

УДК 633.63:631.56

## ВЛИЯНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УВЛАЖНЕНИЯ КАГАТОВ НА СОХРАНЯЕМОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

М. Ф. КИНЯКИН

(Кафедра технологии хранения и переработки плодов и овощей)

Исследования в производственных и лабораторных условиях показали, что наиболее сильно подвержены подвяливанию корнеплоды сахарной свеклы, убранные в ранние сроки. При подвяливании увеличиваются потери сахара, возрастает поражаемость корнеплодов гнилями, ухудшаются их лежкость и биохимический состав.

Мелкодисперсное увлажнение кагатов в сочетании с их периодической побелкой улучшает температурный режим и условия влажности и тем самым снижает опасность подвяливания корнеплодов, уменьшает среднесуточные потери сахара в 3,3—3,7 раза, а периодическая побелка — в 1,4—1,5 раза.

В настоящее время актуальность проблемы хранения сахарной свеклы значительно возросла в связи с увеличением объема заготовок, сокращением сроков уборки.

На сохранности корнеплодов крайне неблагоприятно сказываются высокая температура и низкая относительная влажность воздуха [1, 2, 9].

При высоких температурах внутри кагата хранящейся свеклы отмечаются значительные потери массы вследствие интенсивного испарения с поверхности корнеплодов и повреждения их гнилями. Так, поданным, полученным на Меркенском сахарном заводе в 1979 г. [5], средняя температура наружного слоя кагата, освещенного солнцем, достигала 31,5°, а в тени—17,1°, что приводило к конвективной передаче тепла внутрь кагатов, повы-

шению в них температуры и повреждению свеклы. Особенно сильно повреждались корнеплоды, расположенные на поверхности кагатов (до глубины 0,5 м). Они теряли в сутки до 1 % массы и около 0,2 % сахара. Следует учесть, что в кагатах рекомендуемых размеров объем свеклы, расположенной в поверхностном слое, составляет до 30 % всего количества [5, 6].

Известные способы охлаждения поверхности кагатов методом орошения [4, 7, 9] имеют серьезные недостатки. В опытах [4] испытывалось орошение кагатов с помощью дальнеструйных дождевальных установок типа ДДН-45, которые из-за большой интенсивности дождя и крупности капель в последнее время не рекомендуются даже для орошения почвы. При таком орошении образовывались подтеки внутри ка-

гата, что вызывало гниение корнеплодов.

В связи с этим нами исследовано влияние мелкодисперсного увлажне-

ния и периодической побелки известковым молоком кагатов на потери массы и качество сахарной свеклы при хранении.

### Методика

Исследования проведены на Кирсановском сахарном заводе в 1975 и 1977 гг. Кроме того, в 1978—1980 гг. в лабораторных условиях изучалось влияние сроков уборки на устойчивость корнеплодов к подвяливаю, поражению болезнетворными микроорганизмами.

Абсолютным контролем служили производственные кагаты без периодической побелки известью, относительным — с периодической побелкой поверхности кагатов известковым молоком один раз в декаду. В опытном варианте применяли мелкодисперсное увлажнение (МДУ) кагатов при помощи автопоезда-опрыскивателя на базе автомобиля ЭИЛ-130В1, который отличается мобильностью, одной заправки цистерны автопоезда (8 м<sup>3</sup>) хватает для увлажнения кагатов общей емкостью 20—25 тыс. т.

Первое увлажнение проводили в 7—8 ч утра, последнее — в 17—18 ч. Интервал между обработками зависел от температуры и влажности воздуха. При температуре воздуха выше 20° и относительной его влажности ниже 50 % увлажнение производили через каждый час, при температуре 15—20° и влажности воздуха 60—75 % — каждые 1,5 ч, а при температуре ниже 15° и влажности воздуха более 75 % — через 2 ч. Побелка известковым молоком (плотность раствора 1,04) считалась одним приемом увлажнения. При проведении МДУ увлажняли также проезды между кагатами и подъезды к кагатному полю.

