

РАСТЕНИЕВОДСТВО

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ГИБРИДОВ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ

Во Тхи Нгок Ха¹, Ф.С. Джалилов¹, А.Н. Игнатов^{2,3}

¹Лаборатория защиты растений
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

²ФБГУН «Центр Биоинженерия» РАН
проспект 60-летия Октября, 7-1, Москва Россия, 117312

³Кафедра ботаники, физиологии растений и агробиотехнологии
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

В статье приведены результаты сравнения реакции коммерческих гибридов белокочанной капусты на заражение разными методами и различными штаммами возбудителя сосудистого бактериоза капусты *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Исследовано влияние способа заражения растений и штамма на распространение патогенна в растении и интенсивность вызываемых им поражений. Изучена качественная реакция гибридов на заражение обширной коллекцией штаммов патогена, относящихся к разным расам. Показано, что в результате изменения генетической структуры патогена в 2012 г. бывшие ранее устойчивыми гибриды оказались восприимчивыми к новой популяции возбудителя болезни.

Ключевые слова: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Brassica oleracea* L., устойчивость, расово-специфическая реакция, факторный анализ.

Xanthomonas campestris pv. *campestris* — наиболее распространенный и вредоносный патоген капустных культур, взаимодействие которого с растением-хозяином происходит по правилу «ген-на-ген» [1]. Оценивая устойчивость сортов разных видов рода *Brassica*, Софиен Камоун (S. Camoun) с коллегами [2] обнаружил пять рас, выделяемых в соответствии с реакцией сортов *Brassica rapa* и *B. juncea*. В последующем расово-специфичная устойчивость была обнаружена среди других видов капустных [3; 4]. По реакции патогена с дополнительными сортами-дифференциаторами были описаны новые расы [4], общее число которых выросло до 9 [5], и была предложена схема взаимодействия патогена с растением-хозяином, основанная на 5 предполагаемых парах генов устойчивости. Выбор сортов-дифференциаторов в моделях Камоун [2] и Висенте [4] был случайным.

Наиболее радикальный путь борьбы с сосудистым бактериозом — выращивание устойчивых сортов и гибридов. Рядом селекционных фирм предлагаются на рынке устойчивые к заболеванию гибриды капусты. Однако при этом отсутствуют сведения о типе устойчивости (расово-специфическая или неспецифическая), а в случае расово-специфической устойчивости неизвестно, к каким расам она эффективна.

Нами была проведена оценка устойчивости ряда коммерческих F₁ гибридов белокочанной капусты зарубежной селекции с использованием большого числа штаммов патогена различных рас и разных методов заражения растений, что позволяет разделить типы устойчивости, локализованные в мезофиле листа и в сосудистой системе растения, с использованием большого числа штаммов патогена различных рас и разных методов заражения растений, что позволяет разделить типы устойчивости, локализованные в мезофиле листа и в сосудистой системе растения [6; 7].

Материалы и методы.

Штаммы патогена. В работе использовали штаммы *X. campestris* pv. *campestris* из коллекций лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева и ВНИИ фитопатологии. Всего были использованы 66 штаммов. Принадлежность всех вновь выделенных и коллекционных штаммов целевому виду была подтверждена при инокуляции растений капусты сорта «Гарантия» и ПЦР анализом при использовании специфических праймеров 804/1443 [9].

Определение реакции растений. Для определения расы использовали набор сортов-дифференциаторов описанный Kamoun et al. [2] и Vicente et al. [5]. Семена гибридов белокочанной капусты (табл. 1) были предоставлены компаниями Bejo (Нидерланды) и Syngenta (Швейцария).

Таблица 1

Гибриды белокочанной капусты, использованные в работе

Гибриды	Производитель	Тип	Устойчивость по описанию
Церокс	F1, Bejo	среднеспелый	BR, FY
Тайфун	F1, Bejo	позднеспелый	FY
Синтекс	F1, Bejo	среднеспелый	BR, FY
Браксан	F1, Syngenta	среднеспелый	BR, FY
Таурус	F1, Nickerson-Zwaan	среднепоздний	BR, FY
Циркон	F1, Bejo	поздний	FY
Агрессор	F1, Syngenta	среднеспелый	FY
Зенон	F1, Syngenta	среднепоздний	FY
Бронко	F1, Bejo	среднеспелый	BR, FY

BR — устойчивость к сосудистому бактериозу; FY — устойчивость к фузариозному увяданию.

