



ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ НА ВЫСОКОМ ИНФЕКЦИОННОМ ФОНЕ

Сираева З.Ю.

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; e-mail: zsiraeva@yandex.ru

Резюме

Одной из ведущих проблем картофелеводства является несоответствие фитосанитарных показателей семенного картофеля требованиям национальных стандартов. Этому способствует традиционно применяемая химическая защита растений, приводящая к селекции резистентных штаммов возбудителей болезней и, как следствие, высокому уровню пораженности посадочного материала. Экологически ориентированным подходом в технологии выращивания картофеля является адаптивно-интегрированная защита, предполагающая создание систем комплексной защиты растений от болезней. Цель – оценка эффективности адаптивно-интегрированной защиты картофеля от болезней различной этиологии на высоком инфекционном фоне. Исследования проведены в Лаишевском районе Республики Татарстан на сорте Родрига. По результатам клубневого анализа установлено превышение требований ГОСТ 33996-2016 по показателям распространенности болезней. Семенные клубни протравливали фунгицидом Ревус[®]; по вегетации проводили двукратную обработку препаратами Фамокс[®] и Гимнаст[®]. В варианте интегрированной защиты обработки проводили половинными нормами фунгицидов с биопрепаратом Фитоспорин[®]-АС. Показано, что применение интегрированной схемы выращивания картофеля сорта Родрига в течение первого вегетационного периода привело к активации процессов деструкции растительных остатков и повышению численности азотфиксирующих микроорганизмов, снижению содержания фитопатогенной и повышению доли антагонистической микрофлоры. Биологическая эффективность интегрированной защиты картофеля сорта Родрига на высоком инфекционном фоне против болезней в первый год вегетации (фитофтороза, вертициллезного увядания, фузариоза, ризоктониоза, бактериальной гнили) составила 61,5-100%, что обусловило повышение урожайности культуры.

Ключевые слова: клубневый анализ, болезни картофеля, адаптивно-интегрированная защита, биометрический анализ, структура микробного сообщества почвы.

Цитирование: Сираева З.Ю. Эффективность адаптивно-интегрированной защиты картофеля на высоком инфекционном фоне // Биомика. 2020. Т.12(3). С. 367-375. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2020-25

© Автор

EFFICIENCY OF ADAPTIVE-INTEGRATED POTATO PROTECTION ON HIGH INFECTION BACKGROUND

Siraeva Z.Yu.

Kazan (Volga Region) Federal University, 18 Kremlyovskaya St., 420008 Kazan, Russia

Resume

One of the leading problems in potato growing is the inconsistency of phytosanitary parameters of seed potatoes with the requirements of national standards. This is facilitated by the traditionally used chemical protection of plants, which leads to the selection of resistant strains of pathogens and, as a consequence, a high level of infestation of the planting material. An environmentally oriented approach to potato cultivation technology is adaptive-integrated protection, which implies the creation of integrated plant protection systems against diseases. The aim of the study is to assess the effectiveness of adaptively integrated protection of potatoes against diseases of various etiologies against a high infectious background. The research was carried out in the Laishevsky district

of the Tatarstan Republic on the Rodriga variety. According to the results of tuber analysis, it was established that the prevalence rates of diseases exceeded the requirements of GOST 33996-2016. Seed tubers were treated with Revus[®] fungicide; during the growing season, a double treatment with Famox[®] and Gymnast[®] preparations was carried out. In the variant of integrated protection, the treatment was carried out with half the norms of fungicides with the biopreparation Phytosporin[®]-AS. The use of adaptive-integrated protection of potato during the first growing season led to activation of the destruction of plant residues and an increase in the number of nitrogen-fixing microorganisms, a decrease in the content of phytopathogenic and to increase antagonistic microflora. The biological effectiveness of the integrated protection of Rodriga potatoes on high infectious background against in the first year of vegetation (late blight, vascular wilt of potato, dry rot of potato, black scab, bacterial rot) was 61.5-100%, which led to an increase crop yield.

Keywords: tuber analysis, potato diseases, adaptive-integrated protection, biometric analysis, soil microbial community structure.

