

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ СВЕКЛОМАССЫ ПУТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ

Н.Г. Кульнева, доктор технических наук

Л.А. Коробова, кандидат технических наук

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

e-mail: ngkulneva@yandex.ru, lyudmila_korobova@mail.ru.

Аннотация. Процесс заготовки и хранения свеклы сопровождается значительными потерями свекломассы, в том числе за счет развития патогенной микрофлоры. С целью прогнозирования потерь получены математические зависимости, отражающие интенсивность развития микроорганизмов от температуры. Полученные зависимости позволят на основе оценки микробиологических показателей сахарной свеклы оптимизировать продолжительность ее хранения без потери качественных характеристик.

Ключевые слова: сахарная свекла, кагатная гниль, математическое моделирование.

В рамках обеспечения продовольственной безопасности России сахарная свекла входит в тройку важнейших сельскохозяйственных культур, а сахар является социально значимым продовольственным товаром.

На фоне общей нестабильности экономико-политической ситуации в стране все более явственно очерчивается круг нерешенных проблем, препятствующих эффективной работе свеклосахарной отрасли. Отсутствие единой стратегии взаимодействия главных звеньев подкомплекса обусловило неустойчивость и нерациональную организацию сырьевых зон сахарного производства, недостаточное развитие отечественной селекции и семеноводства сахарной свеклы, технико-технологического уровня свеклосеющих и некоторых перерабатывающих организаций.

Максимальными потерями сопровождается послеуборочное хранение корнеплодов, основной причиной которых является развитие патогенной микрофлоры и вызываемых ею заболеваний: этот комплекс называют кагатной гнилью.

Кагатная гниль – крайне опасное поражение сахарной свеклы, поскольку вызвана большим числом микроорганизмов, в состав которых входит свыше 200 видов различных грибов и 60 видов бактерий [1].

Для предупреждения развития микробиологических процессов и снижения потерь сахара при заготовке и хранении свеклы, необходимо обеспечить:

- минимальное травмирование корнеплодов;
- предотвращение замораживания и оттаивания корнеплодов свеклы;
- оптимальный температурно-влажностный режим в кагатах;
- создание внутри кагата щелочной среды;
- сортировку корнеплодов перед укладкой на хранение;
- систематический контроль за температурой в кагатах [2].

В сахарной свекле при неправильном хранении изменяются химический состав и технологические качества. Применяемые при хранении меры направлены на решение самой значительной проблемы – жизнедеятельности микроорганизмов [3].

Кагатная гниль вызывается комплексом микро-

Таблица. Влияние температуры воздуха на интенсивность поражения корнеплодов свеклы возбудителями гнили [6].

Температура воздуха °С	Интенсивность поражения ткани корнеплода (на 10 суток), %					
	<i>Ph. betae</i>	<i>A. tenuis</i>	<i>S. sclerotiorum</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>P. expansum</i>
3	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1,25	5
10	2,5	1,25	7,5	3,75	2,5	7,5
15	7,5	3,75	10	5	3,75	15
18	10	5	15	7,5	5	15
20	15	7,5	20	8,75	6,25	175
22	12,5	7,5	22,5	10	6,25	175
25	7,5	5	15	11,25	5	20
28	5	2,5	10	10	0	175
32	0	0	0	0	0	2,5

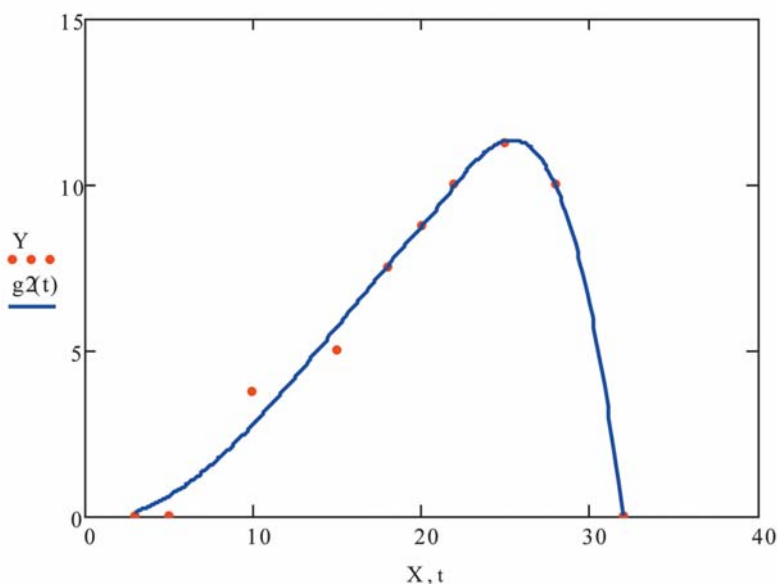


Рисунок. Результат аппроксимации интенсивности развития гриба *Fusarium sp.* от температуры

организмов, основную роль в котором играют грибы. Наиболее активными возбудителями кагатной гнили являются грибы из класса несовершенных: *Botrytis cinerea* (Серая гниль), различные виды *Fusarium* (Фузариум), *Phoma betae* (Фомоз свеклы) и другие плесневые грибы [4].

