Защита картофеля

ISSN 2221-2396

Научно-практический журнал, выходит с 2010 года

Главный редактор:
С.Н. Еланский, *д.б.н., МГУ им. М.В. Ломоносова*

Редколлегия:
Б.В. Анисимов, *к.б.н., ВНИИКХ*
В.Н. Зейрук, *д.с.-х. н., ВНИИКХ*
Л.Ю. Кокаева, *к.б.н., МГУ им. М.В. Ломоносова*
М.А. Кузнецова, *к.б.н., ВНИИ фитопатологии*
А.В. Николаев, *к.с.-х.н., Костромской НИИСХ*
К.А. Пшеченков, *д.с.-х. н., ВНИИКХ*
Е.А. Симаков, *д.с.-х. н., ВНИИКХ*
А.Н. Смирнов, *д.б.н., РГАУ-МСХА*
З.А. Сташевски, *к.б.н., Татарский НИИСХ*
А.В. Филиппов, *к.б.н., ВНИИ фитопатологии*

Выпускающий редактор:
Е.М. Чудинова

E-mail: *zakartofel@gmail.com*
Сайт: *http://www.kartofel.org*
РИНЦ: *http://elibrary.ru/title_about.asp?id=51602*

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство ПИ № ФС 77-67959 от 13.12.2016). При перепечатке ссылка обязательна. Подписано в печать: 15.12.2016 г.

© Редакция журнала “Защита картофеля”, 2016.

Содержание

Генетическое разнообразие пектолитических энтеробактерий, выделяемых из картофеля и овощных культур в России 3
М.В. Ходыкина, Во Тхи Нгок Ха, А.П. Кабанова, К.А, Мирошников, В.А. Политыко, Е.Ш. Пехтерева, Н.В. Шаад, А.Н. Игнатов

Влияние обработки клубней регуляторами роста на пораженность вирусными болезнями и урожайность семенного картофеля 10
А.В. Николаев, Г.Е. Черемин, И.Г. Любимская, С.С. Кузнецов, О.П. Прокофьева

Эффективность применения инсектицидов на посадках картофеля в борьбе с проволочниками в условиях Республики Башкортостан 15
Р.К. Вахитова, Н.В. Файзуллина

Устойчивость штаммов *Helminthosporium solani* к некоторым фунгицидам, применяемым для обработки клубней картофеля 18
И.А. Кутузова, М.А. Побединская, Л.Ю. Кокаева, С.Н. Еланский

Мониторинг тлей-переносчиков вирусов: международный и российский опыт 24
М. Д. Ерохова

“Чёрная ножка” и бактериальная мягкая гниль картофеля: факты и новейшие сведения 31
М. Д. Ерохова

Contents

Genetic diversity in pectolityc strains of enterobacteria isolated from potato and vegetables in Russia 3
M.V. Khodykina,Vo Thi Ngoc Ha, A.P. Kabanova, K.A.Miroshnikov, V.A.Polityko, E.Sh. Pekhtereva, N.W. Schaad, A.N.Ignatov

The effect of treatment of tubers with growth regulators on the infestation of virus diseases and yield of seed potatoes 10
A.V. Nikolaev, G.E. Cheremin, I.G. Lubimskaya, S.S. Kuznezov, O.P. Prokofieva

Efficacy of insecticides in the fight against wireworms on potatoes in the Republic of Bashkortostan 15
R.K. Vakhitova, N.V. Fayzullina

Resistance of Helminthosporium solani strains to fungicides used for a potato tubers treatment 18
I.A. Kutuzova, M.A. Pobedinskaya, L.Yu. Kokaeva, S.N. Elansky

Monitoring of aphid vectors of viruses: international and russian experience 24
M.D. Erokhova

Black leg and bacterial soft rot of potatoes: facts and the latest information 31
M.D. Erokhova

Genetic diversity in pectolityc strains of enterobacteria isolated from potato and vegetables in Russia

M.V. Khodykina[1],Vo Thi Ngoc Ha[1], A.P. Kabanova[2], K.A.Miroshnikov[2], V.A.Polityko[3], E.Sh. Pekhtereva[3], N.W. Schaad [5],A.N.Ignatov[1,4]

1 - Research Center "PhytoEngineering" LLC, Moscow region;
2 - M.M. Shemyakin – Yu.A. Ovchinnikov Institute of bioorganic chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow;
3 - Russian Research Institute for Phytopathology, B. Vyazyomy, Moscow Region;
4 - Peoples' Friendship University of Russia, Moscow;
5 - USDA-ARS, FDWSRU, Ft. Detrick, MD, USA.

Abstract

Among the other phytopathogenic enterobacteria, Pectobacterium (Erwinia) carotovorum and P. atrosepticum (black leg and soft rot pathogens) are harmful pathogens of potato and vegetable crops across the World. The population of soft rot pathogens in Russia has been always underinvestigated. Usually, pathogens of the genus Pectobacterium were found here, as the bacteria of genus Dickeya (Erwinia chrysanthemi) require higher temperatures for their infection. Yield losses caused by these diseases are in the range from 10 to 40% and depend on the region and climatic condition. We have analyzed over 200 samples of potatoes and vegetable cultures for the presence of the soft rot enterobacteria pathogens. Surveys were conducted in several areas of the Central part of Russia, Krasnodar Krai, Tatarstan and North Ossetia - Alania Republic. Isolated bacteria belonged to the genera: Pectobacterium (75% of isolates), Serratia (~10%), and Dickeya (~15%). The strains isolated in 2001-2008 belonged to the genus Pectobacterium (75%) or Serratia (~25%) only. This work describes the physiological and genetic diversity of Russian isolates of P. carotovorum and Serratia spp.

Keywords: *Pectobacterium, Serratia, softrot, potato,genetic diversity*

Causative agent of soft rot *Pectobacterium* (formerly *Erwinia*) *carotovorum (Pc)* is one of the most harmful pathogens of potatoes and vegetables. The species *Pc* is a complex taxon including several groups of strains different in serologic, physiologic, and genetic traits. Formerly, it included several subspecies: *P. carotovorum* ssp. *atrosepticum (Pa), P. carotovorum* ssp. *carotovorum (Pc), P. carotovorum* ssp. *betavasculorum (Pb), P. carotovorum* ssp. *wasabiae. (Pw),* and *P. carotovorum* ssp. *odorifera (Po)* (Thomson et al, 1981; Goto, Matsumoto, 1987; Smith, Bartz, 1990; Annie et al, 1992; Seo et al, 2002). Now, some new species have been recognized, and some subspecies have been moved to higher rank. The most recent taxonomy of genus *Pectobacterium* include species *P. aroidearum; P. atrosepticum; P. betavasculorum; P. cacticida;* and *P. carotovorum* complex (incl.: P. *carotovorum* subsp. *actinidiae; P. carotovorum* subsp. *brasiliense (Pbr); P. carotovorum* subsp. *carotovorum; P. carotovorum* subsp. *odoriferum; P. parmentieri;* and *P. wasabiae* (Gardan et al., 2003; Nabahn et al., 2013). *Pb, Pw*, and *Po* are specialized pathogens infecting corresponding host plants sugar beet, Japanese wasabi, and chicory, while *Pc* is damaging a wide range of plants including salad, cabbage, carrot, cucumbers, pepper, turnip, potato, and many others (Perombelon, Kelman,1980; Seo et al, 2002). *Pa* is potato pathogen spread in temperate climatic zone. In USA (Colorado, Arizona) potato plants are largely infected by *Pc* (Stanghellini, Meneley, 1975).

Segregation of species *P. carotovora* and *P. atroseptica* is possible by a few physiologic tests: growth at 36ºC, forming acid from α-methyl gucoside, maltose, ethanol, and forming reduced compounds from sucrose. However, there were some variation even within those key traits found for both *Pc* and *Pa* (Tanii, 1984; Karanjanarat et al., 1987). Clonal structure of those subspecies was demonstrated by serology, and PCR-RFLP of *pel* gene (De Boer et al, 1987; Darrasse et al, 1994; Alarcon et al.,1995; Chatterjee et al.,1995; Helias et al, 1998). Generally, *Pc* was much more diverse comparing to *Pa.* Recently we have assayed genetic variation of *Dickeya* spp. from potato (Ignatov et al., 2016), but local population of *Pectobacterium* spp. has never been studied by the molecular methods.

Materials and methods

Bacterial strains were isolated from potato, cabbage, carrot, cucumber, tomato, corn, and sunflower samples collected in Moscow, Saint-Petersburg, Bryansk, Tula, Voronezh, Ekaterinburg, Kaliningrad, Saratov, Krasnodar regions, in North Osetia and Tatarstan. Selection of pectolytic enterobacteria was done on Logan medium with a layer of sodium pectates. Strains were stored at –73ºC after sub-culturing on potato agar. All strains are listed at the Table 1.

Physiologic properties

Basic physiological tests were made according to the Laboratory Guide for Identification of plant pathogenic bacteria (Schaad, et al, 2001).

Автор для переписки: А.Н. Игнатов
E-mail: an.ignatov@gmail.com

Pathogenicity

Virulence of bacteria was evaluated by Hypersensitive Reaction (HR) test on several indicator plants – tobacco (*Nicotiana tabacum* cv Samsun), *Pelargonium* sp., and *Plectranthus* sp. – by infiltration of bacterial suspension with 107 CFU/ml. Pathogenicity of the strains was evaluated on slices of potato tuber, carrot root, and cabbage stem (piles). Plant disks, sterilized by 10% commercial bleach (sodium hypochlorite-based) and rinsed 3 times by sterile water, were inoculated with 0.1 ml of bacterial suspension (5x104 CFU/ml) placed into cut wound made by scalpel across the disk, and incubated at 28ºC at 100% relative humidity. Symptoms were rated at 24 and 48 h according to 5-score scale: 1 – single spots of maceration, 2 – maceration around wound, 3 – maceration of 20% of slice, 4 – maceration of 50% of slice,5 – total maceration of slice surface.

Genetic traits

Bacterial culture was grown on potato agar at 28°C for72 h. DNA was extracted by SDS-CTAB method and purified by Wizard (Promega,USA) technology according to manufacturer recommendations. Genetic diversity of pectolytic enterobacteria was evaluated by sequencing of 1130 bp fragment of *16S rRNA* and 730 bp fragment of subunit A of recombinase gene (*rec A*) (Waleron et al., 2002) for 41 strain identified by biochemical tests as *Pa, Pc* (26) or untypical enterobacteria (15) (Table 2, Fig. 1).

Partial sequence of *16S rRNA* was amplified with primers 123F/1230R, part of gene *recA* was amplified by primers F1 5'-GGT AAA GGG TCT ATC ATG CG–3' and R1 5'– CCT TCA CCA TAC ATA ATT TGG A-3' (Waleron et al., 2002). PCR amplification of genes *16S rRNA* and *rec A* was proceeded in 25 µl of following mix: 1x BioTaq PCR buffer, for 2,5 mM MgCl2, 5 mM dNTPs, 50 ng template DNA, 20 pM of each primer, and 1 U of BioTaq DNA polymerase (Dialat, Russia). Temperature profile of PCR was: 94°C (3 min); 32 cycles of 94°C (1 min), 47°C (1 min), 72°C (2 min); final extension 72°C (7 mn).

PCR products were resolved by electrophoresis in 1,5% agarose gel (6 V/cm) for 2 h, stained with ethidium bromide and documented by BioDoc Analyze (Biometra, Germany). DNA Ladder mix SM1173 and 1kb DNA Ladder GeneRuler (Fermentas, Lithuania) were used as markers. Amplified frag-

Table 1
Strains of pectolytic enterobacteria isolated from potatoes and vegetables in Russia

Strain	Region	Hots plant	Year	Species as identified by biochemical tests
393	Moscow	Potato	1947	*Pa*
2.1, 2.2, 2.3, 2.4	Moscow	Potato	1993	*Pa*
400, 401, 405, 414-416	Moscow	Potato	2001-2003	*Pa*
406, 409	Moscow	Potato	«	*Pc*
420, 423, 428-435	Moscow	Potato	«	*Pc*
440-442, 482-486	Moscow	Potato	«	AT*
505-526	Moscow	Potato	2005	*Pc*
18- 19	Vladimir	Potato	2007	*Pc*
T1- T8	Tula	Potato	2004	*Pc*
1554-1558, B2 R5C, R5C4	Tula	Potato	2007	*Pc*
448-457, 471-480, 492- 493	Kaliningrad	Potato	2001-2003	*Pa*
443,447,477, 489, 490	Kaliningrad	Potato	«	AT
491	Kaliningrad	Potato	«	*Pc*
K4- K8	Kaliningrad	Potato	1991	AT
1K-1 -1K5	Lithuania	Potato	«	AT
1B and 2Б	Voronezh	Potato	2007	*Pc*
1 ,3, 10, 26, 69, 115	Moscow	Cabbage	1977-1979	*Pc*
67, 75, 88, 216, 245, 246, 257, 258, 301	Moscow	Cabbage	1945- 1947	*Pc*
461-464	Moscow	Cabbage	2004	*Pc*
8.6, 8.9, 8.12. 12.4, 24.6, 26.9, 30	Moscow	Carrot	1989	*Pc*
520	Moscow	«	2005	*Pc*
11- 15	Moscow	Cucumber	1992	*Pc*
494-497	Moscow	«	2005	*Pc*
T5	Tatarstan	Tomato	2007	*Pc*
13	Vladimir	«	«	*Pc*
485- 487	Cheljabinsk	«	2004	*Pc*
П1- П7	Belgorod	Sunflower	1991	*Pc*

** Atypical strains, identified as Serratia spp.*

Table 2
Phenotypic traits of 113 strains of pectolytic enterobacteria isolated from potato

Strain	Reduced hydro-carbonates	Maltose	Ethanol	a-methyl glycoside	Hydro-lysisgelatin + 2% sucrose	Species/ group
Pc ATCC15713	-	W	+	-	-	*Pc*
Pa ATCC33260	+	+	-	+	+	*Pa*
393,2.1-2.4, 400,401,405	+	+	-	+	+	*Pa/A*
406,409, 420-435	-	-	+	-	W	*Pc/B*
414-416	+	+	-	+	+	*Pa/A*
440-443, 447, 477, 482-486	-	+	+	-	+w	AT*
448-457, 471-474, 478-480	+	+	-	+	+	*Pa/A*
505-508	-	+/-	+	-	+ w	AT
509-515	+	+	+	+	+	AT
516-526	-	-	+	-	-	*Pc/B*
1554-1558	-	-	+	-	+	*Pc/D*
18,19, T1-T8,491	-	-	+	-	-	*Pc/B*
B1,Б2,R5S, R5S4	-	-	+	-	+	*Pc/D*
K4-K8,1K1- 1K7	+	+	+/-	-	+	AT
489- 490	+	+	+	+	+	*Pa/C*
492- 493	+	+	-	+	+	*Pa/A*

* *Atypical strains, identified as Serratia spp.*

ments were purified by "Wizard" kit (Promega) in 0,8% LMP agarose (Helicon, Russia) and sequenced (12) on ABI 373 (Perkin Elmer, USA) according to the published protocols. Each fragment was sequenced at least twice in both directions.

Data analysis

Primary analysis of DNA sequences was done by NCBI Blast (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov)to select sequences most similar to *Pectobacterium* spp.16S rRNA and *recA* genes.Selected sequences were aligned by CLUSTALW1.75v., and verified manually by BioEdit 7.2.5.(Tom Hall, Ibis Biosciences, USA). Evolutionary history was inferred using the Minimum Evolution method (Rzhetsky and Nei 1992). The percentage of replicate trees in which the associated taxa clustered together in the bootstrap test (1000 replicates) are shown next to the branches (Felsenstein, 1985). The evolutionary distances were computed using the Maximum Composite Likelihood method (Tamura, et al., 2004), and are in the units of the number of base substitutions per site. Evolutionary analyses were conducted in MEGA7 (Kumar et al., 2016).

