

Технологическая оценка сахарной свеклы, инфицированной возбудителями сосудистого бактериоза в период вегетации

Людмила Н. Путилина,¹ lputilina@bk.ru
Надежда Г. Кульнева,¹ ngkulneva@yandex.ru,
Галина А. Селиванова,² vniiss@mail.ru
Ольга А. Землянухина² vniiss@mail.ru

¹ кафедра технологии бродильных и сахарных производств, Воронеж. гос. ун-т инж. технол. пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

² ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова»

Реферат. Эффективность свеклосахарного производства напрямую связана с качеством свекловичного сырья, поступающего в переработку. Качество сырья зависит от совокупного действия природно-климатических, агротехнических и сортовых факторов, определяющих физиологическое состояние растений. Повсеместное снижение плодородия и возрастание инфекционного фона почвы, преобладание восприимчивых к местным патогенам зарубежных гибридов в сортamente сахарной свеклы провоцирует развитие болезней корневой системы – фузариозного загнивания и сосудистого бактериоза. Многолетние обследования свекловичных посевов в разных районах ЦЧР выявили высокую вредоносность указанных болезней корнеплодов, потери урожая от которых в отдельные годы составляли до 50%. Определение влияния сосудистого бактериоза на формирование химического состава корнеплодов сахарной свеклы и накопление в них сахаров представляет научный и практический интерес. Научные исследования проводились на базе лаборатории хранения и переработки сырья, лаборатории иммунитета, отдела биотехнологии ФГБНУ «ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова» и кафедры технологии бродильных и сахаристых производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Установлено, что с увеличением степени поражения сахарной свеклы сосудистым бактериозом повышалось содержание сухих веществ с 26,04 (здоровые корнеплоды) до 32,75% (корнеплоды с 5-ти балльным поражением), при этом сахаристость снижалась с 18,77 до 16,83% соответственно. Доля сахарозы в сухих веществах соответственно снижалась с 72,08 (здоровые корнеплоды) до 51,39% (корнеплоды с 5-ти балльным поражением), что свидетельствует о процессе утилизации части сахарозы бактериями в пораженных корнеплодах. Содержание редуцирующих веществ увеличилось в 1,2–4,9 раза. Выявлено, что возбудители сосудистого бактериоза оказывали отрицательное действие на качество свекловичного и очищенного соков, чистота которых снижалась соответственно на 0,7–7,5 и 0,4–7,6% абс. относительно показателей здоровых корнеплодов. В результате исследований по определению активности пероксидазы в корнеплодах с разной степенью пораженности сосудистым бактериозом выявлено повышение общей и удельной активности фермента с усилением развития болезни. Определено, что возбудители сосудистого бактериоза отрицательно повлияли на выход сахара, показатель которого снизился на 1,0–5,5%.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, сосудистый бактериоз, технологическая оценка, активность пероксидазы

Technological scoring of sugar beets which were infected by the pathogen of the vascular bacteriosis during vegetation period

Ludmila N. Putilina,¹ lputilina@bk.ru
Nadezhda G. Kulneva,¹ ngkulneva@yandex.ru,
Galina A. Selivanova,² vniiss@mail.ru
Ol'ga A. Zemlyanukhina² vniiss@mail.ru

¹ fermentation and sugar industries technology department of Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² FSTSO "All-Russian research institute for sugar beet and sugar named after A.L. Mazlumov"

