSD ₀₅ A		0,23	0,45
HCP ₀₅ B / LSD ₀₅ B		0,27	0,42
HCP ₀₅ (AxB) / LSD ₀₅ (AxB)		0,58	1,00

Данные анализа урожая продемонстрировали довольно значительную пораженность клубней картофеля ризоктониозом – 19,3 и 31,8 %, интенсивность поражения – 10,1 и 13,7 % в полевом и кормовом севооборотах соответственно. Положительное влияние минеральных удобрений в уменьшении пораженности клубней ризоктониозом на достоверном уровне обозначилось в варианте с низкой окультуренностью почвы (табл. 5). Так, внесение средних доз удобрений приводило к снижению пораженности клубней данным заболеванием на обоих полях картофеля в 1,3 раза, высоких доз – в 1,9 (полевой севооборот) и 6,0 раз (кормовой севооборот). В вариантах со средней и высокой окультуренностью ситуация не была такой однозначной, поскольку на проявление клубне-

вой формы ризоктониоза сказывалось влияние окультуренности. Например, в полевом севообороте по мере повышения окультуренности почвы отмечалось снижение пораженности клубней с 24,0 до 18,4 и 15,4 %. В кормовом севообороте наименьшая доля пораженных клубней и интенсивность их заболевания ризоктониозом на всех уровнях окультуренности фиксировалась в варианте с внесением наибольшей дозы минеральных удобрений.

Комплексное влияние изучаемых агрохимических факторов на пораженность клубней картофеля ризоктониозом выражается снижением данного показателя в 1,9 и 2,0 раза, фактически на 15 % в полевом и 16,8 % – кормовом севооборотах.

Таблица 5 – Комплексное влияние окультуренности почвы и удобрённости посадок на поражённость клубней картофеля сорта Метеор ризоктониозом, % /

Table 5 – The complex effect of soil cultivation and fertilization of plantings on the rhizoctoniosis infestation of potato tubers of the Meteor variety, %

Вариант опыта / Variant of the experiment		Полевой севооборот / Field crop rotation		Кормовой севооборот / Forage crop rotation	
окульту- ренность (А) / cultivation (A)	удобрённость (В) / fertilization (B)	поражено клубней / tuber infestation	степень поражения / degree of infestation	поражено клубней / tuber infestation	степень поражения / degree of infestation
Низкая / Low	N ₀ P ₀ K ₀	31,5	8,8	33,0	15,5
	N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	23,9	9,1	25,8	15,9
	N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀	16,4	6,0	5,5	5,0
Средняя / Average	N ₀ P ₀ K ₀	29,3	10,3	49,7	19,3
	N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	11,5	8,2	54,8	15,5
	N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀	14,5	9,0	31,8	12,0
Высокая / High	N ₀ P ₀ K ₀	17,7	10,4	29,9	17,5
	N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	12,1	13,5	39,5	12,5
	N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀	16,5	14,2	16,2	8,1
HCP ₀₅ A / LSD ₀₅ A		6,80	1,13	12,64	1,79
HCP ₀₅ B / LSD ₀₅ B		9,93	3,54	14,49	3,04
HCP ₀₅ (AxB) / LSD ₀₅ (AxB)		20,76	4,05	30,32	6,35

Выводы. 1. По результатам детализированного учета выявлена пространственная неравномерность в поражении растений картофеля ризоктониозом, которая имела характер случайного распределения в полевом севообороте и очагового – в кормовом. При этом обозначилось влияние гетерогенности почвенных условий по содержанию основных элементов питания, обусловленной разной степенью окультуренности почвы и удобрённости посадок картофеля. Влияние окультуренности было неоднозначным и статически достоверным только в кормовом севообороте, где наблюдали увеличение поражённости растений картофеля ризоктониозом (в 1,7-2,5 раза). Под действием минеральных удобрений происходило снижение

поражённости растений картофеля ризоктониозом как в полевом (в 1,1-1,7 раза), так и кормовом (в 1,1-1,3 раза) севооборотах.

