

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА
AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATIONУДК [631.582+631.82]:[635.21:632.484](571.1)
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-1-42-54>Поступила в редакцию 14.10.2019
Received 14.10.2019**А. А. Малюга, Н. С. Чуликова***Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, Краснообск, Россия***РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
В ПАТОГЕНЕЗЕ РИЗОКТОНИОЗА КАРТОФЕЛЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУРЫ
В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Аннотация: Одним из основных факторов, ограничивающих урожайность картофеля в Западной Сибири, являются различные заболевания культуры, среди которых почвенно-клубневые инфекции занимают особое место. Актуальной проблемой при производстве картофеля является ризоктониоз. Хозяйственное значение данного заболевания оценивается 50%-ными ежегодными потерями урожая в период вегетации. В статье представлены результаты исследования влияния предшествующих культур (картофеля, овса и горчицы сарептской) и минеральных удобрений ($N_{40}P_{40}K_{80}$) на патогенез ризоктониоза в посадках картофеля, а также продуктивность культуры. Оценку действия используемых приемов на развитие ризоктониоза проводили на естественных фонах в условиях лесостепной зоны Приобья Новосибирской области. Сезонная динамика гриба *Rhizoctonia solani* в почве имеет характерный подъем численности в конце вегетации растений. В условиях Западной Сибири в протекании патологического процесса ризоктониоза наибольшее значение играет почвенная инфекция (доля влияния фактора – от 50 % в фазу полных всходов до 90 % к фазе цветения). Овес и горчица оказывали действие на возбудителя ризоктониоза в течение двух лет после их выращивания как предшественника, причем овес более сильно воздействовал на патогена на второй год возделывания по нему картофеля. В среднем по факторам овес и горчица сарептская в комплексе с минеральными удобрениями ($N_{40}P_{40}K_{80}$) достоверно снижают развитие ризоктониоза на растениях в 1,1–1,3 раза по сравнению с картофелем, возделываемым в монокультуре, а минеральные удобрения значительно (в 1,3 раза) увеличивают продуктивность растений. Предшественники (в среднем) практически не влияли на данный показатель. Урожайность картофеля в монокультуре и после овса практически одинакова, а после горчицы несущественно выше (в 1,1 раза). Совершенствование экологически безопасных технологий защиты картофеля от почвенно-клубневых инфекций и внедрение их в производство будет способствовать получению стабильных урожаев культуры высокого качества и, как следствие, формированию эффективного агропромышленного комплекса, обеспечивающего продовольственную безопасность страны.

Ключевые слова: картофель, предшественники, овес, горчица сарептская, минеральные удобрения, ризоктониоз картофеля, патогенез, почвенная инфекция, клубневая инфекция, развитие болезни, продуктивность культуры

Для цитирования: Малюга, А. А. Роль предшественников и минеральных удобрений в патогенезе ризоктониоза картофеля и продуктивности культуры в условиях Западной Сибири / А. А. Малюга, Н. С. Чуликова // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2020. – Т. 58, № 1. – С. 42–54. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-1-42-54>

Anna A. Malyuga, Natalia S. Chulikova*Siberian Research Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture of Federal State budgetary Institution of Scientific Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SRISMCA SFSCA RAS), Krasnoobsk, Russian Federation***ROLE OF PREVIOUS CROPS AND MINERAL FERTILIZERS IN PATHOGENESIS
OF POTATO BLACK SCAB AND CROP PRODUCTIVITY IN WESTERN SIBERIA**

Abstract: One of the main factors limiting the potato yield in Western Siberia is various crop diseases, among which soil and tuber infections hold a special place. The sore issue in potatoes production is black scab. The economic significance of this disease is estimated at 50 % yield loss during the growing season. The results of analyzing the effect of previous crops

(potatoes, oats and tendergreen) and mineral fertilizers (N40P40K80) on pathogenesis of black scab in potato plantations, and also crop productivity are presented in the paper. Evaluation of the used techniques effect on development of black scab was performed on natural backgrounds in conditions of forest-steppe zone of Priobye in the Novosibirsk region. The seasonal dynamics of the *Rhizoctonia solani* fungus in the soil has a characteristic increase in the number at the end of plants growing season. In the conditions of Western Siberia, in the course of pathological process of black scab, the soil infection (proportion of the factor effect - from 50 % during the phase of full germination to 90 % to the flowering phase) plays the most important role. Oats and tendergreen had been affecting on the agent of black scab disease during two years after cultivation as a precursor, and oats affected the pathogen more strongly in the second year of potato cultivation. On average according to factors, oats and tendergreen with mineral fertilizers (N40P40K80) reliably reduce development of black scab on plants 1.1-1.3 times as compared to potatoes cultivated in monoculture, and mineral fertilizers significantly (1.3 times) increase the plants performance. The predecessors (on average) had practically no effect on this indicator. The yield of potatoes in monoculture and after oats is almost the same, and after tendergreen it is insignificantly higher (1.1 times). Mastering environmentally friendly technologies for protecting potatoes from soil and tuber infections and implementation of those into production will contribute to obtaining stable crops of a high quality culture, and, as a result, formation of efficient agro-industrial complex ensuring the country's food security.

Keywords: potatoes, predecessors, oats, tendergreen, mineral fertilizers, potato black scab, pathogenesis, soil infection, tuberous infection, disease development, crop performance

For citation: Malyuga A. A., Chulikova N. S. Role of previous crops and mineral fertilizers in pathogenesis of potato black scab and crop productivity. *Vesti Natsyynal'ny akademii navuk Belarusi. Seriya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2020, vol. 58, no 1, pp. 42–54 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-1-42-54>

Введение. Совершенствование экологически безопасных технологий защиты картофеля от почвенно-клубневых инфекций и внедрение их в производство способствует получению стабильных урожаев культуры высокого качества и, как следствие, формирует эффективный агропромышленный комплекс, обеспечивающий продовольственную безопасность страны.

В настоящее время главная задача картофелеводства состоит в получении стабильно высоких урожаев хорошего качества. Потенциальные возможности отечественных селекционных достижений обеспечивают урожайность культуры на уровне 35–40 т/га, однако в производственных условиях данный показатель удается реализовать не более чем на 25 %. По фактической средней урожайности (14 т/га) Россия отстает от среднего мирового уровня (17 т/га). Несмотря на высокую ценность картофеля, его производство в Западно-Сибирском регионе в последние годы остается на низком уровне [1]. Следует отметить, что сложившаяся в отрасли ситуация обусловлена не только экономическими причинами, но и фитосанитарными, так как урожайность картофеля – интегральный показатель, зависящий от ряда факторов, влияющих на рост и развитие растений в течение всей вегетации [2]. Одним из важнейших факторов, определяющих снижение качества и количества полученной продукции, является поражение культуры широким спектром грибных, вирусных, бактериальных заболеваний, среди которых одним из самых распространенных и вредоносным как в мире, так и в Сибири является ризоктониоз (черная парша). Ежегодные мировые потери от этого заболевания составляют 7–36 %, а в Западной Сибири ежегодно теряется 50 % продукции и более [3–5].