Summary. Efficiency of the sugar production from sugar beets is close connected with quality of the raw material which uses for the processing. Quality of the raw material depends on complex impact of number of factors, like natural, climatic, agritechnical, and varietal. Currently, there are some negative factors, like decreasing of soil fertility, increasing of soil's infectious background, prevalence of the foreign hybrid sorts of sugar beets which are vulnerable for local pathogens. These factors cause the increase of the diseases of sugar beets' root system – fusarium decay and vascular bacteriosis. The explorations of sugar beets' crops for many years in different areas of Central-Chernozem region have revealed high damage for yield from these diseases. In some years the loss of yield was up to 50%. The determination of impact of bacterial infections on the processes of forming of the chemical composition of sugar beets' roots and the accumulation of sugar in sugar beets' roots is the very important task for science and production. The researches have been done in the laboratory of store and production raw materials, in the Laboratory of immunity, in the department of biotechnology of the FSTSO "All-Russian research institute for sugar beet and sugar named after A.L. Mazlumov", and in the department of technology of fermentation and sugar productions of the Voronezh state university of engineering technologies. Was revealed, that increasing the level of the disease of sugar beets by vascular bacteriosis causes the rise amount of dry substances from 26.04% (healthy roots) up to 32.75% (damage of roots is 5 scores). And the sugar content decreases from 18.77% up to 16.83%. Proportion of sucrose in dry substances also decreases from 72.08% (healthy roots) up to 51.39% (damage of roots is 5 scores), because part of sucrose is utilized by bacteria in affected roots. Content of reducing substances increases by a factor of 1.2–4.9. Also was revealed that the pathogens of vascular bacteriosis make negative impact for quality of beets' juice and cleaned juice, and them purity decreases by 0.7–7.5% and 0.4–7.6%. The researches for determination of peroxidase activity in sugar beets' roots, which have different levels of damage by vascular bacteriosis, allowed to reveal enhancing common and specific activity of ferment if disease increases. Was determined that pathogens of vascular bacteriosis make negative impact on the factor of sugar exit which decreases by 1.0–5.5%.

Keywords: sugar beets production, vascular bacteriosis, technological scoring, peroxidase activity

Для цитирования

Путилина Л.Н., Кульнева Н.Г., Селиванова Г.А., Землянухина О.А. Технологическая оценка сахарной свеклы, инфицированной возбудителями сосудистого бактериоза в период вегетации // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 239–246. doi:10.20914/2310-1202-2016-3-239-246

For citation

Putilina L. N., Kulneva N. G., Selivanova G. A., Zemlyanukhina O. A. Technological scoring of sugar beets which were infected by the pathogen of the vascular bacteriosis during vegetation period. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3. pp. 239–246. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-3-239-246

Введение

Рентабельность свеклосахарного производства напрямую связана с качеством свекловичного сырья, поступающего на фабричный конвейер. В настоящее время сахарные заводы стараются перерабатывать свекловичное сырье «с колес», то есть непосредственно с поля во избежание потерь от загнивания при хранении в кагатах. В этом случае качество сырья напрямую зависит от условий, в которых происходило формирование корнеплодов в период вегетации [1].

Формирование технологического качества сахарной свеклы в процессе вегетации зависит от совокупного действия природно-климатических, агротехнических и сортовых факторов, определяющих физиологическое состояние растений. Периодические засухи в начале вегетации, повсеместное снижение плодородия и возрастание инфекционного фона почвы, преобладание восприимчивых к местным патогенам зарубежных гибридов в сортаменте сахарной свеклы провоцирует развитие болезней корневой системы. В ЦЧР наиболее распространены фузариозное загнивание корнеплодов и бактериальное увядание растений (сосудистый бактериоз или трахеобактериоз), вызывающее прогрессирующую потерю тургора корнеплодов вплоть до их загнивания или мумификации. Возбудители этих болезней являются факультативными паразитами и переходят с сапротрофного типа питания на паразитизм при ухудшении условий существования растений [2, 3, 4]. В период засухи почвенные микроорганизмы также

испытывают стресс и устремляются к растениям как к источнику влаги, проникая внутрь корня по листовым следам головки, отмершим корневым волоскам и т. п. [5].

Многолетние обследования свекловичных посевов в разных районах ЦЧР выявили высокую вредоносность указанных болезней корнеплодов, потери урожая от которых в отдельные годы составляли до 50%. При этом вредоносность бактериального увядания сахарной свеклы обусловлена не только большим процентом гибели растений культуры во время вегетации. Особенностью этой болезни является скрытый характер развития при более благоприятных погодных условиях, когда нет видимых признаков поражения кроме увядания листьев и потери тургора корнеплода без его загнивания.

