

15. Тютереv, С.Л. Научные основы индуцированной болезнеустойчивости растений / С.Л. Тютереv. – СПб., 2002. – 328 с.
16. Цыганов, А.Р. Микроэлементы и микроудобрения: учебное пособие / А.Р. Цыганов, Т.Ф. Персикова, С.Ф. Реуцкая. – Мн., 1998. – 122 с.
17. Чечеткина, И.В. Зависимость урожайности сахарной свеклы от применения фунгицидов и микроэлементов / И.В. Чечеткина, Т.М. Булавина // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. УО «ГГАУ»; под ред. чл.-корр. НАН Беларуси В.К. Пестиса. – Гродно: УО «ГГАУ», 2014. – Т. 4. – С. 272-281.
18. Cooke, D.A. The sugar beet crop / D.A. Cooke, R.K. Scott. – 1993. – 675 p.

INFLUENCE OF MICROELEMENTS AND FUNGICIDES ON YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET ROOTS

T.M. Bulavina

The research results on the study of the dependence of yield and quality of sugar beet roots on the application of microelements and fungicides are presented in the article. It is established that at the increased content of the microelements in soil, the highest yield of Klarina hybrid is provided by the use of Rex Duo fungicide against the background of Polikom Svekla microfertilizer. It is shown that the application of the fungicides influences the root quality more significantly than the use of the microelements.

УДК 635.21:632.35

ПОРАЖЕНИЕ КАРТОФЕЛЯ ЧЕРНОЙ НОЖКОЙ, РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ В БЕЛАРУСИ

В.П. Бакай

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 8.10.2014 г.)

Аннотация. Приведены результаты маршрутных обследований посадок картофеля в Беларуси для оценки распространенности черной ножки картофеля и мокрой бактериальной гнили. Изучен штаммовый состав возбудителей *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* и *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Atrosepticum*, их биология и соотношение в зависимости

от региона возделывания и сорта картофеля. Установлено, что соотношение подвидов возбудителей черной ножки различается как по областям выращивания, так и по сортам. Отмечена также некоторая неоднородность штаммового состава по биологическим и морфологическим свойствам.

Введение. Высокие потери урожая сельскохозяйственных культур от болезней объясняются биологическими особенностями растения и степенью приспособленности к нему возбудителей. Различные заболевания на картофеле развиваются в течение всего года: от посадки в поле до закладки на хранение, а затем и во время хранения.

Большое значение в нарастании вредоносности ряда заболеваний играют опережающие изменения, происходящие в их биологии, связанные с повышением пластичности, адаптивности, вирулентности патогенов. Постоянно меняется роль отдельных возбудителей и их соотношение в агроэкосистеме. Картофель в период вегетации и при хранении поражается комплексом грибных и бактериальных заболеваний. Больные клубни, попадая из хранилища в поле, становятся источником распространения болезней, в то время как поражение ботвы во время вегетации – одна из причин загнивания клубней при хранении [1]. Среди бактериальных заболеваний картофеля самыми распространенными и вредоносными являются черная ножка и мокрая гниль. Отмечено наиболее сильное проявление черной ножки в северной и центральной зонах республики, где зараженность семенного материала на семенном картофеле на уровне 2,5% способствует проявлению бактериоза на ботве до 15,8-16,0% [6].

Вредоносность бактериальных заболеваний картофеля в последнее время возросла. Бактериозы ослабляют растения, вызывают у них функциональные нарушения и вследствие этого приводят к снижению их продуктивности. Увеличивается распространенность черной ножки на районированных сортах картофеля в последние годы – с 0,86% в 2001 г. до 2,58% в 2009 г. [2].

Большинство специалистов при диагностике бактериозов ориентируются только на визуальные признаки болезней без выделения возбудителей в чистую культуру и изучения их физиолого-биохимических характеристик.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в течение 1999-2002 гг. в отделе защиты РУП «Белорусский научно-исследовательский институт картофелеводства». Материалом для исследований являлись полученные нами изоляты возбудителей черной ножки, выделенные из пораженных частей растений, сорта и селекционный материал картофеля, различные питательные среды.

Определение распространенности названных выше заболеваний картофеля проводили во время маршрутных обследований в период вегетации на посадках и в хранилищах во время хранения в Гродненском институте растениеводства (Щучин), Витебской ОСХОС (Тулово), Гомельской ОСХОС (Довск), Могилевской ОСХОС (Дашковка), Брестской ОСХОС (Пружаны), в Белорусском НИИ картофелеводства, а также в хозяйствах Минской области.

