

УДК 664.8.031:633.63 (476.6)

Факторы, влияющие на микроклимат в кагатах сахарной свеклы

А.В. СВИРИДОВ,
Е.И. ДОРОШКЕВИЧ,
 доценты
 Гродненского государственного
 аграрного университета
 (Республика Беларусь)
В.В. ПРОСВИРЯКОВ,
 ассистент
С.Е. КУЛИКОВСКИЙ,
 заместитель директора по сырью
 ОАО «Скидельский сахарный
 комбинат»

Мощности сахарных заводов не позволяют быстро переработать собранный урожай сахарной свеклы. Хранение же корнеплодов в течение 100–120 суток в крупногабаритных кагатах приводит к интенсивному развитию гнилей, снижению биомассы, уменьшению сахаристости. Как указывает Ю.А. Капустников [2] в Российской Федерации в среднем по отрасли потери свекловичной массы в период хранения не опускаются ниже 5 %, а в отдельные годы с неблагоприятными климатическими условиями достигают 10–12 %. Подобная закономерность прослеживается и в Беларуси [3].

Часть потерь неизбежна из-за биохимических реакций дыхания, но ущерб, наносимый фитопатогенами [4], можно предотвратить.

Режим температуры и влажности внутри кагата обусловлен жизненными процессами, протекающими в корнеплодах (интенсивность дыхания и испарения и вызванные ими тепло- и влаговыделение), и теплофизическими показателями кагата (теплоемкость и теплопроводность массы корнеплодов, условия рассеяния тепла и влаги). Интенсивность тепловыделения резко возрастает при повышении температуры хранения. В результате происходит

самосогревание продукции и связанное с ним интенсивное развитие болезнетворных микроорганизмов, возрастают потери от болезней [1, 5].

В 2005–2011 гг. нами были изучены факторы, влияющие на выделение тепла при хранении корнеплодов сахарной свеклы, и определена их значимость в изменении микроклимата в кагате.

Оценивали влияние на интенсивность дыхания корнеплодов следующих факторов:

условия выращивания. На дерново-подзолистой суглинистой почве УО СПК «Путришки» Гродненского района выращивали гибриды сахарной свеклы с разной продолжительностью вегетации, продуктивностью и содержанием сахара (Сильвано – сахаристого (Z), Марс нормального (N) и Казино – нормального-урожайного (NE) типов). Основное удобрение $N_{160}P_{140}K_{290}$ и 60 т/га органических удобрений (осенью). Технологии возделывания различались степенью интенсификации (табл. 1);

поражение растений в период вегетации. Перед уборкой отбирали

растения, пораженные *Cercospora beticola* по 6-му баллу, из валков – корнеплоды с разной степенью механического травмирования;

поражение корнеплодов возбудителями кагатной гнили. Образцы отбирали из крупногабаритного бурта УО СПК «Путришки». Здесь же проводили отбор проросших корнеплодов;

влияние объема примеси почвы в кагате. Опыты проводили на Скидельском сахарном комбинате.

Подвяливание корнеплодов проходило в сухом помещении при температуре 20–22 °С в течение 5 суток, искусственное подмораживание корнеплодов – в холодильной камере при температуре минус 10 °С.

В условиях 2009 г. на Скидельском сахарном комбинате определяли разницу между температурой в кагатах № 5 и № 12 (показания третьего термометра) и среднесуточной температурой окружающей среды. Данные о среднесуточной температуре воздуха получали с метеостанции г. Гродно [6].

Интенсивность дыхания сахарной свеклы определяли газометрическим методом по количеству выделяемого корнеплодами CO_2 . Выделение тепла в ккал/т·ч хранящимися корнеплодами рассчитывали, умножив величину интенсивности дыхания (в мг CO_2 /кг·ч) на коэффициент 2,6 [1].

Установили, что на интенсивность

Таблица 1

Влияние условий выращивания на интенсивность дыхания
корнеплодов сахарной свеклы (гибрид Марс)

Вариант	Интенсивность дыхания (мг CO_2 /кг·час)				Выделение тепла (ккал/т·час)
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	в среднем за 3 года	
60 т/га навоза + $N_{160}P_{140}K_{290}$ (фон)	49,2	64,0	53,1	55,4	144,0
Фон + борная кислота (2 раза по 1,5 кг/га)	41,1	54,7	37,1	44,3	115,2
Фон + рекс дуо, 0,6 л/га	32,1	48,8	39,2	40,0	104,0
Фон + борная кислота (2 раза по 1,5 кг/га) + рекс дуо, 0,6 л/га (стандарт)	34,6	36,3	32,3	34,4	89,4
Фон + внекорневая подкормка $N_{30} + N_{30}$ + борная кислота (2 раза по 1,5 кг/га) + рекс дуо, 0,6 л/га	400	51,8	66,0	52,6	136,8

Таблица 2

Влияние поражения растений сахарной свеклы церкоспорозом в период вегетации на интенсивность дыхания корнеплодов и выделение энергии (2007 г.)

