

Список использованной литературы

1. Joop C. van Lenteren, Herman J.W. van Roermund, Susanne Sütterlin. Biological Control of Greenhouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the Parasitoid *Encarsia formosa*: How Does It Work? - Biological Control. - Vol. 6, Issue 1, 1996. - P. 1-10. - ISSN 1049-9644. - URL: <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0001>
2. Roermund, Herman J.W. van Understanding biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa* : from individual behaviour to population dynamics / Herman J.W. van Roermund. - [S.l. : s.n.]. - 111. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen. - With réf. - With summary in Dutch. - P.7-8. - ISBN 90-5485-437-5

Шао Чэнюэ, Евтушенков А.Н.
**ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ
ПЕКТОЛИТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МЯГКИХ ГНИЛЕЙ РАСТЕНИЙ,
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Фитопатогенные виды пектолитических бактерий родов *Pectobacterium* и *Dickeya* (ранее известные как виды *Erwinia*) являются возбудителями широко распространенных бактериозов вегетирующих овощных культур и декоративных растений в различных климатических регионах. Бактериозы также поражают плодово-овощную продукцию во время хранения, причиняя значительный экономический ущерб [1]. Факторами вирулентности фитопатогенных бактерий являются внеклеточные ферменты, разрушающие пектолитические и целлюлозные компоненты растительной ткани, что приводит к развитию бактериозов, называемых мягкими гнилями [2]. Бактериозы картофеля и других овощных культур, вызываемые пектобактериями, широко распространены в республике Беларусь, но видовой состав бактерий и их вирулентные свойства изучены недостаточно. Целью данной работы явилось выделение фитопатогенных пектолитических бактерий из пораженных бактериозами растений и изучение продукции ими пектолитических и целлюлолитических ферментов.

Материалы и методы исследования.

Образцы растений картофеля отбирали в сезон 2019-2020 года. Стебли картофеля (всего 20 образцов), пораженные «черной ножкой», отбирали на посадках картофеля в июле, клубни картофеля (27 образцов), корнеплоды моркови, лук и капусту с признаками

мягкой гнили, отбирали в хранилищах в зимний период. Образцы растений растирали в стерильной воде и суспензию высевали на картофельно-пектатную среду в чашках Петри. На 2-3 сутки культивирования отбирали колонии бактерий, погруженные в пектатный гель. Чистые культуры бактерий анализировали стандартными физиолого-биохимическими и морфологическим методами, как описано ранее [3].

Пектатлиазную и целлюлазную активность бактерий определяли в мацерированной ткани клубней картофеля. Клубни картофеля сорта Венета заражали суспензией бактерий и инкубировали в термостате (28⁰ С) в течение 48 часов. Мацерированную массу помещали в пробирку, приливали равный объем 0,05М Трис-НСl буфера, перемешивали и центрифугировали при 5000 об/мин 20 мин. Супернатант использовали для определения ферментативных активностей. Пектатлиазную, целлюлазную (эндоглюканазную) активность определяли как описано ранее [4].

Большинство штаммов, выделенные из пораженных мягкими гнилями тканей растений, были идентифицированы как представители семейства пектобактерий рода *Pectobacterium* с видами *atrosepticum* и *carotovorum* и не идентифицированные до вида (таблица). Некоторые выделенные штаммы отнесены к роду *Bacillus*. Исследования, проведенные в республике Польша, также показали доминирующее распространение пектобактерий на посадках картофеля [5]. Все выделенные бактерии эффективно мацерировали ткани клубней картофеля при искусственном заражении.

Таблица

Пектатлиазная и целлюлазная (эндоглюканазная) активность фитопатогенных пектолитических бактерий

Вид, штамм	Активность Пектатлиазы Е/мл	Активность Эндоглюканазы Е/мл	Вид, штамм	Активность Пектатлиазы Е/мл	Активность Эндоглюканазы Е/мл	Вид, штамм	Активность Пектатлиазы Е/мл	Активность Эндоглюканазы Е/мл
P.ca* 02-1	0,489	119,71	P.ca 64-1	0,217	82,83	Pat 108-1	0,233	48,67
P.ca 02-2	1,223	117,16	P.ca 64-2	0,620	175,84	Pat 108-2	0,075	50,19
P.ca 03-9	1,760	64,91	P.ca 65-1	0,304	236,34	P.ca 110-1	0,115	127,97
P.ca 04-3	1,085	66,98	P.ca 65-2	0,566	170,0	P.ca 110-2	0,116	129,14