При составлении графика увлажнения кагатов руководствовались формулой [10, 11]

$$C_{в.п} = \frac{cF(h_{нас} - h_{пара}) 45,6}{B},$$

где  $C_{в.п}$  — количество испарившейся воды, кг/ч;  $c$  — коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха (при слабом ветре  $c=0,71$ , а при сильном  $c=0,86$ );  $F$  — поверхность увлажняемого кагата, м<sup>2</sup>;  $h_{нас}$  — парциальное давление паров воды при температуре ее испарения и полном

насыщении при давлении  $1,013 \times 10^5$  Н/м<sup>2</sup> (760 мм рт. ст.);  $h_{пара}$  — парциальное давление водяных паров воздуха до его увлажнения при давлении  $1,013 \times 10^5$  Н/м<sup>2</sup> (760 мм рт. ст.);  $B$  — общее барометрическое давление, Н/м<sup>2</sup>; 45,6 — постоянный множитель.

Парциальное давление водяных паров определяли по известной  $I - x$  диаграмме для влажного воздуха.

Свеклу из опытных и контрольных кагатов сдавали на переработку одновременно. Сохранность корнеплодов в кагатах устанавливали согласно инструкциям, которыми пользуются лаборатории сахарных заводов [3, 11].

Для определения степени увядания корнеплодов свеклы в поверхностном слое кагата (глубина 20—25 см) закладывали дополнительно 8 контрольных сеток (рис. 1),

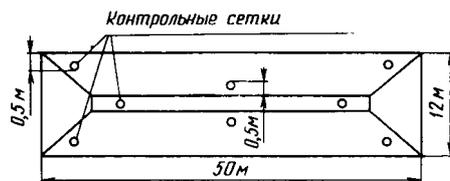


Рис. 1. Схема расположения контрольных сеток в кагате.

в которые помещали корнеплоды из одной партии свеклы одного хозяйства.

Влияние сроков уборки корнеплодов на устойчивость их к подвяливаю, лежкость и биохимический состав определяли путем проведения биохимического анализа корнеплодов до закладки и после хранения в камере при температуре 30° и относительной влажности воздуха 60—70 %.

Для оценки устойчивости подвяленных и неподвяленных корнеплодов к патогенной микрофлоре их заражали возбудителями, а затем пробы (8—10 кг) хранились в закрытых ящиках. Визуальный анализ проводили через каждые 2 сут.

### Результаты исследований

Мелкодисперсное увлажнение и побелка кагатов способствовали понижению температуры и повышению относительной влажности воздуха. В результате уменьшались потери массы сахарной свеклы и сахара в процессе хранения (табл. 1), степень подвяливания корнеплодов, повышалась устойчивость к патогенным микроорганизмам.

Следует отметить, что при использовании МДУ свекла сохраня-

лась лучше, чем в варианте с побелкой кагатов.

Из табл. 1 и 2 видно, что в 1975 и 1977 гг. потери массы сахарной свеклы снижались соответственно до 3,5 и 4,8 % при мелкодисперсном увлажнении, до 9,5 и 10,5 % при периодической побелке известковым молоком, самые большие потери массы (14,1 и 15,2 %) наблюдались в контроле. При МДУ влажность воздуха в кагате была больше и

Таблица 1

Общие потери массы корнеплодов и сахара при хранении 18 сут (1975 г.)  
и 21 сут (1977 г.)

Показатель	Контроль		Периодическая побелка		МДУ + побелка	
	1975	1977	1975	1977	1975	1977
Уложено свеклы в кагат, ц	13 150	12 936	12 962	12 797	12 350	14 504
Средняя дигестия, %:						
при укладке	16,48	17,18	16,50	17,02	16,60	17,08
после хранения	16,40	17,41	16,48	16,92	16,52	17,06
Количество сахара в свекле, ц:						
при укладке	2 167	2 222	2 139	2 178	2 050	2 472
после хранения	1 852	1 876	1 933	1 938	1 969	2 356
Потери при хранении:						
массы, %	14,1	15,2	9,5	10,5	3,5	4,8
сахара, ц	315	346	206	240	81	116
Среднесуточные потери:						
массы, %	0,78	0,72	0,53	0,50	0,19	0,23
сахара, ц	17,50	16,48	11,44	11,43	4,50	5,52
сахара, %	0,13	0,13	0,09	0,09	0,04	0,04
НСР <sub>05</sub> по потерям сахара	1975	0,005	1977	0,004		
$\frac{S_x}{\bar{x}}$ , %		2,6		0,1		

масса охлаждалась сильнее, чем при одной побелке (рис. 2).

Температура и влажность воздуха в кагатах в первоначальные периоды хранения зависят от температуры и влажности воздуха внешней среды (рис. 2). Причем данная зависимость в варианте с МДУ выражена менее четко, чем при побелке. Это можно объяснить тем, что при мелкодисперсном увлажнении с повышением влажности воздуха увеличивается его теплоемкость.