Стандартом восприимчивости служил сорт цветной капусты «Гарантия». Способ приготовления инокулюма и выращивания растений был описан ранее [4]. На стадии 3—6 настоящих листьев растения инокулировали прищипыванием 2—3 наиболее молодых полностью развернувшихся листьев — не менее 3 растений на каждый штамм. Учет реакции растений проводится через 12—18 дней после заражения по качественной (точечный некроз — устойчивость, V-образный хлороз и позднее некроз — восприимчивость) или по количественной шкале (размер не-

роза). Способ определения минимального количества генов растения и патогена для модели «ген-на-ген» взаимоотношения был описан ранее [8].

Для оценки относительной (нерасоспецифической) устойчивости растения всех гибридов капусты инокулировали совместимыми (вирулентными) расами патогена — Ram 1-1 и 276NZ, вирулентные ко всем испытываемым сортообразцам. В качестве стандарта восприимчивости был выбран раннеспелый F1 гибрид белокочанной капусты «Экспресс».

Результаты и обсуждение.

Расово-специфичная реакция гибридов. Результаты искусственного заражения этих сортообразцов 66 изолятами *X. campestris* pv. *campestris* обобщены в табл. 2.

Таблица 2

Схема возможных ген-на-ген отношений для гибридов белокочанной капусты. Все штаммы патогена были вирулентными для сортов «Гарантия» и Зенон

Штамм патогена	Цир-кон	Це-рокс	Тай-фун	Аг-рес-сор	Тау-рус	Син-текс	Брон-ко	Брак-сан	Индекс расы*
Число вирулентных штаммов к гибриду	57	52	49	48	48	47	47	44	
Индекс гена устойчивости*	1	2	3	4	5	6	7	8	
ДК-1, ДК-2, ДК-3, Ram — 1-1, Ram — 1-2, Ram — 1-3, Ram — 2-2, Ram — 2-3, Ram — 3-1, Ram — 3-2, В-2, В-3, Tir1, Tir2, Tir3, ХУ-1-1, ХУ 1-2, ХУ 2-1, ХУ 2-2, 277NZ, 276NZ, AF-2, Хн-13, Dasch-2	+	+	+	+	+	+	+	+	1
33437	+	—	+	+	+	+	+	+	2
Егуса	+	+	—	+	+	+	+	+	3
11386	+	+	+	—	+	+	+	+	4
Ram — 3-3	+	—	+	—	+	+	+	+	24
Tr3	+	+	+	+	—	+	+	+	5
Tr1	—	+	+	+	—	+	+	+	15
Ram — 4-1	+	+	+	+	+	—	+	+	6
В-1	+	+	+	+	+	—	+	+	6
Tr4	+	+	+	+	—	—	+	+	56
ДВ-2	+	+	+	+	+	+	—	+	7
Tr2	—	+	+	+	+	+	—	+	17
Bun-2	+	+	—	+	+	+	—	+	37
Tr5	+	+	+	—	+	+	—	+	47
ДВ-1	+	+	—	—	+	+	—	+	347
Л ₁	+	+	—	+	—	+	—	+	357
Bel-3	+	+	+	—	+	—	—	+	467
ДВ-3	+	+	—	—	+	—	—	+	3467
42981	—	—	—	—	+	—	—	+	123467
Bel-9	+	+	+	—	—	—	—	+	4567
Dasch-9	—	—	—	—	—	—	—	+	1234567
Ram — 4-2, Tlo-3	+	+	+	—	+	+	+	—	48
Хок-1, Tr6, Tlo-2, Tlo-4	+	+	+	+	—	+	+	—	58
1139-, 11392	—	—	+	+	—	+	+	—	1258
ex 528, Bun-1	+	—	—	+	+	—	+	—	2368
Ram — 2-1	+	—	+	—	+	—	+	—	2468
Bel-2	+	+	—	—	+	—	+	—	3468
Bul-K	+	—	—	+	—	—	+	—	23568
Dasch-4	+	+	—	—	—	—	+	—	34568

Окончание

Штамм патогена	Цир- кон	Це- рокс	Тай- фун	Аг- рес- сор	Тау- рус	Син- текс	Брон- ко	Брак- сан	Индекс расы*
Ram — 4-3, 3-6NZ	+	+	+	+	+	+	—	—	78
Tlo-5	+	+	—	+	—	+	—	—	3578
A5	+	—	+	+	+	—	—	—	2678
Bel-8	+	—	—	—	+	—	—	—	234678
Tlo-1	—	+	—	—	—	—	—	—	1345678
Lix16, Dasch-8	—	—	—	—	—	—	—	—	12345678

Индекс гена устойчивости и индекс расы даны в порядке возрастания частоты авирулентности штаммов в рамках модели Sutherland [8].