Citation: Siraeva Z. Yu. Efficiency of adaptive-integrated potato protection on high infection background. *Biomics*. 2020. V. 12(3). P. 367-375. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2020-25 (In Russian)

© The Author

Введение

Одной из ведущих проблем картофелеводства является несоответствие фитосанитарных показателей семенного картофеля требованиям национальных стандартов [Сираева З.Ю., неопубл.]. Во многом этому способствует традиционно применяемая в агропроизводстве химическая защита, приводящая к селекции резистентных штаммов возбудителей болезней и, как следствие, высокому уровню пораженности посадочного материала. Экологически ориентированным подходом в технологии выращивания картофеля является адаптивно-интегрированная защита, однако ее эффективность определяется исходным уровнем инфекционной нагрузки [Verjux, 2018; Спиридонов и др. (Spiridonov et al.), 2019]. В связи с этим, целью работы была оценка эффективности адаптивно-интегрированной защиты картофеля от болезней на высоком инфекционном фоне.

Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2019 году в Лаишевском районе Республики Татарстан на картофеле (*Solanum tuberosum* L.) семенном сорта Родрига (РС-2), включенному в Госреестр по Средневолжскому региону (7). Тип почвы – темно-серая лесная. Отбор почвенных образцов для агрохимического анализа проводили по [ГОСТ Р (GOST R) 58595-2019], для микробиологического – по [ГОСТ (GOST) 17.4.4.02-2017]. Влажность почвы определяли по [ГОСТ (GOST) 28268-89], кислотность солевой вытяжки – по [ГОСТ (GOST) 26483-85], содержание гумуса – по [ГОСТ (GOST) 26213-91], азота – по [ГОСТ Р (GOST R) 58596-2019],

подвижного фосфора и калия – по [ГОСТ (GOST) 26204-91].

Клубневый анализ до посадки проводили по [ГОСТ Р (GOST R) 33996-2016]. Родовую и видовую принадлежность бактерий определяли по [Garrity et al., 2005; Vos et al., 2009; Whitman et al., 2012], микромицетов – по [Prell, Day, 2003; Chmielewski, Krayesky, 2013].

Перед посадкой клубни в варианте с химической схемой защиты (5 га) протравливали фунгицидом Ревус[®], кс (мандипропамид, 250 г/л; 0,6 л/т; Syngenta); по вегетации проводили двукратную обработку препаратами Фамокс[®], вдг (фамоксадон, 250 г/л + цимоксанил, 250 г/л; 0,6 кг/га; Syngenta) и Гимнаст[®], сп (диметоморф, 90 г/кг + манкоцеб, 600 г/кг; 0,6 кг/га; Syngenta). В варианте с интегрированной защитой (26 га) обработки проводили половинными нормами химических фунгицидов с биопрепаратом Фитоспорин[®]-АС (ООО НВП «БашИнком») в норме расхода 10 л/т клубней, по вегетации – 150 мл/га. Учет биометрических показателей развития растений проводили в фазе бутонизации картофеля согласно [Методические положения (Methodicheskie polozhenija), 2013], листовых болезней – по методике ВНИИФ [Филиппов (Philippov), 2012]. Для оценки интенсивности вегетации растений рассчитывали индекс NDVI с использованием данных спутника Sentinel-2a [Flampton et al., 2013]. Урожай убирали сплошным комбайнированием и приводили к стандартной чистоте [Доспехов (Dosphechov), 1985]. Массовую долю сухого вещества в клубнях определяли по [ГОСТ (GOST) 31640-2012], растворимых и легкогидролизуемых углеводов – по [ГОСТ (GOST) 26176-2019], содержание нитратов – по [МУ (MU) 5048-89]. Статистическую обработку данных проводили по [Доспехов (Dosphechov), 1979].

Результаты

По результатам клубневого анализа, распространенность сухой фузариозной гнили (*Fusarium sambucinum* Fuck., *Fusarium oxysporum* Schl., *Fusarium solani* App.et Wr.) составила 77,8%, серебристой (*Helminthosporium solani* Dur. et Mont.) и обыкновенной (*Streptomyces scabies* Waks. et Heur.) парши 24,0 и 4,0 % соответственно, ризоктониоза (*Rhizoctonia solani* J.G.Kuhn.) – 5,0%, кольцевой (*Corynebacterium sepedonicum* Spiek & Kotth.) и мокрой (*Pectobacterium carotovorum* Jones.) гнили –

17,0%, стеблевой нематоды (*Ditylenchus destructor* Thorne) – 3,7%. Скрытая фузариозная инфекция внутренних тканей клубней представлена *F.sambucinum* (доминирующий), *F.oxysporum* и *F.solani* (рис. 1). В сообществе присутствовала группа микромицетов из родов *Aspergillus* Michelli, *Penicillium* Link., *Mucor* Fresen. и сапротрофные бактерии. Таким образом, установлено превышение показателей распространенности болезней требованиям ГОСТ 33996-2016.