Results

In total, 164 strains of pectolytic enterobacteria were studied for biochemical and physiologic traits. All strains were gram-negative, motile peritrich, facultative anaerobes. Colonies on potato agar were white, round or oval, smooth, semi-transparent. All strains peptonized Litmus Milk, reduced nitrates, hydrolyzed pectate. They were catalase-positive, oxidase-, urease-, tyrosine-negative, and resistant to 0,05% erythromycin. Difference between the strains was found in production of reduced sugars from sucrose, production of acid from maltose, ethanol, and α-methyl glucoside (Table 2). Strains obtained from potato possessed the highest diversity. They were divided into 4 groups according to reaction with sucrose, maltose, α-methyl glycoside, and ethanol. (Table 3). Strains, identical to reaction of *Pa* type culture were placed into group A. Group C has included 19 strains that differed from *Pa* by forming acid from ethanol butnot – from α-methyl glycoside.

Biotype B included strains similar to *Pc*. Group D included strains differed from *Pc* in acid production from maltose and α-methyl glycoside.Pectolitic enterobacteria isolated from cabbage, cucumber, and sunflower belonged to the group B (*Pc*), while strains from tomato were referred to group C. Further genetic analysis revealed that some bacteria identified as *Pectobacteriumin* preliminary phenotypical tests were similar to the species of the genus *Serratia*. It was reported that only non-pigmented *Serratia* can hydrolyze Tween 80 across the family *Enterobacteriaceae* (Lovell and Bibel, 1977), but all tested strains were negative in this trait.

Pathogenicity

Preliminary evaluation of bacterial virulence/pathogeniciy has been done on the indicator plants by HR test. Strains, positive at least on one indicator plant were tested for pathogenicity on slices of potato, carrot, and cabbage stem. All studied strains were highly aggressive with respect to original host plants, but reaction to others plants was different. Type cultures of *Pc* and *Pa*, isolated from potato caused soft rot of potato slices in 48h,while atypical strains (biotype C and D) were less aggressive. Strains of *Pc* from cabbage were most aggressive on all plants, andstrains from carrot wereleast aggressive (Table 4).

Table 3
Phenotypic traits of 51 strains of pectolytic enterobacteria isolated from cabbage, tomato, cucumber, carrot, corn, and sunflower

Strain	Reduced hydro-car-bonates	Maltose	Ethanol	a-methyl glycoside	Gelatin+ 2% sucrose	Group
Cabbage						
1,3,10,26,67	-	-	+	-	-	C
69, 75, 88,115	-	-	+	-	-	C
216, 245, 246, 257, 258, 301	-	-	+	-	-	C
461-464	-	-	+	-	-	C
Carrot						
8.6, 8.9, 8.12. 12.4,24.6, 26.9, 30	+	+	-	-	-	A
520	-	-	+	-	-	C
Cucumber						
494-497	-	-	+	-	+w	C
Tomato						
T5, 13	-	-	+	-	+	C
498- 501, 485-487	+	+	-	+	+	A
502-504	-	+-	+	-	+	C
Onion						
7	-	-	+	-	+w	C
Corn						
201- 204	+	+	-	+	-	B
Sunflower						
P1-P5	-	-	+	-	+	C

Genetic properties of *Pectobacterium*-like strains

Sequence analysis for *16S rRNA* fragment has confirmed that 26 strains identified by biochemical traits as *Pc* and *Pa* belonged to genus *Pectobacterium*, *P. carotovorum* complex with 99% similarity (data not shown). Despite the biochemical reaction, *Pa* strains could not be confirmed by either *16S rRNA* or *recA* gene sequence analysis. However, 16 strains of atypical bacteria (Table 1) were placed together with homologous fragments of *Serratia plymuthica* (12 strains) and *S. proteomaculans* (3 strains). PCR amplification and sequencing of *recA* gene in pectolityc strains yieldedsimilar results: 26 strains of *P. carotovorum* and 15 strains of *Serratia* spp. revealed an expected ~730 bp fragment (Waleron et al., 2002). Fragments were sequenced, and all were homologous to *recA* gene. According to the sequence analysis, all the strains were divided into 3 groups (Fig. 1): 1st group was similar to type strains of *Pc*, 2nd and 3rd groups were similar to *S. plymuthica* (12 strains) and *S. proteomaculans* (3 strains). So far, it the first description for strains of these two *Serratia* pathogenic for potato, although, *S. plymuthicais* known as pathogen of onion plants (Kowalska et al., 2011).

Phenetic and phylogenetic analysis of pectolotic enterobacteria obtained from potato in Russia showed a consistent relationship among these strains that reflected the accepted species *Pectobacterium carotovorum* and taxonomic groups of *Serratia plymuthica* and *S. proteomaculans* similar in pathogenicity and symptoms caused on infected plants. Comparison of *16S rRNA* and *recA* sequences of the strains from different groups clearly revealed intragroup homology and intergroup heterogeneity of DNA. Phylogenetic analyses of alignment of the sequenced strains and the GeneBank accessions (Fig.1) related to *Pectobacterium* spp. revealed that strains of 1stgroup formed a discrete monophyletic cluster as a sister branch to *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*. Despite the physiologic similarity, none of *recA* sequences of the studied *Pc* strains was similar to main group of *Pa*, although they were similar to one recA sequence strain Eca-IM0701 from China. Most of *Serratia plymuthica* and *S. proteomaculans* strains came with samples from Kaliningrad region at most western part of Russian Federation, and may have relation to the out-break of soft rot disease caused by the *Serratia pathogens* on onions in Poland (Kowalska et al., 2011).

Acknowledgements

This project was supported by the Russian Science Foundation grant # 16-16-00073.

References

Alarcon B, Gorris MT, Cambra M, Lopes MM. Serological characterization of potato isolates of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* and subsp. *carotovora* us-

Table 4
Aggressiveness of enterobacteria isolated from potato and vegetables on three host plants (slice inoculation)

Original host plant, strain	Inoculated plant:			
	Potato	Carrot	Cabbage	Average
Potato				
2.1-2.4, 400, 405, 428-435, 1554-1558	4,0	4,0	3,0	3,7
440, 441, 442, 482, 483, 484, 485, 486, 447, 443	3,3	2,1	2,0	2,47
Cabbage				
67, 75, 88, 115	4,2	4,3	4,9	4,47
Carrot				
8.6, 8.9, 8.12, 24.6	2,2	4,7	2,0	2,97
30	4,0	4,8	4,0	4,27
Cucumber				
404-407	4,1	3,7	2,2	3,3
Sunflower				
P1-P5	4,4	2,2	3,5	3,7
Average	3,74	3,68	3,09	3,55
LSD_{95}	0,7	0,9	0,85	-

ing polyclonal and monoclonal antibodies // J.App. Bacteriology. – 1995. – Vol.79. – P592-602.

Annie G, Regine S, Elizabeth A, Patrick AD. *Erwinia carotovora* spp. odorifera subsp. nov., associated with odorus soft rot of chicory (Cichorus intubus L.) // Int.J. Syst. Bacteriology. – 1992. – Vol.42. – P582-588.

Chatterjee AY, Liu Y, Chatterjee AK. Nucleotide sequence of pectate lyase structural gene, pel 1 of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* strain 71 and relationship of pel 1 with other pel genes of *Erwinia* species // MPMI. – 1995. – Vol.8(1). – P 92-95.

Darrasse A, Priou S, Kotoujansky A, Bertheau Y. PCR and restriction fragment length polymorphism of a pel gene as a tool to identify *Erwinia carotovora* in relation to potato diseases // Appl. Environ. Microbioology. – 1994. – Vol.60. – P. 1437- 1443.

De Boer SH, Verdonck L, Vruggink H, Harju R, Bang O, De Ley J. Serological and biochemical variation among potato strains of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* and their taxonomic relationship to other *E. carotovora* strains // J. Appl. Bacteriology. – 1987. Vol. – 63. – P. 487 –495.

Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap// Evolution. – 1985. – Vol.39. – P. 783-791.

Gardan L, Gouy C, Christen R, Samson R. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavasculorum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2003.– Vol.53. – P. 381-391.

Goto M, Matsumoto K. *Erwinia carotovora* ssp. *wasabia* subsp. nov. isolated from diseased rhizomes and fibrous roots of Japanense horseradish (*Eutrema wasabi* Maxim.).// Int. J. System. Bacteriol. – 1987. – Vol. 37. – P. 130-135.

Helias V, Roux AL, Bertheau Y, Andrivon D, Gauthier J, Jouan B. Characterization *Erwinia carotovora* subspecies and detection of *Erwinia carotovora* spp. *atroseptica* in potato plants, soil and water extract with PCR-based methods // Eur. J. Plant Pathology. – 1998. – V.104. – P. 685- 699.

Ignatov AN, Khodykina MV, Dzhalilov FS, Karlov AN, Karandashov VE, Shirshikov FV, Miroshnikov KA Emergence and spreading of *Dickeya solani* & *D. dianthicola* on potato in Russia, and search for control measures //Proceedings of 14th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology, Saint-Petersburg, 6-9 Nov. 2016.

Kowalska B, Smolińska U, Oskiera M. First report of *Serratia plymuthica* causing onion bulb rot in Poland. Pol. J. Microbiol. –2011. – Vol.60(1). – P. 85-87.

Kumar S., Steche G, Tamura K. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets //Molecular Biology and Evolution. – 2016. – Vol.33. – P. 1870-1874.

Lovell DJ, Bibel DJ. Tween 80 medium for differentiating nonpigmented Serratia from other Enterobacteriaceae// J. Clinical Microb. – 1977. – Vol. 5. – P 245 –247.

Nabahn S, De Boer SH, Maiss E,Wydra K. Pectobacterium aroidearum sp. nov., a soft rot pathogen with preference for monocotyledonous plants // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2013. – Vol.63. – P 2520-2525.

Perombelon MCM, Kelman A. Ecology of the soft–rot erwinias // Ann. Rev. Phytopathology. – 1980. – Vol. 18. – P. 361-387.

Rzhetsky A, Nei M. A simple method for estimating and testing minimum evolution trees// Molecular Biology and Evolution. – 1992. – Vol.9. – P 945-967.

Schaad NW, Jones JB, Chun W. Laboratory Guide for identification of plant pathogenic bacteria. ARS Press Stm Paul, MN . 3-rd edition. 2000.

Seo ST, Furuya N, Lim CK,Takanami Y, Tsuchiya K. Phenotypic and genetic diversity of *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* strains from Asia // J. Phytopathology. – 2002. – Vol.150. – P. 120-127.

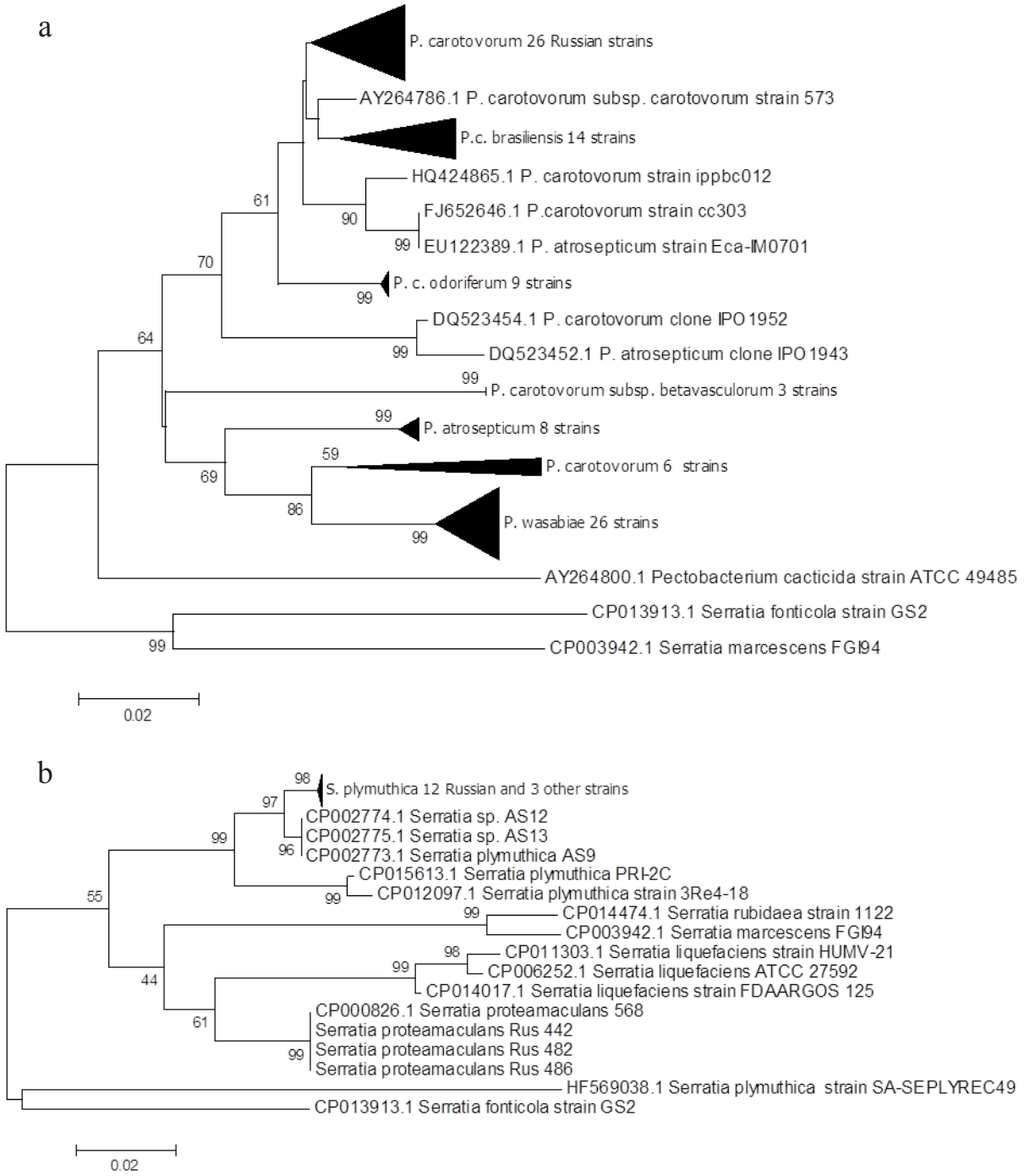

Fig 1. Evolutionary relationships of *recA* gene of pectolitic enterobacteria: a) 100 sequences of *Pectobacterium* spp., and b) 31 sequences of *Serratia* spp. There were a total of 388 nucleotide positions in the final dataset.

Smith C, Bartz JA. Variation in pathogenicity and aggressiveness of strains *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* isolated from different hosts// Plant disease. – 1990. – Vol. 74. – P 505-509.

Stanghellini ME, Meneley JC. Identification of soft–rot *Erwinia* associated with blackleg of potato in Arizona // Phytopathology. – 1975. – Vol. 65. – P. 86-87.

Tamura K, Nei M, Kumar S. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method // Proceedings of the National Academy of Sciences (USA). – 2004. – Vol.101. – P. 11030-11035.

Tanii A. Studies on the black leg disease of potato in Hokkaido //Hokkaido Pref. Agric. Exp. Station. – 1984. – Vol. 45. – P. 104.

Waleron M, Waleron K, Podhajska A J, Lojkowska E. Genotyping of bacteria belonging to the former *Erwinia* genus by PCR-RFLP analysis of a recA gene fragment// Microbiology. – 2002. – Vol.148. – P. 583-595.