Растения гибрида белокочанной капусты «Зенон» были восприимчивы ко всем испытанным штаммам патогена, так же как стандарта восприимчивости — сорта цветной капусты «Гарантия». Все гибриды поражались 24 штаммами, выделенными в основном в 2012 г. Еще 7 штаммов не поражали по одному гибриду, т.е. несли единственный возможный ген авирулентности. Только 2 штамма (Lix16, Dasch-8) были авирулентны ко всем испытанным гибридам (8 возможных генов авирулентности), и еще два штамма (Tlo-1, Dasch-9) — ко всем, кроме одного гибрида (7 возможных генов авирулентности). Остальные штаммы несли от 1 до 6 возможных генов авирулентности.

Полученные данные не позволили уменьшить число вероятных генов устойчивости [8] в гибридах капусты — т.е. показано существование 8 уникальных специфических реакций растений для каждого устойчивого гибрида, которые, возможно, определяются разными генами или сочетаниями нескольких генов (табл. 2). Полученные реакции растений гибридов капусты не коррелировали с расами штаммов патогена, определенными ранее при заражении сортов — дифференциаторов [10].

Если сгруппировать реакцию изучаемых гибридов капусты на инокуляцию штаммами, выделенными до 2012 г. и после 2012 г., то очевидно, что гибриды показывали расово-специфичную устойчивость к штаммам, выделенным до 2012 г., но полностью поражались штаммами, выделенными в 2012 г.

Можно предположить, что произошедшие в этот период изменения в популяции возбудителя [11], которые привели к усилению вирулентности. Вместе с тем следует отметить, что растения гибридов различно заражались штаммами, принадлежащими, согласно реакции сортов-дифференциаторов, к одной расе. Т.е., другими словами, у всех гибридов имелись гены устойчивости, которые дифференцировали расы по признаку вирулентности. Это, по нашему мнению, свидетельствует о несовершенстве существующей системы растений-дифференциаторов.

Относительная устойчивость растения. Результаты учета развития сосудистого бактериоза на 9 гибридах капусты после инокуляции вирулентными штаммами Ram 1-1 и 276NZ, четырьмя различными методами с различными путями проникновения патогена в растение представлены в табл. 3.

Относительная устойчивость F₁ гибридов капусты при разных методах инокуляции

F ₁ гибриды	Методика инокуляции							
	через гидатоды, балл		через корни, балл		в стебель, балл		в жилку, мм	
	Ram 1-1	276 NZ	Ram 1-1	276 NZ	Ram 1-1	276 NZ	Ram 1-1	276 NZ
Экспресс	3,3с*	3,2cd	1,8е	1,9с	3,0def	3,2cd	17,7 cd	18,4 с
Таурус	3,3с	4,0с	0,7abc	1,1b	2,7de	3,2cd	11,9 abc	15,3bc
Браксан	1,4а	1,2а	0,6ab	0,3а	0,2а	0 а	10,1 ab	8,2 а
Бронко	1,5ab	1,2а	0,6ab	0,6ab	1,4bc	1,2 b	12,8 abc	15,9bc
Агрессор	3,2с	3,2cd	1,4cde	0,7ab	3,6ef	3,2cd	12,7 abc	12,8ab
Циркон	1,9ab	2,0abc	1,4cde	1,2b	2,1cd	2,7 с	14,8abcd	17,2bc
Синтекс	1,6ab	1,2а	0,1а	0,2а	0,5ab	0,3 а	9,5 а	8,1а
Тайфун	2,6bc	2,8bcd	1,4cde	2,1с	3,7 f	3,8 d	19,1 d	14,4bc
Церокс	3,5с	4,0 с	0,9bcd	0,4а	1,7 с	0,5ab	15,8 bcd	15,2bc

* Буквенный индекс для статистически различимых групп по критерию Дункана.