P.ca 04-4	0,706	271,71	P.sp 74	0,001	78,41	P.ca 111-2	0,057	43,34
P.at 09-3	0,163	115,55	P.at 084	0,366	108,79	P.ca 113-1	0,186	96,31
P.ca 29-1	0,683	205,09	P.ca 086	0,813	156,98	P.ca 113-2	0,095	49,83
P.ca 29-2	0,645	172,64	P.ca 086-1	0,350	124,91	P.at 114-1	0,204	105,48
P.at 34-4	0,074	67,03	P.ca 087	0,402	142,09	P.at 118-2	0,159	50,14
P.ca 35-2	0,411	275,33	P.ca 087-1	0,717	182,59	P.at 119-1	0,072	55,19
P.at 36-3	0,030	56,31	P.ca 88-1	0,362	130,5	P.ca 119-2	0,172	46,55
P.at 36-4	0,171	56,41	P.ca 88-2	0,915	193,19	P.ca 121-2	0,680	68,14
B.sp 37-3	1,068	275,84	P.ca 90-1	0,601	167,52	P.ca 123-1	1,18	98,59
B.sp 37-4	0,672	311,29	P.ca 90-2	0,405	131,05	P.ca 123-2	0,578	64,84
B.sp 38-1	0,045	104,5	P.ca 094	0,318	129,76	P.ca 124	0,266	50,57
P.ca 39-1	0,307	41,07	P.ca 95-2	0,316	134,12	P.ca 125	0,734	85,0
P.ca 44-1	0,565	268,14	P.ca 096	0,402	144,72	P.ca 126	0,443	101,41
P.ca 45-1	0,551	116,74	P.ca 97-1	0,284	169,02	P.ca 127	0,459	109,6
P.ca 45-2	0,083	86,07	P.ca 98-1	0,267	311,93	P.ca 128	0,285	79,67
P.ca 47-1	0,240	174,22	P.ca 98-2	0,47	70,78	P.ca 129	0,738	136,53
P.at t47-2	0,132	96,57	P.ca 99-2	0,36	100,78	P.ca 130	0,711	198,19
B.sp 51-1	0,238	62,36	B.sp 100	0,388	209,38			
P.at 51-2	0,44	70,97	P.ca 101-2	0,704	79,05			
P.at 52-1	0,785	119,57	P.ca 102-1	0,249	184,17			
P.ca 52-2	0,721	11,07	P.ca 102-2	0,098	129,12			
P.sp 54-1	0,001	41,86	P.ca 104-2	0,047	33,72			
P.sp 54-2	0,022	51,9	P.sp 105-1	0,021	328,17			
B.sp 55-1	0,275	42,34	P.sp 105-2	0,027	37,50			
P.at 56-2	0,137	118,1	P.ca 106-1	0,146	88,52			
P.sp 58-1	0,001	45,24	P.ca 106-2	0,072	89,22			
P.sp 58-2	0,001	37,97	P.at 107-2	0,045	40,45			

**P.ca* –*P.carotovorum*; *P.at*- *P.atrosepticum* ; *P.sp*- *Pectobacterium sp*; *B.sp*-*Bacillus sp*

Пектатлиазная активность выделенных штаммов варьировала в широких пределах.

От 0,1 Е/мл до 1,76 Е/мл колебались показатели в мацерированной ткани. Наибольшая активность пектатлиаз регистрировалась у отдельных штаммов бактерий *P.carotovorum*, но большинство штаммов характеризовались средними уровнями активности. У бактерий *P.atrosepticum* отмечалась более низкая пектатлиазная активность. Более высокая эндогликаназная активность также отмечалась среди штаммов *P.carotovorum* и низкая у штаммов *P.atrosepticum*. Бактерии *P.atrosepticum* известны как более специ-

лизированные патогены, способные вызывать «черную ножку» стеблей картофеля и мягкие гнили различных овощных культур. Возможно их более низкая ферментативная активность связана с их патогенной специализацией. Некоторые штаммы *P.carotovorum* с высокой пектатлиазной и эндоглюканазной активностью могут использоваться как продуценты мацерирующих ферментов.

Выводы:

1. Основными возбудителями мягких гнилей растений в республике Беларусь являются пектобактерии *P.carotovorum*, *P.atrosepticum*, *P.spp.* а также в меньшем числе случаев *Bacillus spp.*

2. *P.carotovorum* характеризуются более высокой пектатлиазной и целлюлазной активностью по сравнению с *P.atrosepticum*. Наиболее активные штаммы *P.carotovorum* могут использоваться как продуценты мацерирующих ферментов

Список использованной литературы

1. Perombelon M. C. M. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis // *Plant Pathology*, 2002., Vol. 51. P. 1–12

2. Hugouvieux-Cotte-Pattat N., Condemine G., Shevchik V. E. Bacterial pectate lyases, structural and functional diversity // *Environmental Microbiology Reports*, 2014, 6(5), P. 427–440

3. Dye D. A taxonomic study of the genus *Erwinia*. I. The “*Amylovora*” group // *N.Z.J.Sci.* 1968, v11, p.590-608.

4. Starr M., Moran P. Eliminative splite of pectic substances by phytopathogenic soft rot bacteria // *Science*, 1962, v135, p.920-921.

5. Motyka-Pomagruk A., Zoledowska S., Sledz W., Lojkowska E. The occurrence of bacteria from different species of Pectobacteriaceae on seed potato plantations in Poland // *Eur J Plant Pathol* (2021) 159:309–32