При определении пораженности клубней в период хранения использовался метод клубневого анализа. Клубни промывались, осматривались и разрезались в продольном направлении, учитывалось число пораженных клубней в процентах. Анализ проводился в апреле-мае перед посадкой и сразу после уборки в сентябре. В период вегетации на посадках определяли процент пораженных болезнями растений [4].

Для выделения бактерий в чистую культуру использовали селективные питательные среды: среда Кельмана с 2,3,5- трифенилтетразолия хлоридом и картофельный агар с генцианвиолетом [7]. Патогенность выделенных бактерий определяли на клубнях восприимчивого к черной ножке сорта Скарб методом половинок клубней [4].

В последующем изучали культуральные, морфологические и биохимические свойства полученных изолятов по общепринятым в микробиологии методикам. Диагностику возбудителей заболеваний проводили путем определения морфологических и биохимических признаков выделенных штаммов. Характер роста колоний изучали на различных питательных средах [4]. Окончательную идентификацию видов бактерий проводили по «Определителю бактерий Берджи» [5].

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе маршрутных обследований посадок и партий картофеля, заложенных на хранение в различных агроклиматических зонах, изучалась распространенность бактериальных заболеваний картофеля в Беларуси. Наши исследования показали, что наибольшее распространение имеет мокрая или мягкая гниль в период хранения картофеля и черная ножка в период вегетации. В конце хранения бактериальные гнили часто встречаются в смешанном виде с грибными (фомозной, фузариозной и т.д.). В 1999 г. поражение клубней смешанными гнилями в республике составило 0,2-40,0% на разных сортах и в разных зонах возделывания картофеля. Наибольшее распространение фузариозно-бактериальной гнили отмечено в Гродненской области у сорта Темп – до 40%. В Минской области поражение клубней черной ножкой у сортов Белорусский-3, Фреско было на уровне 0,4%. В 2002 г. в различных регионах отмечали поражение картофеля мокрой гнилью при хранении. В Могилевской ОСХОС она составляла 7,5% у сорта Здабытак, в Гродненском зональ-

ном НИИСХ – 1,0% у сорта Атлант, в Брестской ОСХОС у сортов Дина, Атлант, Гарант пораженность отмечена на уровне 0,5-1,5%, более высокая пораженность наблюдалась в Гомельской ОСХОС у сортов Выток, Скарб, Никита и Явар – 1,4-3,0% и в Витебской ОСХОС у сортов Луговской и Живица – 1,0 и 2,0% соответственно. Поэтому степень пораженности картофеля, по-видимому, определяется не только регионом, но и сортовым набором, находящимся в производстве того или иного региона, что сказалось на общей распространенности данного заболевания в Беларуси (таблица 1).

Таблица 1 – Распространенность черной ножки и мокрой гнили картофеля в производственных посевах и при его хранении, %

Область	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
Брестская	0,2	0,3	0,4	1,1
Витебская	0,8	1,2	2,2	3,3
Гомельская	0,2	0,3	0,5	0,5
Гродненская	0,6	0,8	3,6	1,0
Минская	0,4	0,6	1,2	1,3
Могилевская	0,6	2,2	2,4	4,0
В среднем по республике	0,5	0,9	1,7	1,9

Как видно, самые высокие значения пораженности получены в районах Витебской и Могилевской областей, наименьшие – в Гомельской, Брестской и Гродненской области. Это связано с тем, что в южных районах нашей страны, как правило, преобладают легкие по гранулометрическому составу почвы, которые слабо удерживают влагу и, как следствие, создается неблагоприятная среда для развития бактерий, особенно на ранних этапах вегетации и во время уборки.

Годы проведения наших исследований не характеризовались эпифитотийным развитием заболеваний, что в основном было связано с низким количеством осадков, особенно в 1999 г., и высокими температурами в период вегетации. Наибольшие показатели по распространенности черной ножки и мокрой гнили отмечались в более влажном 2002 г., наименьшие – в экстремально засушливом 1999 г.

Всего было проанализировано 244 бактериальных изолята. Патогенность полученных штаммов нами определялась первоначально на ломтиках картофеля сорта Скарб, которые инкубировались в термостате, при этом на 2-е сутки определялся размер гниющей ткани. Из всех выделенных в чистую культуру патогенными оказались 81, т.е. 33%. Это показывает, что в пораженном материале кроме бактерий возбудителей

черной ножки и мокрой гнили картофеля присутствует еще и ряд других сапрофитов (таблица 2).

Таблица 2 – Наличие патогенных бактериальных штаммов, выделенных из пораженных образцов картофеля в разных областях республики (среднее за 1999-2002 гг.)

