

**РЕИНФЕКЦИЯ Y-ВИРУСА НА СЕМЕННОМ КАРТОФЕЛЕ В УСЛОВИЯХ  
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Замалиева Ф. Ф.

**Реферат.** Исследования проводили с целью выявления зависимости между векторной активностью тлей и интенсивностью реинфекции Y-вируса на семенном картофеле. Интенсивность роста вирусной зараженности оценивали с помощью коэффициента реинфекции, представляющего собой отношение между показателями степени зараженности в конце и начале вегетационного периода. Векторную активность тлей определяли за весь вегетационный период с учетом коэффициентов вредоносности у разных видов тлей. Критическим порогом векторной активности тлей считали уровень численности, эквивалентный 50 экземплярам персиковой тли. При векторной активности тлей на уровне критического порога (1 КП), коэффициент реинфекции YVK у сорта Невский находился на уровне 1. При ее увеличении до 2,6 кратного превышения критического порога происходил 3,8...4,8-кратный рост коэффициента реинфекции. При дальнейшем повышении векторной активности тлей до 4,3 КП и 10,5 КП он оставался на том же уровне. Торможение роста КР объясняется тем, что Y-вирус, как неперсистентный, сохраняется в переносчике недолгое время и поэтому передается одним и тем же ближайшим окружающим растениям. Накопление вирусной зараженности на ранних этапах репродуцирования исходного и оригинального материала может происходить скрыто, что связано с ограниченным количеством отбираемых проб для анализа (200...250 растений или клубней) и, соответственно, низкой вероятностью выявления степени зараженности менее 0,5 %. По результатам расчетов при репродуцировании семенного материала с коэффициентом реинфекции 4 и выходом на первую репродукцию с зараженностью 10 % безопасный уровень зараженности YVK тепличных мини-клубней не должен превышать 0,01 %, у первого полевого поколения – 0,04 %, у супер-суперэлиты – 0,15 %, у суперэлиты – 0,6 %, элиты – 2,5 %.

**Ключевые слова:** Y-вирус картофеля, неперсистентный вирус, реинфекция, векторная активность, критический порог.

**Введение.** Картофель, как вегетативно размножаемая культура, поражается вирусными болезнями, которые накапливаясь в потомстве, вызывают «вырождение» и снижение урожайности на 80...100 %. Его семеноводство сегодня основано на оздоровлении сортов меристемным методом и ускоренном размножении материала в лабораторных и тепличных условиях [1, 2]. Однако в открытом грунте может происходить быстрое повторное заражение – реинфекция оздоровленного материала. Наиболее опасен в этом плане вредоносный Y-вирус картофеля, который переносят многие виды крылатых тлей [3]. Выявление количественных показателей влияния векторной активности тлей на нарастание вирусной зараженности оздоровленного картофеля важно как для изучения эпидемиологии растительных вирусов, так и для решения практических задач в семеноводстве картофеля [4].

Цель работы – выявление зависимости между векторной активностью тлей и интенсивностью реинфекции Y-вируса на семенном картофеле.

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводили в посадках оздоровленного семенного картофеля с 2001 по 2006 гг. Питомники размножения располагались в Лаишевском районе в Предкамье РТ в условиях пространственной изоляции на расстоянии 2...5 км от населенных пунктов Сокуры и Кабаны.

Оздоровленные тепличные мини-клубни выращивали в защищенном грунте в отделе сельскохозяйственной биотехнологии ТатНИИСХ. В полевых условиях их размножали по следующей схеме: тепличные мини-клубни – первое полевое поколение (ПП1) – супер-суперэлиты (ССЭ) – суперэлиты (СЭ).

Технология выращивания – голландская с использованием комплекта импортной полевой

техники производства фирм Гримме, Амазоне. Нормы внесения минеральных удобрений определяли расчетно-балансовым методом на формирование урожайности 25 т/га. Посадку проводили в оптимально ранние сроки (2...3 декада мая), удаление ботвы осуществляли механическим способом или десикацией гербицидом после достижения 80 % клубней размера семенной фракции. Семенной материал выращивали с соблюдением всех рекомендованных защитных мероприятий от заражения болезнями, от вредителей и крылатых тлей (регулярно обрабатывали инсектицидами и фунгицидами).

Учеты крылатых особей тлей проводили с использованием желтых водных ловушек Мерике [5]. Определение тлей до вида осуществляли в лаборатории под биноклем и микроскопом. Скрытую зараженность растений картофеля определяли в лаборатории ТатНИИСХ методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием диагностических наборов фирмы Биореба (Швейцария).