Генетическое разнообразие пектолитических энтеробактерий, выделяемых из картофеля и овощных культур в России

М.В. Ходыкина[1],Во Тхи Нгок Ха[1], А.П. Кабанова[2], К.А, Мирошников[2], В.А. Политыко[3], Е.Ш. Пехтерева[3], Н.В. Шаад[5], А.Н. Игнатов[1,4]

1 - ИЦ «ФитоИнженерия» ООО, Московская обл.;
2 - Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва;
3 - Всероссийский НИИ фитопатологии, Б. Вяземы,Московская область, Россия;
4 - Российский Университет Дружбы Народов, Москва;
5 - Министерство сельского хозяйства, Форт-Детрик, США

Аннотация

Наряду с другими фитопатогенными бактериями семейства Entarobacteriaceae, возбудители черной ножки и мягкой гнили Pectobacterium (Erwinia) atrosepticum и P. carotovorum являются опасными бактериальными возбудителями болезней картофеля и овощных сельскохозяйственных культур во многих странах мира. Российская популяция возбудителей мягких гнилей изучена недостаточно. Обычно в нашей стране отмечают возбудителей из рода Pectobacterium, так как бактерии рода Dickeya (Erwinia chrysanthemi) требуют для своего развития более высоких температур. Потери урожая от этих болезней колеблются в зависимости от регионов и климатических условий от 10 до 40%. Нами были проанализированы более 200 образцов картофеля и овощных культур на присутствие возбудителей мягких гнилей. Обследования были проведены в ряде областей центрально-европейской части России, Краснодарском крае, Татарстане и Северной Осетии – Алании. Выделенные бактерии принадлежали родам Pectobacterium (75% изолятов), Serratia (~10%), и Dickeya (~15%). При этом штаммы, выделенные в 2001-2008 гг, принадлежали только роду Pectobacterium (75%) или Serratia (~25%). В данной работе кратко описаны физиологическое и генетическое разнообразие изолятов, выделенных в России, и принадлежащих P. carotovorum или Serratia spp.

Ключевые слова: Pectobacterium, Serratia, мягкая гниль,картофель, генетическое разнообразие

Влияние обработки клубней регуляторами роста на пораженность вирусными болезнями и урожайность семенного картофеля

А.В. Николаев, Г.Е. Черемин, И.Г. Любимская, С.С. Кузнецов, О.П. Прокофьева

ФГБНУ «Костромской НИИ сельского хозяйства», 156543, Россия, Костромская обл., Костромской р-н, с.Минское, ул.Куколевского, 18

Аннотация

В 2014-2015 гг. в «Костромском НИИСХ» проведено изучение эффективности обработки клубней перспективными регуляторами роста при выращивании семенного картофеля в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Существенное увеличение числа стеблей на куст на сорте картофеля Удача было отмечено при обработке клубней препаратами Артафит, Зеромикс, Прорастин, Циркон и Эпин-Экстра, на сорте Скарб - препаратами Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Циркон, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 0,4-0,7 шт/куст). На сортах картофеля Удача и Скарб обработка клубней перед посадкой регуляторами роста Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Прорастин, Циркон, Экогель, Экстрасол и Эпин-Экстра уменьшила общее количество пораженных вирусными болезнями растений в 1,5-2,5 раза. В наибольшей степени снижение пораженности растений вирусными болезнями на сорте Удача было отмечено на вариантах с применением регуляторов роста Прорастин, Артафит и Эпин-Экстра (в 2,3-2,5 раза), на сорте Скарб - регуляторов роста Артафит, Экогель, Прорастин и Мивал-Агро (в 2,1-2,5 раза). При обработке клубней перед посадкой наибольшее увеличение урожайности семенного картофеля по сравнению с контролем на сорте Удача обеспечили препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Прорастин, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 3,8-10,1 т/га или 13,5-36,0%), на сорте Скарб – препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 2,5-5,1 т/га или 9,7-19,8%). Из всех изученных препаратов в оба года исследований на обоих сортах существенные прибавки урожайности обеспечили три регулятора роста – Альбит, Зеромикс и Эпин-Экстра. Регулятор роста Мивал-Агро показал индивидуальный избирательный характер действия - в оба года исследований на сорте Удача этот препарат был существенно эффективен, а на сорте Скарб он не показал достоверного увеличения урожайности по сравнению с контролем.

Ключевые слова: *картофель, семеноводство, регулятор роста, обработка клубней, вирусные болезни, урожайность.*

Введение

В семеноводстве картофеля одной из важнейших задач является увеличение коэффициента размножения культуры, который можно повысить различными агроприемами (Жукова и др., 2003). Достаточно перспективным приемом в семеноводстве картофеля является предпосадочная обработка клубней регуляторами роста, которые стимулируют рост и развитие картофеля, повышают устойчивость растений к заболеваниям и стрессовым факторам, увеличивают урожайность картофеля, повышают качество клубней. Вместе с тем регуляторы роста, как правило, имеют низкий класс опасности, что важно с точки зрения экологии окружающей среды.

Эффективность регуляторов роста на картофеле изучалась разными учеными в различных почвенно-климатических условиях на разных сортах. Например, предпосадочная обработка клубней препаратами Вэрва и ЭГ-торф (электрогидравлически обработанный торф) в условиях Республики Коми увеличила урожайность сорта Невский на 29-36% при ранней уборке и на 26-32% при окончательной уборке (Чеботарев и др., 2012).

Применение в условиях Липецкой области регуляторов роста Экопин и Новосил повысило урожайность картофеля сорта Невский на 25-27% (Бутов, Адоньев, 2015).

Использование препаратов Байкал ЭМ 1, Эпин-Экстра и Гумат 7 + Фитоспорин в условиях Астраханской области увеличило урожайность картофеля сорта Эффект на 7-18%, сорта Ильинский - на 22-28% (Щербакова, 2013). Обработка клубней и растений медьсодержащими регуляторами роста Купрокетан и Купробисан была достаточно эффективной в семеноводстве картофеля в условиях Среднего Поволжья, существенно повысив коэффициент размножения этой культуры (Николаев, 2000).

Таким образом, сорта по-разному реагируют в конкретных условиях возделывания на различные регуляторы роста, поэтому изучение эффективности применения фиторегуляторов в разных регионах России является актуальной задачей современного картофелеводства и имеет большую практическую значимость.

Автор для переписки: А.В. Николаев
E-mail: nikolaev7344@gmail.com

Таблица 1
Результаты визуальной оценки пораженности растений вирусными болезнями (среднее за 2014-2015 гг.), %

Вариант	Всего	В том числе:					
		крапчатость	обыкновенная мозаика	закручивание листьев	полосчатая мозаика	морщинистая мозаика	скручивание листьев
Сорт Удача							
1.Контроль	5,8	4,5	0	1,3	0	0	0
2.Альбит	3,8	3	0	0,8	0	0	0
3.Артафит	2,5	2,5	0	0	0	0	0
4.Зеромикс	3	2	0	1	0	0	0
5.Мивал-Агро	3,8	2,8	0	1	0	0	0
6.Прорастин	2,3	1,3	0	1	0	0	0
7.Циркон	3,3	2,3	0	1	0	0	0
8.Экогель	3,8	2,5	0	1,3	0	0	0
9.Экстрасол	3,6	3,3	0	0,3	0	0	0
10.Эпин-Экстра	2,5	2	0	0,5	0	0	0
Сорт Скарб							
1.Контроль	6,3	0,5	0	5,8	0	0	0
2.Альбит	3,3	0,5	0	2,8	0	0	0
3.Артафит	2,5	0,5	0	2	0	0	0
4.Зеромикс	4	0,5	0	3,5	0	0	0
5.Мивал-Агро	3	0	0	3	0	0	0
6.Прорастин	2,8	0,5	0	2,3	0	0	0
7.Циркон	3,6	0,8	0	2,8	0	0	0
8.Экогель	2,5	0,5	0	2	0	0	0
9.Экстрасол	3,8	1	0	2,8	0	0	0
10.Эпин-Экстра	3,3	0,5	0	2,8	0	0	0

Большинство выбранных для исследований регуляторов роста ранее показали определенную эффективность при применении на семенном картофеле путем опрыскивания растений в период вегетации (Николаев и др., 2015).

Целью настоящих исследований было изучение эффективности предпосадочной обработки клубней перспективными регуляторами роста на семенном картофеле в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России.

Материалы и методы

В ФГБНУ «Костромской НИИСХ» в 2014-2015 годах было проведено изучение эффективности предпосадочной обработки клубней перспективными для условий Северо-Востока Нечерноземной зоны России регуляторами роста при выращивании семенного картофеля.

Препараты Альбит (применялся в дозе из расчета 0,1 л/т), Артафит (0,15 л/т), Зеромикс (0,33 л/т, в готовый раствор добавлялся адъювант из расчета 1 мл на 1 л рабочей жидкости), Мивал-Агро (0,002 кг/т), Циркон (0,005 л/т), Экогель (2,5 л/т), Экстрасол (1 л/т) и Эпин-Экстра (0,02 л/т) включены в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2016 год», а препарат Прорастин (0,33 л/т) в настоящее время проходит госрегистрацию.

Альбит – антистрессант, обладающий свойствами регулятора роста и фунгицида. Артафит - полимерный препарат, регулятор роста, адаптоген, антистрессант с бактерицидным и фунгицидным эффектами. Зеромикс - регулятор роста со стимулирующими свойствами, содержит в своём составе соединения серебра и шесть микроэлементов. Мивал-Агро - кремнийорганический биостимулятор, проявляет свойства криопротектора и адаптогена. Полистин - высокоэффективный экологически чистый биоорганический препарат, сочетающий питательные, стимулирующие и защитные свойства. Циркон - иммуномодулятор, корнеобразователь, индуктор цветения - препарат широкого спектра действия, обладает сильным фунгицидным и антистрессовым действием. Экогель - регулирует рост растений, индуцирует их иммунитет, антистрессант. Экстрасол - препарат на основе ризосферных, азотфиксирующих бактерий, предназначенный для улучшения питания различных культур, стимуляции их развития, а также повышения их устойчивости к болезням и урожайности. Эпин-Экстра представляет собой регулятор роста и развития растений с ярко выраженным антистрессовым и адаптогенным действием.

Препараты применяли путем намачивания клубней в течение 8-10 секунд в растворах фиторегуляторов за две недели до посадки с последующим их просушиванием в темном месте.

Исследования проводили в полевом севообороте ОАО «Минское» Костромского района Костромской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой среднеокультуренной почве согласно «Методики исследований по культуре картофеля» (1967) и «Методики полевого опыта» (Доспехов, 1985). Пахотный слой почвы характеризовался следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,33%, pH солевой вытяжки – 5,33, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 296 мг и обменного калия (по Кирсанову) – 196 мг на 1 кг почвы.

Агротехника картофеля – общепринятая в Костромской области. Общая площадь делянки - 36,4 м2, повторность – четырехкратная, схема посадки 70х26 см.

Метеорологические условия в 2014 году характеризовались небольшим дефицитом влаги в почве в период от бутонизации до цветения растений, а также повышенными температурами воздуха практически на протяжении всего периода вегетации картофеля, в 2015 году - избытком влаги в почве в период от всходов до удаления ботвы, а также пониженными температурами воздуха в период от всходов до удаления ботвы картофеля.

Результаты и обсуждение

Биометрические измерения показали, что в среднем за два года на сорте Удача существенное увеличение числа стеблей на куст было отмечено при обработке клубней препаратами Артафит, Зеромикс, Прорастин, Циркон и Эпин-Экстра (на 0,4-0,7 шт/куст к контролю).

На сорте Скарб в среднем за годы исследований достоверное увеличение числа стеблей на куст было отмечено при обработке клубней регуляторами роста Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Циркон, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 0,4-0,7 шт/куст к контролю).

Визуальная оценка пораженности растений сорта Удача вирусными болезнями показала, что применение всех изученных регуляторов роста для предпосадочной обработки клубней снижала проявление симптомов крапчатости в 1,5-3,4 раза к контрольному варианту (таблица 1). В наибольшей степени снижение пораженности крапчатостью было

Таблица 2
Влияние обработки клубней регуляторами роста на урожайность картофеля, т/га

Вариант	Урожайность			
	2014	2015	В среднем	
			т/га	% к контролю
Сорт Удача				
1.Контроль	24,8	31,3	28,0	100,0
2. Альбит	32,8	42,8	37,8	135,0
3. Артафит	33,2	41,9	37,5	133,9
4.Зеромикс	33,1	36,4	34,7	123,9
5.Мивал-Агро	32,8	34,6	33,7	120,3
6.Прорастин	30,8	32,8	31,8	113,5
7.Циркон	26,9	34,4	30,6	109,2
8.Экогель	24,7	33,8	29,2	104,2
9.Экстрасол	26,3	40,7	33,5	119,6
10.Эпин-Экстра	32,8	43,4	38,1	136,0
$НСР_{05}$	2,5	3,0		
Сорт Скарб				
11.Контроль	31,5	20,0	25,7	100,0
12. Альбит	36,2	23,1	29,6	115,1
13. Артафит	30,9	25,5	28,2	109,7
14.Зеромикс	34,9	26,7	30,8	119,8
15.Мивал-Агро	29,3	21,4	25,3	98,4
16. Прорастин	30,1	24,5	27,3	106,2
17.Циркон	29,6	22,9	26,2	101,9
18.Экогель	31,8	19,0	25,4	98,8
19.Экстрасол	34,5	21,9	28,2	109,7
20.Эпин-Экстра	38,0	21,9	29,9	116,3
$НСР_{05}$	3,0	1,8		

отмечено на вариантах с применением препаратов Прорастин, Зеромикс, Эпин-Экстра и Циркон (в два раза и более).

Применение препаратов Экстрасол, Эпин-Экстра и Альбит снижало проявление симптомов закручивания листьев у сорта Удача в 1,6-4,3 раза, а при использовании препарата Артафит симптомы данного заболевания отсутствовали.

Общее количество пораженных вирусными болезнями растений у сорта Удача снизилось при обработке клубней всеми изучаемыми препаратами в 1,5-2,5 раза. В наибольшей степени это снижение было отмечено на вариантах с применением регуляторов роста Прорастин, Артафит и Эпин-Экстра (в 2,3-2,5 раза).

Учет пораженности растений сорта Скарб вирусными заболеваниями показал, что применение большинства изученных регуляторов роста для предпосадочной обработки клубней не оказало значительного влияния на проявление симптомов крапчатости (таблица 1). На варианте с применением препарата Мивал-Агро симптомов данного заболевания отмечено не было.

Применение всех изученных препаратов снижало проявление симптомов закручивания листьев у сорта Скарб в 1,6-2,9 раза.

При обработке клубней всеми изучаемыми препаратами общее количество пораженных вирусными болезнями растений у сорта Скарб снизилось в 1,5-2,5 раза. В наибольшей степени это снижение было отмечено на вариантах с применением регуляторов роста Артафит, Экогель, Прорастин и Мивал-Агро (в 2,1-2,5 раза).

Итак, предпосадочная обработка клубней фиторегуляторами снижала проявление симптомов вирусных болезней у сорта Удача преимущественно за счет крапчатости, у сорта Скарб – в основном за счет закручивания листьев.

Следует отметить, что на растениях обоих сортов не было отмечено симптомов таких заболеваний, как обыкновенная мозаика, полосчатая мозаика, морщинистая мозаика и скручивание листьев.

В 2014 году существенное увеличение урожайности семенных клубней на сорте Удача обеспечило применение препаратов Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Прорастин и Эпин-Экстра (на 24,1-33,8% к контролю), на сорте Скарб – препаратов Альбит, Зеромикс, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 9,5-20,6% к контролю) (таблица 2).

В условиях 2015 года урожайность картофеля достоверно возросла при использовании на сорте Удача фиторегуляторов Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Циркон, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 9,9-38,6% к контролю), на сорте Скарб – фиторегуляторов Альбит, Артафит, Зеромикс, Прорастин, Циркон, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 9,5-33,5% к контролю).

В среднем за два года, наибольшее увеличение урожайности по сравнению с контролем на сорте Удача обеспечили препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Прорастин, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 3,8-10,1 т/га или 13,5-36,0%), на сорте Скарб – препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 2,5-5,1 т/га или 9,7-19,8%).

Из всех изученных препаратов в оба года исследований на обоих сортах существенные прибавки урожайности обеспечили три регулятора роста – Альбит, Зеромикс и Эпин-Экстра.

Индивидуальный избирательный характер действия регуляторов роста можно показать на примере препарата Мивал-Агро – на сорте Удача этот регулятор роста в оба года исследований был существенно эффективен по сравнению с контролем, на сорте Скарб этот препарат не показал достоверного увеличения урожайности по сравнению с контролем как в 2014 году, так и в 2015 году.