При всех методах оценки устойчивости в группу высокоустойчивых попали гибриды «Браксан» и «Синтекс». Представляло интерес выявить степень связи между оценками устойчивости гибридов капусты, полученными при использовании различных путей проникновения возбудителя в растения. При инокуляции через гидатоды высокую устойчивость показали гибриды «Браксан», «Бронко» и «Синтекс». Эти же гибриды показали высокую устойчивость при проникновении через травмированные корни. При заражении через корни восприимчивыми были гибриды «Экспресс» и «Тайфун».

Выделились очень высокой стеблевой устойчивостью и устойчивостью при инокуляции травмированных жилок гибриды «Браксан» и «Синтекс». Статистический анализ показал тесную прямую корреляционную связь между оценками при инокуляции через корни и через стебель. Коэффициент корреляции при этом составлял 0,82 при ошибке коэффициента корреляции 0,13. Вероятно, при этих методах инокуляции оцениваются сходные механизмы устойчивости. Между остальными методами оценки устойчивости наблюдали среднюю степень связи.

В работе Ф.С. Джалилова с соавторами [12] было показано, что корреляция оценки устойчивости в полевых условиях и при инокуляции гидатод была выше по сравнению со степенью связи полевой оценки с оценкой при инокуляции травмированных жилок. При этом следует иметь в виду, что проникновение через гидатоды в основном имеет место в годы с высокой влажностью воздуха; проникновение через травмы имеет место при массовом развитии в поле вредителей-фитофагов и наличии других повреждающих факторов (механическая обработка междурядий, ожоги при некорневом внесении удобрений и т.п.).

Факторный анализ устойчивости гибридов капусты к сосудистому бактериозу. Для более подробного изучения связей между разными методами инокуляции средствами программного пакета STATISTICA 6.0 (Statsoft, США) был проведен факторный анализ [13] полученных результатов, после их нормализации относительно средних величин для каждого метода инокуляции (табл. 4).

**Значения усредненных показателей и факторных нагрузок
реакции растений 8 гибридов капусты и восприимчивого контроля на инокуляцию
двумя штаммами патогена четырьмя разными способами**

Показатель	Син- текс	Брак- сан	Брон- ко	Це- рокс	Цир- кон	Таурус	Агрес- сор	Тай- фун	Экс- пресс**
Среднее значение нормализованной оценки восприимчивости для 2-х штаммов	0,38	0,42	0,71	0,96	1,11	1,20	1,233	1,48	1,504
Фактор 1 (48,54% изменчивости)	0,864	0,489	0,144	0,903	-0,835	0,263	-0,059	-0,86	-0,89
Фактор 2 (27,8% изменчивости)	0,378	0,782	0,739	0,147	0,365	-0,845	-0,704	-0,27	0,073
Сумма факторных оценок	0,936	1,161	1,52	0,887	0,512	-0,48	-1,55	-0,97	-0,19
Оценка расово-специфической устойчивости гибридов (в порядке убывания)	С	А	В	Н	І	Д	Е	F	Ј
Сравнение оценки по средним / по 2-м факторам	А/С*	В/В	С/А	Д/Д	Е/Е	F/G	G/J	І/І	Ј/F

* группы статистически различных классов устойчивой реакции (в порядке убывания).

** Восприимчивый контроль

Факторный анализ реакции 9 сортов белокочанной капусты, инокулированных 2 штаммами возбудителя сосудистого бактериоза 4 разными методами, показал наличие всего двух главных фактора. Фактор 1 определяет 48,5% изменчивости признаков, а фактор 2 — 27,8% изменчивости признаков, что в сумме составляет 76,3% общей изменчивости признаков.

Устойчивость растений возрастает вместе с положительными значениями обеих факторов. Наиболее устойчивые сорта — «Синтекс» и «Браксан» — отличаются по вкладу в устойчивость факторов 1 и 2 — «Синтекс» делит первые позиции с сортом «Церокс» по фактору 1, а «Браксан» занимает первую позицию по фактору 2. Сорта «Церокс» и «Бронко», несмотря на высокие значения факторных нагрузок для одного из факторов (1 или 2 соответственно), были значительно восприимчивее лидеров списка — среднее значение балла нормализованной реакции растений составило 0,4 для «Синтекс» и «Браксан», и 0,835 для «Церокс» и «Бронко». Остальные сорта, отнесенные к восприимчивым, также сильно отличались по факторной нагрузке и образовывали две группы: «Циркон», «Экспресс» и «Тайфун» имели отрицательное значение нагрузок фактора 1, а «Агрессор» и «Таурус» — фактора 2.