Вариант	Интенсивность дыхания (мг CO ₂ /кг·час)				Выделение тепла (ккал/т·час)
	гибрид			среднее по гибридам	
	Сильвано	Казино	Марс		
Здоровые корнеплоды, отобранные от непораженных растений	33,7	30,2	30,5	31,5	81,9
Здоровые корнеплоды, отобранные от растений, пораженных церкоспорозом в период вегетации по баллу 6	43,2	41,5	37,8	40,8	106,1
Корнеплоды, пораженные кагатной гнилью, полученные от растений, не пораженных в период вегетации церкоспорозом	117,7	52,7	98,2	89,5	232,8

Таблица 3

Влияние механической травмированности корнеплодов сахарной свеклы на интенсивность их дыхания (гибрид Марс, 2008–2009 г.)

	Нетравмированные корнеплоды	Степень повреждения поверхности корнеплодов (%)					
		до 5	от 5 до 10	от 10 до 25	от 25 до 50	от 50 до 75	свыше 75
Интенсивность дыхания (мг CO ₂ /кг·час)	40,3	63,0	68,7	69,1	52,5	46,0	48,8
Выделение тепла (ккал/т·час)	104,8	163,8	178,6	179,7	136,5	119,6	124,9

Таблица 4

Влияние степени поражения корнеплодов сахарной свеклы кагатной гнилью на интенсивность их дыхания (гибрид Марс, 2008–2009 гг.)

	Здоровые корнеплоды	Степень развития (%)					
		до 5	от 5 до 10	от 10 до 25	от 25 до 50	от 50 до 75	свыше 75
Интенсивность дыхания (мг CO ₂ /кг·час)	54,3	62,2	68,7	72,1	76,5	87,6	92,8
Выделение тепла (ккал/т·час)	141,2	161,7	178,6	187,5	198,9	227,8	241,3

дыхания корнеплодов влияют условия выращивания сахарной свеклы (табл. 1). Наименьшей интенсивность дыхания (34,4 мг CO₂/кг·час) была у корнеплодов, выращенных по стандартной для Беларуси технологии.

С интенсивностью дыхания тесно связано выделение тепла корнеплодами. Оно изменялось от 89,4 ккал/т·час при стандартной технологии возделывания до 104–144 ккал/т·час при ее нарушениях.

Наиболее распространенным заболеванием сахарной свеклы в период вегетации является церкоспороз. При сильном поражении листьев *C. beticola* интенсивность дыхания, а, следовательно, и выделение тепла корнеплодами были выше, чем у полученных от непораженных растений, соответственно на 9,3 мг CO₂/кг·час и 24,2 ккал/т·час (табл. 2).

Фитосанитарное состояние корнеплодов формируется еще в период роста в поле [4]. Корнеплоды,

пораженные кагатной гнилью, дышали еще интенсивнее, а количество выделенной ими энергии увеличилось на 126,8 ккал/т·час.

Дыхательный обмен, в результате которого выделяется энергия и синтезируются пластические вещества для противодействия патогенам, играет основную роль в устойчивости растений [5]. Устойчивые сорта характеризуются невысокой интенсивностью дыхания в сравнении с менее устойчивыми, однако при поражении микроорганизмами интенсивность их дыхания возрастает во много раз, в то время как реакция неустойчивых сортов в активизации дыхания кратковременна и незначительна, а иногда и совсем отсутствует. Данные табл. 2 свидетельствуют также о разной ответной реакции гибридов на поражение, что проявилось в усилении интенсивности дыхания. Наиболее выраженной эта реакция была у гибридов Сильвано и Марс – интенсивность дыхания возросла соот-

ветственно в 3,5 и 3,2 раза по сравнению со здоровыми корнеплодами.

Повышение степени травмированности корнеплодов от 5 до 25 % сопровождалось ростом интенсивности дыхания и тепловыделения поврежденных корнеплодов соответственно с 63 до 69,1 мг CO₂/кг·час и с 163,8 до 179,7 ккал/т·час. При более высокой степени повреждения покровных тканей значения изучаемых параметров снижались, но оставались более высокими, чем у нетравмированных корнеплодов (табл. 3).