Географически фузариоз чаще встречается в северных областях ЦЧР, а трахеобактериоз сильнее проявляется на южных территориях (южная половина Воронежской и юго-восток Белгородской областей) из-за господствующей здесь засухи. Кроме того, распространенные там меловые и карбонатные подстилающие породы подщелачивают почвенную среду, создавая более подходящие условия для развития бактерий. В центральных и северных районах ЦЧР, где почвенно-климатические условия более благоприятны для выращивания сахарной свеклы, признаки болезни начинают проявляться позже, и ее развитие протекает слабее: полная потеря тургора и загнивание корнеплодов от бактериоза встречается редко, но признаки инфицирования проявляются в ослаблении тургора корнеплода (таблица 1).

Таблица 1.

Распространенность сосудистого бактериоза в посевах сахарной свеклы (% инфицированных и погибших растений от общего количества растений в пробе)

Table 1.

Prevalence of vascular bacteriosis in sugar beet crops (% of infected and dead plants from the total number of plants in the sample)

Гибрид Hybrid	Курская область, % инфицированных Kursk region, % of infected	Гибрид Hybrid	Белгородская область Belgorod region	
			% инфицированных % of infected	в том числе увядших, загнивших including faded, rotten
Гранате / Granate	55	Портланд / Portland	60	6
Симбол / Symbol	47	Хамбер / Hamber	68	28
Зефир / Zephyr	70	Земис / Zemis	70	26
Тинкер / Tinker	45	Шаннон / Shannon	68	18
Резимакс / Rezimaks	42	Олессия / Olessia	80	27
Армин / Armin	43	Ровена / Rovena	85	40
РМС 70 / RMS 70	46	Леопард / Leopard	80	21
РМС 73 / RMS 73	40	Фиделия / Fidelity	56	13
РМС 120 / RMS 120	40	РМС 120 / RMS 120	52	12

Из таблицы 1 следует, что свекловичное сырье, поступающее на сахарные заводы, может на 50% и более быть инфицированным возбудителями сосудистого бактериоза.

Повышение устойчивости сахарной свеклы к почвенным патогенам состоит, с одной стороны, в направленной селекции, с другой – в создании благоприятных условий для роста и развития растений с помощью правильно составленных агротехнических мероприятий, повышающих плодородие и супрессивность почвы. В настоящее время более актуален второй путь (комплекс агротехнических приемов), поскольку посевные площади под сахарную свеклу более чем на 90% засеваются семенами зарубежных гибридов.

В свете вышеизложенного представляет научный и практический интерес определение влияния бактериальной инфицированности на формирование химического состава корнеплодов сахарной свеклы и накопление в них сахаров.

Методика проведения исследований

Научные исследования проводились на базе лаборатории хранения и переработки сырья, лаборатории иммунитета, отдела биотехнологии ФГБНУ «ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова» и кафедры технологии броидильных и сахаристых производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

Объект исследований – корнеплоды сахарной свеклы гибрида отечественной селекции РО-117 (опытное поле ФГБНУ «ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова»).

Оценка технологических показателей свеклы включала определение:

- массовой доли сахарозы методом холодного водного дигерирования;
- содержания калия и натрия потенциометрическим методом;
- содержания α-аминного азота фотокolorиметрическим методом;
- содержания редуцирующих веществ методом Мюллера;
- содержания кондуктометрической золы в очищенном кондуктометрическим методом;
- содержания сухих веществ методом высушивания;
- содержания белковых веществ в свекловичном соке методом Лоури;
- содержания растворимых белковых веществ методом Брэдфорда;
- активности пероксидазы методом О.А. Землянухиной.

Изоферментный анализ на выявление изоформ пероксидазы проводили в вертикальных пластинах в 7,5% ПААГ по методу Дэвиса.