Заключение

В среднем за годы исследований в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России существенное увеличение числа стеблей на куст на сорте картофеля Удача было отмечено при обработке клубней препаратами Артафит, Зеромикс, Прорастин, Циркон и Эпин-Экстра, на сорте Скарб - препаратами Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Циркон, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 0,4-0,7 шт/куст).

На обоих сортах предпосадочная обработка клубней всеми изучаемыми препаратами снизила общее количество пораженных вирусными болезнями растений в 1,5-2,5 раза. В наибольшей степени это снижение на сорте Удача было отмечено на вариантах с применением препаратов Прорастин, Артафит и Эпин-Экстра (в 2,3-2,5 раза), на сорте Скарб - препаратов Артафит, Экогель, Прорастин и Мивал-Агро (в 2,1-2,5 раза). Предпосадочная обработка клубней фиторегуляторами снижала проявление симптомов вирусных болезней у сорта Удача преимущественно за счет крапчатости, у сорта Скарб – в основном за счет закручивания листьев.

При обработке клубней перед посадкой наибольшее увеличение урожайности семенного картофеля по сравнению с контролем на сорте Удача обеспечили препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Прорастин, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 3,8-10,1 т/га или 13,5-36,0%), на сорте Скарб – препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Экстрасол и Эпин-Экстра (на 2,5-5,1 т/га или 9,7-19,8%). Из всех изученных препаратов в оба года исследований на обоих сортах существенное увеличение урожайности обеспечили три фиторегулятора – Альбит, Зеромикс и Эпин-Экстра.

Список цитированной литературы

Бутов А.В., Адоньев С.О. Регуляторы роста на картофеле // Картофель и овощи. – 2015. – №5. – С.29-30.

Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2016 год. Справочник. - М.: изд-во «Агрорус», 2016. – 615 с.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: «Агропромиздат», 1985. – 351 с.

Жукова О.Н., Николаев А.В., Анисимов Б.В. Влияние комплекса агроприемов на урожай и выход семенных клубней // Картофель и овощи. – 2003. – №6. – С. 24.

Методика исследований по культуре картофеля. – М., 1967. – 263 с.

Николаев А.В. Влияние фиторегуляторов на урожай, количественный выход и качество семенного картофеля в условиях Среднего Поволжья // Дисс… канд.с.-х.наук. – М., 2000. - 172 с.

Николаев А.В., Черемин Г.Е., Любимская И.Г. Влияние фиторегуляторов на устойчивость к фитофторозу и альтернариозу и урожайность семенного картофеля в условиях Костромской области // Защита картофеля. – 2015. – №2. – С.17-21.

Чеботарев Н.Т., Бубнова В.Н., Тулинов А.Г. Биопрепараты повышают урожай // Картофель и овощи. – 2012. – №2. – С.13-14.

Щербакова Н.А. Регуляторы роста на картофеле в Нижнем Поволжье // Картофель и овощи. – 2013.– №10. – С.21-22.

The effect of tubers treatment with growth regulators on the virus infestation and yield of seed potatoes

A.V. Nikolaev, G.E. Cheremin, I.G. Lubimskaya, S.S. Kuznezov, O.P. Prokofieva

Federal state scientific institution «Kostroma scientific and research institute for agriculture», 156543, Russia, Kostroma area, Kostroma district, Minskoe village, Kukolevskogo str., 18.

Abstract

The study of the efficacy of potato tubers treatment with growth regulators was conducted in 2014-2015 in «Kostroma scientific and research institute for agriculture». Institute's fields are situated in the North-East of non-Chernozem zone of Russia on sod-podzolic middle-loamy soil. A significant increase in the number of stems per plant was noted after treatment of tubers with growth regulators Artafit, Zeromix, Prorastin, Zirkon and Epin-Extra (variety Udacha), or Albit, Artafit, Zeromix, Mival-Agro, Zirkon, Extrasol and Epin-Extra (v. Skarb). On both varieties treatment of tubers before planting with growth regulators Albit, Artafit, Zeromix, Mival-Agro, Prorastin, Zirkon, Ecogel, Extrasol and Epin-Extra have reduced the total number of affected viral diseases of plants in 1,5-2,5 times. The greatest reduction of plant infestation with viral diseases on the variety Udacha was observed on variants with treatment of tubers with growth regulators Prorastin, Artafit and Epin-Extra (2,3-2,5 times), on a variety Skarb - Artafit, Ecogel, Prorastin and Mival-Agro (2,1-2,5 times). The greatest increase in yield of seed potatoes in comparison with the control on the variety Udacha provided preparations Albit, Artafit, Zeromix, Mival-Agro, Prorastin, Extrasol and Epin-Extra (3,8-10,1 t/ha, or 13,5-36,0%), on variety Skarb – Albit, Artafit, Zeromix, Extrasol and Epin-Extra (2,5-5,1 t/ha, or 9,7-19,8%). In both years of studies on both varieties, a significant increase of productivity provided three growth regulator – Albit, Zeromix and Epin-Extra. Growth regulator Mival-Agro showed individual selective actions - in both years of research on the variety Udacha was significantly effective, but on variety Skarb it has not shown a significant increase in yield compared to control.

Keywords: *potatoes, seed production, growth regulator, treatment of tubers, viral diseases, productivity*

Эффективность применения инсектицидов на посадках картофеля в борьбе с проволочниками в условиях Республики Башкортостан

Р.К. Вахитова[1], Н.В. Файзуллина[2]

1 - Башкирский ГАУ, 450001, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.50-летия Октября, 34.

2 - ИП КФХ Рощупкин Г.М.

Аннотация

В статье приводятся результаты полевых исследований эффективности инсектицидов в борьбе с проволочниками на картофеле в условиях Республики Башкортостан. Установлено, что наиболее эффективная защита клубней картофеля обеспечивается при внесении инсектицида Табу в бороздки перед посадкой: поврежденность составила 3,6%, что в 4,2 раза ниже контроля. Наиболее высокий урожай картофеля (25,60 т/га), отвечающий требованиям и нормам ГОСТ Р 51808-2013, получен при обработке инсектицидами в сравнении с контрольным вариантом (21,01 т/га).

Ключевые слова: *картофель, повреждаемость клубней, проволочник, инсектицид, Форс, Табу, Провотокс*

Республика Башкортостан относится к одному из крупных регионов по возделыванию картофеля в стране, но достигнутый уровень урожайности остаются низкими. В среднем за последние 6 лет урожайность составляла в пределах 11,8 - 12,0 т/га. При этом 50–60% урожая могут повреждаться вредителями – проволочниками, что приводит к прямым и косвенным потерям. Высокая численность в почве личинок щелкунов могут быть следствием того, что практически повсеместно производство картофеля сосредоточено в частном секторе, где она возделывается как монокультура (Технология..., 2014).

Опыты проводились на сорте картофеля Розара в условиях Фёдоровского района расположенного на юго-западе Республики Башкортостан по следующей схеме:

1. Контроль (без применения пестицидов);
2. Табу, 50% ВСК – 0,3 л/га (опрыскивание дна борозды во время посадки);
3. Провотокс, 4% Г – 40 кг /га (внесение в почву перед посадкой);
4. Форс, 1,5% Г – 10 кг/га (внесение в почву перед посадкой).

Перед закладкой опыта, предварительно были поведены учеты численности почвенных вредителей.

Среди обнаруженных видов 84% принадлежит к роду и Agriotes (Щелкун посевной) и 10% - Selatosomus (Щелкун широкий) и 6% были не идентифицированы.

Личинки были разных величин, что говорит о различном их возрасте, который нами не был определен. Наиболее серьезные повреждения наносятся личинками старших возрастов (Богомаз, Богомаз 2007).

В течение вегетационного периода проводили наблюдения за всходами и другими фенологическими фазами культуры с целью выявления негативного влияние химических препаратов на рост и развитие самих растений (таблица 1).

В начальный период в контрольном варианте всхожесть клубней была выше относительно опытных вариантов. На 35-е сутки показатель всхожести в вариантах выровнялось.

Визуально, резких отличий по фазам развития между вариантами не наблюдали. Уборка всех вариантов опыта была проведена в один день, в период естественного отмирания ботвы.

Урожайность определялась по каждому варианту, что представлено в таблице 2.

При выкапывании картофеля по крупности и количеству клубней с куста явных визуальных различии не отмечено. После фактического определения урожайности, выявили, что в варианте с обработкой Табу урожайность выше контрольного варианта на 0,9 т/га.

При проведении клубневого анализа на поврежденность проволочниками выявлена различная степень по вариантам (таблица 3).

В контрольном варианте поврежденность составила 15,66% – интенсивность повреждения высокая; в опытных вариантах процент поврежденных не превысила 5,30, при этом степень повреждения ниже среднего.

Препарат Табу в наших опытах обладал более высокой биологической эффективностью в защите клубней от проволочников – 76,6%. Эффективность

Автор для переписки: Р.К. Вахитова
E-mail: varika80@inbox.ru

Таблица 1
Динамика всхожести культуры в зависимости от внесения в бороздки химических препаратов, % (2014 г.)

Вариант	После посева			
	15 дней	20 дней	30 дней	35 дней
Контроль	0,5	1,2	89,5	96,7
Табу, 50% ВСК	0	1,0	87,4	95,5
Провотокс, 4% Г	0	0,9	85,9	95,5
Форс, 1,5% Г	0	0,9	86,3	96,4

Таблица 2
Структура урожайности и урожайность картофеля в опыте (в среднем за 2014-2105 гг.)

Вариант	Количество, шт.		Вес клубней с 1 куста, кг	Урожайность, т/га
	кустов на 1 м^2	клубней с 1 куста		
Контроль	3,7	4,95	0,83	30,7
Табу, 50% ВСК	3,6	5,35	0,88	31,6
Провотокс, 4% Г	3,8	4,25	0,79	30,0
Форс, 1,5% Г	3,6	5,7	0,87	31,3
$НСР_{05}$	0,4			

Таблица 3
Поврежденность клубней картофеля проволочниками в зависимости от применяемых химических препаратов (в среднем за 2014-2015 гг.)

Вариант	Учетное количество клубней, шт.	Количество поврежденных клубней	
		шт. (2014/2015)	% (в среднем)
Контроль	300	47	15,66
Табу, 50% ВСК	300	11	3,66
Провотокс, 4% Г	300	16	5,30
Форс, 1,5% Г	300	13	4,33

Таблица 4
Урожайность картофеля товарной партии, т/га (в среднем 2014-2015 гг.)

Вариант	Урожайность общая, т/га	Потери от проволочников, %	Мелкие клубни, %	Урожайность товарной партии, т/га
Контроль	30,7	15,66	15,9	21,01
Табу, 50% ВСК	31,6	3,66	15,3	25,60
Провотокс, 4% Г	30,0	5,30	14,6	24,03
Форс, 1,5% Г	31,3	4,33	14,4	25,43

Таблица 5
Сохранность поврежденных и здоровых клубней к весне, %

Вариант	Клубни		
	сохранились здоровыми	поражены сухой гнилью	поражены мокрой гнилью
Поврежденные клубни	53,5	33,3	13,2
Неповрежденные клубни	83,4	11,3	5,3

инсектицида Форс уступила незначительно, составила 72,3%.

Продовольственный картофель, предназначенный для реализации в розничной торговой сети, должен соответствовать нормам указанным в ГОСТ Р 51808-2013 Картофель продовольственный. Технические условия[3]. Согласно данным требованиям содержание клубней с механическими повреждениями (в том числе поврежденные проволочниками) должно быть не более 2%. В наших опытах мы не смоги обеспечить продукцию, отвечающие данным требованиям.

Перерасчет урожайности провели с учетом поврежденных и мелких клубней (таблица 4).

Количество качественных клубней было получено в варианте с применением препарата Табу – 25,6 т/га, потери составили 18,9%. С целью определить сохранность поврежденных клубней проволочниками на хранение партию клубней с повреждениями заложили отдельно. Опыт был заложен клубнями из контрольного варианта осенью 2015 года и определен весной 2016 года (таблица 5).

При анализе клубней после хранения в течение зимы, выявили, что поврежденность проволочниками отрицательно влияет и на сохранность картофеля. Различными гнилями при хранении были поражены 46,5% клубней, кода здоровые клубни сохранились на 83,4%.

В наших исследованиях хозяйственная эффективность препарата Табу (31,6 т/га) оказалось выше относительно других вариантов, так же как и биологическая эффективность (76,6%).

Список цитированной литературы

Технология производства продовольственного картофеля в Республике Башкортостан [Электронный ресурс] : (рекомендация) / Башкирский ГАУ ; [разраб.: А. Д. Андрианов, М. М. Хайбуллин, Р. Р. Исмагилов, Р. Р. Гайфуллин; отв. за вып. И. Г. Асылбаев]. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2014. – 39 с.

Богомаз А.В., Богомаз О.А. Эффективность пестицидов на разных сортах картофеля // Агрохимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 18-19.

ГОСТ Р 51808-2013. Картофель продовольственный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

Efficacy of insecticides in the fight against wireworms on potatoes in the Republic of Bashkortostan

R.K. Vakhitova[1], N.V. Fayzullina[2]

1 - Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University» 34, 50-letija Oktyabrya Str., Ufa, the Republic of Bashkortostan, Volga Federal District, 450001;

2 - IE PFH Roshchupkin G.M.

Abstract

Effectiveness of insecticides against wireworms on potatoes in the Republic of Bashkortostan was estimated in field experiments. The most effective protection of potato tubers was provided with insecticide Taboo applicated in furrow before planting; in this case damage was 3.6%, 4.2 times lower than in control. Higher potato yield (25.60 t/ha) of tubers (appropriate with the requirements of GOST R (Russian National Standard) 51808-2013) was obtained after insecticide application in comparison with the control without treatment (21.01 t/ha).

Keywords: *potato, tuber damage rate, wireworm, insecticide, Force, Taboo, Provotoks*

Устойчивость штаммов *Helminthosporium solani* к некоторым фунгицидам, применяемым для обработки клубней картофеля

И.А. Кутузова, М.А. Побединская, Л.Ю. Кокаева, С.Н. Еланский

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.12.

Аннотация

Изучена устойчивость 21 штамма возбудителя серебристой парши картофеля гриба Helminthosporium solani к фунгицидным препаратам Скор (активное вещество - дифеноконазол), Квадрис (азоксистробин), Имикар и Текто (тиабендазол), Зерокс (модифицированные частицы коллоидного серебра). Штаммы были выделены авторами из клубней картофеля, выращенных в разных регионах России, а также из импортированного из Германии и Голландии семенного картофеля. Тестирование проводилось на питательной среде с добавлением разных концентраций фунгицидов и на среде без фунгицида в качестве контроля.

Эффективно ограничивали рост колоний H. solani дифеноконазол и коллоидное серебро. Устойчивых к этим фунгицидам штаммов не обнаружено. Азоксистробин эффективно подавлял рост большинства штаммов, однако были выявлены штаммы с высокой устойчивостью к этому фунгициду. Коллоидное серебро, дифеноконазол и азоксистробин показывали фунгистатический эффект: после 25-30 суток культивирования чувствительные штаммы переходили с посадочных агаровых блоков на среду с фунгицидом, но росли на ней очень медленно. Тиабендазол эффективно подавлял рост большинства штаммов: мицелий чувствительных штаммов не переходил на содержащую тиабендазол среду (в концентрации более 10 mg/l) даже после 40 суток культивирования. Были обнаружены 4 штамма с очень высокой устойчивостью к тиабендазолу, способные расти на среде с концентрацией фунгицида более 1000 mg/l.

Ключевые слова: *фунгициды, защита картофеля, клубневые инфекции, патогены картофеля, микология, Helminthosporium solani*

Введение

Гриб аскомицет *Helminthosporium solani* Dur. et Mont. – возбудитель серебристой парши картофеля. Клубни картофеля поражаются серебристой паршой в период вегетации и при хранении. Другие органы растения, кроме клубней, серебристой паршой не поражаются (Secor, Gudmestad 1999). В результате поражения на клубне появляются серебристые пятна неправильной формы, причиной которых служит расслоение кожуры и попадание внутрь нее воздуха. Особенно хорошо заметны пятна на краснокожурных сортах. Отслоившаяся часть кожуры может слущиваться, что приводит к увеличению потери клубнем влаги во время хранения, и, соответственно, потере потребительских качеств. Развитие серебристой парши особенно опасно на семенных клубнях. При сильном поражении клубня почки отмирают и всходы не образуются, что приводит к снижению всхожести клубней и изреживанию посадок.