Борьба с заболеванием требует комплексного подхода, поскольку ни одна тактика не является полностью эффективной. Эффективная программа контроля сочетает в себе различные приемы.

Защитные мероприятия против возбудителей, передающихся через почву и клубни, к числу которых относится и черная парша, должны быть в первую очередь направлены на снижение исходной численности популяции до уровня ниже порога вредоносности. Решить данную проблему возможно путем возделывания фитосанитарных культур и внесения минеральных удобрений.

В современных условиях все большее значение придается способности культур в севооборотах очищать поля от сорняков, предупреждать накопление и размножение в почве специфических вредителей и возбудителей болезней [6–8]. В качестве фитосанитарных культур рекомендуют использовать зерновые, многолетние злаковые травы, бобово-злаковые смеси, морковь, люпин, сою, рапс, лен, которые существенно ингибируют развитие *Rhizoctonia solani* Kuhn. в почве [5]. Так, выращивание картофеля в севообороте после зерновых снижает развитие ризоктониоза на ростках, стеблях и клубнях в 2 раза [9]. Велика роль капустных, поскольку их корневые и пожнивные остатки в значительной степени тормозят развитие и накопление грибной инфекции в почве, а также снижают развитие заболевания на растениях картофеля [6, 8, 10–16].

Фитосанитарная роль капустных объясняется высокой интенсивностью их роста, загущенностью стеблестоя и губительным аллелопатическим влиянием корневых выделений и повышением микробиологической активности почвы [6, 11, 17, 18].

Важным элементом технологии выращивания картофеля является применение оптимальной ресурсосберегающей системы удобрения. Рациональная система удобрения обеспечивает не только повышение урожая и его качества, но и способствует сохранению и улучшению плодородия почвы [19]. В отношении влияния оптимизации минерального питания на развитие ризоктониоза в литературе приведены противоречивые сведения. В некоторых работах указывают на то, что минеральные удобрения способствуют росту заболеваемости растений черной паршой, а другие наоборот – снижению [20–22].

В литературе на данный момент нет сведений о продолжительности влияния предшествующих культур на фитосанитарное состояние посадок картофеля в отношении черной парши в лесостепи Приобья, поэтому данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Цель работы – выявить роль предшествующих культур и минеральных удобрений в патогенезе ризоктониоза картофеля, а также продуктивности культуры в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы исследований. Объекты изучения – картофель (*Solanum tuberosum* L.) и ризоктониоз картофеля (*Rhizoctonia solani* Küh.). Методологической основой работы послужил системно-альтернативный подход, реализованный в 2-факторном полевом эксперименте [23].

Исследования проводили в Новосибирской области на опытном поле СибНИИЗиХ СФНЦА РАН в 2013–2016 гг. в почвенно-климатических условиях, типичных для лесостепной зоны Западной Сибири. Почвенный покров стационара представлен типичным для района черноземом выщелоченным среднесуглинистым. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0–30 см): гумус (по Тюрину) – около 5,0 %, общего азота (по Кьельдалю) – 0,34, фосфора и калия (по Чирикову) – 29,0 и 13,0 мг/100 г почвы соответственно, pH 6,7–6,8.

Климатические условия характеризуются следующими параметрами: продолжительность безморозного периода – 110–120 дней в году; вегетационного периода для холодоустойчивых растений – около 150 дней; сумма положительных температур выше +5 °C – 2080–2160 °C, выше +10 °C – 1770–1860 °C (по среднегодовым данным). Весенний период наиболее короткий, ветреный, ясный и сухой в году. Характерны возвратные холода в конце апреля и мая. Средняя дата последних заморозков – 20 мая, также как и последние заморозки на почве, но они возможны и в I декаде июня. В среднем переход через 0 °C происходит 15 апреля, через +5 °C – 28 апреля, через +10 °C – 15 мая. Для места исследований характерно достаточное, но неустойчивое увлажнение с годовым количеством осадков 350–400 мм и гидротермическим коэффициентом (по Селянинову) – 0,9–1,1. За период май–сентябрь обычно выпадает 275 мм осадков, из них за май–июнь – около 100 мм. Максимум их приходится на летнее время – июль и август; минимум – на февраль, март. В период вегетации осадки выпадают часто в виде ливневых дождей, что снижает их эффективность для растений. Повторяемость лет с умеренно дефицитным, дефицитным и острозасушливым типами увлажнения в этом районе составляет 25, 20 и 10 % лет соответственно. Повторяемость засух в этот период – от 10 до 15 % лет¹.

Период вегетации 2013 г. характеризовался холодной весной, что привело к более поздним срокам посадки картофеля, а также значительным переувлажнением. Температуры лета были либо ниже среднегодовых, либо близки к ним. ГТК за период вегетации картофеля составил 1,83 (табл. 1)

Период вегетации 2014 г. характеризовался холодной весной, что привело к более поздним срокам посадки картофеля, а также холодами в начале лета и засухой во II и III декадах июня. Все это оказывало стрессовое воздействие на культуру (см. табл. 1). ГТК за период вегетации картофеля (май–август) составил 0,71.

Период вегетации 2015 г. характеризовался теплыми и влажными II и III декадами мая и I декадой июня. Во II и III декады июня наблюдались повышенные температуры и недостаток осадков, но влага, накопленная в почве в предыдущий период, позволила растениям легко перенести засуху. Июль был жаркий и влажный. Температура воздуха и количество осадков в I и II декады

¹ Воронина Л. В., Гриценко А. Г. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск : СГГА, 2011. 227 с.

Т а б л и ц а 1. Метеоусловия вегетационного периода в годы исследований, АМС Огурцово Новосибирской области, 2013–2016 гг.