Результаты исследований

По разработанной в 2014 году пятибалльной шкале пораженности сахарной свеклы сосудистым бактериозом на опытном поле ВНИИСС были отобраны корнеплоды гибрида РО-117, имеющие разную степень пораженности бактериозом перед уборкой (таблица 2).

Таблица 2.

Шкала пораженности сахарной свеклы сосудистым бактериозом

Table 2.

The scale of infestation of sugar beet by vascular bacteriosis

Балл пораженности Severity of affection	Признаки болезни Disease signs	
0 (контроль) 0 (control)		Здоровые растения: листовой аппарат в хорошо развитом состоянии, растение выдергивается из почвы с большим усилием. Healthy plants: the leaf apparatus is well developed, the plant is pulled out from soil with great effort.
1		Единичные листья усохли, остальные могут иметь признаки увядания, корнеплод выдергивается из почвы с меньшим усилием, хвостовая часть корнеплода изгибается без обламывания. Individual leaves have dried out, the others can have signs of wilting, the root is pulled out from soil with less effort, and tail part of the root is bent without breaking off.

2			<p>Листья нижнего яруса усохли, остальные привядшие, корнеплод выдергивается из почвы с незначительным усилием, его нижняя часть (15–20%) имеет ослабленный тургор, на разрезе изменений сосудистых пучков не обнаруживается.</p> <p>Basal leaves have dried out, the others are wilted, the root is pulled out from soil with slight effort, its bottom part (15-20%) has weakened turgor, and section through the root shows no changes of vasculars.</p>
3			<p>Отмирание листового аппарата на 50%, корнеплод выдергивается из почвы легко, его нижняя часть (25–45%) имеет ослабленный тургор, на разрезе видны изменения цвета сосудистых пучков, может наблюдаться загнивание хвостовой части корнеплода.</p> <p>Leaf apparatus 50% dying off, the root is pulled out from soil easily, its bottom part (25-45%) has weakened turgor, section through the root shows changes of vascular colour, rotting of the root tail part can be observed.</p>
4			<p>Отмирание листового аппарата на 75%, корнеплод выдергивается из почвы легко, его нижняя часть (50–70%) имеет ослабленный тургор, на продольном разрезе отчетливо видно потемнение сосудистых пучков, наружные ткани хвостовой части корнеплода имеют серо-коричневый цвет, загнивание нижней части корнеплода*.</p> <p>Leaf apparatus 75% dying off, the root is pulled out from soil easily, its bottom part (50-70%) has weakened turgor, longitudinal section through the root shows darkening of vasculars, external tissues of the root tail part are grey-brown, rotting of the root bottom part*.</p>
5			<p>Листовой аппарат усох, корнеплод выдергивается из почвы без усилий, корнеплод (на 75% и более) имеет ослабленный тургор, наружные ткани имеют серо-коричневый или черный цвет, от 50 до 100% корнеплода поражено гнилью.</p> <p>The leaf apparatus has dried out, the root is pulled out from soil without efforts, the root (75% and more) has weakened turgor, external tissues are grey-brown or black, from 50 to 100% of the root is rotted.</p>

* – change the color of the vessels and decay are not always

Согласно стандартным методикам определены показатели технологического качества здоровых корнеплодов и корнеплодов, пораженных сосудистым бактериозом (таблица 3). Установлено, что с увеличением степени поражения сахарной свеклы сосудистым бактериозом повышалось содержание сухих веществ с 26,04 (здоровые корнеплоды) до 32,75% (корнеплоды с 5-ти бальным поражением), при этом сахаристость снижалась с 18,77 до 16,83% соответственно. Доля сахарозы в сухих веществах соответственно уменьшалась с 72,08 (здоровые корнеплоды) до 51,39% (корнеплоды с 5-ти бальным поражением), что свидетельствует о процессе утилизации части сахарозы бактериями в пораженных корнеплодах. Содержание редуцирующих веществ увеличилось в 1,2–4,9 раза (в здоровых корнеплодах содержание РВ составляло 0,104%).