Область	Выделено бактериальных штаммов			
	всего, шт.	непатогенных, шт.	патогенных	
			шт.	%
Брестская	58	41	17	29
Витебская	35	22	13	37
Гомельская	24	14	10	42
Гродненская	34	24	10	29
Минская	67	45	22	33
Могилевская	26	17	9	35
Всего	244	163	81	33

Установлено, что возбудителями черной ножки и мокрой гнили картофеля в Беларуси являются *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* и *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*. Это прямые палочки 0,5-1,0х1-3 мкм, одиночные, в парах и иногда в коротких цепочках. Грамотрицательные. Подвижные за счет перитрихальных жгутиков. По тесту Хью-Лейфсона обладают дыхательным и бродильным типами метаболизма. Факультативные анаэробы.

Колонии на картофельном агаре – от светло-желтых, светло-серых до белых. На среде Кельмана патогенные штаммы растут в виде гладких колоний с красным центром и белыми краями, иногда цвет меняется в сторону желтого и розового. Добавляемый в эту среду 2,3,5-трифенилтетразолияхлорид (ТТХ) является индикатором на фермент дегидрогеназу, под действием которого в среде образуется нерастворимый в воде формазан, окрашивающий колонию в красный цвет. Краска эта токсична для бактерий, причем рост грамположительных бактерий задерживают более низкие концентрации этой краски, чем грамотрицательных. Нами отмечено, что цвет колоний у разных штаммов может различаться в пределах вида и подвидов.

Соотношение колоний, различающихся по морфологическим свойствам на средах Кельмана с ТТХ и картофельном агаре, представлено в таблице 3. В изучаемой популяции на среде Кельмана подавляющее большинство колоний оказались красные с белыми краями (61,7%), часто встречались розовые с белыми краями (16,1%) и красно-фиолетовые

Таблица 3 – Частота встречаемости видов колоний патогенных бактерий, возбудителей черной ножки и мокрой гнили картофеля на питательных средах

Среда Кельмана	%	Картофельный агар	%
красные, края белые	61,7	светло-серые	30,0
розовые, края белые	16,1	светло-серые слизистые	22,2
красно-фиолетовые, края кремовые	16,0	кремовые слизистые	17,2
красные, края кремовые	2,5	светло-желтые слизистые	12,3
красные, края желтоватые	2,5	светло-желтые	11,1
красные, края кремовые, растекающиеся	1,2	белые слизистые	6,0
		белые	1,2

с кремовыми краями (16,0%). На картофельном агаре по форме и цвету колоний чаще наблюдались светло-серые и светло-серые слизистые – 30,0 и 22,2% соответственно.

Как видно, основной диагностической средой для определения возбудителей заболеваний следует считать среду Кельмана с ТТХ, т.к. 61,7% штаммов имеют идентичный вид – красные колонии с белыми краями, остальные штаммы – постоянный окрашенный в красный с оттенками центр и незначительную вариабельность в окраске по краям, в то время как на картофельном агаре окраска колоний варьирует гораздо сильнее. Кроме того, светло-серые непатогенные бактерии на этой среде имеют такой же вид, как и патогенные. Непатогенные же штаммы на среде Кельмана растут в виде мелких жестких фиолетовых колоний. Среда Кельмана позволяет в более точной степени отселектировать штаммы бактерий возбудителей заболеваний, хотя и более сложна по составу и трудоемка в приготовлении, тем не менее, дает возможность предварительно провести диагностику заболевания без применения комплекса биохимических тестов.

Биохимические свойства штаммов, которые определялись по образованию кислоты в 1% растворе пептона и 2% углевода с бромкрезоловым пурпурным в невзбалтываемом растворе, отличались в незначительной степени. В частности, различия отмечались по способности к образованию кислоты из углеводов и по виду колоний на питательных средах, что показывает изменчивость внутри популяции патогена. Кроме того, эти свойства находятся в зависимости от вирулентности штаммов. Однако соотношение подвидов возбудителя в разных областях было разным (таблица 4).

Таблица 4 – Соотношение подвидов возбудителей черной ножки и мокрой гнили картофеля в разных областях республики

Область	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i> , %	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> , %	Общее количество, выделенных штаммов, шт.
Брестская	69	31	16
Витебская	100	0	10
Гомельская	71	28	7
Гродненская	70	30	10
Минская	69	31	22
Могилевская	78	22	9
В среднем по республике	76	24	74

Как мы уже отмечали выше, наряду с температурным фактором, определяемым регионом республики, большое значение имеет и сортовой ассортимент возделываемого картофеля (таблица 5). В наших исследованиях использовались сорта столового назначения: ранние – Аксамит и Лазурит, среднеранние – Явар, Дина и Архидэя, среднеспелые – Скарб и Живица, поздние столово-технические – Выток, Сузорье, Темп, Здабытак, Орбита, Альпинист.