Table 1. Weather conditions during the growing season research, AMS Ogurtsovo, Novosibirsk Region, 2013-2016

Показатель	Месяц, декада										
	Май		Июнь			Июль			Август		
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2013 г.											
Температура воздуха, °C	6,1	9,9	12,7	14,7	16,5	16,6	20,4	20,2	19,2	17,1	16,3
Осадки, мм	35,6	23,3	5,1	25,6	7,0	11,3	31,0	33,4	85,1	17,1	16,3
2014 г.											
Температура воздуха, °C	8,5	8,9	8,7	19,5	23,5	21,1	20,6	18,4	18,1	21,8	15,1
Осадки, мм	14,0	38,6	16,3	1,3	0,0	13,8	39,4	33,1	0,8	5,8	29,0
2015 г.											
Температура воздуха, °C	14,9	12,3	18,7	18,7	20,1	18,0	21,0	19,7	17,9	18,1	15,5
Осадки, мм	17,8	55,4	29,0	3,1	0,0	61,0	4,7	46,5	23,2	32,0	8,3
2016 г.											
Температура воздуха, °C	8,8	15,6	17,7	20,4	21,1	19,9	21,0	19,8	18,2	18,1	15,9
Осадки, мм	11,0	13,0	0,0	27,6	9,4	42,5	17,0	14,8	6,5	0,0	6,9
Средние многолетние значения											
Температура воздуха, °C	10,0	13,2	15,4	16,7	18,1	19,1	18,9	18,9	17,9	16,0	13,5
Осадки, мм	12,0	13,0	13,0	20,0	25,0	19,0	26,0	27,0	24,0	20,0	22,0

августа были в основном близки к среднемноголетним. В III декаде августа температура была близка к среднемноголетней, однако количество осадков – меньше в 3 раза. В целом вегетационный сезон 2015 г. был благоприятен для роста и развития растений (см. табл. 1). ГТК за период вегетации картофеля составил 1,33.

Период вегетации 2016 г. характеризовался теплыми и влажными III декадой мая, II декадой июня, I декадой июля. В I и III декадах июня температура была выше среднемноголетней с недостатком осадков, но влага, накопленная в почве в предыдущий период, позволила растениям перенести засуху. Вторая и третья декады июля были жаркими, а количество влаги – ниже среднемноголетних значений. В I и II декадах августа температура воздуха в основном была близка к среднемноголетней, а количество осадков недостаточным. В целом вегетационный сезон 2016 г. (кроме I декады июня) был благоприятен для роста и развития растений. В III декаде августа температура была близка к среднемноголетней, а количество осадков – меньше в 3 раза (см. табл. 1). ГТК за период вегетации картофеля составил 0,76.

Особенности формирования фитосанитарной ситуации изучали на посадках раннего картофеля сорта Агата. Все технологические операции при возделывании культур, если они не являлись предметом исследования, выполняли согласно рекомендациям².

Схемы опытов отвечали требованиям методики полевого опыта³. Опыт двухфакторный: фактор А – предшественник (картофель, овес и горчица сарептская); В – уровень минерального питания (без удобрений и $N_{40}P_{40}K_{80}$). Для защиты посадок от колорадского жука клубни протравливали препаратом Круйзер, КС, норма расхода 0,22 л/т⁴.

Опыт проводили на естественном инфекционном фоне *R. solani*. Для этого два года подряд (2011–2012 гг.) на одном и том же участке земли высаживали картофель, что позволило

² Овощные культуры и картофель в Сибири / сост.: Г.К. Машьянова, Е.Г. Гринберг, Т.В. Штайнерт. Изд. 2-е, перераб. и доп. Новосибирск, 2010. С. 495–507.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник. М. : Книга по Требованию, 2012. 352 с.

⁴ Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2014 : [ежегодник]. Вып. 18. М. : Агрорус, 2014. 709 с. ; Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Ч. 1. Пестициды. М. : [б. и.], 2015. 735 с.

сформировать вышеуказанный фон на уровне 30 пропагул/100 г почвы. Далее (в 2013 г.) на данном фоне в качестве предшественников были высеяны овес сорта Ровесник и горчица сарептская сорта Рушена, а также посажен картофель сорта Агата для изучения динамики численности возбудителя ризоктониоза в течение вегетационного периода.

Численность *R. solani* в почве определяли методом множественных почвенных таблеток. Из среднего почвенного образца, просеянного на сите, $d = 2$ мм, отбирали 40–50 г почвы и доводили ее влажность до 18 %, растирая до однородного состояния. Посев производили таблетками с помощью пробоотборника⁵, по 10 чашек на 1 образец (в каждой чашке 15 таблеток) и 1 чашка на сухую массу (15 таблеток) для дальнейших пересчетов на селективную среду Ко и Хора⁶. Численность определяли пять раз: весной – перед посадкой (исходная); летом – в фазы полных всходов и бутонизации – начала цветения; осенью – после уборки урожая, а также на следующий год перед посадкой культуры.

Селективная среда Ко и Хора из расчета на 1 л дистиллированной воды: агар – 20,0 г; K_2HPO_4 – 1,0 г; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5 г; KCl – 0,5 г; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,01 г; $NaNO_2$ – 0,2 г. Стерилизация в течение 35 мин при 1 атмосфере. После стерилизации добавляли: галловую кислоту – 0,4 г; стрептомицин – 0,05 г и левомецитин – 0,05 г.

Пересчет количества пропагул на 100 г сухой почвы проводили по следующей формуле:

$$X = \frac{B \cdot 100}{A},$$

где B – количество пропагул в 150 таблетках, шт.; A – количество почвы в 150 таблетках, г; X – количество пропагул в 100 г почвы, шт.

В 2014–2016 гг. на всех участках, где выращивали предшествующие культуры, согласно схеме опыта высаживали картофель для изучения продолжительности действия предшественников на развитие ризоктониоза на растениях и его патогенез.

Учет пораженности растений картофеля ризоктониозом проводили через 4 и 10 недель после посадки культуры по методике J. Frank⁷. Растения выкапывали, отмывали и определяли степень пораженности стеблей картофеля возбудителем черной парши по нижеприведенным показателям (табл. 2):

Т а б л и ц а 2. Шкала пораженности стеблей картофеля ризоктониозом

Table 2. Potato stalk affection scale with black scab

Степень поражения, баллы	Признак
0	Признаков поражения нет
1	Коричневые штрихи или пятна (длиной 25 мм)
2	Пятно или язва до 50 мм
3	Пятно длиной 50 мм, но не окольцовывающее росток (стебель)
4	Обширные язвы, почти окольцовывающие росток (стебель), возможна перетяжка
5	Росток (стебель) полностью окольцован или подломился

Интенсивность развития ризоктониоза на стеблях определяли по такой формуле:

$$R = \frac{\sum a \cdot b}{NK} \cdot 100 \%,$$

⁵ A new pellet soil-sampler and its use for the study of population dynamics of *Rhizoctonia solani* in soil / Y. Henis [et al.] // Phytopathology. 1978. Vol. 68, N 3. P. 371–376.