Основным методом борьбы с серебристой паршой является обработка клубней фунгицидными препаратами, а также поддержание температурно-влажностных режимов во время хранения. Одним из самых распространенных препаратов для защиты клубней от серебристой парши до сих пор остается тиабендазол. Впервые он начал применяться в 1968 году, с середины 1970-х годов стал самым популярным препаратом для обработки клубней при закладке на хранение и во время хранения. В 1988 году в Великобритании были обнаружены устойчивые к тиабендазолу штаммы *H. solani* (Hide et al., 1988). В результате массового появления устойчивых штаммов произошла потеря эффективности применения тиабендазола. Для обработки клубней стали использовать другие химические препараты. В отношении большинства химических препаратов широкомасштабной оценки присутствия устойчивых изолятов в природных популяциях не проводили. Для российских изолятов подобная оценка проведена впервые.

Задачей настоящей работы было изучение устойчивости штаммов *H. solani*, выделенных из пораженных клубней картофеля из разных регионов России и из импортированного в Россию из Германии и Голландии семенного картофеля, к фунгицидным препаратам, используемым для обработки клубней: Скор (действующее вещество дифеноконазол), Квадрис (азоксистробин), Текто (тиабендазол), Зерокс (частицы коллоидного серебра).

Материалы и методы

Сбор пораженных образцов, выделение чистых культур, определение видовой принадлежности

В хранилище пробы клубней отбирали из разных мест насыпи или из разных контейнеров (ящиков). Каждый образец подписывали и помещали в отдельный чистый бумажный пакет и доставляли в лабораторию. После

Автор для переписки: С.Н. Еланский
E-mail: snelansky@gmail.com

доставки в лабораторию клубни тщательно отмывали под струёй воды; с них стерильным скальпелем срезали ломтики и помещали кожурой вверх во влажные камеры, в качестве которых использовали стерильные чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой. С каждого клубня выделяли по 1 изоляту *H. solani*. Происхождение изолятов приведено в таблице 1.

Для выделения чистых культур кусочек пораженной ткани на предметном стекле из влажной камеры помещали под бинокулярный микроскоп и остро заточенной стерильной препаровальной иглой, предварительно охлажденной в агаризованной среде, снимали конидии гриба или отделяли кусочек гифы и помещали их в центр чашки Петри с агаризованной средой. В качестве питательной среды для роста грибов использовали сусло-агар. В среду предварительно добавляли антибиотик пенициллин (бензилпенициллина Na соль, 1000 ед/мл) для предотвращения роста бактерий. После появления колонии гриба на питательной агаризованной среде с края колонии под бинокулярным микроскопом брали кусочек гифы и переносили ее на чистую чашку Петри с агаризованной средой. Хранили коллекцию штаммов на скошенной агаризованной среде (сусло-агар) при +5ºС. Видовую принадлежность выделенных изолятов к виду *H. solani* определяли культурально-морфологическим методом и подтверждали определением последовательности нуклеотидов участка ДНК, включающего часть рибосомного гена 18S, внутренний транскрибируемый спейсер 1 (ITS 1), полные сиквенсы рибосомного гена 5,8S и внутреннего транскрибируемого спейсера 2 (ITS 2) и часть рибосомного гена 28S. Проанализированные участки ДНК всех использованных в работе штаммов оказались абсолютно одинаковыми. Они полностью (на 100%) совпали с имеющимися в базе Genbank сиквенсами KC106739 (Al-Mughrabi et al., 2013) и AF073904 (Olivier, Loria, 1998), идентифицированными в обеих работах как принадлежащие штаммам вида *Helminthosporium solani*.

Оценка устойчивости к фунгицидам

Оценка устойчивости к фунгицидам проводилась в чашках Петри на агаризованной среде (сусло-агар) с добавлением фунгицидов в концентрациях 0,1; 1; 10; 100 ppm (ppm=мг/л) по действующему веществу и на среде без фунгицида (контроль). Устойчивые к тиабендазолу штаммы

Таблица 1
Происхождение изолятов

Изолят	Место и год сбора пораженного клубня, сорт картофеля
Штаммы выделены из клубней, выращенных в России	
RB7	Брянская обл., 2013, Розара
RB11	Брянская обл., 2013, Винета
RMCh2	Московская обл., 2014, Невский
RMCh5	Московская обл., 2014, Невский
RMCh24	Московская обл., 2014, Невский
RM4d	Московская обл., 2013, Жуковский ранний
RM32d	Московская обл., 2013, Жуковский ранний
RM42	Московская обл., 2013, Жуковский ранний
RKSt39	Костромская обл., 2013, Удача
RKSt68	Костромская обл., 2013, Удача
RKSu2/2	Костромская обл., 2014, Альвара
RKSu7	Костромская обл., 2014, Дельфине
RKSu18	Костромская обл., 2015, Сафия
RCh8	Чувашия, 2014, Удача
Штаммы выделены из импортированного семенного картофеля	
H16	Нидерланды, 2013, Астерикс
H28	Нидерланды, 2013, Астерикс
G3	Германия, 2013, Альвара
G11	Германия, 2013, Дельфине
G18	Германия, 2013, Сафия
G20	Германия, 2013, Сафия
G21	Германия, 2013, Сафия

были также перепроверены на среде с концентрацией фунгицида 1000 ppm. При тестировании устойчивости к дифеноконазолу не использовали концентрацию 100 ppm. Исследуемый изолят высевали в центр чашки Петри. Когда диаметр контроля достигал 60-80% от диаметра чашки Петри (для *H. solani* это происходило на 18-25 сутки роста при комнатной температуре), проводили замер двух взаимно перпендикулярных радиусов всех исследуемых колоний. После измерения проводили усреднение по 2-м радиусам. Эксперименты проводили в трёх повторностях, результаты которых также усредняли. Для каждого изолята с помощью математической обработки определяли показатели EC_{50} (концентрация фунгицида, необходимая для замедления скорости радиального прироста колонии в 2 раза относительно бесфунгицидного контроля) и EC_{90} (концентрация фунгицида, необходимая для замедления скорости радиального прироста колонии на 90% относительно бесфунгицидного контроля).

Результаты

Высокой эффективностью обладал дифеноконазол (таблица 2). Показатель EC_{50} не превышал 0,12 mg/l для всех исследованных штаммов, а показатель EC_{90} не превышал 24 mg/l. Другим фунгицидом, эффективно ограничивающим рост колоний *H. solani*, было модифицированное коллоидное серебро. Показатель EC_{50} не превышал 80 mg/l, а EC_{90} не превышал 200 mg/l. Штаммов, устойчивых к дифеноконазолу или к модифицированному коллоидному серебру, не было обнаружено.

Азоксистробин эффективно подавлял рост большинства штаммов (EC_{50} < 8 mg/l). Среди российских, нидерландских и германских изолятов были выявлены штаммы с высокой устойчивостью к азоксистробину, способные расти даже на среде с максимальной исследованной концентрацией азоксистробина в 100 mg/l (EC_{50}>100 mg/l). Один из исследованных штаммов (RMCh24) оказался устойчивым как к азоксистробину, так и к тиабендазолу.

В процессе культивирования на средах, содержащих коллоидное серебро, дифеноконазол и азоксистробин, штаммы оставались живыми на посадочных блоках, а после 25-30 суток культивирования переходили на среду с фунгицидом, но росли на ней очень медленно.

Тиабендазол эффективно подавлял рост большинства протестированных штаммов (EC_{50} < 10 mg/l). Рост чувствительных изолятов полностью подавлялся сравнительно невысокими концентрациями тиабендазола, их мицелий не переходил на содержащую фунгицид среду (в концентрации более 10 mg/l) даже после 40 суток культивирования. В то же время среди российских и нидерландских штаммов были обнаружены изоляты с очень высокой устойчивостью к тиабендазолу. На устойчивые штаммы препарат практически не действовал. Показатели EC_{50} для чувствительных и устойчивых штаммов отличались более, чем в 1000 раз. Не было выявлено устойчивых среди штаммов, выделенных из выращенных в Германии клубней.

Обсуждение

Контроль серебристой парши труден прежде всего из-за того, что *H. solani* распространяется и заражает клубни как в поле, так и в хранилище. Однако предпосадочная обработка клубней фунгицидными препаратами может снизить поражение будущего урожая клубней серебристой паршой. В данной работе мы оценили устойчивость щтаммов *H. solani* к некоторым фунгицидам, широко используемым в России для обработки клубней перед посадкой,

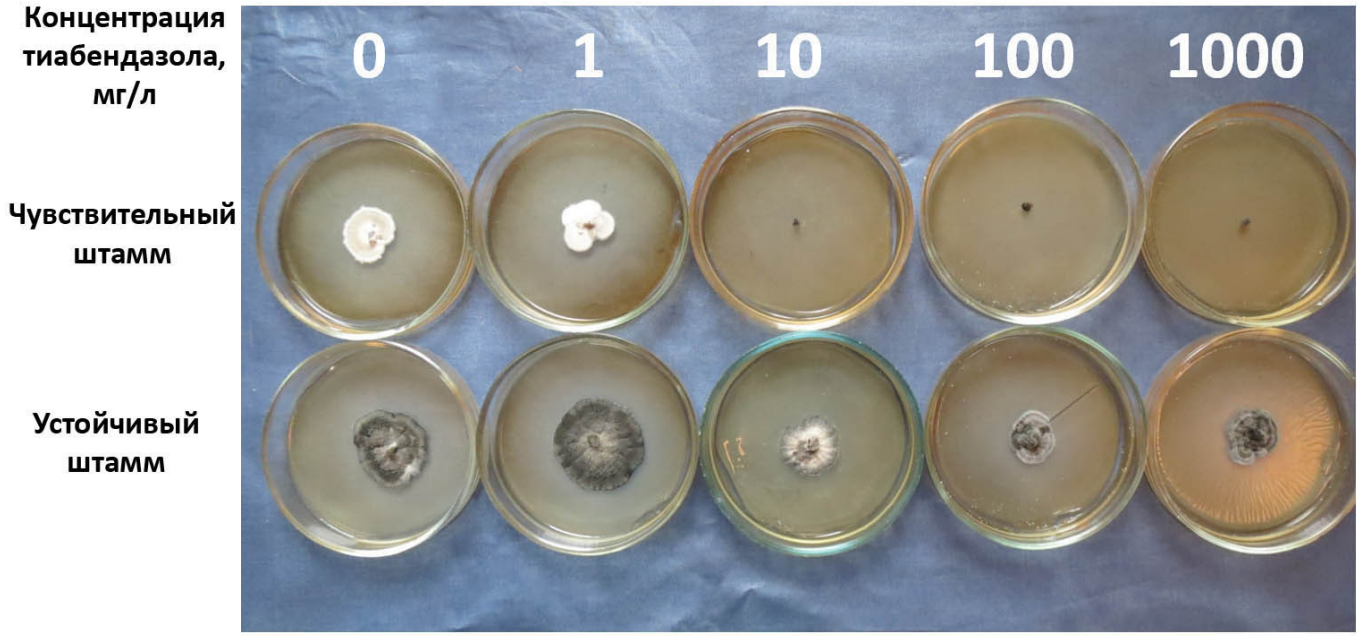

Рис. 1. Рост чувствительного и устойчивого штаммов на средах с разными концентрациями тиабендазола

Таблица 2.
Устойчивость штаммов *H. solani* к фунгицидам

Штамм	Тиабендазол		Дифеноконазол		Азоксистробин		Коллоидное серебро	
	EC_{50}	EC_{90}	EC_{50}	EC_{90}	EC_{50}	EC_{90}	EC_{50}	EC_{90}
Штаммы, выделенные из картофеля, выращенного в России								
RB7	5,4	9,1	0,06	11,5	>100	>100	10,0	93,6
RB11	6,6	41,5	0,06	8,9	0,08	>100	40,9	100,1
RMCh2	>1000	>1000	0,06	4,2	1,45	>100	40,0	98,7
RMCh5	738	>1000	0,09	24	0,08	>100	23,2	127,0
RMCh24	>1000	>1000	0,06	4,8	>100	>100	47,5	96,6
RM4d	0,5	0,9	0,08	9,0	0,09	>100	7,6	77,5
RM32d	6,1	9,2	0,06	3,7	5,5	>100	45,2	89,0
RM42	7,3	64,5	0,05	0,1	0,07	>100	7,0	86,4
RKSt39	5,9	9,2	0,06	1,0	>100	>100	52,6	125,3
RKSt68	5,7	9,1	0,06	0,7	0,8	>100	19,0	87,4
RKSu2/2	0,7	6,4	0,06	1,5	7,0	77,5	61,6	120,5
RKSu7	0,7	6,4	0,06	7,5	0,1	>100	76,7	178,0
RKSu18	5,8	9,2	0,07	18	0,1	>100	7,1	86,2
RCh8	1,7	8,3	0,06	0,6	0,08	>100	8,0	90,2
Штаммы из импортированного семенного картофеля								
H16	>1000	>1000	0,07	6,1	0,09	>100	48,6	108,5
H28	818	>1000	0,06	3,6	>100	>100	62,2	145,0
G3	1,0	8,2	0,07	12,3	0,1	>100	43,5	95,5
G11	0,5	0,9	0,09	8,2	85,00	>100	69,4	112,2
G18	0,5	0,9	0,06	0,4	0,1	96,1	26,5	115,0
G20	5,8	9,2	0,12	1,0	>100	>100	55,0	94,2
G21	5,3	9,1	0,06	5,5	>100	>100	72,7	120,4

перед закладкой на хранение и во время хранения: дифеноконазолу, азоксистробину, тиабендазолу, и к проходящему регистрационные испытания препарату Зерокс на основе модифицированных частиц коллоидного серебра. Самую высокую эффективность среди исследованных фунгицидов показал дифеноконазол. Среди исследованных штаммов не было выявлено устойчивых. Наши ранее проведенные исследования показали, что дифеноконазол был эффективен и в отношении штаммов других видов паразитирующих на картофеле грибов: *Colletotrichum coccodes, Alternaria solani, Alternaria alternata, Fusarium solani*. В лабораторных исследованиях была выявлена довольно высокая эффективность и в отношении *Rhizoctonia solani*. Устойчивых к дифеноконазолу штаммов вышеуказанных видов грибов не было обнаружено. В то же время фунгицид был слабо эффективен в отношении *Phytophthora infestans* (Еланский и др., неопубликованные данные).

Препарат Зерокс на основе коллоидного серебра также показал хорошую фунгистатическую эффективность в отношении *H. solani*. Результаты ранее проведенных исследований выявили высокую эффективность этого препарата в отношении *Phytophthora infestans, Rhizoctonia solani, Sclerotinia sclerotiorum, Alternaria solani, Colletotrichum coccodes*. Препарат Зерокс обладает также высокой бактерицидной активностью (Мыца и др., 2014). Устойчивых к коллоидному серебру штаммов грибов и бактерий по данным литературных источников не было обнаружено.

Азоксистробин и тиабендазол обладали высокой эффективностью в отношении чувствительных штаммов, но, как показали наши исследования, и в российских, и в западноевропейских популяциях *H. solani* имеются устойчивые штаммы. Наличие устойчивых к тиабендазолу изолятов *H. solani* было также отмечено рядом авторов (Merida & Loria, 1990; Kawchuk et al., 1994; Holley & Kawchuk, 1996; Platt, 1997). Сведений об устойчивых к азоксистробину

штаммах *H. solani* нам найти не удалось, но устойчивые штаммы других видов грибов, в том числе патогенных для картофеля, неоднократно отмечались в разных странах мира (Pasche et al., 2004, 2005; Еланский и др., 2011; Побединская и др., 2012; www.frac.info).