Таблица 5 – Соотношение штаммов возбудителей черной ножки и мокрой гнили картофеля, полученных из сортов картофеля белорусской селекции, %

Название сорта	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>
Лазурит	89	11
3113-46	20	80
Альпинист	100	-
Орбита	78	22
Выток	89	11
Архидэя	75	25
Темп	20	80
Аksamит	-	100
Скарб	100	-
Сузорье	-	100
Здабытак	100	-
Дина	67	33
Явар	100	-
Живица	75	25
В среднем	66	34

Вредоносность черной ножки в значительной мере связана с отсутствием устойчивости к ней у большинства сортов, а целенаправленная селекция на этот признак не ведется. Свойство устойчивости объясняют физиолого-биохимическими особенностями сортов, способностью к образованию раневой перидермы, степенью скороспелости. Наши наблюдения показали, что наиболее сильно подвержены заболеванию сорта позднего срока созревания (Темп, Здабытак, Выток), что может быть обусловлено высокой влажностью во время уборки, которая способствовала развитию мокрой гнили при хранении.

Преобладающим подвидом, вызывающим черную ножку и мокрую гниль у всех сортов картофеля (кроме сортов Темп, Аксамит и Сузорье), является подвид *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, а подвид *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* не был выявлен у сортов Альпинист, Скарб и Здабытак. Возможно, существует специфическая способность разных подвидов возбудителя поражать определенные сорта культуры.

Выводы

1. Результаты обследования посевов картофеля в период вегетации и клубней во время хранения показали, что черная ножка на растениях и мокрая гниль на клубнях является широко распространенным и вредоносным бактериозным заболеванием. Пораженность бактериозом наблюдается во всех районах возделывания картофеля, особенно сильно в Могилевской и Витебской областях на тяжелых заплывающих почвах. Поражение бактериозом приводит к полной гибели растений и клубней – прямые потери урожая. Скрытые потери выражаются в недоборе продукции в поле и при хранении, инфицированный семенной материал приводит к изреживанию всходов.

2. Собрано, выделено в чистую культуру и изучено 224 штамма бактерий из пораженного материала. Патогенные штаммы, способные вызвать поражение, составляют 33%, другие бактерии заселяют уже пораженную ткань (сапротрофы).

3. Определено, что возбудителями черной ножки и мокрой гнили картофеля в Беларуси являются *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* и *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*. Преобладающим патогеном является *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, на его долю приходится в среднем по республике до 76%, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* – 24%.

4. Изучены биохимические свойства штаммов возбудителей черной ножки картофеля, характерные для популяции республики, и их морфология.

5. Для идентификации патогенных штаммов возбудителей заболеваний наиболее эффективно использовать среду Кельмана с ТТХ.

Литература

1. *Дорожкин, Н.А.* Болезни картофеля / Н.А. Дорожкин, С.И. Бельская. – Минск: Наука и техника. – 1979. – 245 с.
2. *Жукова, М.И.* Рейтинг болезней клубней при оценке семенных качеств элиты картофеля / М.И. Жукова [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – №1. – С. 61-65.
3. *Иванюк, В.Г.* Защита картофеля от вредителей, болезней и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – 696 с.
4. *Лазарев, А.М.* Методы изучения бактериозов картофеля / А.М. Лазарев. – С.-Пб., 2001. – 27 с.
5. Определитель бактерий Берджи: в 2 т. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига [и др.]. – М: Мир, 1997. – 800 с.
6. *Середа, Г.М.* Черная ножка картофеля и разработка мер борьбы с ней в условиях Беларуси: автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Г.М. Середа. – Прилуки, 1993. – 26 с.
7. *Perombelon M.C.M.* Methods for the detection and quantification of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* on potatoes: a laboratory manual / M.C.M. Perombelon, J.M. Wolf // Scottish Crop Research Institute Occasional Publication. – 1998. – №10. – P. 35.

POTATO AFFECT BY BACTERIAL BLACK LEG AND CHARACTERISTICS OF DISEASE CAUSATIVE AGENT POPULATIONS IN BELARUS

V.P. Bakai

The results of the route surveys of potato crops in Belarus for the evaluation of the occurrence of potato bacterial black leg and soft rot are presented. The dependence of potato affection by diseases on weather conditions has been established. The strain composition of the causative agents of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, their biology and correlation in dependence of the region of cultivation and a potato variety has been studied. It is established that the ratio of the subspecies of black leg causative agents differs both by regions and varieties. Certain heterogeneity of the strain composition by biological and morphological properties has been observed.