⁶ Ko W.H., Hora F.K. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil // Phytopathology. 1971. Vol. 61, N 6. P. 707–710.

⁷ Frank, J. A., Leach S. S., Webb R. E. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani* // Plant Disease Reporter. 1976. Vol. 60, N 11. P. 910–912.

где R – пораженность, %; a – балл пораженности; b – количество ростков (стеблей) с данным баллом, шт.; $\sum a \cdot b$ – сумма произведения числа больных растений по баллам; N – общее число учтенных стеблей, шт.; K – наивысший балл шкалы.

Фенологические наблюдения за культурой проводили по общепринятым методикам в соответствующие сроки⁸. Повторность опыта – 2-кратная, густота посадки – 35,7 тыс. раст/га, площадь питания – $0,35 \times 0,7$ м. Результаты обработаны с применением прикладного пакета программ СНЕДЕКОР⁹.

Результаты и их обсуждение. Вопросы численности и динамики почвенной популяции патогенов под различными культурами в нашей стране, в частности в Сибири, малоизучены. В 80-х годах XX века подобные исследования в регионе проведены для возбудителя корневой гнили злаков [24], в значительно меньшей степени данный вопрос проработан для картофеля [10, 25].

Изучение сезонной динамики популяции *R. solani* под покровом различных культур показало, что патоген имеет два пика численности, которые приходятся на начало и конец их вегетации. В начале вегетационного периода под картофелем и овсом численность пропагул ризоктониоза возрастает в 1,2 раза по сравнению с исходной (30 пропагул/100 г почвы), тогда как под горчицей сарептской снижается в 1,7 раза. Далее в июле отмечено снижение данного показателя под всеми тремя предшественниками: под картофелем, овсом и горчицей – в 1,4, 1,7 и 3,9 раза по сравнению с июньской численностью, или до 25,7, 14,2 и 4,5 пропагул на 100 г почвы соответственно. К уборке предшественников в августе за счет высокой сапрофитной активности гриба [26] отмечали повышение численности возбудителя ризоктониоза под овсом и горчицей сарептской – в 1,3 и 3,1 раза по сравнению с июлем (до 13,8–18,4 пропагул/100 г почвы), а под картофелем – в 2,7 раза (до 70,0 пропагул/100 г почвы) (рис. 1).

Однако к маю следующего года, вероятно за счет высвобождения из разложившихся пожнивных остатков веществ, подавляющих развитие гриба [18], количество инфекционного начала в почвенных образцах, отобранных под горчицей и овсом, снилось в 3,1 и 2,0 раза (до 4,5 и 9,2 пропагул на 100 г почвы) соответственно, под картофелем – в 4,2 раза (16,8 пропагул на 100 г почвы), что ниже исходной численности, но выше, чем под двумя другими предшествующими культурами, в 1,8–3,7 раза. Таким образом, при высокой зараженности почвы возбудителем ризоктониоза наиболее сильно снизили его численность горчица сарептская и овес, тогда как картофель способствовал сохранению возбудителя ризоктониоза.

Анализ дальнейшей динамики численности гриба *Rhizoctonia solani* под картофелем показал, что более высокая численность наблюдалась при возделывании культуры без удобрений (табл. 3).

Так, в 2015 и 2016 гг. количество гриба в почве под монокультурой возросло в 2,3 и 5,7 раза соответственно по сравнению с 2014 г. Накопление инфекционного начала в почве после овса и горчицы также наблюдали, но скорость этого накопления по сравнению с монокультурой была различна. Под овсом количество пропагул ризоктониоза в два последующих года возросло в 1,7 и 3,8 раза соответственно, а под горчицей накопление шло даже быстрее, чем при возделывании картофеля по картофелю, и составило 3,2 и 10,0 раза. Но в связи с тем,

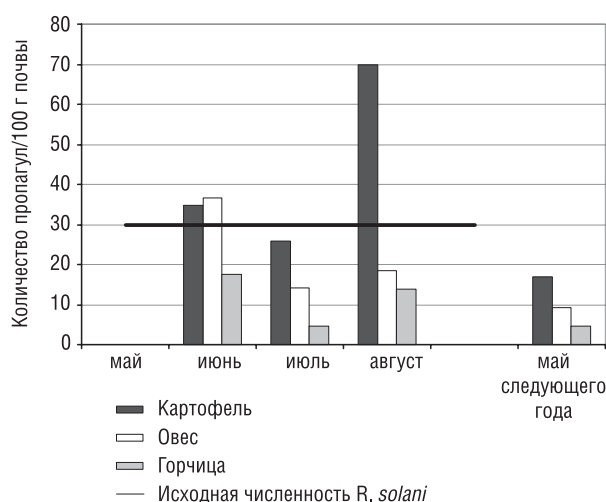


Рис. 1. Сезонная динамика численности возбудителя ризоктониоза картофеля (*Rhizoctonia solani*) в почве, опытном поле СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, Новосибирская область, Россия, 2013 г.

Fig. 1. Seasonal dynamics of the number of pathogen black scab of potato (*Rhizoctonia solani*) in soil, experimental field of SRISMCA SFSCA RAS, Novosibirsk region, Russia, 2013

⁸ Методика исследований по культуре картофеля / Науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва. М. : [б. и.], 1967. 263 с.

⁹ Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск : [б. и.], 2004. 162 с.

Т а б л и ц а 3. Численности возбудителя ризоктониоза картофеля (*Rhizoctonia solani*) в почве на начало вегетационного периода, 2014–2016 гг.Table 3. The number of pathogen potato black scab (*Rhizoctonia solani*) in soil at the beginning of growing season, 2014–2016

Уровень минерального питания	Предшественник			Среднее по фактору уровень минерального питания
	картофель	овес	горчица сарептская	
2014 г.				Без удобрений – 30,6 Удобрения – N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀ – 27,1
Без удобрений	16,8±0,8	9,2±0,4	4,5±0,3	
2015 г.				
Без удобрений	39,0±1,1	15,5±0,9	14,8±0,6	
Удобрения – N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	15,1±0,9	5,1±0,3	4,9±0,3	
2016 г.				
Без удобрений	95,5±2,1	34,8±0,9	45,2±0,9	
Удобрения – N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	68,0±1,3	29,9±1,1	39,4±0,78	
Средние по фактору предшественник	46,9	18,9	21,8	

что стартовый запас инфекционного начала в почве после овса и горчицы сарептской был ниже, то и в 2015 и 2016 гг. он был ниже, чем в монокультуре. Так, в 2015 г. численность *Rhizoctonia solani* в почве под картофелем, выращенным после овса и горчицы, была меньше в 2,5–2,6 раза по сравнению с картофелем по картофелю, а в 2016 г. эти показатели составили 2,1–2,7 раза.