Предпосадочная обработка эффективными фунгицидами или даже посадка здоровых клубней не гарантируют отсутствия серебристой парши на клубнях нового урожая. В эксперименте, проведенном Bains с соавторами (1996), не инфицированные *H. solani* миниклубни были высажены на поле, где никогда не выращивали картофель, а также на полях, где выращивали картофель один, два, три года назад. В результате во всех случаях часть клубней нового урожая была поражена серебристой паршой. Наши исследования также показали, что потомство здоровых миниклубней, высаженных на лесной делянке (серая лесная почва, тяжелый суглинок), где никогда не выращивали картофель, поразилось серебристой паршой (поразились отдельные клубни 5 кустов из 30 высаженных). С другой стороны, потомство тех же миниклубней, высаженных на аналогичной делянке с легкой песчаной торфянистой почвой, не поразилось серебристой паршой (Еланский, Иванов, Пуздря, неопубликованные данные). По-видимому, *H. solani* способен к сапротрофному существованию в некоторых видах почв. Это подтверждается экспериментами Merida и Loria (1994), которые отмечали рост мицелия на растительных остатках риса, ячменя, красного клевера, пшеницы, сорго, кукурузы, люцерны и гречихи. Поражение инфекцией в поле особенно опасно для дорогих оздоровленных мини-клубней, которые высаживают на поля, где ранее картофель не выращивали. В случае, если на поле ранее выращивали пораженный картофель, *H. solani* может сохраняться в почве в значительных количествах и служить первичным инокулюмом, заражая клубни в почве (Merida & Loria, 1994; Rodriguez et al., 1996; Frazier et al., 1998). Инокулюм *H. solani* может сохраняться и в пустом хранилище. Эксперименты Frazier et al., 1998 показали, что споры *H. solani* оставались жизнеспособными в хранилище в остатках почвы и в пеноизоляции в течение 9 месяцев.

Пораженные клубни, привезенные с поля или заразившиеся в хранилище, сами служат источником инфекции. Споры перемещаются с воздушными потоками, создаваемыми работой системы вентиляции, и заражают здоровые клубни (Rodriguez et al., 1993). Для уменьшения источников инфекции в хранилище необходима как чистка и дезинфекция хранилища перед закладкой картофеля, так и обработка клубней средствами защиты при закладке на хранение или во время хранения. В России для обработки клубней перед закладкой на хранение разрешены фунгициды бензойная кислота, флудиоксонил, тиабендазол. Наиболее популярным средством обработки заложенного на хранение картофеля как в мелких, так и в крупных хранилищах является применение пирогенных шашек Вист, выделяющих при горении тиабендазол, который далее распространяется по системе вентиляции хранилища и попадает на клубни. В то же время результаты проведенного исследования показывают, что в российских популяциях *H. solani* и в импортируемом европейском картофеле имеются высокоустойчивые к тиабендазолу штаммы, контроль которых с помощью этого фунгицида невозможен. Для эффективной защиты клубней во время хранения необходимо использовать разные препараты, и их ассортимент, включающий в России всего 3 действующих вещества, необходимо расширять. Проведенные эксперименты показывают, что безвредный для людей и других млекопитающих препарат Зерокс на основе модифицированных частиц коллоидного серебра, проходящий в настоящее время регистрационные испытания в России, может быть успешным дополнением списка разрешенных для обработки клубней фунгицидов. Для обработки закладываемого на хранение семенного картофеля могут быть использованы препараты на основе дифеноконазола. Однако из-за токсичности дифеноконазола их нельзя применять для обработки продовольственного, кормового и технического картофеля.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного фонда (проект № 14-50-00029).

Список цитированной литературы

Мыца Е.Д., Еланский С.Н., Кокаева Л.Ю., Побединская М.А., Игнатов А.Н., Кузнецова М.А., Козловский Б.Е., Денисов А.Н., Жеребин П.М., Крутяков Ю.А. Новый препарат Зерокс – оценка фунгицидного и бактерицидного эффекта *in vitro* // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – Т.28. – №12. – С. 16–19.

Еланский С. Н., Побединская М. А., Плуталов П. Н., Романова С. С., Кокаева Л. Ю., Александрова А. В.. Устойчивость российских штаммов возбудителей альтернариоза картофеля и томата к азоксистробину // Защита картофеля. – 2011. – № 2. – С. 14–19.

Побединская М.А., Плуталов П.Н., Романова С.С., Кокаева Л.Ю., Николаев А.В., Александрова А.В., Еланский С.Н. Устойчивость возбудителей альтернариоза картофеля и томата к фунгицидам// Микология и фитопатология. – 2012. – Т.46. – В.6. – С. 401-408.

Al-Mughrabi KI, Vikram A, Peters RD, Howard RJ, Grant L, Barasubiye T, Lynch K, Poirier R, Drake KA, Macdonald IK, Lisowski SL, Jayasuriya KE. Efficacy of *Pseudomonas syringae* in the management of potato tuber diseases in storage // Biol. Control.–2013.– Vol. 64 (3). – P. 315-322.

Bains PS, Bisht VS, Benard DA. Soil survival and thiobendazole sensitivity of *Helminthosporium solani* isolates from Alberta, Canada // Potato Research. – 1996. – Vol.39. – P. 23-30.

Frazier M J, Shetty KK, Kleinkopf GE, Nolte P. Management of Silver Scurf (*Helminthosporium solani*) with fungicide seed treatments and storage practices // Am. J. Potato Res. – 1998. – Vol.75. – P. 129-135.

Hide GA, Hall SM, Boorer KJ. Resistance to thiabendazole in isolates of *Helminthosporium solani*, the cause of silver scurf disease of potatoes // Plant Pathology. – 1988. – Vol. 37. – P. 377-380.

Holley JD, Kawchuk LM. Distribution of thiabendazole and thiophanate-methyl resistant strains of *Helminthosporium solani* and *Fusarium sambucinum* in Alberta potato storages // Canadian Plant Disease Survey. – 1996. – Vol.76. – P. 21-22.

Kawchuk LM, Holley JD, Lynch DR, Clear RM. Resistance to thiabendazole and thiophanate-methyl in Canadian isolates of *Fusarium sambucinum* and *Helminthosporium solani* // Am. Potato J. – 1994. – Vol. 71. – P. 185-192.

Merida CL, Loria R. First report of resistance of *Helminthosporium solani* to thiabendazole in the United States // Canadian Plant Disease Survey. – 1990. – Vol. 74. – P. 614.

Merida CL, Loria R. Survival of *Helminthosporium solani* in soil and *in vitro* colonization of senescent plant tissue // American Potato Journal. – 1994. – Vol. 71. – P. 591-598.

Olivier C, Loria R. Detection of *Helminthosporium solani* from soil and plant tissue with species-specific PCR primers // FEMS Microbiol. Lett. – 1998.– Vol. 168 (2). – P. 235-241.

Pasche JS, Piche LM, Gudmestad NC. Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration.// Plant Disease.– 2005. – Vol.89. – P. 269-278.

Pasche JS, Wharam CM, Gudmestad NC. Shift in sensitivity of Alternaria solani to QoI fungicides. // Plant Disease. – 2004. – Vol.88. – P. 181 – 187.

Platt HW. Résistance to thiabendazole in *Fusarium* species and *Helminthosporium solani* in potato tubers treated commercially in eastern Canada // Phytoprotection. – 1997. – Vol. 78. – P. 1-10.

Rodriguez D, Secor G, Gudmestad NC, Francl LJ. Production and dispersal of *Helminthosporium solani* conidia in storage. // Am Potato J.– 1993. – Vol.70. – P. 836-837.

Rodriguez D, Secor G, Gudmestad NC, Francl LJ. Sporulation of *Helminthosporium solani* and infection of potato tubers in seed and commercial storages. // Plant Disease. – 1996. – Vol. 80. – P. 1063-1070.

Secor GA, Gudmestad NC. Managing fungal diseases of potato.// Canadian Journal of Plant Pathology. – 1999. – Vol.21. – P. 213-221.

Resistance of Helminthosporium solani strains to fungicides used for a potato tubers treatment

I.A. Kutuzova, M.A. Pobedinskaya, L.Yu. Kokaeva, S.N. Elansky

Lomonosov Moscow State University, 119991, Leninskie gory 1-12, Moscow, Russia.

Abstract

Resistance of 21 strains of Helminthosporium solani to fungicides difenoconazole, azoxystrobin, thiabendasole, and modified particles of colloidal silver have been tested in vitro. Tested strains were isolated from potato tubers grown in different regions of Russia, and also from imported german and dutch seed potato tubers. Small agar blocks of pure cultures of the fungal isolates were placed in the centre of Petri dishes containing 25 ml of melt agar amended with fungicides in different rates. Melt agar without a fungicide used as control. Difenoconazole and colloidal silver effectively restricted the growth of H. solani colonies, no resistant strains were found. Azoxystrobin effectively inhibited the growth of most strains, however, strains with high resistance were identified. Colloidal silver, difenoconazole and azoxystrobin showed fungistatic effect: after 25-30 days of cultivation strains started to grow on the medium with fungicide, but very slowly. Thiabendasole effectively inhibited the growth of most strains. The mycelium of sensitive strains did not grow on fungicide containing medium (at a concentration of a thiabendasole more than 10 mg/l) even after 40 days of cultivation, but 4 strains grew well on a media with a concentration of thiabendazole more than 1000 mg/l.

Keywords: *fungicides, potato protection, infections of tubers, potato pathogens, Helminthosporium solani*

Мониторинг тлей-переносчиков вирусов: международный и российский опыт

М. Д. Ерохова

НП “Центр сертификации “Тест-Картофель-Сервис”. 140051, Россия, Московская обл., Красково, ул. Лорха, д.23.

Аннотация

Вирусные заболевания признаны наиболее опасными заболеваниями картофеля из-за того, что их развитие может принести значительные экономические потери. Целью этой обзорной статьи было собрать имеющуюся информацию о наиболее значимых вирусных заболеваниях, поражающих картофель, и тлях, переносящих эти вирусные заболевания. Также в статье освещён мировой и российский опыт организации контроля за распространением вирусных заболеваний картофеля через проведение ежегодного мониторинга лёта тлей с использованием ловушек разного типа.

Ключевые слова: *тля, отлов тлей в ловушки, перенос вирусов растений, устойчивость к инсектицидам, всасывающая ловушка, световая ловушка, водная ловушка*

Выращивание картофеля, являющегося одной из главных продовольственных культур, повсюду в мире достигло значительного уровня. В существующих экономических условиях многие производители картофеля стремятся не только к увеличению урожайности, но и к улучшению качества получаемого урожая. Для этих целей в практике устойчивого развития сельского хозяйства многими государствами принят ряд долговременных программ по улучшению фитосанитарного состояния картофеля, и, как следствие, к улучшению товарности урожая картофеля.

В странах с развитым картофелеводством для поддержания высокого фитосанитарного статуса сельскохозяйственных угодий, для уменьшения поражённости культур вирусными заболеваниями и снижения устойчивости к инсектицидам успешно внедрены в практику полностью или частично дотируемые государством программы по отслеживанию лёта тлей-переносчиков вирусных заболеваний.

Вирусы, поражающие картофель, распространяют значительное число переносчиков.

Векторами переноса вирусных заболеваний могут быть тли (вирус скручивания листьев картофеля (PLRV), А-вирус картофеля, V-вирус картофеля, S-вирус картофеля, M-вирус картофеля, Y-вирус картофеля), грибы (вирус метельчатости верхушки картофеля) или даже простой механический контакт с заражёнными растениями (Y-вирус картофеля) [5].

Вирусы, переносимые тлями, поделены на несколько групп: персистентные вирусы (PLVR) и неперсистентные вирусы (Y-вирус картофеля - PVO, PVYN, А-вирус картофеля, V-вирус картофеля).

Персистентный вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) обитает в флоэмном соке растений и передаётся тлям через заражённое растение во время своего питания и заглатывания сока. Способность тли переносить вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) замедляется на несколько часов из-за того, что перед тем как передача вируса стала возможной, ему необходимо пройти через пищеварительную систему и попасть в слюну насекомого. Соответственно, только тли, образующие колонии на картофеле, будут переносить вирус скручиваемости листьев картофеля (PLRV) (Табл.1). Получив один раз вирус, тля способна к передаче вируса всю оставшуюся жизнь [5].

Неперсистентные вирусы (PVYO, PVYN, А-вирус картофеля и V-вирус картофеля) быстро проникают в тлю во время насекомого на заражённом растении. Из-за того, что эти вирусы обитают в клетках эпидермиса растений, они попадают на внешние части колюще-сосущего аппарата тли. Тля способна переносить неперсистентные вирусы уже через несколько минут питания насекомого. Соответственно, крылатые тли имеют потенциальную возможность для быстрого распространения неперсистентных вирусов, благодаря своей способности быстро определять пригодность растения для питания и затем переползать или перелетать на другое кормовое растение. Передавать Y-вирус могут как тли, не образующие колоний на картофеле, так формирующие колонии (Табл.1) [4–5].

Вирусы в растении могут быть представлены как одним видом, так и комбинацией видов, в результате чего симптомы поражения вирусами значительно варьируют. В каждом отдельном случае степень проявления симптомов зависит от вида вируса, числа вирусов, поразивших картофель и сорта культуры.

В настоящее время, по мнению европейских специалистов, основываясь на подсчёте потерь от развития вирусных заболеваний и лёгкости передачи вирусов от растения к растению, наиболее значимыми заболеваниями картофеля признаны Y-вирус картофеля

Автор для переписки: М. Д. Ерохова
E-mail: maria.erokhova@gmail.com

Таблица 1
Виды тлей, способные переносить вирусы картофеля[1] [4]

Видовые названия тлей-переносчиков Y-вируса картофеля (PVY)	Видовые названия тлей-переносчиков вируса скручиваемости листьев картофеля (PLRV)
Зелёная персиковая тля ***Myzus persicae***	**Зелёная персиковая тля** ***Myzus persicae***
Гороховая тля *Acyrthosiphon pisum*	*Aulacorthum circumflexum*[1]
Большая злаковая тля *Sitobion avenae*	Хлопковая тля *Aphis gossypii*
Зонтичная (тминная) тля *Cavariella aegopodii*	*Myzus nicotiannae*
Тля крушинная ***Aphis nasturtii***	Чёрная бобовая тля *Aphis fabae*
Тля черёмуховая обыкновенная *Rhopalosiphum padi*	**Обыкновенная картофельная тля** ***Aulacorthum solani***
Розанно-злаковая тля *Metopolophium dirhodum*	*Myzus ascalonicus*
Тля гелихризовая *Brachycaudus helichrysi*	*Myzus ornatus*
Обыкновенная картофельная тля ***Aulacorthum solani***	**Погребная тля** ***Rhopalosiphoninus latysiphon***
Большая картофельная тля ***Macrosiphum euphorbiae***	**Крушинная тля** ***Aphis nasturtii***
Myzus ascalonicus	**Большая картофельная тля** ***Macrosiphum euphorbiae***
Myzus ornatus	Тля хмелевая *Phorodon humili*
Погребная тля ***Rhopalosiphoninus latysiphon***	Тля клекачковая *Rhopalosiphoninus staphyleae*
Тля салатная (зеленоватая) *Hyperomyzus lactucae*	
Чёрная бобовая тля *Aphis fabae*	
Капустная тля *Brevicoryne brassicae*	

[1] Названия тлей, образующих колонии на картофеле, выделены жирным шрифтом.
[2] Для некоторых тлей отсутствует подходящее название на русском языке.

и вирус скручиваемости листьев картофеля (PLRV). Большинство европейских схем по искоренению вирусных заболеваний в первую очередь рассчитано на уничтожение именно этих вирусных заболеваний.

Y-вирус картофеля (PVY) признан одним из самых наиболее опасных картофельных вирусов. Спектр растений-хозяев вируса достаточно широк и включает многие сельскохозяйственные культуры семейства Паслёновые: картофель, перец, томат и табак. PVY передаётся с тлями неперсистентным способом. Дополнительно источником заболевания могут быть повреждения растений. В картофеле PVY способен распространятся вегетативно через клубни.

Симптомы поражения PVY зависят от сорта растения-хозяина, штамма вируса, условий окружающей среды и типа инфекции.