2. Определено комплексное влияние окультуренности почвы и удобрённости посадок картофеля на снижение поражённости клубней ризоктониозом в 1,9 и 2,0 раза соответственно в полевом и кормовом севооборотах.

3. Пространственную неоднородность размещения растений, поражённых ризоктониозом, в посадках картофеля, удается визуализировать на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11, при проведении группировки данных по элементарным участкам.

Список литературы

1. Хютти А. В., Лазарев А. М. Ризоктониоз картофеля: встречаем во всеоружии. Сельскохозяйственные вести. 2019;1(116):10-11.
2. Хютти А. В., Кузнецов А. А. Влияние протравителей на комплекс возбудителей болезней картофеля и товарные качества семенного материала. Защита картофеля. 2020;(1):33-34.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42898202> EDN: YTBHKG
3. Долженко О. В., Кривченко О. А., Киндрат М. В. Кинг комби для защиты картофеля. Защита и карантин растений. 2017;(9):24-25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29871883> EDN: ZDRVTT
4. Лысов А. К., Хютти А. В., Корнилов Т. В. Интегрированная защита при выращивании семенного картофеля. Защита и карантин растений. 2020;(9):32-37. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43909505> EDN: LZVVP
5. Мельникова Е. С. Использование фунгицидных протравителей на картофеле в условиях Центрального Черноземья. Защита картофеля. 2020;(1):9-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42898190> EDN: MFWRPX
6. Пилипова Ю. В., Шалдыба Е. М., Решетникова О. В., Горобей И. М. Эффективность протравителей инсектофунгицидов в подавлении ризоктониоза картофеля в Новосибирской области. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021;4(61):53-61.
DOI: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-61-4-53-61> EDN: NBEZVO

7. Гайнатулина В. В., Хасбиуллина О. И. Влияние химических и биологических препаратов на урожайность, заболеваемость растений и клубней картофеля ризоктониозом. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022;(6):51-54. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=kcegcd> EDN: KCEGDC
8. Гурьянов А. М., Артемьев А. А. Оценка засоренности агроценозов и эффективность дифференцированного применения гербицидов в севообороте. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(5(66)):83-89. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89> EDN: PJNYIF
9. Гогмачадзе Г. Д., Матюк Н. С., Полин В. Д., Биналиев И. Ф. Структура сорного компонента и его пространственное распределение в полях зернопропашного севооборота. АгроЭкоИнфо. 2021;(1(43)):4. DOI: <https://doi.org/10.51419/20211112> EDN: DKLNIL
10. Шпанев А. М., Смур В. В., Петрушин А. Ф. Влияние микрорельефа поля на пространственное размещение сорных растений. Агрофизика. 2020;(4):20-26. DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRP.2020.04.04> EDN: RGM MYD
11. Шпанев А. М., Смур В. В. Пространственное размещение личинок жуков-щелкунов при длительном применении минеральных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимический вестник. 2021;(3):66-70. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46367734> EDN: IJVAUL