Использование удобрений позволило снизить скорость накопления возбудителя ризоктониоза в почве (см. табл. 3). Так, под монокультурой численность гриба в 2015 г. была практически на уровне 2014 г., и ниже в 2,6 раза по сравнению с почвой, где удобрения не вносили. В 2016 г. данный показатель увеличился в 4,0 раза по сравнению с исходным, что в 1,4 раза ниже, чем на фоне естественного плодородия. Закономерности динамики, прослеженные под монокультурой, наблюдали и под картофелем, выращенным после овса и горчицы сарептской. Здесь также отмечено незначительное колебание численности гриба в течение двух лет (после овса – снижение в 1,8 раза, а после горчицы – увеличение в 1,1 раза), тогда как на третий год наблюдали резкий подъем – в 3,2 и 8,8 раза соответственно. Тем не менее в 2015 г. удобрения снизили численность возбудителя в почве в 3,0 раза как после овса, так и после горчицы сарептской, а в 2016 г. – в 1,2 раза. Таким образом, овес и горчица оказывали действие на возбудителя ризоктониоза в течение двух лет после их выращивания как предшественника, причем овес более сильно воздействовал на патоген на второй год возделывания по нему картофеля.

В связи с тем, что в условиях Западной Сибири в протекании патологического процесса ризоктониоза наибольшее значение играет почвенная инфекция (доля влияния почвенной популяции возбудителя превышает влияние семенной в 1,5–2 раза), то и развитие заболевания на стеблях картофеля в большей степени зависит от численности *Rhizoctonia solani* в почве под вариантами опыта [27].

Т а б л и ц а 4. Коэффициенты корреляции между численностью возбудителя ризоктониоза в почве и развитием болезни на растениях картофеля, 2014–2016 гг.

Table 4. Correlation coefficients between the number of pathogen black scab in soil and development of the disease on potato plant, 2014–2016

Год	Парная корреляция			Множественная корреляция		
	1–2	1–3	2–3	1–23	2–13	3–12
2014	0,55	0,84*	0,30	0,90	0,63	0,86
2015	0,31	–0,03	0,70	0,46	0,78	0,75
2016	0,15	–0,35	0,56	0,36	0,57	0,63

* Значение достоверно на уровне 5 %.

П р и м е ч а н и е: 1 – численность пропaгул ризоктониоза в почве; 2 – развитие ризоктониоза на стеблях в фазу полных всходов; 3 – развитие ризоктониоза на стеблях в фазу бутонизации – начала цветения.

Из данных табл. 4 видно, что в первый год выращивания картофеля после предшествующих культур отмечена сильная парная взаимосвязь между численностью пропaгул ризоктониоза в почве и развитием заболевания на стеблях в фазу бутонизации – начала цветения и средняя – между численностью пропaгул и развитием заболевания на стеблях в фазу полных всходов. Представляет интерес тот факт, что при дальнейшем накоплении патогена в почве теснота данной взаимосвязи заметно снижается, тогда как значительно возраста-

ет связь между уровнем поражения стеблей в фазу полных всходов и дальнейшим развитием болезни в период бутонизации – начала цветения (табл. 4).

Анализ множественных корреляционных зависимостей также показал, что при возделывании картофеля первой культурой после изучаемых предшественников развитие ризоктониоза на растениях сильно зависит от количества инфекционного начала в почве. Несколько меньше влияние данного фактора на развитие болезни в начале онтогенеза культуры (фаза всходов), так как в этот период также оказывает свое действие клубневая инфекция (доля влияния фактора – 17 %). Далее зависимость между степенью заболеваемости растений и инфекционной нагрузкой в почве в сочетании с развитием болезни в первые фазы онтогенеза возрастает (доля влияния фактора – от 50 % в фазу полных всходов до 90 % к фазе цветения). Следует также отметить, что при увеличении количества патогена в почве в два следующих года пропорционального нарастания болезни не происходит. В вариантах с более высокой инфекционной нагрузкой этот показатель выходит на постоянный уровень независимо от возрастающего числа пропагул *R. solani* в почве (табл. 5).

Исследования показали, что в фазу полных всходов предшествующие культуры и минеральные удобрения оказали влияние на возбудителя ризоктониоза (табл. 5). В среднем по фактору было установлено, что внесение минеральных удобрений в начальный период развития растений достоверно снижает развитие заболевания в 1,1 раза. В среднем по предшественникам отмечена существенная разница в развитии ризоктониоза на стеблях картофеля, возделываемого в монокультуре, и растениями, культивируемыми по овсу и горчице. На посадках, выращенных по овсу и горчице, данный показатель достоверно ниже – в 1,1–1,3 раза.

В фазу полных всходов в первый год возделывания картофеля после предшествующей культуры (картофеля, овса, горчицы сарептской) на фоне с минеральными удобрениями отметили наибольшее развитие ризоктониоза – оно варьировало от 20,0 до 23,7 %, в то время как на фоне естественного плодородия данный показатель был несколько ниже. Так, на фоне естественного плодородия в монокультуре и после горчицы данный показатель достоверно ниже – в 1,3 и 2,2 раза соответственно, а после овса наблюдали тенденцию его снижения в 1,2 раза.

Во второй год возделывания картофеля после предшествующей культуры наблюдали значительный рост заболеваемости растений. В контрольном варианте развитие болезни достигало 51,1 %. Близкие значения развития ризоктониоза отмечены и в случае возделывания культуры по овсу на фоне естественного плодородия, а также при оптимизации минерального питания

Т а б л и ц а 5. Влияние предшествующих культур и минеральных удобрений на развитие ризоктониоза, среднее за 2014–2016 гг., %

Table 5. Effect of previous crops and mineral fertilizers on development of black scab, average for 2014–2016, %

Уровень минерального питания	Предшественник									Среднее по фактору уровень минерального питания
	картофель			овес			горчица сарептская			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	
Фаза полных всходов										
Без удобрений	18,0*	51,1*	60,0*	17,2	51,3	64,4	8,9	30,0	58,7	40,0
Удобрения – N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	23,7	48,3	52,7	20,0	30,0	60,6	20,0	54,2	27,5	37,4
Среднее по фактору предшественник	42,3			40,6			33,2			
НСР ₀₅	По факторам: уровень минерального питания – 1,3 предшественники – 1,6; частных средних: 2014 г. – 4,0, 2015 г. – 21,0, 2016 г. – 5,3									
Фаза бутонизации – начала цветения										
Без удобрений	51,7*	64,1*	74,2*	23,3	53,3	82,5	25,0	47,9	84,6	56,3
Удобрения – N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	40,0	81,7	78,7	26,1	49,5	77,0	26,3	81,7	86,7	60,7
Среднее по фактору предшественник	65,1			52,0			58,7			
НСР ₀₅	По факторам: уровень минерального питания – 1,6, предшественники – 2,7; частных средних: 2014 г. – 4,0, 2015 г. – 16,0, 2016 г. – 7,0									

* Контрольный вариант.