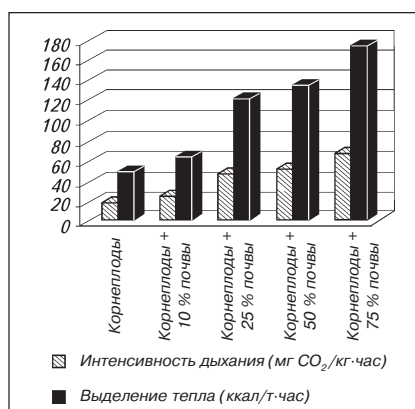
Присутствие возбудителей кагатной гнили (грибы родов *Fusarium*, *Botrytis*, *Penicillium* и др.), благоприятный режим температуры и влажности в кагате способствуют заражению корнеплодов патогенами, вызывающими гниль. Установлено, что интенсивность заражения корнеплодов зависит от степени травмированности поверхностных тканей.

Так, в 2008–2009 гг. при закладке на хранение корнеплодов гибрида Марс с повреждением 5 % поверхности развитие кагатной гнили составило 37,4 %, а более 50 % – выше 70%. Технологический регламент Белпищепрома «Приемка и хранение сахарной свеклы» не допускает при уборке сахарной свеклы и закладке кагатов травмирование корнеплодов более 25 %.

Развитие гнилей, в свою очередь, изменяет микроклимат в кагате, в частности, повышается температура, активизируется интенсивность дыхания корнеплодов и микроорганизмов (табл. 4).

При поступлении в кагаты корнеплодов, выращенных на почвах с тяжелым механическим составом и убранных во время дождя, они бывают сильно загрязнены почвой. Во время закладки буртов и кагатов между корнеплодами просыпается почва. Все это повышает инфекционный фон, создает анаэробные условия за счет снижения уровня проветривания, что сказывается на интенсивности дыхания корнеплодов и выделении тепла (см. рисунок).

В условиях республики в октябре зачастую отмечаются кратковременные заморозки. Если корнеплоды к этому времени не выкопаны, они меньше подвержены подмора-



Интенсивность дыхания и тепловыделение корнеплодов и почвы при хранении в зависимости от объема почвы (Гибрид Марс, 2011 г.)

Таблица 5
Зависимость интенсивности дыхания корнеплодов от их физиологического состояния (гибрид Марс, 2010–2011 гг.)

Состояние корнеплодов	Интенсивность дыхания (мг CO ₂ /кг · час)	Выделение тепла (ккал/т·час)
Физиологически нормальные	22,6	58,8
Подмороженные	18,3	47,6
Проросшие	31,5	81,9
Подвяленные	27,6	71,7

живанию, но если уложены в валки, бурты, то могут промерзнуть. Такие корнеплоды могут попадать в кагаты сахарных заводов и свекловичных пунктов. Влияние подмораживания корнеплодов на интенсивность их дыхания представлено в таблице 5.

Интенсивность дыхания подмороженных корнеплодов ниже, чем физиологически нормальных за счет потери активности дыхательных ферментов при замораживании. Однако такие корнеплоды с разрушенными тканями создают очаги повышенной влажности и благоприятную среду для развития фитопатогенных микроорганизмов (в первую очередь бактерий), что повышает температуру в кагате и, как следствие, в вершинной части кагата наблюдается прорастание корнеплодов. Установлено, что у начинающих прорастать корнеплодов интенсивность дыхания, а, следовательно, и тепловыделение в 1,4 раза выше, чем у физиологически нормальных.

При уборке корнеплодов в засушливую погоду при повышенной температуре воздуха происходит их подвяливание. Интенсивность дыхания и температура в кагате при этом повышаются.

Температурный режим, который складывается в кагате, зависит в известной мере и от температуры окружающей среды.

В 2009 г. на Скидельском сахарном комбинате сразу после закладки корнеплодов температура в кагате была на 5–10 °С выше, чем температура окружающей среды. Это можно объяснить стрессом ра-

стений при травмировании во время уборки, что приводит к повышению интенсивности дыхания корнеплодов и выделения тепла.

В начальный период хранения корнеплодов (10–12 суток) температура внутри кагата совпадала с температурой окружающей среды. Этот момент для корнеплодов является достаточно критическим. При высокой температуре внешней среды, наличии повышенной влажности и механических травм происходит интенсивное заражение корнеплодов возбудителями кагатной гнили.

При снижении температуры воздуха с 5 до 0 °С (первые две недели ноября 2009 г.) температура внешней среды и внутри кагата одинакова. Но к этому времени заражение корнеплодов уже произошло. Патологический процесс хоть и медленно, но протекает. Температура в кагате постепенно повышается за счет интенсивного дыхания пораженных растений, возбудителей кагатной гнили и микроорганизмов, попавших в кагат с почвой и растительными остатками. В этот период температура внутри кагата следует за изменениями температуры окружающей среды, но с опозданием на 2–4 суток. В дальнейшем (конец ноября – декабрь) развитие гнилей зависит в основном от температуры окружающей среды. Снижение температуры существенно тормозит развитие гнилей. И, как результат этого, температура внутри кагата держится на допустимом уровне.