Определяли распространенность (Р, %) вирусной инфекции (или степень зараженности вирусами) по формуле:

$$P = 100n/N, \quad (1)$$

где N – общее количество растений в пробах,  
n – количество больных растений в пробах.

Коэффициент реинфекции (КР), который отражает кратность увеличения зараженности вирусами за вегетационный период, вычисляли отношением послеуборочной величины этого показателя в репродукции к предпосадочной.

Векторную активность крылатых особей тлей (ВАТ) за один вегетационный период (от появления всходов до удаления ботвы картофеля) определяли перемножением количества отловленных экземпляров на соответствующий коэффициент вредоносности вида [6].

Критический порог (КП) численности крылатых тлей принят равным 50 экв. ед. [7], что соответствует 50 экземплярам персиковой тли с коэффициентом вредоносности 1. Статистическую обработку результатов проводили по методике Лакина Г.Ф. [8].

**Результаты и обсуждение.** В 2002, 2004, 2006 гг. векторная активность тлей составляла 40...45 экв. ед. (табл. 1) и была ниже критического порога. Коэффициенты роста вирусной зараженности во всех репродукциях в эти годы были низкими и не превышали 1...2. В 2001, 2003 и 2005 гг. отмечали высокую ВАТ, которая достигала 130, 215 и 525 экв. ед., превышая критический порог численности в 2,6, 4,3, 10,5 раз соответственно. Коэффициенты реинфекции в 2001 г. составляли 3,8...4,8, в 2003 г. – 3,7...4,0, в 2005 г. –  $\geq 4,1$ .

Таким образом, у сорта Невский рост векторной активности тлей с 1 КП до 2,6 КП привел к увеличению коэффициента реинфекции с 1 до 3,8...4,8. При этом повышение ВАТ до 4,3 КП и 10,5 КП такого же пропорционального роста коэффициента реинфекции не вызывало, он оставался на уровне 3,7...4,1. Возможно, такое положение обусловлено тем, что Y-вирус картофеля – неперсистентный, он сохраняется в переносчике недолгое время, поэтому переносится, в основном, на ближайшие от инфицированного растения. С увеличением векторной активности тлей происходит наложение заражений на одни и те же соседние растения, поэтому увеличение коэффициента реинфекции тормозится. Вторичные источники заражения вирусами становятся способными к их передаче только через какой-то промежуток времени после начала лета тлей. Его продолжительность зависит от фазы развития растения при заражении, количества попавшей в него вирусной инфекции [9, 10], условий для размножения вируса в растении [11, 12]. На территории Республики Татар-

стан волну передачи вирусов от возникших вторичных источников инфекции ограничивает снижение интенсивности лета крылатых тлей.

Выявление вирусной зараженности в партии семенного картофеля обычно происходит после достижения уровня 0,4...1,0 %. При этом создается ложное впечатление о том, что инфицированность возрастает сразу же от нуля до 0,5 %. Выявление степени зараженности партии клубней затруднено по той причине, что проба по требованиям стандарта составляет 200...250 образцов со всей партии. Следовательно, при наличии среди них одного зараженного клубня минимальная величина этого показателя составляет 0,4...0,5 %. Для выявления более низкой степени зараженности размер анализируемой пробы необходимо увеличить. Однако это приведет к значительному увеличению числа образцов, проанализировать которые на практике будет крайне сложно.

Исходя из фактических данных, полученных на сорте Невский, где КР был близок к 4 (см. табл. 1), а также из того, что допустимый уровень зараженности 1 репродукции по ГОСТ 33996-2016 составляет 10 %, мы рассчитали, как может происходить поэтапное увеличение зараженности при репродуцировании семенного картофеля с учетом скрытого периода нарастания (табл. 2). Результаты анализа свидетельствуют, что при размножении посадочного материала в открытом грунте, существует скрытый этап медленного нарастания зараженности до уровня 0,4...1,0 %, который может продолжаться 3 года и более. После достижения такого уровня происходит ее стремительное увеличение.

По действующему ГОСТ 33996-2016 допустимая скрытая зараженность Y вирусом семенного картофеля репродукции ПП1 составляет 0,5 %, ССЭ – 1 %, для СЭ, Э, 1Р – величина этого показателя не нормирована. В представлен-

Таблица 1 – Реинфекция Y-вируса картофеля в репродукционном размножении оздоровленного семенного материала сорта Невский (2001–2006 гг.)