На третий год возделывания картофеля после предшествующей культуры развитие болезни в основном вышло на плато. Существенно оно было ниже, чем в контроле, только при оптимизации минерального питания в монокультуре и после такого предшественника, как горчица – в 1,1 и 2,2 раза соответственно.

В фазу бутонизации – начала цветения в первый год возделывания картофеля после предшествующей культуры максимум развития ризоктониоза наблюдали в монокультуре как при оптимизации минерального питания, так и на фоне естественного плодородия – 40,0 и 51,7 % соответственно. При размещении картофеля после овса и горчицы на обоих фонах минерального питания данный показатель близок по значению и достоверно ниже (в 2,0–2,2 раза) по сравнению с контролем.

На третий год возделывания картофеля после предшествующей культуры развитие ризоктониоза существенно возросло на фоне естественного плодородия после овса и горчицы (в 1,1 раза) по сравнению с контролем, а также после горчицы при оптимизации минерального питания (в 1,2 раза). В остальных случаях данный показатель находился на уровне контроля.

В среднем по фактору минеральные удобрения значительно (в 1,3 раза) увеличивали продуктивность растений. Предшественники (в среднем) практически не влияли на данный показатель. Урожайность картофеля в монокультуре и после овса была практически одинаковой, а после горчицы – несущественно выше (в 1,1 раза).

Table 6. Effect of previous crops and mineral fertilizers on potato's productivity, average for 2014-2016, t/ha

[illegible]

Возделывание картофеля первой культурой после фитосанитарных предшественников позволило получить урожай достоверно выше (в 2,0–3,6 раза), чем в контроле. Наименьшая урожайность картофеля отмечена в монокультуре при оптимизации минерального питания растений, которая выше, чем в контрольном варианте, в 2,0 раза. При выращивании первой культурой после овса и горчицы на фоне естественного плодородия она повысилась в 2,7–2,8 раза. Возделывание картофеля по тем же предшественникам, но с внесением удобрений, привело к росту урожайности в 3,4–3,6 раза по сравнению с контролем.

Возделывание картофеля второй культурой после горчицы на участках с естественным плодородием не привело к повышению величины урожая, тогда как после овса отмечена тенденция к его снижению в 1,2 раза. Внесение в почву удобрений при выращивании картофеля на второй год после овса и горчицы, а также в монокультуре позволило существенно повысить продуктивность культуры – в 1,5; 1,3 и 1,4 раза соответственно.

Картофель на третий год после овса и горчицы показал меньшую урожайность по сравнению с монокультурой, если удобрения не вносили. Она была достоверно ($P < 0,05$) меньше, чем в контроле, в первом случае (в 1,2 раза) и имела тенденцию к снижению во втором (в 1,1 раза). Использование минеральных удобрений привело к повышению продуктивности картофеля при его возделывании по всем трем предшественникам. При бессменном его культивировании урожайность достоверно ($P < 0,05$) возросла в 1,2 раза. Если же картофель возделывали по овсу и горчице с внесением удобрений, урожайность была на уровне контрольного варианта.

Выводы

1. Сезонная динамика гриба *R. solani* в почве имеет характерный подъем численности в конце вегетации растений, что объясняется высокой сапрофитной активностью гриба и активным заселением подземных органов возбудителем.

2. В условиях Западной Сибири в патологическом процессе ризоктониоза наибольшее значение играет почвенная инфекция (доля влияния фактора от 50 % в фазу полных всходов до 90 % к фазе цветения), поэтому развитие заболевания на стеблях картофеля в большей степени зависит от численности *Rhizoctonia solani* в почве.

3. Овес и горчица оказывают действие на возбудителя ризоктониоза в течение двух лет после их выращивания как предшественника, причем овес более сильно воздействует на патогена на второй год возделывания по нему картофеля.

4. Определенное влияние на черную паршу картофеля оказывают минеральные удобрения, достоверно ($P < 0,05$) снижая ее развитие на стеблях растений на ранних этапах онтогенеза и несколько увеличивая поражение культуры в более поздние периоды ее развития.

5. Лучшими вариантами по подавлению болезни в первый год выращивания были оба предшественника (овес и горчица сарептская) в сочетании с внесением под культуру полного минерального удобрения; во второй – овес при условии оптимизации минерального питания или горчица без использования минеральных удобрений, в третий – предшественник горчица на фоне естественного плодородия.

6. Продуктивность картофеля была выше всего: в первый год культивирования после горчицы при условии оптимизации минерального питания; во второй – предшественник овес и внесение под картофель удобрений. На третий год урожайность картофеля не имела достоверных различий по вариантам опыта.

7. Совершенствование экологически безопасных технологий защиты картофеля от почвенно-клубневых инфекций и внедрение их в производство будет способствовать получению стабильных урожаев культуры высокого качества и, как следствие, формированию эффективного агропромышленного комплекса, обеспечивающего продовольственную безопасность страны.

Список использованных источников

1. Лапшинов, Н. А. Изменчивость урожайности картофеля и ее взаимосвязь с фактором среды / Н. А. Лапшинов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 5. – С. 35–37.
2. Роль сорта и агротехнических факторов в формировании урожайности картофеля в условиях Европейского Севера России / С. М. Сеницына [и др.] // Вестн. защиты растений. – 2008. – № 3. – С. 56–64.