Мелкодисперсное увлажнение способствует продлению срока хранения корнеплодов. Если в контроле и в варианте с периодической по-

белкой кагатов зависимость потерь от продолжительности хранения носит параболический характер, то при МДУ — линейный (рис. 3). Фитопатологическая оценка корнеплодов свеклы после хранения также свидетельствует об эффективности МДУ (табл. 2).

Количественные и качественные потери сахарной свеклы при хранении обусловлены в основном подвяливанием, т. е. потерями влаги в корнеплодах, а также их загниванием, вызваны деятельностью микроорганизмов, активность которых зависит от физиологической устойчивости корнеплодов. При побелке кагатов и особенно при МДУ с перио-

Таблица 2

Потери массы корнеплодов и сахара в слое 20 см

Показатель	Контроль		Периодическая побелка		МДУ+ побелка	
	1975	1977	1975	1977	1975	1977
Средняя масса корнеплода, г	521	468	498	537	510	644
Содержание сахара, %:						
при укладке	16,48	17,18	16,50	17,02	16,60	17,08
после хранения	16,40	17,11	16,48	16,92	16,5?	17,06
Масса корнеплодов, % к общей:						
здоровых с хорошим тургором	39,6	40,7	59,8	61,3	81,4	78,1
подвяленных	51,6	48,4	39,3	31,5	18,4	21,2
с поверхностной гнилью	8,8	10,9	0,9	1,2	0,2	0,6
Потери, %	14,1	15,2	9,5	10,5	3,5	4,8

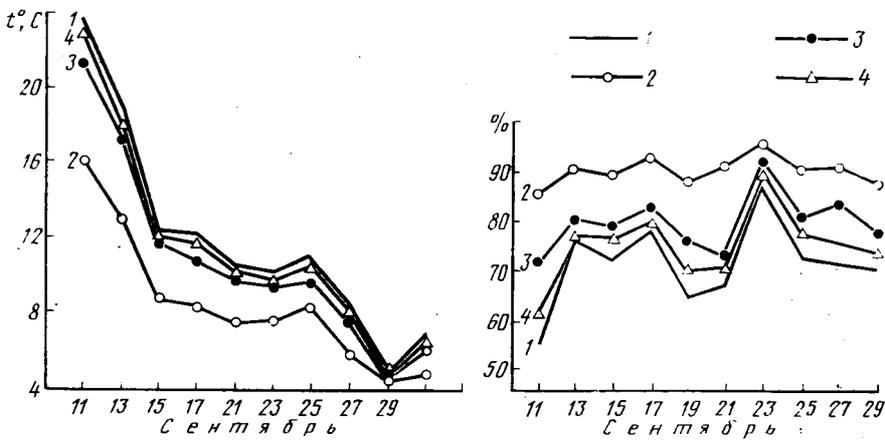


Рис. 2. Изменение температуры и влажности воздуха (%) в поверхностном слое кагата (20 см) при хранении.

1 — температура и влажность наружного воздуха; 2 — МДУ; 3 — одноразовая побелка; 4 — контроль.

дической побелкой резко уменьшается подвяливание корнеплодов, а это, в свою очередь, способствует уменьшению их поражаемости микроорганизмами (табл. 3). При подвяливании и загнивании корнеплодов резко ухудшается доброкачественность свековичного сока, затрудняется диффузия сахара из клеток в раствор и резко снижается его выход и качество.

В варианте с МДУ в корнеплодах содержалось меньше пектино-

вых веществ, гемицеллюлозы, клетчатки и других нерастворимых углеводов, что облегчает извлечение сахара диффузным способом. Кроме того, в корнеплодах этого варианта содержалось меньше моносахаров и зольных элементов, затрудняющих кристаллизацию сахаров. Модельные лабораторные исследования, проведенные нами в 1980 г., свидетельствуют, что качество неподвяленных перед закладкой корнеплодов гораздо выше, чем подвяленных, и во время хранения оно снижается в меньшей степени. Кроме того, подвяленные корнеплоды теряют устойчивость к болезнетворным микроорганизмам.

При мелкодисперсном увлажнении в сочетании с периодической побелкой зависимость потерь массы сахарной свеклы от срока хранения носит линейный характер, в то время как в остальных случаях выражается квадратными уравнениями (рис. 3).