12. Белов Г. Л., Зейрук В. Н., Васильева С. В., Деревягина М. К., Шабанов А. Э., Киселев А. И. Распространенность ризоктониоза на различных сортах картофеля в Центральном регионе России. Агрохимический вестник. 2019;(3):65-67. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38173119> EDN: ZSHCXB
13. Шпанев А. М., Смур В. В., Фесенко М. А. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений на посадках картофеля в Северо-Западном регионе. Агрохимия. 2017;(12):38-45. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002188117120067> EDN: ZUCFUR
14. Кузнецова М. А., Ерохова М. Д. Ризоктониоз – опаснейшее заболевание картофеля. Защита и карантин растений. 2021;(4):31-34. DOI: https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_4_31 EDN: CVNSAU
15. Шалдаева Е. М., Пилипова Ю. В. Вредные организмы агроэкосистем картофеля лесостепи Западной Сибири и их эволюционно-экологические адаптации. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017;(1(254)):64-73. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29035876> EDN: YLKEUP
16. Малюга А. А., Якименко В. Н. Влияние калийных удобрений на поражаемость картофеля ризоктониозом в Западной Сибири. Вестник защиты растений. 2013;(3):45-50. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-kaliynyh-udobreniy-na-porazhaemost-kartofelya-rizoktoniozom-v-zapadnoy-sibiri>
17. Замалиева Ф. Ф., Жарёхина Т. В., Сафиуллина Г. Ф. Влияние биологически активных препаратов, удобрительных составов, орошения на распространение болезней клубней картофеля. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019;(3(54)):25-30. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5db851f1e7ef85.29058201 EDN: DYHLYJ
18. Черемисин А. И., Якимова И. А., Елина А. М. Влияние погодных условий на устойчивость сортов картофеля к грибным болезням в питомниках семеноводства. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020;(12(194)):10-17. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44394255> EDN: COXXMF
19. Иванюк В. Г., Александров О. Т. Эффективность агротехнических мероприятий против ризоктониоза картофеля. Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. 1996;(2):55-60. Режим доступа: <http://vesti.belal.by/vesti/pdf/19960215.pdf>
20. Малюга А. А., Чуликова Н. С., Енина Н. Н. Влияние минеральных удобрений и протравителей на развитие ризоктониоза картофеля и урожайность культуры. Защита и карантин растений. 2018;(9):9-11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35605124> EDN: XZIGKT
21. Халипский А. Н., Чураков А. А., Ступницкий Д. Н., Хижняк С. В., Абдураимов П. О. Влияние фона питания и рельефа местности на урожайность и распространение болезней картофеля. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(8):31-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30053594> EDN: ZHRFUP
22. Васильев А. А. Влияние сбалансированного питания, протравливания и сроков посадки картофеля на урожайность и качество клубней. Земледелие. 2021;(2):22-26. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10205> EDN: PJNBGP