3. Уровень поражения картофеля почвообитающими патогенами в условиях Карелии / Л. П. Евстратова [и др.] // Агро XXI. – 2006. – № 4–6. – С. 10–12.
4. Халиков, С. С. Экологически безопасные препараты на основе механохимической модификации тебуконазола для комплексной защиты картофеля / С. С. Халиков, А. А. Малюга, Н. С. Чуликова // Агрохимия. – 2018. – № 10. – С. 46–53. <https://doi.org/10.1134/S0002188118100095>
5. Иванюк, В. Г. Эффективность агротехнических мероприятий против ризоктониоза картофеля / В. Г. Иванюк, О. Т. Александров // Вест. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 1996. – № 2. – С. 55–60.
6. Васильев, А. А. Влияние сидератов на фитосанитарное состояние агроэкосистем картофеля / А. А. Васильев // Перм. аграр. вестн. – 2014. – № 3 (7). – С. 3–10.
7. Honeycutt, C. W. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato / C. W. Honeycutt, W. M. Clapham, S. S. Leach // Amer. Potato J. – 1996. – Vol. 73, N 2. – P. 45–61. <https://doi.org/10.1007/bf02854760>
8. The effect of different pre-crops on *Rhizoctonia solani* complex in potato / R. Simson [et al.] // Agronomy Research. – 2017. – Vol. 15, N 3. – P. 877–885.
9. Иванюк, В. Г. Особенности проявления ризоктониоза картофеля в Белоруссии / В. Г. Иванюк, О. Т. Александров // Микология и фитопатология. – 2000. – Т. 34, вып. 5. – С. 51–59.
10. Выращивание фитосанитарных культур – путь к оздоровлению картофеля / А. А. Малюга [и др.] // Земледелие. – 2012. – № 2. – С. 39–42.
11. Effect of non-traditional previous crops in rotation before potatoes / J. A. Ivany [et al.] // Canad. J. of Plant Science. – 2003. – Vol. 83, N 1. – P. 111–112. <https://doi.org/10.4141/P02-agronabstr>
12. Larkin, R. P. Control of soil-born potato diseases using *Brassica* green manures / R. P. Larkin, T. S. Griffin // Crop Protection. – 2007. – Vol. 26, N 7. – P. 1067–1077. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.004>
13. Larkin, R. P. Rotation and cover crop effect on soil-born potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities / R. P. Larkin, T. S. Griffin, C. W. Honeycutt // Plant Disease. – 2010. – Vol. 94, N 12. – P. 1491–1502. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-10-0172>
14. Effect of different potato cropping system approaches and water management on soil-born diseases and soil microbial communities / R. P. Larkin [et al.] // Phytopathology. – 2011. – Vol. 101, N 1. – P. 58–67. <https://doi.org/10.1094/phyto-04-10-0100>
15. Lazarovits, G. Managing soilborne diseases of potatoes using ecologically based approaches / G. Lazarovits // Amer. J. of Potato Research. – 2010. – Vol. 87, N 5. – P. 401–411. <https://doi.org/10.1007/s12230-010-9157-0>
16. Rapeseed rotation, compost and biocontrol amendment reduce soil-born diseases and increase tuber yield in organic and conventional potato production system / E. Bernard [et al.] // Plant a. Soil. – 2014. – Vol. 374, N 1–2. – P. 611–627. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1909-4>
17. Малюга, А. А. Влияние предшественников и экстрактов из них на возбудителя ризоктониоза картофеля / А. А. Малюга, Г. А. Маринкина, О. В. Щеглова // Вестн. НГАУ. – 2010. – № 4 (16). – С. 18–21.
18. Роль предшественников в борьбе с ризоктониозом картофеля / А. А. Малюга [и др.] // Защита и карантин растений. – 2011. – № 1. – С. 28–30.
19. Westermann, D. T. Potato nutritional management changes and challenges into the next century / D. T. Westermann, J. R. Davis // Amer. Potato J. – 1992. – Vol. 69, N 11. – P. 753–767. <https://doi.org/10.1007/bf02853817>
20. Шпанев, А. М. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений в посадках картофеля в Северо-Западном регионе / А. М. Шпанев, В. В. Смур, М. А. Фесенко // Агрохимия. – 2017. – № 12. – С. 38–45. <https://doi.org/10.7868/S0002188117120067>
21. Klikocka, H. Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer INSOL 7 on potato tubers yield (*Solanum tuberosum* L.) and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani* / H. Klikocka // J. of Elementology. – 2009. – Vol. 14, N 2. – P. 271–288. <https://doi.org/10.5601/jelem.2009.14.2.08>
22. Васильев, А. А. Урожайность картофеля сорта Агат в зависимости от густоты посадки и уровня питания [Электронный ресурс] / А. А. Васильев // Учен. заметки ТОГУ : электрон. науч. изд. – 2017. – Т. 8, № 4. – Режим доступа: http://ejournal/articles-2017/TGU_8_338.pdf. – Дата доступа: 09.09.2019
23. Кирюшин, В. И. Методологическая концепция развития земледелия в Сибири / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 7–14.
24. Торопова, Е. Ю. Экологические основы защиты растений от болезней в Сибири / Е. Ю. Торопова ; под ред. В. А. Чулкиной. – Новосибирск : Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2005. – 370 с.
25. Шалдяева, Е. М. Мониторинг ризоктониоза в агроэкосистемах картофеля Западной Сибири / Е. М. Шалдяева, Ю. В. Пилипова, Н. М. Коняева. – Новосибирск : Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2006. – 195 с.
26. Herr, L. J. Population of *Rhizoctonia solani* in soil under in rotation with sugar beet / L. J. Herr // Annals of Appl. Biology. – 1987. – Vol. 110, N 1. – P. 17–24. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb03228.x>
27. Пилипова, Ю. В. Ризоктониоз картофеля в северной лесостепи Приобья. Патогенез ризоктониоза картофеля при разных факторах передачи возбудителя / Ю. В. Пилипова, Е. М. Шалдяева, В. А. Чулкина // Вестн. защиты растений. – 2004. – № 2. – С. 62–67.

References

1. Lapshinov N. A. Variability of productivity of the potato and its interrelation with the factor environment. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2009, no. 5, pp. 35–37 (in Russian).
2. Sinitsyna S. M., Danilova T. A., Tyupysheva O. V., Popova L. A. The role of a variety and agricultural factors in the formation of potato productivity in the northern part of European Russia. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2008, no. 3, pp. 56–64 (in Russian).