Выявлено, что возбудители сосудистого бактериоза оказывали отрицательное действие на качество свековичного и очищенного соков, чистота которых снижалась соответственно на 0,7–7,5 и 0,4–7,6% абс. относительно показателей здоровых корнеплодов (85,7 и 90,0% соответственно). Определение белковых веществ в клеточном соке показало уменьшение их количества с 19,57 (здоровые корнеплоды) до 3,84% (корнеплоды с 5-ти бальным поражением) к массе СВ сока, что обусловлено протеолитической активностью фитопатогенных бактерий. Результатом разложения белковых соединений является увеличение в корнеплодах вредных для сахарного производства азотистых веществ. Отмечено повышение в 1,3–5,4 раза содержания α-аминного азота, присутствие которого препятствует кристаллизации сахара и увеличивает его содержание в мелассе с 2,88 до 6,26%.

Влияние степени поражения бактериозом на технологические качества корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2014–2015 гг.)

The effect of damage degree by bacteriosis on the technological quality of sugar beet root crops (average for 2014-2015).

№ п/п	Исследуемые параметры Parameters studied	Пораженность, балл Infestation, points					
		0 (контроль) 0 (control)	1	2	3	4	5
1. Свекла Beet							
1.1.	Сахаристость,% Sugar content,%	18,80/ 18,77*	19,00/ 17,92	20,0/ 18,43	19,6/ 18,32	21,3/ 18,22	21,2/ 16,83
1.2.	Массовая доля сухих веществ,% Mass fraction of solids,%	26,04	27,36	28,21	29,82	30,39	32,75
1.3.	Доля сахарозы в массе сухих веществ,% Percentage of sucrose in the solids mass,%	72,08	65,49	65,33	65,85	61,44	51,39
1.4.	Содержание калия, ммоль / 100 г. свеклы Potassium content, mmol / 100 g of beet	2,31	2,31	2,76	3,39	3,15	3,61
1.5.	Содержание натрия, ммоль / 100 г. свеклы Sodium content, mmol / 100 g of beet	1,37	1,47	1,84	2,71	2,84	3,68
1.6.	Содержание α-аминного азота, ммоль / 100 г. свеклы Contents of α-amino nitrogen, mmol / 100 g of beet	2,74	3,51	5,03	7,55	9,57	14,76
1.7.	Массовая доля редуцирующих веществ,% Mass fraction of reducing sub-stances,%	0,104	0,121	0,132	0,239	0,338	0,512
1.8.	Массовая доля углекислой золы,% Mass fraction of calcium car-bonate salt,%	0,512	0,545	0,621	0,785	0,861	1,025
2. Нормальный клеточный сок Standard cell sap							
2.1.	Чистота,% Purity,%	85,70	85,04	84,90	82,30	79,80	78,20
2.2.	Содержание белковых веществ, мг/ мл · 100 СВ Content of protein substances, mg / mL 100 СВ	19,57	18,85	14,73	5,04	4,08	3,84
3. Очищенный клеточный сок Purified cell sap							
3.1.	Массовая доля солей кальция,% CaO Mass fraction of calcium salts, CaO%	0,022	0,030	0,037	0,068	0,111	0,120
3.2.	Чистота,% Purity,%	90,0	89,6	88,6	86,6	84,40	82,40
3.3.	Натуральная щелочность,% CaO Natural alkalinity,% CaO	0,001	-0,012	-0,021	-0,054	-0,106	-0,117
4. Расчетные показатели Calculated indicators							
4.1.	Прогнозируемый выход сахара,% Projected sugar yield,%	15,04	14,04	14,19	12,90	11,98	9,57
4.2.	Коэффициент извлечения сахара из свеклы Recovery of sugar from beet indicator	0,801	0,783	0,770	0,704	0,657	0,567
4.3.	Прогнозируемые потери сахара в мелассе,% Projected sugar losses in molasses,%	2,73	2,88	3,24	4,42	5,24	6,26
4.4.	Прогнозируемый выход условной мелассы,% Projected output of conditional molasses,%	5,54	5,85	6,40	8,59	10,58	12,44

18,77 – в знаменателе сахаристость корнеплодов в пересчете на СВ корнеплодов с нормальным тургором (26%)

18,77 – sugar content in terms of solids of root crops with normal turgor (26%) is given in the denominator

Прогнозируемый выход сахара имел максимальное значение у здоровых корнеплодов (15,04%), и с увеличением степени поражения корнеплодов снижался до 9,57%. Как показали исследования, сосудистый бактериоз оказывал отрицательное влияние на степень извлечения сахарозы, коэффициент извлечения при переработке такой свеклы снижался с 0,801 до 0,567.