Для фактора 1 наибольшие положительные значения нагрузки фактора приходятся на реакцию растений на заражение через гидатоды (табл. 4).

Таблица 5

Факторные нагрузки на методы оценки (корреляция фактор-метод)

Место инокуляции	Ram 1-1		276 NZ	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Гидатоды	1,214*	-0,317	1,209	-0,90
Корень	-0,949	0,704	-1,333	0,296
Стебель	-0,226	-1,047	-0,91	-1,186
Жилка	0,55	1,22	0,446	1,232

*Выделены достоверные факторные значения.

Средние положительные значения нагрузки фактора 1 приходятся на реакцию растений на инокуляцию в жилку листа. Отрицательные значения нагрузки фактора 1 легли на инокуляцию корня обеими штаммами и стебля штаммом 276 NZ.

Для фактора 2 наибольшие положительные значения приходятся на реакцию растений при инокуляции жилок листа. Средние положительные значения фактора приходятся на реакцию растения на инокуляцию корня штаммом Ram 1-1. Отрицательные значения фактора 2 легли на инокуляцию стебля обеими штаммами и инокуляцию гидатод штаммом 276 NZ.

Полученные данные показывают существование по меньшей мере двух контррастных механизмов устойчивости в изученных гибридах: первый из них — коррелирующий с реакцией тканей мезофила листа (инокуляция через гидатоды), а второй — с реакцией растения на инокуляцию стебля. Впервые показана количественная разница в реакции растений на инокуляцию стебля двумя различными штаммами патогена. Интересно, что для обеих факторов складывается отрицательно-коррелирующие пары признаков:

- 1) реакция мезофила листа — реакция растения на инокуляцию корня;
- 2) реакция на инокуляцию стебля — реакция на инокуляцию жилки листа.

Применение комплексной оценки устойчивости разными методами инокуляции позволяет выявлять в растении различия не только по общему уровню устойчивости/восприимчивости, но и по механизму устойчивости, что открывает возможность подбора родительских линий для получения гибридов с трансгрессивной устойчивостью.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Flor H. Current status of the gene-for-gene concept. Annu. Rev. Phytopathol. 1971. V. 9. С. 275—296.
 [2] Kamoun S., Kadmar H.V., Tola E., Kado C.I. (1992) Incompatible interaction between crucifers and *Xanthomonas campestris* involve a vascular hypersensitive response: role of the *hrpX* locus. Molec. Plant-Micr. Interact. 5, 22—33.
 [3] Ignatov A., Hida K., Kuginuki. Black rot of crucifers and sources of resistance in Brassica crops. Japan Agricultural Research Quarterly 32 (1998): 167—172.
 [4] Vicente J.G., Conway J., Roberts S.J., Taylor J.D. (2001) Identification and origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* races and related pathovars. Phytopathology 91:492—499.

- [5] Fargier E., Manceau C. (2007) Pathogenicity assays restrict the species *Xanthomonas campestris* into three pathovars and reveal nine races within *X. campestris* pv. *campestris* Plant Pathology 56, 805—818.
- [6] Ignatov A., Kuginuki Y., Hida K. (1998). Race-specific reaction of resistance to black rot in *Brassica oleracea*. Eur. J. Plant Pathol. 104:821—827.
- [7] Ignatov A., Kuginuki Y., Hida K. Vascular stem resistance to black rot in *Brassica oleracea*. Canadian journal of botany 77.3 (1999): 442—446.
- [8] Sutherland R.A. (1986): A method for inferring the minimum number of genes controlling the reaction of cultivars of a host species to isolates of a pathogen under a gene-for-gene model. Biometrics 42, 15—24.
- [9] Tsygankova S.V. et al. Genetic relationships among strains of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* revealed by novel rep-PCR primers. European journal of plant pathology 110.8 (2004): 845—853.
- [10] Во Тхи Нгок Ха, Джалилов Ф.С., Виноградова С.В., Кырова Е.И., Игнатов А.Н. Генетическое разнообразие возбудителя сосудистого бактериоза в России: реакция растений. Защита картофеля. 2014. № 2. С. 26—28.
- [11] Во Тхи Нгок Ха, Джалилов Ф.С., Мазурин Е.С., Кырова Е.И., Виноградова С.В., Шаад Н.В., Ластер Д., Игнатов А.Н. Распространение нового генотипа *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* в России в 2012 г. Защита картофеля. 2014. № 2. С. 28—30.
- [12] Джалилов Ф.С., Корсак И.В., Монахос Г.Ф. Сравнение методов оценки устойчивости капусты к сосудистому бактериозу // Известия ТСХА. 1995. Вып. 2. С. 147—153.
- [13] Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер.с англ. М.: Финансы и статистика, 1989.