Сравнивая построенные по этим уравнениям кривые, можно сделать вывод, что мелкодисперсное увлажнение с периодической побелкой позволяет не только уменьшить потери, но и увеличить срок хранения. При этом в первую очередь следует пускать в переработку корнеплоды из кагатов без периодического увлажнения и побелки (контроль), затем — с периодической побелкой, а после — с мелкодисперсным увлажнением и побелкой. Во всех случаях, и особенно при уборке свек-

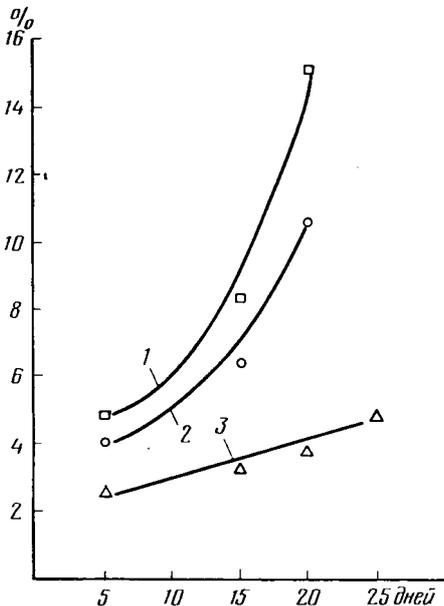


Рис. 3. Динамика убыли массы свеклы в поверхностном слое 20 см в 1975 и 1977 гг.

1 — контроль ( $y = -0,0367x^2 - 0,19x + 4,72$ ); 2 — периодическая побелка ( $y = 0,206x^2 - 0,806x + 3,87$ ); 3 — МДУ ( $y = -0,113x + 1,81$ ).

Качество корнеплодов в слое 20 см при укладке (числитель)  
и после хранения (знаменатель)

Показатель	Контроль		Периодическая по- белка		МДУ + побелка	
	1975	1977	1975	1977	1975	1977
Содержание сахара в корне- плодах, % к общему ко- личеству:						
здоровые с хорошим тур- гором	89,1 39,6	90,7 40,7	91,2 59,8	91,2 61,3	90,3 81,4	89,6 78,1
механические повреж- денные	4,2 4,0	4,8 5,0	3,8 3,9	5,8 6,0	4,6 4,9	6,0 6,2
подвяленные	6,7 51,6	4,5 47,19	5,0 33,0	3,0 27,2	5,6 12,0	4,4 14,0
подмороженные	— —	— 1,5	— —	— 1,2	— —	— 0,6
проросшие	— 0,9	— 0,01	— —	— —	— 0,5	— —
загнившие	— 4,8	— 5,8	— 3,3	— 4,3	— 1,2	— 1,1
Гнилая масса, % к общей	— 0,31	— 0,27	— 0,14	— 0,15	— 0,03	— 0,06

лы в засушливый период, а также при ранней уборке корнеплодов, т. е. в начале заготовки сахарной свеклы, когда чаще всего стоит жаркая и сухая погода, необходимо стремиться применять оба эти приема в сочетании.

Качество корнеплодов, убранных в разные сроки, неодинаковое. При ранних сроках уборки сахаристость и масса корнеплодов меньше, чем при средних и поздних. Однако при поздних сроках условия уборки ухудшаются из-за дождей. Кроме того, возникает опасность подмораживания корнеплодов.

Корнеплоды, убранные в ранний срок (20 августа), имели не только меньшую массу и сахаристость, но и подвергались подвяливанию в большей степени, чем при уборке в более поздние сроки (табл. 4). Это объясняется тем, что покровные ткани у корнеплодов к 20 августа не успевают полностью сформироваться. Кроме того, в молодых корнеплодах меньше концентрация клеточного сока, их ткани обладают меньшей водоудерживающей способностью, поэтому они теряют влаги больше, чем в случае более поздней уборки.