Выявленное в результате технологического анализа снижение белковых веществ

в клеточном соке подтвердилось определением растворимых белковых веществ в тканях корнеплодов: с увеличением степени поражения растений сахарной свеклы сосудистым бактериозом происходило снижение содержания белка в корнеплодах с 0,229 до 0,127 мг/см³ (рисунк 1). Заметное снижение белка (до 0,167 мг/см³) наблюдалось уже при степени развития болезни на 2 балла, при котором визуально корнеплод почти не отличался от здорового.

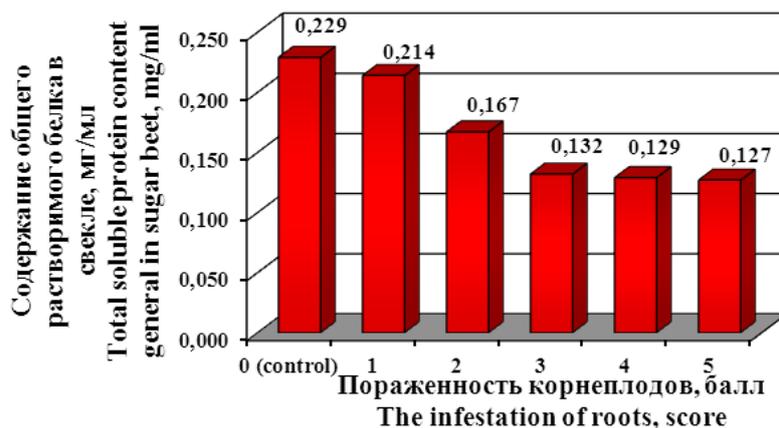


Рисунок 1. Содержание общего растворимого белка в корнеплодах сахарной свеклы

Figure 1. Total soluble protein content general in sugar beet roots

Известно, что под действием стресса любой природы, в том числе вызванного инфекцией, в растениях увеличивается образование активных форм кислорода. В таких случаях существенную роль в защите от стресса играет фермент пероксидаза, разрушая пероксид водорода и ограничивая свободнорадикальные процессы. Имеются данные о том, что активность фермента напрямую связана с синтезом в клетках активных форм кислорода. Роли пероксидазы в метаболизме большого растения посвящено большое количество работ Б.А. Рубина (Рубин, Лушинская, 1969; Рубин, Будилова, 1970; Рубин, 1975; и др.). Обладая функциональностью, фермент способен реагировать на большинство нарушений гомеостаза. Повышение активности пероксидазы рассматривается как индикатор стрессового состояния растений.

В результате исследований по определению активности пероксидазы в корнеплодах с разной степенью пораженности сосудистым бактериозом выявлено повышение общей и удельной активности фермента с усилением развития болезни (рисунки 2, 3).