На картофеле PVY индуцирует развитие нескольких различных симптомов, которые можно условно подразделить на симптомы, проявляющиеся на листьях и на клубнях (Рис.1) [7]. На листьях заболевание может проявляться в виде мозаики или морщинистой мозаики (часто связанной с

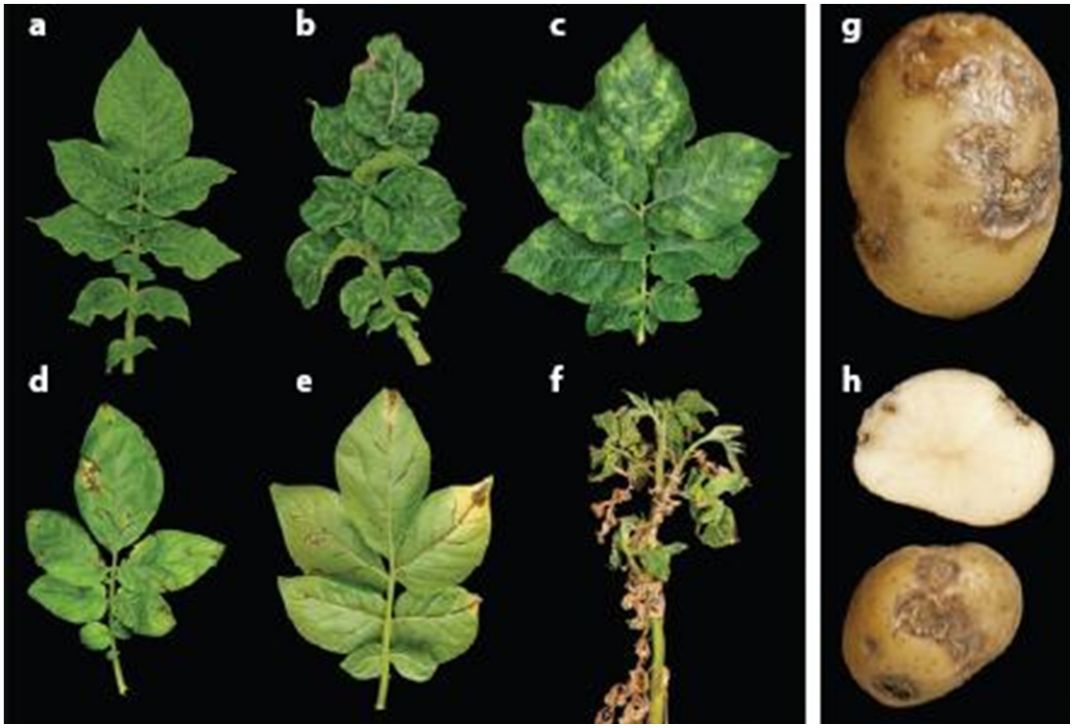

Рис. 1. Основные симптомы поражения Y-вирусом картофеля. Реакции на листьях: (a) мозаика, морщинистость; (b) морщинистая мозаика; (c) мозаика, хлоротичные пятна; (d, e) системный некроз листьев и жилок, заметный на (d) верхней поверхности и (e) нижней поверхности листьев; и (f) системный некроз на верхних листьях. Некротическая кольцевая пятнистость (PTNRD): (g) стадия PTNRD в начале развития впалых некротических пятен в форме колец и (h) поздняя стадия развития PTNRD после формирования сухих впалых кольцевых пятен, которые можно увидеть под кожицей клубня при его разрезании

деформацией листьев или с сморщиванием листьев). Заболевание может привести к замедлению роста и остановке роста всего растения (Рис.1 a – c).

PVY может привести к возникновению ряда некротических реакций на поражённой листве картофеля: ограниченных некротических пятен на поражённых листьях, системного пожелтения и некроза жилок всего растения, приводящего к появлению некротического узора на листьях или реакции в виде штрихов на листьях. Системное поражение приводит к отмиранию листьев вдоль стебля, на котором заметны симптомы штрихового некроза (Рис 1 d – f).

PVY^{NTN}: Штамм 'NTN' вируса способен вызывать некротическую кольцевую пятнистость (PTNRD) определённых сортов [2]. Заболевание проявляется на поверхности клубней в виде хорошо заметных пятен кольцевой формы (Рис 1 g–h) [7].

PVY^{O}: Наиболее распространённый штамп вируса. Вызывает симптомы мозаики, некроз ткани, крапчатость или опадание пожелтевших листьев и их преждевременную гибель. Некроз может проявляться как появление окаймлённых кругов на листьях. У поражённых штаммом PVY^{O} растений на верхушки проявляется кустистый рост, с меньшим ростом внизу стебля. На растениях, выросших из заражённых клубней (вторичная инфекция), могут появиться похожие симптомы, такие как низкорослость, но такие симптомы менее серьёзны, чем на тех растениях, заражённых из источника первичной инфекции в начале вегетационного периода. В большинстве случаев на поражённых клубнях нет симптомов. Иногда на кожице заметны светло- коричневые некротические пятна [2].

PVY^{C}: вызывает штриховую полосчатость на листьях [2].

PVY^{N}: Штамм 'N' Y-вируса картофеля вызывает менее слабые формы крапчатости, но способен уменьшать урожайность вплоть до 30%. Полученные клубни от поражённых растений выглядят нормальными [2].

Часто геномы вирусов могут перемешиваться, образуя рекомбинантные штаммы ($PVY^{N:O}$, PVY^{N-Wi} и PVY^{NTN}).

Вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) переносят тли персистентным способом.

Первичными симптомами являются те, что проявляются в течение года заражения и зачастую незначительны, которые легко пропустить. На верхних листьях может появиться слабое скручивание и красный или оранжевый оттенок.

Вторичные симптомы появляются на следующий год после заражения. Вторичные симптомы варьируют. Нижняя часть листа может скручиваться. Листья может высыхать и крошиться, приобретая вид тонкой бумаги. В целом растение может слегка пожелтеть, верхние листья приподняться. В зависимости от сорта и внешних условий растение может, как слегка

Рис. 2. Самка-расселительница и партеногенетические самки зелёной персиковой тли Myzus persicae [6]

приостановится в росте, так и прекратить расти в зависимости от сорта и внешних условий [2].

Виды тлей, способные переносить вирусы картофеля отличаются значительным многообразием, как по своему внешнему виду, так и циклу развития.

Партеногенетическая самка зелёной персиковой тли длиной от 1,0 до 2,1 мм. Цвет значительно варьирует: от жёлтого до всех оттенков зелёного, розового, красного и почти чёрного. Две соковые трубочки на заднем конце брюшка средней длины и слегка вздутые по направлению к темноватым кончикам.

Самка-расселительница длиной от 1,2 до 2,5 мм длиной, с чёрным пятном в центре брюшка наверху, но бледным внизу (Рис. 2) [9].

В южных районах перезимовывают яйца на первичном растении-хозяине персике *Prunus persica*. В северных районах зимуют партеногенетические самки на травянистых дикорастущих и растениях семейства Крестоцветные (Капустные). Среди вторичных растений-хозяев много экономически значимых сельскохозяйственных культур.

Самки-расселительницы начинают мигрировать с первичных растений-хозяев на вторичные с конца апреля до начала июня [9]. Пик лёта самок-расселительниц приходится на июль. Зелёная персиковая тля не образует плотных колоний. Чаще тля переползает на другие части того же растения или соседних растений.

Рис. 3. Самка-расселительница и партеногенетические самки большой картофельной тли *Macrosiphum euphorbiae* [6]

Миграция на другие сельскохозяйственные культуры или дикорастущие растения хозяева, являющиеся первичными растениями-хозяевами, происходит в конце сентября и начале октября.

Партеногенетическая самка большой картофельной тли длиной от 1,7 до 3,6 мм и имеет удлинённый конец грушевидной формы. Окраска партеногенетической самки варьирует от светло-зелёного, желтовато-зелёного до розовато-красного. Часто у ней есть темная полоса, расположенная по направлению к центру спинки, особенно у незрелых нимф. У большой картофельной тли длинные ноги и есть две длинных соковых трубочки на заднем конце брюшка. Также есть длинный хвостик пальцеобразной формы [9].

Самка-расселительница большой картофельной тли длинной от 1,7 до 3,4 мм, с небольшой отдельной центральной полосой. Усики и соковые трубочки темнее, чем у партеногенетической самки (Рис.3).

Зимуют преимущественно партеногенетические самки большой картофельной тли на дикорастущих

Рис. 4. Партеногенетические самки чёрной бобовой тли *Aphis fabae* © Rothamsted Research

растениях, картофельной поросли в хранилищах и на луке-латуке в защищённом грунте [10]. Исследователями отмечена возможность зимовки большой картофельной тли в виде яиц на Rosa spp. [9]

В начале мая − июня самки-расселительницы мигрируют на картофель и другие сельскохозяйственные культуры [9].

Вторая разрозненная миграция самок-расселительниц большой картофельной тли может происходить в июне. В это время число тлей относительно высокое. Осенью мигрирует небольшое число тлей.

Большая картофельная тля − полифаг и питается на более, чем 200-х видах растений-хозяев. Среди растений-хозяев для большой картофельной тли наиболее предпочтителен картофель и другие растения семейства Паслёновые.

Партеногенетическая самка чёрной бобовой тли длиной от 1,5 до 3,1 мм. Самка обычно чёрная как

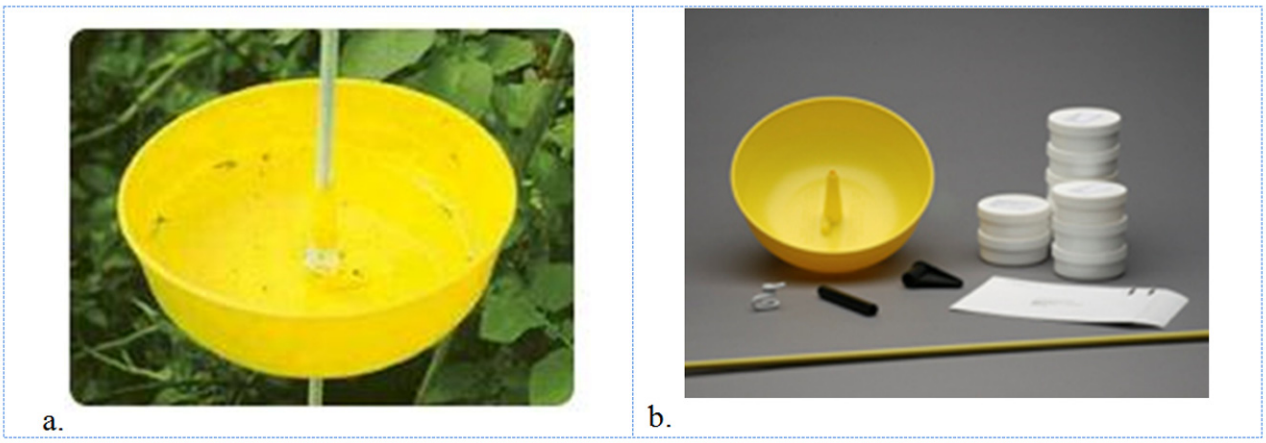

Рис. 5. Водная ловушка промышленного производства, применяемая в Великобритании. (a) водная ловушка на высоте полога растений; (b) водная ловушка, контейнеры и конверт для отправки образцов © AHDB potatoes / Fera

сажа или очень темного зеленовато-оливкого цвета. У некоторых особей чёрной бобовой тли на верхней стороне брюшка есть белые воскообразные полоски. Две соковые трубочки на заднем конце брюшка чёрные, короткие и слегка сужающиеся на конце. Короткий хвостик чёрного цвета, пальцевидной формы. Длина усиков в половину длины тела [9].

Самка-расселительница чёрной бобовой тли длиной от 1,3 до 2,6 мм также очень чёрная с едва различимыми чёрными поперечными полосами на верхней стороне брюшка (Рис.4) [9].

Обычно яйца перезимовывают на бересклете. Партеногенетические самки чёрной бобовой тли перезимовывают на дикорастущих растениях семейства Бобовые.

Вылупление из яиц начинается в период с конца февраля и начала апреля [9]. Самки-расселительницы, появляющиеся в мае-июне, мигрируют на вторичные растения-хозяева. Среди значимых экономически культур, на которых питается чёрная бобовая тля, фасоль овощная, обыкновенный боб и сахарная свекла [9]. Широко распространёнными дикорастущими вторичными растениями-хозяевами являются щавель, маки, виды мари [9].

Размножение чёрной бобовой тли продолжается весь летний период. Самки-расселительницы заселяют новые сельскохозяйственные культуры. Пик лёта тлей приходится на июль – август [9], и часто расселению тлей способствуют муравьи. Осенью тля чёрная бобовая мигрирует на бересклет и откладывает на него яйца.

Партеногенетическая самка обыкновенной картофельной тли длиной от 1,5 до 3,0 мм. Самка грушевидной формы. Цвет насекомого варьирует от беловато-зелёного или жёлтого, в некоторых случаях может разниться от ярко зелёного до рыжевато-коричневого. Две соковых трубочки обыкновенной картофельной тли – длинные, окрашенные на концах в чёрный цвет. Усики имеют чёрные «сочленения», которые слегка длиннее, чем тело [9].

Самка-расселительница обыкновенной картофельной тли длиной от 1,5 до 3,0 мм. Её тёмные усики, ноги, соковые трубочки длиннее, чем у партеногенетической самки [10].

В большинстве случаев зимуют партеногенетические самки на картофельной поросли в картофелехранилищах и на растениях защищённого грунта [10]. Согласно последним исследованиям, возможна зимовка обыкновенной картофельной тли в виде яиц на первичных растениях-хозяевах. Самки-расселительницы мигрируют на вторичные растения-хозяева поздней весной и начинают образовывать колонии, достигая пика численности в июле [9].

Обыкновенная чёрная тля многоядна и способна образовать колонии на многих двудольных и однодольных растениях, кроме растений семейства Злаковые (Мятликовые).

В Великобритании, где на государственном уровне при сотрудничестве с разными ведомствами, для ежегодного мониторинга численности и видового состава популяции тлей организована и функционирует сеть всасывающих ловушек (под руководством Rothamsted и SASA), светоловушек (под руководством Rothamsted и SASA) и водных ловушек (под руководством Fera). Частично отлов насекомых водными ловушками финансируется Советом по развитию сельского хозяйства и растениеводства (AHDB); помимо того, многие картофелеводы Великобритании согласны на коммерческой основе устанавливать у себя водные ловушки на сельскохозяйственных угодьях.

Благодаря удобству установки и отбора образцов в пологе культуры, сельскохозяйственные производители Великобритании применяют водные ловушки. Такие ловушки промышленного производства (Рис.5) можно поднимать вверх по мере роста картофеля. Отбор образца из ловушки проводится еженедельно производителем картофеля путём процеживания воды из ловушки через марлю [2]. Марлю с закрепившимися на ней насекомыми укладывают в контейнер из набора, запаковывают в конверт и отправляют на анализ в лабораторию Агентства по научным исследованиям в области продовольствия и окружающей среды (Fera). Уже в лаборатории

энтомологи осуществляют количественный подсчёт и видовую идентификацию насекомых из образца, в том числе тлей.

Под руководством Шотландского научного совета сельскохозяйственных наук (SASA) и Rothamsted Research в Великобритании функционирует сеть по отлову насекомых с помощью всасывающих и световых ловушек. Для привлечения насекомых, световая ловушка снабжена 200-ватной вольфрамовой лампочкой. Ловушки весной, летом и осенью проверяют ежедневно. Зимой содержимое всасывающих ловушек исследуют раз в неделю. Насекомых из световых ловушек исследуют ежедневно. Анализ образцов из всасывающих ловушек проводится энтомологами в лабораториях Шотландского научного совета сельскохозяйственных наук (SASA) и Rothamsted Research.

Данные по тлям, полученные в Великобритании, используются в краткосрочной программе "Использование мониторинга тлей в Европе" (EXAMINE). Также программа запущена в нескольких европейских странах (Швейцарии, Нидерландах, Швеции и Великобритании). Целью программы является сбор и анализ информации по распространению, эпидемиологии и численности тлей на территории ряда европейских стран.