Таблица 4

Качество корнеплодов разных сроков уборки  
(хранение при 30° и относительной влажности воздуха 60—70 %)

Показатели	20/VIII (ранний)			10/IX (средний)			30/IX (поздний)		
	до хране- ния	после хране- ния, сут		до хране- ния	после хране- ния, сут		до хране- ния	после хране- ния, сут	
		3	6		3	6		3	6
Масса, г	289	266	243	403	385	373	430	411	398
Потери массы, %	—	10,0	15,9	—	4,5	7,4	—	4,4	7,4
Влажность, %	77,8	73,1	72,3	76,8	76,1	75,9	76,4	76,3	76,1
Сахаристость, %	13,3	14,0	14,4	16,7	17,2	17,4	17,2	17,6	17,9
Сахара в корнеплоде, г	37,44	37,04	34,99	67,30	66,79	64,89	73,96	73,33	71,24
Потери сахара, % к об- щему:									
всего	—	1,07	6,54	—	0,75	3,60	—	0,85	3,60
в среднем за сутки	—	0,36	1,09	—	0,25	0,60	—	0,28	0,60

Следует подчеркнуть, что при хранении корнеплодов при температуре 30° и относительной влажности воздуха 60—70 % в случае ранней уборки (20 августа) потери сахара в 1,5—2,0 раза больше, чем при уборке на 20 дней позднее. Потери сахара при хранении корнеплодов, убранных 10 и 30 сентября, почти одинаковые.

При уборке 20 августа выход сахара с 1 га был почти в 2 раза меньше, чем при уборке 10 и 30 сентября. Накопление сахара в корнеплодах с 20 августа по 10 сентября протекало в 4,2 раза интенсивнее, чем с 10 по 30 сентября, так как в последнем случае световой и тепловой режимы работы ассимиляционного аппарата сахарной свеклы постепенно ухудшались, сокращалась площадь листьев. Кроме того, при старении листьев уменьшается интенсивность фотосинтеза [8]. Формирование корнеплодов в 1980 г. закончилось к 10 сентября.

При хранении в режиме подвяливания среднесуточные потери сахара в корнеплодах ранней уборки при увеличении срока хранения с 3 до 6 сут возросли в 3 раза, а при хранении корнеплодов, убранных на 20 дней позднее, — в 2,4 раза. Следовательно, в первом случае лежкость корнеплодов и устойчивость к подвяливанию значительно меньше, чем во втором. При хранении в течение 3 сут в режиме подвяливания корнеплодов относительные потери сахара при уборке 20 августа были в 1,4 раза больше, чем при уборке 10 сентября. Если же срок хранения увеличивали до 6 сут, то при ранней уборке потери уже оказались в 1,82 раза больше. Напрашивается вывод, что при ранних сроках уборки с целью уменьшения потерь необходимо не только предотвращать подвяливание, но и сокращать сроки хранения корнеплодов. Поэтому кагаты следует закладывать так, чтобы корнеплоды, убранные в ранние сроки, поступали на переработку раньше, чем корнеплоды более поздней уборки.

Анализ поражаемости корнеплодов гнилостными микроорганизмами показал, что наиболее быстро и сильно загнивают корнеплоды ранних сроков уборки, так как в их покровных тканях содержится меньше

защитных веществ типа коричной кислоты, пробковый слой этих тканей тоньше [8]. Представляет интерес факт, что на подвяленных корнеплодах в первые 2—5 сут развитие гнилей выражено меньше, чем на неподвяленных, однако в дальнейшем картина резко меняется, т. е. при более длительном сроке хранения подвяленные корнеплоды загнивают сильнее, чем неподвяленные. Это объясняется тем, что при подвяливании несколько увеличивается защитный слой, вначале препятствующий проникновению возбудителей гнилей. В дальнейшем протопласт клеток подвяленных корнеплодов, вероятно, теряет иммунитет.

При подвяливании корнеплодов повышалось содержание сахара в корнеплодах за счет уменьшения количества влаги (табл. 4). Однако если содержание влаги в корнеплодах ранней уборки уменьшалось на 5,5 %, то концентрация сахара возрастала всего на 1,4 %. Это вызвано тем, что при подвяливании часть простых сахаров полимеризуется, образуются сложные углеводы типа гемицеллюлозы, пектинов, целлюлозы, которые препятствуют извлечению сахарозы. Отрицательное влияние подвяливания наиболее сильно проявляется при ранней уборке корнеплодов.