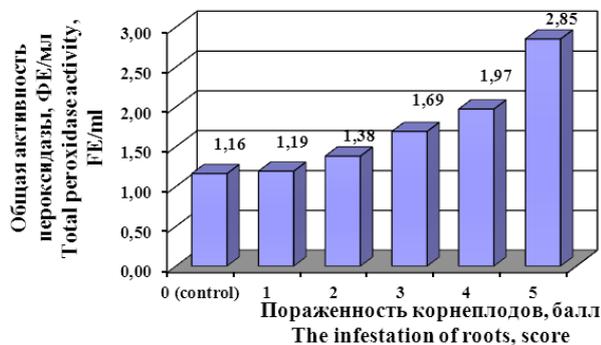


Рисунок 2. Общая активность пероксидазы в корнеплодах сахарной свеклы

Figure 2. Total peroxidase activity in sugar beet roots

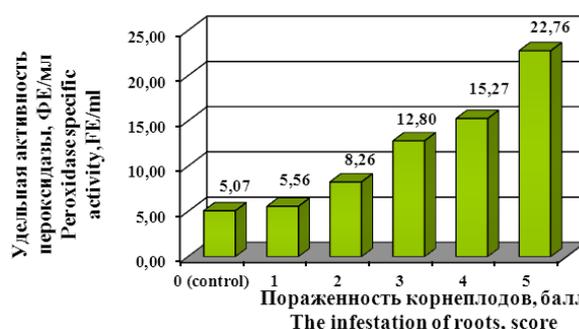


Рисунок 3. Удельная активность пероксидазы в корнеплодах сахарной свеклы

Figure 3. Peroxidase specific activity in sugar beet roots

Наиболее высокие показатели общей и удельной активности фермента отмечены у корнеплодов с 5-ти бальной степенью заболевания (2,85 ФЕ/см³ и 22,76 ФЕ/см³ соответственно).

Пероксидаза представлена в растениях набором изоферментов, число которых у одного вида может составлять от 3 до 42. Наличие изоферментов расширяет границы функционирования пероксидазы, она проявляет активность в зоне рН 3–14.

При стрессовых состояниях, ранении, вирусном или микробном инфицировании организма значительно изменяется не только активность пероксидазы, но и изоферментный состав. Повышение активности пероксидазы с ростом заболевания проявлялось в увеличении общего количества изоформ фермента от 4 (контроль) до 5–6 (пораженные растения) (таблица 4).

Распределение изоформ пероксидазы в корнеплодах сахарной свеклы

Table 4.

Allocation of peroxidase isoforms in sugar beet roots

R _f , относительная электрофоретическая подвижность Rf, relative electrophoretic mobility	Пораженность корнеплодов, балл Roots infestation, points					
	0 (контроль) 0 (control)	1	2	3	4	5
0,21	+	+	+	+	+	+
0,24	+	+	+	–	–	–
0,26	+	+	+	–	–	–
0,46	–	–	–	–	+	–
0,56	–	–	–	+	–	+
0,64	+	+	+	+	–	–
0,67	–	+	+	+	–	–
0,72	–	–	+	+	–	–
0,88	–	–	–	+	–	–

Примечание: «+» – наличие зоны активности фермента; «–» – отсутствие зоны активности фермента

Note: “+” – the presence of enzyme activity zone; “–” – the absence of enzyme activity zone

Возможно, дополнительные формы стрессорного фермента, наряду с низким количеством белка, могут объяснить очень высокую удельную активность пероксидазы в корнеплодах, пораженных сосудистым бактериозом. Можно предположить, что редуцирование изоформ фермента у растений с 4-х и 5-ти бальным поражением связано с отмиранием листового аппарата и загниванием корнеплода, другими словами – с гибелью растения.

Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– выявлено, что нарушение обменных процессов при инфицировании и заполнении бактериями сосудов ксилемы сахарной свеклы приводит к прогрессирующему ухудшению технологических качеств корнеплодов, разрушению белковых соединений клеточных структур и резкому возрастанию активности пероксидазы;

– установлено, что с увеличением степени поражения сосудистым бактериозом кор-

неплодов гибрида РО-117 в сравнении со здоровыми корнеплодами снижалась сахаристость на 0,85–1,94% абс., увеличивалось содержание α-аминного азота в 1,3–5,4 раза и редуцирующих веществ в свекле в 1,2–4,9 раза, уменьшалось содержание белковых веществ в нормальном клеточном соке в 1,1–5,1 раза, снижалась чистота очищенного свекловичного сока на 0,4–7,6% абс., увеличивалось содержание в нем солей кальция в 1,4–5,5 раза;

– определено, что возбудители сосудистого бактериоза отрицательно повлияли на выход и коэффициент извлечения сахара, показатели которых снижались на 1,0–5,5% абс. и 0,02–0,23 абс. ед.