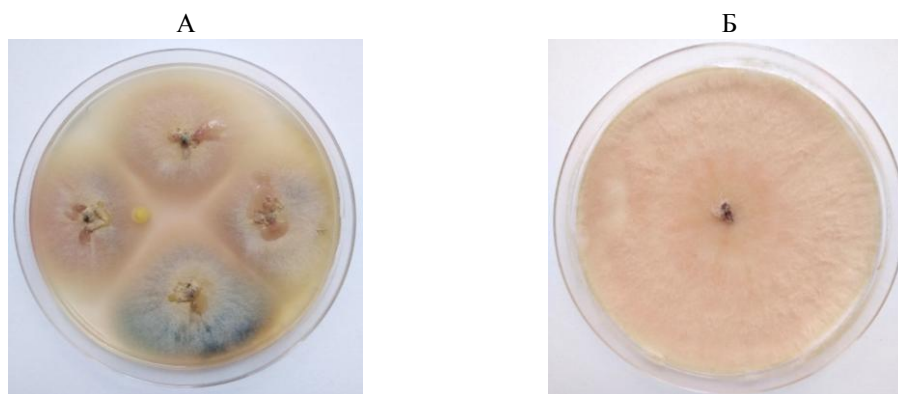


Рисунок 1. Фитопатогенные микромицеты внутренних тканей (А) и глазков (Б) клубней картофеля.
Figure 1. Phytopathogenic micromycetes of internal tissues (A) and eyes (B) of tubers potatoes.

Учитывая результаты клубневого анализа, проведено протравливание клубней по традиционной и интегрированной схемам защиты с применением биопрепарата Фитоспорин®-АС. Как видно из рис. 2,

индекс NDVI при интегрированной схеме характеризовался меньшими колебаниями по сравнению с химической защитой.

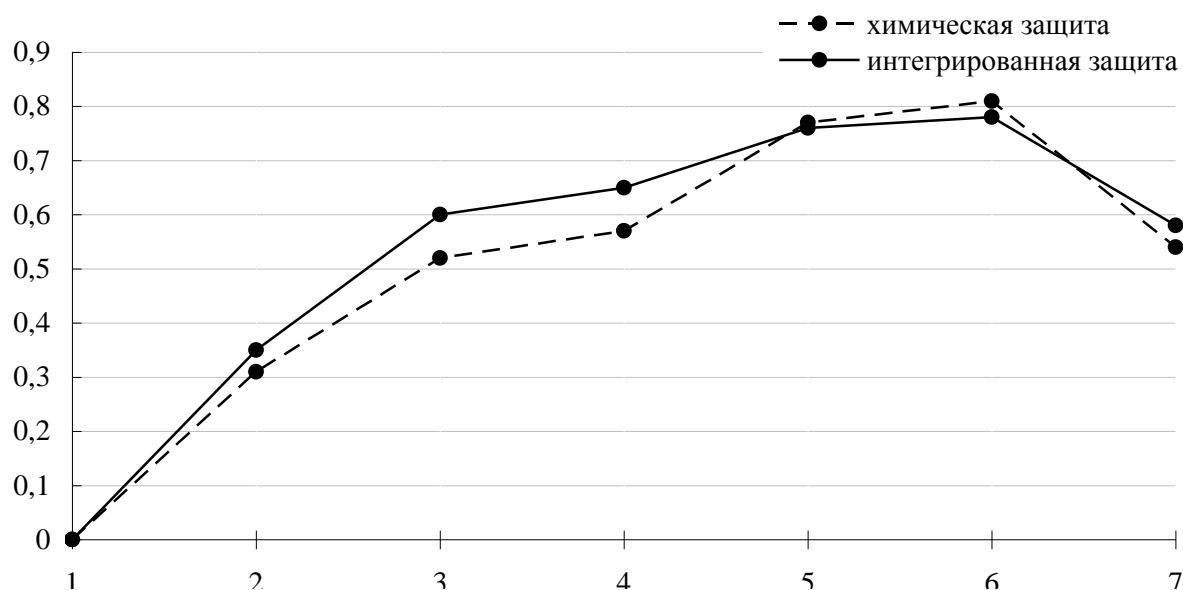


Рисунок 2. Значения индекса NDVI от даты посадки до начала отмирания ботвы.
Figure 2. NDVI index values from the date of planting to the beginning of the death of the tops.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ

Масса ботвы с куста на стадии клубнеобразования в интегрированной схеме по сравнению с химической была на 14,9% ниже, однако средняя масса 1 клубня на 36,3% выше (табл. 1), что косвенно свидетельствует об активации процессов биосинтеза и усилении оттока питательных компонентов в клубневый материал.

Таблица 1.

Биометрические показатели картофеля на стадии клубнеобразования
Table 1 – Biometric indicators of potatoes at the tuberization stage

Вариант Variant	Число стеблей/куст Number of stems/bush	Число клубней/куст Number of tubers/bush	Масса клубней, г/куст Tuber weight, g/bush	Средняя масса клубня, г Average tuber weight, g	Масса ботвы, г/куст Haulm mass, g/bush
Химическая защита Chemical protection	3,6±0,11	10,6±0,25	240,0±11,8	22,6±2,7	204,3±6,4
Интегрированная защита Integrated protection	4,2±0,19*	9,2±0,31*	283,6±10,5*	30,8±1,9*	173,8±7,7*

* различия достоверны при $p < 0,05$.

* differences are significant at $p < 0.05$.

Биологическая эффективность интегрированной защиты против фитофтороза в зависимости от фазы вегетации составила 80,4-100%, против альтернариоза – 61,5-77,4%, вертициллеза – 68,8-100,0%, фузариоза – 78,4-83,2%, ризоктониоза – 100%, бактериозов – 85,7-90,5% (табл. 2).

Таблица 2.

Пораженность картофеля болезнями при разных схемах защиты
Table 2 – Disease affection of potatoes with different protection schemes

Болезнь Disease	Фаза учета Accounting phase	Развитие (R) и распространенность (P) болезней, % Development (R) and prevalence (P) of diseases, %			
		Химическая защита Chemical protection		Интегрированная защита Integrated protection	
		R	P	R	P
Фитофтороз Late blight	I	0,07	10,0	0*	0*
	II	4,6	27,0	0,9*	6,8*
Альтернариоз Potato blight	I	1,3	90,0	0,5*	44,0*
	II	4,43	100,0	1,0*	45,0*
Вертициллез Vascular wilt of potato	I	8,0	5,0	2,5*	1,5*
	II	10,0	14,5	0*	0*
Фузариоз Dry rot of potato	I	25,0	40,5	4,2*	9,5*
	II	31,0	64,0	6,7*	11,0*
Ризоктониоз Black scab	I	5,0	8,0	0*	0*
	II	8,1	14,5	0*	0*
Бактериальная гниль Bacterial rot	I	21,0	5,5	2,0*	2,0*
	II	30,0	10,5	4,3*	4,5*

I – фаза клубнеобразования, II – фаза роста клубней; * различия достоверны при $p < 0,05$.

I – tuberization phase, II – tubers growth phase; * differences are significant at $p < 0.05$.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ

По данным агрохимического анализа в первый вегетационный период (табл. 3), на одинаковом фоне внесения минеральных удобрений в случае интегрированной защиты усилился вынос фосфора и калия на фоне стабилизации азота, однако

повысилось содержание гумуса. Полученные результаты требуют проведения дополнительных исследований для подтверждения влияния системы защиты на баланс элементов питания в почве.

Таблица 3.