3. Evstratova L. P., Nikolaeva E. V., Kuznetsova L. A., Kharin V. N., Spektor E. N. The level of potato infection by soil pathogens in the conditions of Karelia. *Agro XXI*, 2006, no. 4-6, pp. 10-12 (in Russian).
4. Khalikov S. S., Malyuga A. A., Chulikova N. S. Ecologically safe preparations based on mechanochemical modification of tebuconazole for complex protection of potatoes. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2018, no. 10, pp. 46-53 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0002188118100095>
5. Ivanyuk V. G., Aleksandrov O. T. The effectiveness of agricultural measures against potato rhizoctonia. *Vestsi Akademii agrarnykh navuk Respubliki Belarus'* [Proceedings of the Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Belarus], 1996, no. 2, pp. 55-60 (in Russian).
6. Vasil'ev A. A. Influence of green manure on the phytosanitary condition of potato agro-ecosystems. *Permskii agrarnyi vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2014, no. 3 (7), pp. 3-10 (in Russian).
7. Honeycutt C. W., Clapham W. M., Leach S. S. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato. *American Potato Journal*, 1996, vol. 73, no. 2, pp. 45-61. <https://doi.org/10.1007/bf02854760>
8. Simson R., Tartlan L., Loit E., Ereemeev V. The effect of different pre-crops on Rhizoctonia solani complex in potato. *Agronomy Research*, 2017, vol. 15, no. 3, pp. 877-885.
9. Ivanyuk V. G., Aleksandrov O. T. Features of the manifestation of rhizoctonia disease of potato in Belarus. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*, 2000, vol. 34, iss. 5, pp. 51-59 (in Russian).
10. Malyuga A. A., Vlasenko N. G., Enina N. N., Shcheglova O. V. Cultivation of phytosanitary cultures is the way to potato' high quality. *Zemledelie* [Arable Farming], 2012, no. 2, pp. 39-42 (in Russian).
11. Ivany J. A., Kimpinski J., Noronha C., Peters R., Platt H. W. Effect of non-traditional previous crops in rotation before potatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, 2003, vol. 83, no. 1, pp. 111-112. <https://doi.org/10.4141/P02-agronabstr>
12. Larkin R. P., Griffin T. S. Control of soil-born potato diseases using Brassica green manures. *Crop Protection*, 2007, vol. 26, no. 7, pp. 1067-1077. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.004>
13. Larkin Robert P., Griffin Timothy S., Honeycutt C. Wayne Rotation and cover crop effect on soil-born potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. *Plant Disease*, 2010, vol. 94, no. 12, pp. 1491-1502. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-10-0172>
14. Larkin R. P., Honeycutt C. W., Griffin T. S., Olanya O. M., Halloran J. M., He Z. Effect of different potato cropping system approaches and water management on soil-born diseases and soil microbial communities. *Phytopathology*, 2011, vol. 101, no. 1, pp. 58-67. <https://doi.org/10.1094/phyto-04-10-0100>
15. Lazarovits G. Managing soilborne diseases of potatoes using ecologically based approaches. *American Journal of Potato Research*, 2010, vol. 87, no. 5, pp. 401-411. <https://doi.org/10.1007/s12230-010-9157-0>
16. Bernard E., Larkin R. P., Tavantzis S., Erich M. S., Alyokhin A., Gross S. D. Rapeseed rotation, compost and biocontrol amendment reduce soil-born diseases and increase tuber yield in organic and conventional potato production system. *Plant and Soil*, 2014, vol. 374, no. 1-2, pp. 611-627. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1909-4>
17. Malyuga A. A., Marinkina G. A., Shcheglova O. V. The influence of precursors and extracts from them on the causative agent of rhizoctonia disease of potato. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2010, no. 4 (16), pp. 18-21 (in Russian).
18. Malyuga A. A., Marinkina G. A., Baranov D. S., Vasil'ev V. G. The precursors' role in the control of Rhizoctonia solani. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant Protection and Quarantine], 2011, no. 1, pp. 28-30 (in Russian).
19. Westermann D. T., Davis J. R. Potato nutritional management changes and challenges into the next century. *American Potato Journal*, 1992, vol. 69, no. 11, pp. 753-767. <https://doi.org/10.1007/bf02853817>
20. Shpanev A. M., Smuk V. V., Fesenko M. A. Phytosanitary effect of mineral fertilizers on the potato plantations in the North-West Region. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2017, no. 12, pp. 38-45 (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0002188117120067>
21. Klikocka H. Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer INSOL 7 on potato tubers yield (*Solanum tuberosum* L.) and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Elementology*, 2009, vol. 14, no. 2, pp. 271-288. <https://doi.org/10.5601/jelem.2009.14.2.08>
22. Vasil'ev A. A. Productivity of potato grade Agat depending on planting density and power level. *Uchenye zametki TOGU = Scientists notes PNU*, 2017, vol. 8, no. 4. Available at: http://ejournal/articles-2017/TGU_8_338.pdf (accessed: 09.09.2019) (in Russian).
23. Kiryushin, V. I. Metodologicheskaya kontseptsiya razvitiya zemledeliya v Sibiri. *Zemledelie* [Arable Farming], 1989, no. 12, pp. 7-14 (in Russian).
24. Toropova E. Yu. *Ecological bases of plant protection against diseases in Siberia*. Novosibirsk, Novosibirsk State Agrarian University, 2005. 370 p. (in Russian).
25. Shaldyaeva E. M., Pilipova Yu. V., Konyaeva N. M. *Monitoring of Rhizoctonia solani in potato agroecosystems in Western Siberia*. Novosibirsk, Novosibirsk State Agrarian University, 2006. 195 p. (in Russian).
26. Herr L. J. Population of *Rhizoctonia solani* in soil under in rotation with sugar beet. *Annals of Applied Biology*, 1987, vol. 110, no. 1, pp. 17-24. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb03228.x>
27. Pilipova Yu. V., Shaldyaeva E. M., Chulkina V. A. Potato *Rhizoctonia solani* in the northern forest-steppe of Priobye region. The pathogenesis of potato *Rhizoctonia solani* under various factors of the pathogen transmission. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2004, no. 2, pp. 62-67 (in Russian).

Информация об авторах

Малюга Анна Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, заместитель руководителя по научной работе, Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (ул. Центральная, 630501, п. Краснообск, Россия). E-mail: anna_malyuga@mail.ru

Чуликова Наталья Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты растений, Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (ул. Центральная, 630501, п. Краснообск, Россия). E-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

Information about authors

Anna A. Malyuga – D. Sc. (Agricultural). The Siberian Research Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture of Federal State budgetary Institution of Scientific Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences of Sciences for research (Central'naya Str., 630501 Krasnoobsk, Russia). E-mail: anna_malyuga@mail.ru

Natalia S. Chulikova – Ph. D. (Agricultural). The Siberian Research Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture of Federal State budgetary Institution of Scientific Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (Central'naya Str., 630501 Krasnoobsk, Russia). E-mail: natalya-chulikova@yandex.ru