– показано, что увеличение степени поражения растений сахарной свеклы сопровождалось снижением общего растворимого белка клетки, значительным повышением как общей, так и удельной активности стрессорного фермента пероксидазы, ростом количества изоформ фермента от 4 (контроль) до 5–6 (балл 1–3).

ЛИТЕРАТУРА

1 Кульнева Н.Г., Путилина Л.Н., Селезнева И.Г. Динамика качества свеклы, пораженной сосудистым бактериозом // Актуальная биотехнология. 2015. № 4(15). С. 12–16.

2 Путилина Л.Н., Селиванова Г.А., Минакова О.А., Лазутина Н.А. Сосудистый бактериоз сахарной свеклы и меры ограничения его развития в ЦЧР // Сахар. 2016. № 5. С. 29–32.

3 Селиванова Г.А. Причины широкого распространения корневых гнилей в ЦЧР // Сахарная свекла. 2013. № 5. С. 27–31.

4 Mansfield J. et al. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology // Molecular plant pathology. 2012. V. 13. №. 6. P. 614-629.

5 Bulgarelli D. et al. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants // Annual review of plant biology. 2013. V. 64. P. 807-838.

REFERENCES

1 Kulneva N.G., Putilina L.N., Selezneva I.G. Dynamics of the quality of the beets, the affected vascular bacteria-zoom. *Aktual'naya biotekhnologiya* [Actual biotechnology] 2015, no. 4(15), pp. 12–16. (in Russian).

2 Putilina L.N., Selivanova G.A., Minakova O.A., Lazutina N.A. Vascular bacteriosis of sugar beet and measures to restrict its development in the Central Chernozem region. *Sakhar* [Sugar] 2016, no. 5, pp. 29–32.

3 Selivanova G.A. The reasons for the wide spread of root rot in the Central Chernozem region. *Sakharnaya svekla* [Sugar beet] 2013, no. 5, pp. 27–31. (in Russian)

4 Mansfield J. et al. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 2012, vol. 13, no. 6, pp. 614-629.

5 Bulgarelli D. et al. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual review of plant biology*, 2013, vol. 64, pp. 807-838.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила Н. Путилина к. с-х. н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lputilina@bk.ru

Надежда Г. Кульнева д. т. н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ngkulneva@yandex.ru

Галина А. Селиванова к. б. н., зав. лаборатории иммунитета, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», поселок ВНИИСС, 86, Воронежская область, Рамонский район, 396030, Россия, vniiss@mail.ru

Ольга А. Землянухина к. б. н., старший научный сотрудник отдела биотехнологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А. Л. Мазлумова», поселок ВНИИСС, 86, Воронежская область, Рамонский район, 396030, Россия, vniiss@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Людмила Н. Путилина предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания

Ольга А. Землянухина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчеты

Галина А. Селиванова консультация в ходе исследования

Надежда Г. Кульнева написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.07.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2016

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ludmila N. Putilina candidate of agricultural sciences, associate professor, department of fermentation and sugar industries technology, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lputilina@bk.ru

Nadezhda G. Kulneva doctor of technical science, professor, department of fermentation and sugar industries technology, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ngkulneva@yandex.ru

Galina A. Selivanova candidate of biological science, head of the immunity laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov", VNISS, 86, Voronezh region, Ramonsky district, 396030, vniiss@mail.ru

Olga A. Zemlyanukhina candidate of biological science, senior research officer of the biotechnology department, Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar", VNISS, 86, Voronezh region, Ramonsky district, 396030, vniiss@mail.ru

CONTRIBUTION

Lyudmila N. Putilina proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Olga A. Zemlyanukhina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Galina A. Selivanova consultation during the study

Nadezhda G. Kulneva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.20.2016

ACCEPTED 8.20.2016