В Великобритании при поддержке Совета по развитию сельского хозяйства и растениеводства (AHDB) и Rothamsted Research осуществляют еженедельный выпуск "Сводка новостей о тлях, поддерживаемая AHDB" (AHDB Aphid News) [3]. Ресурс содержит сведения о количестве наиболее значимых видах тлей по регионам. В нём указана информация по тлям, отловленным всасывающими ловушками за неделю, в среднем за текущий год и за десятилетие. Дополнительно, в выпуске "Сводка новостей о тлях, поддерживаемая AHDB" приводится краткий анализ лёта тлей и погодных условий за исследуемый период [3], [10 – 11].

Под руководством Шотландского научного совета сельскохозяйственных наук (SASA) выпускают еженедельную "Сводку по тлям Шотландии" (Scottish Aphid Bulletin). Ресурс представляет собой документ, включающий две таблицы с данными по видам тлей, отловленных всасывающими ловушками в Шотландии за неделю. Одна таблица содержит информацию о 21 наиболее экономически значимых видах тлей, другая – данные об других менее значимых видах тлей. Также есть возможность изучить суммарные данные по видам тлей за предыдущий год, текущий год и за десятилетие [11].

Количественный и видовой мониторинг тлей является основой краткосрочного и долгосрочного прогнозов развития вирусных заболеваний на картофеле. Проведение мониторинга тлей позволяет определить риск развития вирусных заболеваний, тем самым выполняя функции системы раннего предупреждения, позволяя выбрать наилучшие сроки обработок афицидами и удаления ботвы. Рациональное использование инсектицидов позволяет сократить число обработок химическими средствами и уменьшить риск развития устойчивости к афицидам.

В некоторых региональных стандартах по фитосанитарии уже отмечена желательность проведения такого мониторинга лёта тлей в посадках картофеля [8].

В России уже давно назрела необходимость принятия ряда коллегиальных решений и технических инноваций, способных уменьшить накопление вирусной инфекции в картофеле. Сейчас в нашей стране проводятся только разрозненные попытки отслеживания лёта тлей. В настоящее время в России де-факто отсутствует централизованно управляемая программа по мониторингу тлей-переносчиков вирусной инфекции.

В нашей стране специалистами картофелеводческой отрасли [1] предложено отвести под выращивание оригинального и элитного семенного картофеля территорию с прохладным климатом, где в естественных условиях сохраняется низкий инфекционный фон фитопатогенов. В таких специальных семеноводческих территориях (зонах) условия окружающей среды благоприятствуют тому, что популяция фитопатогенов и вредителей находится на минимальном уровне. Для поддержания низкой поражённости вирусными заболеваниями на таких территориях целесообразен запуск программы по ежегодному мониторингу лёта тлей и других переносчиков вирусных заболеваний.

Список цитированной литературы

1. Анисимов БВ, Смирнова ЛА. Зоны для элитного семенного картофеля. // Информационный бюллетень. – 2015. –Т.5. – Р. 36–39.

2. AHDB Potatoes / Fera. Information [http://aphmon.fera.defra.gov.uk/index.cfm]

3. AHDB Potatoes / Fera. AHDB Aphid News [http://aphmon.fera.defra.gov.uk/index.cfm]

4. AHDB Potatoes / Fera. PVY vectors, PLRV vectors. [http://aphmon.fera.defra.gov.uk/index.cfm]

5. AHDB Potatoes. Virus management in seed potatoes. Scottish Aphid-Borne Virus Working Group. – 2015. – P. 1– 6.

6. Awmack CS, Leather SR. Aphids as crop pests. USA, Department of Entomology, University of Wisconsin-Madison, Madison, 2007. – 752 p.

7. Karasev AV, Gray SM. Continuous and emerging challenges of potato virus Y in potato. // The Annual Review of Phytopathology. – 2013. – Vol. 51. – P. 571–586.

8. General crop inspection procedure for potatoes. Paris, EPPO, 2007. – 12 p.

9. Rothamsted Research. [http://www.rothamsted.ac.uk/our-science]

10. Aphid species. Rothamsted Research. Insect Survey Bulletin. [http://www.rothamsted.ac.uk/our-science]

11. Science and Advice for Scottish Agriculture (SASA). Aphid Bulletins. [https://www.sasa.gov.uk/].

Monitoring of aphid vectors of viruses: international and russian experience

M.D. Erokhova

Non commercial partnership "Certification center" Test- Potato-Service ". 140051, Russia, Moscow region, Kraskovo, Lorh st., 23.

Abstract

Virus diseases are the most harmful for potato because their development may cause the significant economic losses. The aim of the review is obtaining up-to-date information regarding the most important virus diseases infecting potato and the aphids as transmitters of these diseases. Additionally, the review covers the international and russian experience in the organisation of virus protection management by the annual aphid monitoring.

Keywords: *Aphid, aphid trapping, transmission of plant viruses, insecticide resistance, suction-trap, light-trap, water-pan trap*

“Чёрная ножка” и бактериальная мягкая гниль картофеля: факты и новейшие сведения

М. Д. Ерохова

НП “Центр сертификации “Тест-Картофель-Сервис”. 140051, Россия, Московская обл., Красково, ул. Лорха, д.23.

Аннотация

“Чёрная ножка” и бактериальная мягкая гниль картофеля, вызываемые Pectobacterium и Dickeya spp., являются главными факторами, ограничивающими выращивание картофеля во многих картофелеводческих регионах мира. В последнее время патогены, вызывающие “чёрную” ножку картофеля, претерпели значительный пересмотр систематического положения. Изоляты бактерий, ранее не имевшие отдельного видового обозначения, были отнесены к новым видам. Информация по обновлённому систематическому положению и распространению этих бактерий будет полезна для их более точного выявления и идентификации.

Ключевые слова: *“Чёрная ножка” картофеля, бактериальная мягкая гниль картофеля, Pectobacterium, Dickeya*

“Чёрная ножка” и мягкая гниль картофеля, вызываемые бактериями *Pectobacterium* и *Dickeya* spp., являются одними из основных причин понижения в категории и выбраковке картофеля при сертификации картофеля и также при карантинно-санитарных досмотрах картофеля в России и других европейских странах. Поэтому многими международными, региональными и национальными стандартами на семенной и продовольственный картофель определены строгие допуски наличия в картофеле патогенов, вызывающих “чёрную ножку” картофеля. Классификационными схемами по сертификации семенного картофеля Шотландии, территории со статусом ЕС “Территория для выращивания картофеля высшего качества” определены достаточно строгие допуски к наличию “чёрной ножки” в посадках картофеля (% растений): PBTC, PB − 0, 0; S для *Pectobacterium* spp. и *Dickeya* spp.− 0, 1 и 0, 0 соответственно, SE для *Pectobacterium* spp. и *Dickeya* spp. − 0,5 и 0,0, E для *Pectobacterium* spp. и *Dickeya* spp.− 1,0 и 0,00 соответственно (Scottish Seed Potatoes, 2016; The Seed Potatoes (Scotland) Regulations 2015). В Шотландии, территории со статусом ЕС “Территория для выращивания картофеля высшего качества”, разрешено выращивать и реализовывать только картофель предбазисных и базисных категорий.

Присутствие или отсутствие в стране таких опасных патогенов как “чёрная ножка” способно определить реноме потребителей к выращенному картофелю и, тем самым напрямую регулировать спрос на культуру. Поэтому информация, полученная в результате мониторинга распространения и видового состава вредных организмов на картофеле, должна быть достоверной и не вызывать сомнений. При планировании проведения масштабного мониторинга картофеля, выращиваемого внутри страны, весьма желательно провести предварительный анализ целесообразности и возможности его проведения в экономических условиях нашей страны. По возможности при выявлении патогенов следует использовать модификации методов, прошедших валидацию в условиях испытательных лабораторий, которые аккредитованы, к примеру, в системе добровольной сертификации “Россельхозцентр” (регистрационный номер № РОСС RU B934.04.ШР01 от 07.06.2012) и/или стандартом Международной организации по стандартизации ISO/IEC 17025. Сложная таксономическая история бактерий, вызывающих мягкие гнили семейства Enterobacteriaceae, обусловлена несколькими значительными изменениями, включающими пересмотр на уровне рода и классификациями вида, и введением нескольких новых видов.

По новейшим данным из публикации, подготовленной специалистами Шотландского научного совета сельскохозяйственных наук (SASA) и The James Hutton Institute (JHI), Агентства по научным исследованиям в области продовольствия и окружающей среды (Fera), видами бактерий, вызывающих “чёрную ножку” на картофеле, являются *Dickeya dadantii, D. dianthicola, D. solani, Pectobacterium atrosepticum, P. wasabiae, P. carotovorum subsp. carotovorum* и *P. c.* subsp. *brasiliensis* (Humphris et al., 2015).

По последним данным, род *Dickeya* включает 7 видов: *D. aquatica* sp. nov. (Parkinson et al., 2014), *D. chrysanthemi*, *D. dadantii*, *D. dianthicola*, *D. paradisiaca*, *D. solani* sp. nov. (Van der Wolf et al., 2014) и *D. zeae* (Humphris et al., 2015). В последнее время клайд изолятов ‘Dickeya solani’ окончательно признали изолятами нового вида *Dickeya solani* (Van der Wolf и др., 2014, с. 773). Недавно из образцов воды выделили

Автор для переписки: М. Д. Ерохова
E-mail: maria.erokhova@gmail.com

Таблица 1
Патогены, вызывающие "чёрную ножку" на картофеле

Базонимы	Современное название патогенов
Erwinia carotovora subsp. atroseptica →	*Pectobacterium atrosepticum*
Erwinia carotovora subsp. carotovora →	*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*
Erwinia chrysanthemi pv. dianthicola → *Pectobacterium chrysanthemi pv. dianthicola* →	*Dickeya dianthicola,*
Erwinia chrysanthemi pv. dadantii → *Pectobacterium chrysanthemi pv. dadantii* →	*Dickeya dadantii*
	Dickeya solani sp. nov
Erwinia carotovora subsp. wasabiae →	*Pectobacterium wasabiae*
Erwinia carotovora subsp. brasileinsis →	*Pectobacterium* subsp. *brasiliensis*

изоляты, признанные новым видом *Dickeya aquatica* (Parkinson и др., 2014). Ранее *Pectobacterium wasabiae* называли *Erwinia carotovora* subsp. *wasabiae*, *P. carotovorum* subsp. *brasiliensis* имел название *Erwinia carotovora* subsp. *brasiliensis*. *P. carotovorum* subsp. *brasiliensis* идентифицировали приблизительно в 2004 году, хотя данное видовое название патогена было предложено ещё в 1999 году, но на тот момент не получило широкого использования в научных кругах (Humphris, personal communication).

В таблице 1 отражена связь между новыми и предыдущими названиями патогенов.

Из *Pectobacterium* spp. наиболее опасны для картофеля подвиды *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* и *P.c.* subsp. *brasiliensis*. По сравнению с видом *P. atrosepticum*, у *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* шире географическое распространение и спектр растений-хозяев. *P. atrosepticum* чаще поражает картофель в регионах с умеренным климатом. Несмотря на то, что первоначально *P. carotovorum* subsp. *brasiliensis* и *P. wasabiae* были выявлены на картофеле в Бразилии и Новой Зеландии, теперь их можно обнаружить во многих странах (Humphris и др., 2015, с. 2).

Виды *D. dianthicola* и *D. solani* преобладают в странах Северной Европы (Humphris et al., 2015; The Plantwise Knowledge Bank). Существует предположение о том, что многие изоляты, выделенные из картофеля до 2005 года в европейских странах, принадлежат к *Dickeya dianthicola*. Недавно некоторыми исследователями при изучении изолятов из картофеля в ряде европейских стран было установлена их принадлежность к D. solani (Humphris et al., 2015).

Опасность поражения картофеля бактерий рода *Dickeya* spp. установлена во многих странах. Так, патоген *Dickeya dianthicola* признан Европейской и Средиземноморской организацией карантинным регулируемым организмом (ЕОКЗР) для картофеля и гвоздики из перечня А 2. На сегодняшний день в России *Dickeya solani* и *Dickeya dianthicola* не признаны карантинными вредными организмами (Приложение № 1, к приказу Министерства сельского хозяйства РФ, № 501).

Официальные данные от портала The Plantwise Knowledge Bank и DMPD No. 1175, по распространению патогенов на территории РФ представлены в таблице 2.

Агрономическими мероприятиями для предупреждения развития патогенов, вызывающие "чёрную ножку" картофеля и мягкую гниль картофеля, признаны (The Plantwise Knowledge Bank):

- использование посадочного материала, в котором отсутствуют бактерии, вызывающие заболевания культуры;
- посадка картофеля в хорошо дренированную землю;
- отсутствие избыточного орошения. Весьма желательно использовать жидко-капельный полив в борозды;
- дезинфекция картофелехранилищ и оборудования;
- создание благоприятных условий хранения клубней. Хранение картофеля в хорошо вентилируемых картофелехранилищах, в которых отсутствуют колебания температуры, позволяет избежать нежелательного образования конденсата. Использование в картофелехранилищах рассеянного освещения делает картофель более устойчивым к патогенам.

Список цитированной литературы.

Van der Wolf JM, Nijhuis E H, et al. Dickeya solani sp. nov., a pectinolytic plant-pathogenic bacterium isolated from potato (*Solanum tuberosum*). //International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2014. –Vol. 64. – P. 768- 774. [doi: 10.1099/ijs.0.052944-0].

CABI/EPPO. Dickeya solani. Distribution Maps of Plant Diseases no. 1175 (Edition 1). CABI Head Office, Wallingford, UK, 2015.

Humphris SN, Cahill G, Elphinstone JG. Detection of the bacterial potato pathogens Pectobacterium and Dickeya spp. using conventional and Real-Time PCR. In: Plant

Таблица 2
Распространение патогенов *Dickeya* spp. и *Pectobacterium* spp. на территории России

Патоген	Распространение в России
Dickeya solani	Присутствует, отсутствует детальная информация, (Тамбовская область, Воронежская область, Краснодарский край, Ростовская область, Саратовская область)
Dickeya dianthicola	Отсутствует на территории России
Pectobacterium atrosepticum (как *Erwinia carotovora* subsp. *atrosepticum*)	Присутствует: Дальний Восток, Сибирь, Юг России, Западная Сибирь
P. carotovorum subsp. *carotovorum* (как *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)	Центральная Россия: присутствует, Юг России: широкое распространение, Западная Сибирь: широкое распространение

Pathology: Techniques and Protocols. New York: Springer, 2015.– P. 1-16. [doi: 10.1007/978-1-4939-2620-6_1]

Parkinson N, DeVos P, Pirhonen M, Elphinstone J. *Dickeya aquatica* sp. nov., isolated from waterways. // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2014. – Vol. 64. – P. 2264-2266 [doi:10.1099/ijs.0.058693-0].

Scottish Seed Potato Classification Scheme, Explanatory leaflet, 2016. [https://www.sasa.gov.uk/publications].

The Seed Potatoes (Scotland) Regulations 2015, no. 395 [http://www.legislation.gov.uk/]

Sonia Humphris. Молекулярный бактериолог. JHI. Personal communication.

The Plantwise Knowledge Bank, Международный центр по сельскохозяйственным и биологическим наукам стран – членов Британского содружества (CAB International). [http: //www.plantwise .org/]

Black leg and bacterial soft rot of potatoes: facts and the latest information

M.D. Erokhova

Noncommercial partnership "Certification center" Test- Potato-Service ". 140051, Russia, Moscow region, Kraskovo, Lorh st., 23.

Abstract

"Black Leg" and bacterial soft rot of potato caused by Pectobacterium and Dickeya spp. are the main factors limiting the cultivation of potatoes in many potato-growing regions of the world. Systematic position of agents of these diseases was revised recently: some of them became separate species now. Information on updated systematic position and distribution of these bacteria is useful for their exact identification.

Keywords: *Blackleg of potato, bacterial soft rot of potato, Pectobacterium, Dickeya*