Потери сахара могут быть значительно снижены при сокращении сроков уборки и проведении ее в оптимальные сроки, когда корнеплоды полностью сформировались и стали более лежкими. Однако в этом случае наряду с резким увеличением выхода сахара с 1 га значительно возрастут дополнительные затраты, связанные с повышением потребности в уборочной и транспортной технике. Использование же мелкодисперсного увлажнения и периодической побелки не требует больших затрат и очень хорошо окупается (табл. 5). Периодическая побелка снижает потери сахара и увеличивает чистый доход на 16,3 руб. в пересчете на 100 ц сахарной свеклы. Один рубль дополнительных затрат дает 148 руб. чистого дохода. Мелкодисперсное увлажнение в сочетании с периодической побелкой — более трудоемкий прием, по-

## Экономическая эффективность изучаемых приемов в среднем за 1975 и 1977 гг.

Показатель	Контроль	Периодическая побелка	МДУ + побелка
Потери сахара, ц:			
на кагат	330,5	223,0	123,5
на 100 ц свеклы	1,27	0,86	0,46
Дополнительные затраты, руб.:			
на кагат	—	27,82	226,25
на 100 ц свеклы	—	0,11	0,84
Стоимость потерь сахара на 100 ц, руб.	50,80	34,40	18,40
Условный чистый доход на 100 ц корнеплодов, руб.	—	16,29	31,59
Окупаемость 1 руб. дополнительных затрат, руб.		148,1	37,6

этому дополнительные затраты в 8 раз больше, чем при периодической побелке. Однако в этом случае

чистый доход за счет уменьшения потерь сахара в 2 раза больше, чем при одной периодической побелке.

## Выводы

1. Наиболее сильно подвержены подвяливанию корнеплоды сахарной свеклы при ранних сроках уборки. При подвяливании увеличиваются потери сахара, поражаемость корнеплодов гнилями, ухудшаются их лежкость и биохимический состав.

2. Мелкодисперсное увлажнение кагатов в сочетании с периодической побелкой снижает среднесуточные потери сахара в 3,3—3,7 раза, а периодическая побелка — в 1,4—1,5 раза.

3. Применение мелкодисперсного увлажнения позволяет увеличить срок хранения свеклы. Для переработки в первую очередь следует использовать свеклу из кагатов без мелкодисперсного увлажнения и побелки.

4. Условный чистый доход, полученный за счет применения периодической побелки кагатов, составляет 16,29 руб. на 100 ц корнеплодов, а при ее сочетании с мелкодисперсным увлажнением — 31,59 руб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов Н. Н., Павалюхин М. И. Влияние условий уборки на сохранность корней сахарной свеклы. — М.: Пищ. пром-сть; сахарная пром-сть, 1980, с. 37—40. — 2. Горбунов Н. Н., Павалюхин М. И. Перспективные приемы хранения сахарной свеклы. — Матер. Всерос. науч.-метод. совещ. по сахарной свекле. Воронеж, 1983, с. 113—115. — 3. Доспехов В. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1965, с. 336—377. — 4. Игнатов Н. М. Охлаждение сахарной свеклы при хранении искусственным дождеванием поверхности кагатов. — Докл. ТСХА, 1964, вып. 98, с. 125—128. — 5. Князев В. А., Калинин Н. И., Шелудько В. И. Ориентация и размеры кагатов сахарной свеклы в связи с радиационным теплообменом их поверхностей с окружающей средой. — Сахарная пром-сть, 1981, № 10, с. 43—45. — 6. Князев В. А., Стру-

шенко А.Х., Шелудько В.И., Калинин Н. И. Температурно-влажностное условия вывозки сахарной свеклы с полей в раннеосенний период. — Сахарная пром-сть, 1985, № 5, с. 52—54. — 7. Кудряшов Н. Т., Хелемский А. М. Орошение кагатов при хранении свеклы в южных районах СССР. — В сб.: Заготовка и хранение сахарной свеклы на Кубани. Краснодар, 1963, с. 77. — 8. Метлицкий Л. В. Основы биохимии плодов и овощей. — М.: Экономика, 1976. — 9. Морозов С. В., Хелемский А. М. Хранение сахарной свеклы в кагатах с орошением и активной вентиляцией. — Краснодар, 1967. — 10. Хелемский М. З. Хранение сахарной свеклы. М.: Пищепромиздат, 1964. — 11. Инструкция по приемке, хранению и учету сахарной свеклы. — М.: Пищ. пром-сть, 1978.

Статья поступила 6 декабря 1985 г.

## SUMMARY

Investigations were conducted under commercial and laboratory conditions. № has been found that sugar beet roots harvested early are most subject to wilting. In this case the sugar losses increase, the rotting of the roots also increases, their keeping qualities and biochemical composition getting lower.

Finely dispersed moistening of clamps combined with whitewashing reduces the danger of root wilting, improves the temperature rate and moisture conditions in storage, makes daily sugar losses 3.3—3.7 times lower, while whitewashing from time to time makes them 1.4—1.5 times lower.