Агрохимические показатели почвы до посадки и после уборки урожая
Table 3 – Agrochemical indexes of soil before landing and after harvesting

Показатель Index	До посадки Before landing	После уборки After harvest	
		химическая защита chemical protection	интегрированная защита integrated protection
pH	6,8	5,9*	5,9*
Подвижный фосфор, мг/кг Labile phosphorus, mg/kg	293,0	229,0*	192,0**
Подвижный калий, мг/кг Labile potassium, mg/kg	105,0	92,0*	77,0**
Щелочно гидролизуемый азот, мг/кг Alkaline hydrolysable nitrogen, mg/kg	84,0	75,6*	84,0
Органическое вещество, % Organic matter, %	4,0	4,0	4,3**

* различия достоверны между показателями до посадки и после уборки урожая; ** различия достоверны как по сравнению с показателями до посадки, так и между вариантами; $p < 0,05$

* differences are significant between indicators before landing and after harvest; ** the differences are significant both in comparison with the indexes before landing, and between the variants; $p < 0.05$

Для оценки влияния защитных мероприятий на состояние почвенного микробиоценоза проведен сравнительный микробиологический анализ почвенных образцов до посадки и после уборки урожая (табл. 4).

В структуре микробного сообщества численность аммонификаторов при химической схеме не имела достоверных различий по сравнению с исходным уровнем, при интегрированной – увеличилась в 2,9 раза; численность денитрификаторов увеличилась в обоих вариантах (в 4,3 и 3,7 раза соответственно), а бактерий, использующих минеральные формы азота, не изменилась (табл. 4).

Актинобактериям и грибам рода *Trichoderma* Pers. принадлежит важная роль как в процессе разложения органических веществ, так и в обеспечении супрессивности почвы за счет их способности продуцировать биологически активные соединения [Торопова и др. (Todorova et al.), 2017]. Согласно полученным результатам, доля целлюлозоразрушающих микроорганизмов при химической защите увеличилась несущественно (с 8,6% до 11,9%), при интегрированной – до 34,7%, что свидетельствует об активации процессов деструкции растительных остатков. Вероятно, это обусловлено интродукцией в процессе вегетации грибов рода

Trichoderma Pers., входящих в состав биопрепарата Фитоспорин®-АС, а также активацией аборигенной микрофлоры. В пользу последнего свидетельствует увеличение в структуре грибного сообщества численности грибов рода *Trichoderma* Pers. и актинобактерий (с $0,11 \pm 0,003 \times 10^3$ до $1,29 \pm 0,009 \times 10^4$ и с $0,79 \pm 0,021 \times 10^5$ до $0,11 \pm 0,008 \times 10^6$ КОЕ/г абсолютно сухой почвы до посадки и после уборки соответственно) (табл. 4).

В случае химической защиты выявлено снижение численности бактерий *Azotobacter* Beijer. с 87% до 41%. Общеизвестно, что азотфиксирующие бактерии чувствительны к токсическому действию пестицидов [Fox et al., 2007]. В интегрированной схеме содержание азотфиксирующих бактерий не имело достоверных отличий от исходного уровня.

Установлено, что в почвенных образцах при интегрированной схеме численность микромицетов существенно не изменилась, однако численность грибов рода *Trichoderma* Pers. (табл. 4) увеличилась, что свидетельствует о снижении доли фитопатогенных микромицетов. В случае химической защиты численность микромицетов существенно возросла – в 3,4 раза (табл. 4), что, вероятно, связано с развитием грибных болезней (табл. 2).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ

Таблица 4 - Численность и структура эколого-трофических групп микроорганизмов в почве до посадки и после уборки урожая

Table 4 – Number and structure of ecological-trophic groups of microorganisms in soil before planting and after harvesting

Эколого-трофическая группа микроорганизмов Ecological-trophic group of microorganisms	Численность, КОЕ/г абсолютно сухой почвы Number, CFU/g of absolutely dry soil		
	До посадки Before landing	После уборки урожая After harvest	
		химическая защита chemical protection	интегрированная защита integrated protection
Аммонифицирующие Ammonifying	0,23±0,017×10 ⁷	0,21±0,019×10 ⁷	0,67±0,013×10 ⁷ **
Денитрифицирующие Denitrifying	0,30±0,012×10 ²	0,13±0,009×10 ³ *	0,11±0,008×10 ³ **
Использующие минеральные формы азота Using mineral forms of nitrogen	1,11±0,014×10 ⁶	0,99±0,006×10 ⁶	1,01±0,001×10 ⁶
Фосфатрастворяющие Phosphate dissolving	0	0,10×10 ² **	0,12×10 ³ **
Актинобактерии Actinobacteria	0,79±0,021×10 ⁵	0,10±0,011×10 ⁵ **	0,11±0,008×10 ⁶ **
Микромицеты Micromycetes	0,61±0,018×10 ⁶	0,21±0,021×10 ⁷ **	0,67±0,009×10 ⁶
в том числе <i>Trichoderma</i> Pers. inc. <i>Trichoderma</i> Pers.	0,11±0,003×10 ³	0,11±0,005×10 ³	1,29±0,009×10 ⁴ **