Год	Суммарная векторная активность крылатых тлей, экв. ед.	Репродукция	Степень зараженности, % ±m*		Коэффициент роста зараженности
			начальная	конечная	
2001	130 (2,6 КП)	ПП1	5,2±2,2	20,8±4,1	4,0
		ССЭ	18,0±3,8	86,3±3,4	4,8
		СЭ	23,0±4,2	88,6±3,2	3,8
2002	45 (1 КП)	ПП1	2,2±1,5	4,1±2,0	2,0
		ССЭ	12,5±3,3	15,6±3,6	1,0
		СЭ	86,3±3,4	100,0	1,2
2003	215 (4,3 КП)	ПП1	0	0	не установлен
		ССЭ	4,1±2,0	16,6±3,7	4,0
		СЭ	12,5±3,3	45,8±5,0	3,7
2004	45 (1 КП)	ПП1	0	0	не установлен
		ССЭ	0	0	не установлен
		СЭ	16,6±3,7	20,8±4,1	1,0
2005	525 (10,5 КП)	ПП1	0	0	не установлен
		ССЭ	0	1,7±1,3	>1,7
		СЭ	0	4,1±2,0	>4,1
2006	40 (1 КП)	ПП1	0	0	не установлен
		ССЭ	0	0	не установлен
		СЭ	1,7±1,3	1,7±1,3	1,0

\*% ± m – доля зараженности с соответствующей ошибкой

Таблица 2 – Рост зараженности Y-вирусом семенного картофеля с коэффициентом реинфекции 4

Год размножения	Репродукция	Коэффициент реинфекции (КР)	Степень зараженности, %	Частота встречаемости зараженных образцов
1	пробирочные растения	при размножении <i>in vitro</i> роста зараженности не происходит	0	0
1	пробирочные растения/тепличные миниклубни	могут появляться первые больные растения, инфицированные случайным образом от различных внешних источников	0,01	1 из 10 тыс. миниклубней
2	тепличные миниклубни /ППП	4	0,04	1 из 2500 клубней ППП
3	ППП/ССЭ	4	0,15	1 из 670 клубней ССЭ
4	ССЭ/СЭ	4	0,6	1 из 170 клубней СЭ
5	СЭ/Э	4	2,5	1 из 40 клубней Э
6	Э/1Р	4	10	1 из 10 клубней 1Р

ной модели (табл. 2) показаны уровни допустимой зараженности Y-вирусом картофеля, к которым нужно стремиться на практике, чтобы сохранить высокое качество посадочного материала: ППП – 0,04 %, ССЭ – 0,15 %, СЭ – 0,6 %, Э – 2,5 %, 1Р – 10 %. Исходя из этого, можно утверждать, что требования действующего стандарта занижены. В конечном итоге такая ситуация может приводить к высокой зараженности и неудовлетворительному качеству семенного материала.

Поскольку расчеты были проведены с постоянным коэффициентом реинфекции, равным 4, необходимо учитывать, что в условиях республики векторная активность тлей превышает критический порог только в 50 % лет [13, 14]. Поэтому средний коэффициент реинфекции может оказаться более низким. Например, в нашей производственной практике при размножении сорта Невский от ППП до 1Р он находился на уровне 2,6, что, вероятно, связано с низкой векторной активностью тлей в отдельные годы этого периода. В то же время у неустойчивых к YВК сортов Луговской, Юниор, Весна, Леди Розетта коэффициенты реинфекции в годы с высокой векторной активностью тлей достигали 10...20 [3], что позволяет предполагать средние величины этого показателя на более низком уровне 8...10. С учетом этого необходимо планировать систему защиты растений при ведении семеноводства неустойчивых сортов в условиях региона.

**Выводы.** Рост зараженности Y-вирусом у семенного картофеля происходит в открытом грунте ежегодно с определенным коэффициентом, зависящим от устойчивости сорта и вектор-

ной активности тлей: у среднеустойчивого сорта Невский он колеблется на уровне 1...5, у неустойчивых сортов может достигать 10...20.

У сорта Невский при увеличении векторной активности тлей коэффициент реинфекции повышается до 4,0...4,8, после чего его рост резко замедляется, что объясняется многократным повторным заражением тлями-носителями одних и тех же растений, окружающих источник заражения.

В процессе репродуцирования оздоровленного материала можно выделить два этапа нарастания зараженности YВК: медленное скрытое и видимое быстрое. Скрытый период продолжается несколько лет до достижения уровня зараженности 0,4...0,5 %, после чего скорость ее роста резко увеличивается.

Моделирование процесса реинфекции YВК на примере сорта Невский показало, что допустимый уровень зараженности репродукции ППП не должен превышать 0,04 %, ССЭ – 0,15 %, СЭ – 0,6 %, Э – 2,5 %, 1Р – 10 %.