В настоящий момент существуют следующие меры борьбы с кагатной гнилью сахарной свеклы [5]:

- использование устойчивых гибридов сахарной свеклы;
- защита сахарной свеклы в период вегетации;
- своевременная уборка свеклы;
- укладка корнеплодов на хранение сразу после выкапывания;
- правильная обрезка корнеплодов;
- тщательная браковка сахарной свеклы;
- установление рациональных сроков хранения свеклы в зависимости от доброкачественности корнеплодов;
- соблюдение оптимальных условий хранения в кагатах.

На сегодняшний день сфера предотвращения заражения развита в значительной степени, но это не спасает корнеплоды от болезней. Попробуем рассмотреть вопрос с другого ракурса. В любой биологической системе присутствуют абиотические взаимодействия, то есть взаимодействия между компонентами живой и неживой природы. В нашем случае в качестве основного объекта будет рассматриваться комплекс патогенной микрофлоры, а абиотическим фактором неживой природы — температура.

На изменение состояния сахарной свеклы воздействует несколько параметров: среднесуточные температуры в период хранения, характер перепада температур (в процессах замораживания и размора-

живания), подверженность заболеваниям. Очевидно, что состояние культуры зависит от температуры и между ними должна быть математическая зависимость.

Заражение растений сахарной свеклы патогенами преимущественно наблюдается при температуре 10 °C и выше (табл.).

Статистические данные, представленные в таблице, получены в результате исследований А.В. Свиридова, проводимых им в течение последних 10 лет совместно с ведущими лабораториями Великобритании и Германии.

Для установления математических зависимостей между интенсивностью развития патогенных микроорганизмов и температурой были использованы методы нелинейной регрессии. Методом испытаний служило математическое моделирование изменения численности грибков в зависимости от температуры кубическими сплайнами с условием склейки [6].

Моделирование проводили в математическо-инженерной системе Mathcad. В качестве точки склейки использовали наивысший порог жизнедеятельности микроорганизмов. Как критерий оптимальности применяли коэффициент детерминации. Оценки результатов осуществляли путем построения и анализа графиков.

В качестве объектов исследования использовали грибы *Fusarium sp.* Была применена функция:

$$f(x) = \frac{a1 * x^3 + b1 * x^2 + c1x + d1, 3 \leq x \leq 20}{a2 * x^3 + b2 * x^2 + c2x + d2, 20 \leq x \leq 40}$$

Модель строили по следующим параметрам: $a1 = -9,959 \times 10^{-4}$; $b1 = 0,046$; $c1 = -0,086$; $d1 = -7,958 \times 10^{-3}$, $a2 = -0,014$; $b2 = 0,925$; $c2 = -19,258$; $d2 = 138,37$.

Точкой склейки выбрана температура максимальной интенсивности развития грибка: $t_c = 20$. Данный гриб не отличается от других на фоне испытаний. Поэтому температура t_c , выбранная для большинства микроорганизмов, хорошо подходит для его описания.

Получен коэффициент детерминации: $R^2 = 0,99$. Графически зависимость представлена на рисунке.

В качестве общей модели заражения была выбрана простая аддитивная модель. Несомненно, она не учитывает взаимодействий между микроорганизмами, но поможет дать грубую оценку состояния сырья. Коэффициент присутствия описывает наличие признаков заражения сырья тем или иным возбудителем до закладки на хранение.

$$y(t) = Ar1 * y1(t) + Ar2 * y2(t) + Ar3 * y3(t) + Ar4 * y4(t) + Ar5 * y5(t) + Ar6 * y6(t)$$

где: Ar_i — коэффициент присутствия i -го возбудителя (описывает наличие того или иного возбудителя в системе): равен или 0 (возбудителей нет на корнеплодах), или 1 (возбудитель имеется).

Коэффициент выбирается после лабораторных исследований корнеплодов перед закладкой на хранение и выделения заражений.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что задача прогнозирования интенсивности развития кагатной гнили перед закладкой корнеплодов сахарной свеклы в кагаты является актуальной, так как позволяет рационально организовать использование сырья, снизить его потери в процессе хранения.