* различия достоверны между показателями до посадки и после уборки урожая; ** различия достоверны как по сравнению с показателями до посадки, так и между вариантами; p<0,05

* differences are significant between indicators before landing and after harvest; ** the differences are significant both in comparison with the indexes before landing, and between the variants; p <0.05

По результатам качественного анализа клубней установлено достоверное повышение содержания в после уборки не выявлено достоверных различий в клубнях массовой доли сахаров (на 9,9% по сухому содержанию сухого вещества и массовой доли веществу) и снижении содержания нитратов (на крахмала, однако при интегрированной защите 57,7%) (табл. 5).

Таблица 5. - Качественный анализ клубней нового урожая
Table 5 – Qualitative analysis of new crop tubers

Показатель Index	Содержание вещества в клубнях Content of the matter in tubers			
	Химическая защита Chemical protection		Интегрированная защита Integrated protection	
	абсолютно сухое вещество absolutely dry matter	натуральное вещество natural matter	абсолютно сухое вещество absolutely dry matter	натуральное вещество natural matter
Сухое вещество, % Dry matter,%	17,35		17,62	
Массовая доля крахмала, % Weight fraction of starch,%	52,40	9,09	52,82	9,31
Массовая доля сахара, % Weight fraction of sugar,%	2,62	0,45	2,91	0,51
Нитраты, мг/кг Nitrates, mg/kg	-	78	-	33*

* p<0,05

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ

По данным фактической урожайности прибавка урожая при интегрированной защите по сравнению с химической составила 69,0 ц/га, экономическая эффективность с учетом затрат на приобретение фунгицидов – 44,310 тыс. руб./га, окупаемость затрат на приобретение фунгицидов 3,98 раз (табл. 6).

Таблица 6.

Экономическая эффективность интегрированной системы выращивания картофеля сорта Родрига
Table 6 – Economical effectiveness of integrated protection of potatoes variety Rodriga

Вариант Variant	Урожайность, ц/га Harvest, c/ha	Прибавка урожая, ц/га Harvest increase, c/ha	Стоимость прибавки*, руб/га Cost of harvest increase *, rub/ha	Всего затрат**, тыс.руб./га Total costs **, thousand rub/ha	Дополнительный доход, тыс.руб./га Additional income, thousand rub/ha
Химическая защита Chemical protection	262,0	-	-	11,264	-
Интегрированная защита Integrated protection	331,0	69,0	55,200	11,077	44,310

* при средней стоимости 1 кг продовольственного картофеля 8 руб/кг

** учтены дополнительные затраты на приобретение фунгицидов

* with an average cost of 1 kg of food potatoes of 8 rubles/kg

** additional cost of fungicide purchase included

Таким образом, применение интегрированной схемы выращивания картофеля сорта Родрига в течение первого вегетационного периода исследований привело к активации процессов деструкции растительных остатков и повышению численности азотфиксирующих микроорганизмов, снижению содержания фитопатогенной и повышению доли антагонистической микрофлоры. Биологическая эффективность интегрированной защиты картофеля сорта Родрига на высоком инфекционном фоне против болезней в первый год вегетации (фитофтороза, вертициллезного увядания, фузариоза, ризоктониоза, бактериальной гнили) составила 61,5-100%, что обусловило повышение урожайности культуры. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности проведения дальнейших полевых исследований по оценке эффективности адаптивно-интегрированной защиты картофеля на высоком инфекционном фоне.

Литература

1.ГОСТ Р 33996-2016. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. М.: Стандартинформ. 2017. 36 с.
2.ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. М.: Стандартинформ. 2020. 8 с.
3.ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической

влажности и влажности устойчивого завядания растений. М.: Стандартинформ. 2006. 8 с.
4.ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ. 2018. 9 с.
5.ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с.
6.ГОСТ Р 58596-2019. Методы определения общего азота. М.: Стандартинформ. 2018. 7 с.
7.ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с.
8.ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1985. 6 с.
9.ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: Стандартинформ. 2012. 8 с.
10.ГОСТ 26176-2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. М.: Стандартинформ. 2019. 10 с.
11.Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос. 1979. 416 с.