EVALUATION OF RESISTANCE OF HEAD CABBAGE HYBRIDS TO BLACK ROT DISEASE

Vo Thi Ngoc Ha¹, F.S. Dzhililov¹, A.N. Ignatov^{2,3}

¹Russian State Agrarian University-MSKha by Timiryazev
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

²FBGUN “Center Bioengineering” RAS
Prospect 60th Anniversary of October, 7-1, Moscow Russia, 117312

³Department of botany, plant physiology and agrobiotechnology
Peoples’ Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

The paper presents the results of a comparison of the reaction of commercial hybrids of cabbage infected by different methods and different strains of the black rot pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. The influence of the infection method and strain on progress of pathogen in the plant was evaluated by statistical methods. The qualitative response of hybrids to infection by a number of the pathogen strains of different races was used to build a validated model of gene-for-gene interaction. It is shown that due to change of genetic structure of the pathogen in 2012, were previously resistant hybrids became susceptible to a new population of the pathogen.

Key words: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Brassica oleracea* L, resistance, race-specific reaction, factor analysis.

REFERENCES

- [1] Flor H. Current status of the gene-for-gene concept. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1971. V. 9. S. 275—296.
- [2] Kamoun S., Kadmar H.V., Tola E., Kado C.I. (1992) Incompatible interaction between crucifers and *Xanthomonas campestris* involve a vascular hypersensitive response: role of the hrpX locus. *Molec. Plant-Micr. Interact.* 5, 22—33.
- [3] Ignatov A., Hida K., Kuginuki Y. Black rot of crucifers and sources of resistance in Brassica crops. *Japan Agricultural Research Quarterly.* 32 (1998): 167—172.
- [4] Vicente J.G., Conway J., Roberts S.J., Taylor J.D. (2001) Identification and origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* races and related pathovars. *Phytopathology* 91:492—499.
- [5] Fargier E., Manceau C. (2007) Pathogenicity assays restrict the species *Xanthomonas campestris* into three pathovars and reveal nine races within *X. campestris* pv. *campestris* *Plant Pathology* 56, 805—818.
- [6] Ignatov A., Kuginuki Y., Hida K. (1998). Race-specific reaction of resistance to black rot in Brassica oleracea. *Eur. J. Plant Pathol.* 104:821—827.
- [7] Ignatov A., Kuginuki Y., Hida K. Vascular stem resistance to black rot in Brassica oleracea. *Canadian journal of botany* 77.3 (1999): 442—446.
- [8] Sutherland R.A. (1986): A method for inferring the minimum number of genes controlling the reaction of cultivars of a host species to isolates of a pathogen under a gene-for-gene model. *Biometrics* 42, 15—24.
- [9] Tsygankova S.V. et al. Genetic relationships among strains of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* revealed by novel rep-PCR primers. *European journal of plant pathology* 110.8 (2004): 845—853.
- [10] Vo Thi Ngok Ha, Dzhaliilov F.C., Vinogradova S.V., Kyrova E.I., Ignatov A.N. Geneticheskoe raznoobrazie vozбудitelja sosudistogo bakterioza v Rossii: reakcija rastenij. *Zashhita kartofelja.* 2014. № 2. S. 26—28.
- [11] Vo Thi Ngok Ha, Dzhaliilov F.S., Mazurin E.S., Kyrova E.I., Vinogradova S.V., Shaad N.V., Laster D., Ignatov A.N. Rasprostranenie novogo genotipa *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. v Rossii v 2012 g. *Zashhita kartofelja.* 2014. № 2. S. 28—30.
- [12] Dzhaliilov F.S., Korsak I.V., Monahos G.F. Svravnenie metodov ocenki ustojchivosti kapusty k sosudistomu bakteriozu. *Izvestija TSHA.* 1995. Vyp. 2. S. 147—153.
- [13] Kim Dzh.-O., M'juller Ch.U., Klekka U.R. i dr. Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz: Per.s angl. M.: Finansy i statistika, 1989.