Многолетние наблюдения показывают, что если температура воз-

духа в конце ноября – декабре находится на уровне 0–5 °С, происходит активное развитие патогенной и сапротрофной микрофлоры на тканях корнеплодов. У пораженных корнеплодов и микроорганизмов повышается интенсивность дыхания и, как следствие, выделение тепла. Температура в кагате резко возрастает. Процесс становится практически неуправляемым. В пораженной массе корнеплодов начинают активно протекать анаэробные процессы, усиливающие разогрев кагата.

Чтобы создать оптимальные условия для сохранности корнеплодов, необходимо:

строго придерживаться утвержденного регламента возделывания сахарной свеклы. Отклонения от технологии (недостаток борных удобрений, избыточное внесение азота, поражение ботвы болезнями) приводят к повышению интенсивности дыхания корнеплодов и выделяемого ими тепла;

возделывать гибриды сахарной свеклы, устойчивые к возбудителям гнилей корнеплодов в период вегетации, и проводить защитные мероприятия, препятствующие заражению корнеплодов в поле;

до максимума снизить повреждение корнеплодов во время уборки и транспортировки. Повышение травмированности поверхностных тканей корнеплодов сопровождается ростом интенсивности дыхания и тепловыделения;

максимально ограничить попадание почвы и растительных остатков в кагаты. Между количеством почвы в кагате и выделением тепла при дыхании корнеплодов существует тесная связь (коэффициент корреляции 0,96);

не допускать закладку в кагаты подвяленных и проросших корнеплодов, у которых интенсивность дыхания, а, следовательно, и тепловыделение в 1,4 и 1,2 раза выше, чем у физиологически нормальных;

не допускать попадания в кагаты

подмороженных в поле корнеплодов;

для снижения механического травмирования корнеплодов, уменьшения риска попадания в места их хранения почвы и подмороженных, завядших корнеплодов, создания благоприятного фитосанитарного состояния хранящейся продукции целесообразно разработать технологии укладки и укрытия крупногабаритных буртов на территории предприятий, выращивающих сахарную свеклу. Это позволит лучше контролировать действие температуры окружающей среды на хранящиеся корнеплоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бэртон У.Г. Физиология созревания и хранения продовольственных культур. – М.: Агропромиздат, 1985, 359 с.
2. Капустников Ю.А. Разработка способов повышения сохранности массы и качества корнеплодов сахарной свеклы в условиях ЦЧР. Автореф. дисс. – Рамонь: 2003, 22 с.
3. Просвиряков В.В. Распространенность и вредоносность кагатной гнили сахарной свеклы в Республике Беларусь // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы, 2007, т. 1, с. 143–149.
4. Рудако В.О., Морозов Д.О., Владимиров Л.Н., Седых А.Н., Сидельников А.М. Использование биологического метода для повышения сохранности корнеплодов в кагатах // Сахарная свекла, 2008, № 3, с. 11–13.

5. Широков Е.П., Полегаев В.И. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1. Картофель, плоды, овощи. – М.: Колос, 2000, 254 с.

6. <http://pogoda.ru.net/monitor.php?id=26825>.

Аннотация. Определены факторы, влияющие на интенсивность дыхания корнеплодов сахарной свеклы и выделение тепла. Доказано, что температурный режим внутри кагата определяет комплекс биотических и абиотических факторов. Повышение температуры в кагате создает благоприятный микроклимат для развития патогенных микроорганизмов, что повышает вредоносность кагатной гнили. Предложены мероприятия, обеспечивающие создание оптимальных условий для сохранности корнеплодов.

Ключевые слова. Корнеплоды сахарной свеклы, кагатная гниль, микроклимат в кагате.

Abstract. The factors affecting the intensity of respiration and heat generation of sugar beet roots are specified. It is proved that temperature conditions inside beet-piles determine a complex of biotic and abiotic factors. Temperature rise in beet-piles creates a favorable environment for the development of pathogenic microorganisms that causes harmfulness of clamp rot. The measures to provide the creation of optimum conditions for preserving beet-roots are offered.

Keywords. Roots of sugar beet, clamp rot, microclimate in beet-piles.

Вниманию читателей

В некоторых статьях журнала излагаются опыт или результаты исследований химической защиты растений с применением препаратов, которые не зарегистрированы в России или имели регистрацию в прошедшие годы, но в данный момент в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов не вошли.

Такие статьи не следует рассматривать как рекомендацию к применению. Выбирая препарат или способ его применения, сверяйтесь, пожалуйста, с действующим Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов.