На основе экспериментальных данных, полученных А.В. Свиридовым, была разработана общая модель расчета интенсивности заражения сахарной свеклы патогенными микроорганизмами кагатной гнили в зависимости от изменений температуры. Это обеспечит прогнозирование развития микрофлоры внутри кагатов и складов без вмешательства в структуру хранения на основе только микроклиматических показателей и погодных условий.

Список литературы

1. Жеряков, Е.В. Изменение технологических качеств корнеплодов сахарной свеклы при полевом хранении в кагатах / Е.В. Жеряков, С.А. Котлов // Нива Поволжья. - 2017. - № 3 (44). - С. 27-33.
2. Сапронов, Н.М. Хранение сахарной свеклы разной степени спелости под модифицированным укрытием / Н.М. Сапронов, Д.М. Аксенов, Л. Ю. Смирнова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 7. - С. 139-141.
3. Кульнева, Н.Г. Контроль показателей сахарной свеклы различного качества при хранении / Н.Г. Кульнева, И.Г. Селезнева, И.Ю. Свешников, С.Ю. Казакевич // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2017. - № 4. - С. 32-34.
4. Свиридов, А.В. Бактерии-антагонисты в защите сахарной свеклы от кагатной гнили: монография / А.В. Свиридов, Э.И. Коломиец. - Гродно: ГГАУ, 2012. - 187 с.
5. Бартенев, И.И. Влияние различных условий хранения на поражаемость болезнями и израстание маточных корнеплодов сахарной свеклы / И.И. Бартенев, С.В. Сашенко, Д.С. Гаврин, А.В. Новикова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2015. - № 6 (128). - С. 25-31.
6. Свиридов, А.В. Морфологические признаки и экологические особенности развития возбудителей кагатной гнили столовой свеклы / А.В. Свиридов, С.С. Зенчик // Земляробства і ахова раслін. - 2012. - № 4. - С. 33-37.
7. Коробова, Л.А. Проектирование способа борьбы с гнилями корнеплодов сахарной свеклы в период послеуборочного хранения для повышения качества сырья сахарной промышленности / Л.А. Коробова, Ю.В. Бугаев, У.В. Золотухина // Материалы IV Межд. научно-практ. конф. «Системный анализ и моделиро-

вание процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса». - Воронеж: ВГУИТ. - 2018.

To the issue of reducing the loss of beet mass by forecasting the development of pathogenic microflora

N.G. Kulneva, L.A. Korobova

Summary. *The process of harvesting and storage of beets is accompanied by significant losses of beet mass, including due to the development of pathogenic microflora. In order to predict losses, mathematical dependences were obtained that reflect the intensity of development of microorganisms on temperature. The obtained dependencies will allow, based on the assessment of microbiological indicators of sugar beet, to optimize the duration of its storage without loss of quality characteristics.*

Key words: *sugar beet, clamp rot, mathematical modeling.*

ИНФОРМАЦИЯ

По каким критериям будут оцениваться научные результаты

Министр науки и высшего образования Валерий Фальков вместе с руководителями 400 российских научно-исследовательских институтов обсудили особенности совместной работы в новых условиях. Рассматривались вопросы участия в международных проектах, меры поддержки молодых ученых, обновления приборной базы, а также новой оценки научных трудов.

Новая система оценки труда ученых в РФ предполагает повышение доли экспертной оценки полученных результатов, а также будет учитывать ориентированность научных разработок на внедрение в практику. Эти данные представлены в презентации министра науки и высшего образования «Новая система оценки результативности научных исследований и разработок».

В аппарате вице-премьера РФ Дмитрия Чернышенко сообщили, что правительство планирует при выполнении федеральных проектов и программ, а также государственных заданий на научные исследования отменить требование по наличию публикаций в зарубежных научных изданиях, включенных в системы цитирования Web of Science и/или Scopus. Минобрнауки России было поручено оперативно внедрить собственную систему оценки эффективности научных исследований.

«Основные пути развития: создание российской базы научного цитирования (акцент на российские журналы, СНГ, БРИКС), создание списка журналов для публикации отчетов о проведенных исследованиях (на базе RSCI (Russian Science Citation Index), РИНЦ (Российского индекса научного цитирования), ВАК (Высшей аттестационной комиссии) и др.), повышение доли экспертной оценки, ориентированность на внедрение научных результатов», — следует из схемы формирования новой системы оценки научной деятельности институтов.

Кроме того, планируется повышение качества российских научных журналов, обеспечение независимости российской науки от санкционной политики, привлечение дружественных стран в орбиту российского влияния.

Источник ТАСС