Для повышения уровня отечественного семеноводства необходимо включить в действующий ГОСТ допуски по скрытой зараженности YВК семенного материала на этапах СЭ, Э и 1 Репродукции.

**Сведения об источнике финансирования.** Работа выполнена в рамках государственного задания: Мобилизация генетических ресурсов растений и животных, создание новаций, обеспечивающих производство биологически ценных продуктов питания с максимальной безопасностью для здоровья человека и окружающей среды. Номер регистрации: АААА-А18-118031390148-1.

#### Литература

1. Минимизация рисков вирусного заражения при выращивании семенного картофеля / Б.В. Анисимов, Е.А. Симаков, Е.Г. Блинов и др. // Защита и карантин растений. 2016. № 3. С. 33-37.
2. О проекте нового межгосударственного стандарта на семенной картофель / С.В. Жевора, Б.В. Анисимов, Е.А. Симаков и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 44-46.
3. На мировом уровне Б.В. Анисимов, С.Н. Зебрин, С.И. Логинов и др. // Картофель и овощи. 2016. № 7. С.28-29.
4. Замалиева Ф.Ф. Биологическое обоснование защиты от заражения вирусами оздоровленного семенного картофеля в Республике Татарстан: дисс. докт. с-х. наук. С.-Пб., 2009. 272 с.
5. Зыкин А.Г. Тли – переносчики вирусов картофеля. Л.: «Колос», 1970. 70 с.
6. Банадьцев С.А. Семеноводство картофеля: организация, методы, технологии. Минск, 2003. 325 с.
7. Der Blattlausbefallsflug in Abhängigkeit von Flugpopulation und witterungsbedingter Agilität in Kartoffel-Abbau- und Hochzuchtlagen // H.J. Muller, K.Unger, K.Neitzel, et al. // Biol. Zentralbl. 1959. № 78. P. 341-383.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебн. пособие / 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

9. Samuel G. Some experiments on inoculating methods with plant viruses and on local lesions // *Ann. Appl. Biol.* 1931. 18. P. 494-506.
10. Kassanis B. Comparison of the early stages of infection by intact and phenoldisrupted tobacco necrosis virus // *Virology.* 1960. 10. P. 353-369.
11. Smith H.C. The effect of aphid numbers and stage of plant growth in determining tolerance to barley yellow dwarf virus in cereals // *New Zealand J. Agr. Res.* 1967. №10. P. 445-466.
12. Обручков В.С. Биологические особенности У-вируса картофеля и способы его идентификации на основных пасленовых культурах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. С.-Пб., 1993. 19 с.
13. Совершенствование системы семеноводства картофеля на оздоровленной основе / Ф.Ф. Замалиева, Г.Ф. Сафиуллина, Р.Р. Назмиева и др. // *Картофель и овощи.* 2006. № 2. С. 16-19.
14. Прищепенко Е.А., Замалиева Ф.Ф. Особенности лета крылатых тлей на семенных посадках картофеля в 2004-2006 гг. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета.* № 3. 2013. С. 130-136.

**Сведения об авторе:**

Замалиева Фания Файзрахмановна – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и биотехнологии картофеля, e-mail: faniat@mail.ru  
 ФГБНУ Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

**REINFECTION OF Y-VIRUS ON SEED POTATO IN THE MIDDLE VOLGA**

Zamalieva F. F.

**Abstract.** The studies were carried out to identify the relationship between the vector activity of aphids and the intensity of Y-virus reinfection on seed potatoes. The growth rate of viral infection was assessed using the reinfection coefficient, which is the ratio between the rates of infection at the end and beginning of the growing season. The vector activity of aphids was determined for the entire growing season, taking into account the severity coefficients for different aphid species. The critical threshold for the vector activity of aphids was considered to be the abundance level equivalent to 50 specimens of the peach aphid. With the vector activity of aphids at the level of the critical threshold (1 CT), the coefficient of reinfection PVY of Nevskiy variety was at the level of 1. When it increased to 2.6 times the critical threshold, a 3.8... 4.8-fold increase in the coefficient of reinfection occurred. With a further increase in the vector activity of aphids to 4.3 and 10.5 critical threshold, it remained at the same level. The inhibition of the growth of critical threshold is explained by the fact that the Y-virus, as not persistent, remains in the carrier for a short time and therefore is transmitted to the same nearby surrounding plants. The accumulation of viral infection in the early stages of reproduction of the original and original material can occur latently, which is associated with a limited number of samples taken for analysis (200 ... 250 plants or tubers) and, accordingly, a low probability of detecting the degree of infection less than 0.5%. According to the results of calculations during the reproduction of seed with a reinfection coefficient of 4 and reaching the first reproduction with an infestation of 10%, the safe level of infestation of PVY in greenhouse minitubers should not exceed 0.01%, in the first field generation - 0.04%, in the super-super-elite - 0, 15%, among the super elite - 0.6%, the elite - 2.5%.