References

1. Khyutti A. V., Lazarev A. M. Potato rhizoctoniosis: we are fully prepared. *Sel'skokhozyaystvennye vesti*. 2019;1(116):10-11. (In Russ.).
2. Khyutti A. V., Kuznetsov A. A. The influence of dressing agents on the complex of pathogens of potato diseases and the commercial qualities of seed material. *Zashchita kartofelya*. 2020;(1):33-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42898202>
3. Dolzhenko O. V., Krivchenko O. A., Kindrat M. V. King kombi for potato protection. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017;(9):24-25. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29871883>
4. Lysov A. K., Khyutti A. V., Kornilov T. V. Integrated protection when growing seed potatoes. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2020;(9):32-37. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43909505>
5. Melnikova E. S. The use of fungicidal disinfectants on potatoes in the conditions of the Central Chernozem region. *Zashchita kartofelya*. 2020;(1):9-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42898190>
6. Pilipova I. V., Shaldyaeva E. M., Reshethikova O. V., Gorobey I. M. Efficiency of insectofungicide dressing agents in suppressing potato rhizoctoniosis in the Novosibirsk region. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021;(4):53-61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-61-4-53-61>

7. Gaynatulina V. V., Khasbiullina O. I. Influence of chemical and biological preparations on productivity, incidence of plants and tubers of potatoes with rhizoctoniosis. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2022;(6):51-54. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=kcegdg>
8. Guryanov A. M., Artemjev A. A. Estimation of agrocoenosis for weediness and efficiency of differentiated use of herbicides in crop rotation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;66(5):83-89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89>
9. Gogmachadze G. D., Matyuk N. S., Polin V. D., Binaliev I. F. The structure of the weed component and its spatial distribution in the fields of grain-row crop rotation. *AgroEcoInfo* = AgroEcoInfo. 2021;(1(43)):4. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51419/20211112>
10. Shpanev A. M., Smuk V. V., Petrushin A. F. Influence of field microrelief on spatial distribution of weeds. *Agrofizika* = Agrophysica. 2020;(4):20-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2020.04.04>
11. Shpanev A. M., Smuk V. V. Spatial distribution of click beetle larvae during long-term application of mineral fertilizers at soddy-podzolic sandy soil. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2021;(3):66-70. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46367734>
12. Belov G. L., Zeyruk V. N., Vasileva S. V., Derevyagina M. K., Shabanov A. E., Kiselev A. I. The incidence of rhizoctoniosis on different potato varieties in the Central region of Russia. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2019;(3):65-67. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38173119>
13. Shpanev A. M., Smuk V. V., Fesenko M. A. Phytosanitary effect of mineral fertilizers on the potato plantations in the North-West region. *Agrokhiymiya*. 2017;(12):38-45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002188117120067>
14. Kuznetsova M. A., Erokhova M. D. Rhizoctonia solani - a dangerous disease of potatoes. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2021;(4):31-34. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_4_31
15. Shaldyaeva E. M., Pilipova Yu. V. Potato pests in agro-ecosystems of the West Siberian forest steppe and their evolutionary ecological adaptation. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2017;(1(254)):64-73. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29035876>
16. Malyuga A. A., Yakimenko V. N. The influence of potassium fertilizers on the pathogenesis of black scab of potatoes in Western Siberia. *Vestnik zashchity rasteniy* = Plant Protection News. 2013;(3):45-50. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-kaliynyh-udobreniy-na-porazhaemost-kartofelya-rizoktoniozom-v-zapadnoy-sibiri>
17. Zamalieva F. F., Zharekhina T. V., Safiullina G. F. Influence of biologically active preparations, fertilizer compositions, irrigation on the distribution of potato tuber diseases. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2019;(3(54)):25-30. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.12737/article_5db851f1e7ef85.29058201
18. Cheremisin A. I., Yakimova I. A., Elina A. M. The effect of weather conditions on potato variety resistance to fungal diseases in seed nurseries. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2020;(12(194)):10-17. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44394255>
19. Ivanyuk V. G., Aleksandrov O. T. Efficiency of agrotechnical measures against potato rhizoctoniosis. *Vesti Akademii agrarnykh nauk Belarusi*. 1996;(2):55-60. (In Belarus). URL: <http://vesti.belal.by/vesti/pdf/19960215.pdf>
20. Malyuga A. A., Chulikova N. S., Enina N. N. Influence of mineral fertilizers and disinfectants on the development of the potato rhizoctonia disease and crop yield. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018;(9):9-11. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35605124>
21. Khalipkiy A. N., Churakov A. A., Stupnitskiy D. N., Khizhnyak S. V., Abduraimov P. O. Influence of nutrition background, territory relief on potato productivity and spread of its diseases. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2017;31(8):31-34. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30053594>
22. Vasil'ev A. A. The influence of balanced nutrition, tuber treatment and potato planting dates on the productivity and quality of tubers. *Zemledelie*. 2021;(2):22-26. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10205>

Сведения об авторах

Смук Василий Васильевич, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Гражданский проспект, д. 14, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 195220, e-mail: office@agrophys.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4763-9082>

✉ **Шпанев Александр Михайлович**, доктор биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории опытного дела, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Гражданский проспект, д. 14, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 195220, e-mail: office@agrophys.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4346-318X>, e-mail: ashpanev@mail.ru

Information about the authors

Vasily V. Smuk, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy prospekt, 14, Saint-Petersburg, Russian Federation, 195220, e-mail: office@agrophys.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4763-9082>

✉ **Alexandr M. Shpanev**, DSc in Biological Science, chief researcher, the Laboratory of Experimental Work, Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy prospekt, 14, Saint-Petersburg, Russian Federation, 195220, e-mail: office@agrophys.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4346-318X>, e-mail: ashpanev@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author