12. Методические положения по проведению оценки сортов и гибридов картофеля на испытательных участках. М.: Изд-во ВНИИКС. 2013. 15 с.
13. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. РАСХН, ВНИИКС, АО «Персек». [Сост. А.С. Воловик и др.]. М., 1995. 107 с.
14. МУ 5048-89. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. М.: МЗ СССР. 1989. 51 с.
15. Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Коршунов А.В., Торопова Е.Ю., Сараев П.В., Семенов А.М., Семенов В.М., Никитин Н.В., Калиниченко В.П., Лысенко Ю.Н. Адаптивно-интегрированная защита растений. М.: Печатный город. 2019. 628 с. ISBN: 978-5-98467-014-2.
16. Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Селюк, М.П., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Факторы индукции супрессивности почвы. *Агрохимия*. 2017. № 4. С. 58-71.
17. Филиппов А.В. Фитофтороз картофеля. Защита и карантин растений (Приложение к журналу). 2012. № 5. 27 с.
18. Chmielewski, G.J., Kraysky D. *General Botany. General Botany Laboratory Manual*. 2013. 244 p. ISBN: 978-1-4772-9653-0
19. Frampton W.J., Dash J., Watmough G., Milton E.J. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2013. V. 82. P. 83-92. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2013.04.007.
20. Fox J.E., Gullede J., Engelhaupt E., Burow M.E., McLachlan J.A. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. *PNAS*. 2007. V. 104 (24) P. 10282-10287. doi:10.1073/pnas.0611710104.
21. Garrity G.M., Brenner D.J., Krieg N.R., Staley J.T. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. V. 2. New York: Springer., 2005. 2811 p. ISBN: 978-0-387-95040-2.
22. Prell H.H., Day P. *Plant-Fungal Pathogen. A Classical and Molecular View*. Springer Science & Business Media Interaction. 2003. 214 p. ISBN: 3-540-66727-X.
23. Verjux N. Integrated Plant Protection in Potatoes: Review of the French Situation. *Potato research*. 2018. V. 60. P. 307-318. doi: 10.1007/s11540-018-9382-3.
24. Vos P., Garrity G.M., Jones G., Krieg D., Ludwig N.R., Rainey W., Schleifer F.A., Whitman K.-H. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. V. 3. New York: Springer., 2009. 1450 p. ISBN: 978-0-387-68489-5.
25. Whitman W., Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M., Ludwig W., Suzuki K.-I., Parte A. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. V. 5. New York: Springer., 2012. 2083 p. ISBN 978-0-387-68233-4.
1. GOST R 33996-2016. Kartoffel' semennyj. Tehnicheskie uslovija i metody opredelenija kachestva. M.: Standartinform. 2017. 36 s. [Seed potatoes. Specifications and methods of determining the quality]. (In Russian).
2. GOST R 58595-2019. Pochvy. Otbor prob. M.: Standartinform. 2020. 8 s. [Soils. Sampling]. (In Russian).
3. GOST 28268-89. Pochvy. Metody opredelenija vlazhnosti, maksimal'noj gigroskopicheskoj vlazhnosti i vlazhnosti ustojchivogo zavjadaniya rastenij. M.: Standartinform. 2006. 8 s. [Soils. Methods of determination of moisture, maximum hygroscopic moisture and moisture of steady plant fading]. (In Russian).
4. GOST 17.4.4.02-2017. Ohrana prirody (SSOP). Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. M.: Standartinform. 2018. 9 s. [Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. (In Russian).
5. GOST 26213-91. Pochvy. Metody opredelenija organicheskogo veshhestva. M.: Izd-vo standartov, 1992. 8 s. [Soils. Methods for determination of organic matter]. (In Russian).
6. GOST R 58596-2019. Metody opredelenija obshhego azota. M.: Standartinform. 2018. 7 s. [Soils. Methods for determination of total nitrogen]. (In Russian).
7. GOST 26204-91. Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kalija po metodu Chirikova v modifikacii CINAО. M.: Izd-vo standartov, 1992. 8 s. [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov method modified by CINAО]. (In Russian).
8. GOST 26483-85. Pochvy. Prigotovlenie solevoj vytjazhki i opredelenie ee rH po metodu CINAО. M.: Izd-vo standartov, 1985. 6 s. [Soils. Preparation of salt extract and determination of its pH by CINAО method]. (In Russian).
9. GOST 31640-2012. Korma. Metody opredelenija sodержaniya suhogo veshhestva. M.: Standartinform. 2012. 8 s. [Feeds. Methods for determination of dry matter content]. (In Russian).
10. GOST 26176-2019. Korma, kombikorma. Metody opredelenija rastvorimyh i legkogidrolizuemyh uglevodov. M.: Standartinform. 2019. 10 s. [Fodders, mixed feeds. Methods for determination of soluble and hydrolysable carbohydrates]. (In Russian).
11. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskogo obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Kolos. 1979. 416 s. [Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results)]. (In Russian).
12. Metodicheskie polozhenija po provedeniju ocenki sortov i gibridov kartofelja na ispytatel'nyh uchastkah. M.:

References

1. GOST R 33996-2016. Kartoffel' semennyj. Tehnicheskie

- Izd-vo VNIKH. 2013. 15 s. [Methodological provisions for the assessment of varieties and hybrids of potatoes in test plots]. (In Russian).
13. Metodika issledovanij po zashhite kartofelja ot boleznej, vreditelej, sornjakov i immunitetu. RASHN, VNIKH, AO «Persek». [Sost. A.S. Volovik i dr.]. M., 1995. 107 s. [Research methodology for the protection of potatoes from diseases, pests, weeds and immunity]. (In Russian).
14. MU 5048-89. Metodicheskie ukazanija po opredeleniju nitratov i nitritov v produkcii rastenievodstva. M.: MZ SSSR. 1989. 51 s. [Guidelines for the determination of nitrates and nitrites in crop products]. (In Russian).
15. Spiridonov Ju.Ja., Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Karakotov S.D., Korshunov A.V., Toropova E.Ju., Saraev P.V., Semenov A.M., Semenov V.M., Nikitin N.V., Kalinichenko V.P., Lysenko Ju.N. Adaptivno-integriruvannaja zashhita rastenij. M.: Pечатnyj gorod. 2019. 628 s. ISBN: 978-5-98467-014-2. [Adaptively integrated plant protection]. (In Russian).
16. Toropova E.Ju., Kazakova O.A., Seljuk, M.P., Sokolov M.S., Glinushkin A.P. Faktory induktsii supressivnosti pochvy. Agrohimiya. 2017. № 4. S. 58-71. [Soil suppression induction factors]. (In Russian).
17. Filippov A.V. Fitofloroz kartofelja. Zashhita i karantin rastenij (Prilozhenie k zhurnalu). 2012. № 5. 27 s. [Potato late blight]. (In Russian).
18. Chmielewski, G.J., Krayesky D. General Botany. General Botany Laboratory Manual. 2013. 244 r. ISBN 978-1-4772-9653-0
19. Frampton W.J., Dash J., Watmough G., Milton E.J. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2013. V. 82. P. 83-92. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2013.04.007.
20. Fox J.E., Gullede J., Engelhaupt E., Burow M.E., McLachlan J.A. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. *PNAS*. 2007. V. 104. P. 10282-10287. doi: 10.1073/pnas.0611710104.
21. Garrity G.M., Brenner D.J., Krieg N.R., Staley J.T. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. V. 2. New York: Springer., 2005. 2811 r. ISBN 978-0-387-95040-2.
22. Prell H.H., Day P. *Plant-Fungal Pathogen. A Classical and Molecular View*. Springer Science & Business Media Interaction. 2003. 214 r. ISBN: 3-540-66727-X.
23. Verjux N. Integrated Plant Protection in Potatoes: Review of the French Situation. *Potato Research*. 2018. V. 60. P. 307-318. doi: 10.1007/s11540-018-9382-3.
24. Vos P., Garrity G.M., Jones G., Krieg D., Ludwig N.R., Rainey W., Schleifer F.A., Whitman K.-H. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. V. 3. New York: Springer., 2009. 1450 p. ISBN: 978-0-387-68489-5.
25. Whitman W., Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M., Ludwig W., Suzuki K.-I., Parte A. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. V. 5. New York: Springer., 2012. 2083 p. ISBN: 978-0-387-68233-4.