**Key words:** potato Y-virus, non-persistent virus, reinfection, vector activity, critical threshold.

**References**

1. Minimization of the risks of viral infection when growing seed potatoes. [Minimizatsiya riskov virusnogo zarazheniya pri vyrashchivanii semennogo kartofelya]. / B.V. Anisimov, E.A. Simakov, E.G. Blinkov and others. // *Zashchita i karantin rasteniy. - Plant protection and quarantine.* 2016. № 3. P. 33-37.
2. About the draft of a new interstate standard for seed potatoes. [O proekte novogo mezhgosudarstvennogo standarta na semennoy kartofel]. / S.V. Zhevor, B.V. Anisimov, E.A. Simakov and others. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2016. Vol. 30. № 10. P. 44-46.
3. At the world level. [Na mirovom urovne]. / B.V. Anisimov, S.N. Zebrin, S.I. Loginov and others. // *Kartofel i ovoschi. - Potatoes and vegetables.* 2016. № 7. P. 28-29.
4. Zamalieva F.F. *Biologicheskoe obosnovanie zashchity ot zarazheniya virusami ozdorovlennogo semennogo kartofelya v Respublike Tatarstan: diss. dokt.s-kh.nauk.* (Biological substantiation of protection against infection with viruses of healthy seed potatoes in the Republic of Tatarstan: dissertation for a degree of Doctor of agricultural sciences). S.-Pb., 2009. P. 272.
5. Zykin A.G. *Tli – perenoschiki virusov kartofelya.* [Aphids are carriers of potato viruses]. L.: "Kolos", 1970. P. 70.
6. Banadysev S.A. *Semenovodstvo kartofelya: organizatsiya, metody, tekhnologii.* Minsk, 2003. P. 325.
7. Der Blattlausbefallsflug in Abhängigkeit von Flugpopulation und witterungsbedingter Agilität in Kartoffel-Abbau- und Hochzuchtlagen // H.J. Muller, K.Unger, K.Neitzel, et al. // *Biol. Zentralbl.* 1959. № 78. P. 341-383.
8. Lakin G.F. *Biometriya: uchebn. posobie / 4-e izd., pererab. i dop.* [Biometrics: a manual / 4<sup>th</sup> edition, revised and added]. M.: Vyssh.shk., 1990. P. 352.
9. Samuel G. Some experiments on inoculating methods with plant viruses and on local lesions // *Ann. Appl. Biol.* 1931. 18. P. 494-506.
10. Kassanis B. Comparison of the early stages of infection by intact and phenoldisrupted tobacco necrosis virus // *Virology.* 1960. 10. P. 353-369.
11. Smith H.C. The effect of aphid numbers and stage of plant growth in determining tolerance to barley yellow dwarf virus in cereals // *New Zealand J. Agr. Res.* 1967. №10. P. 445-466.
12. Обручков В.С. Биологические особенности U-вируса картофеля и способы его идентификации на основных пасленовых культурах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. С.-Пб., 1993. P. 19.
13. Improving the system of potato seed production on a healthier basis. [Sovershenstvovanie sistemy semenovodstva kartofelya na ozdorovlennoy osnove]. / F.F. Zamalieva, G.F. Safiullina, R.R. Nazmиеva and others. // *Kartofel i ovoschi. - Potatoes and vegetables.* 2006. № 2. P. 16-19.
14. Prischepenko E.A., Zamalieva F.F. Flight features of winged aphids on seed potato plantings in 2004-2006. [Osobennosti leta krylatykh tley na semennykh posadkakh kartofelya v 2004-2006 gg.]. // *Vestnik Kazanskogo GAU. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* № 3. 2013. P. 130-136.

**Authors:**

Zamalieva Faniya Fayzrahmanovna - Doctor of Agricultural sciences, chief researcher of Potato Breeding and Biotechnology Laboratory, e-mail: faniat@mail.ru  
 Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia

**Acknowledgements.**

This research was supported by the FASO Russia project : «Mobilization of genetic resources of plants and animals, creation of innovations that ensure the production of biologically valuable food products with maximum safety for human health and the environment». Registration №: AAAA-A18-118031390148-1.