

Динамика формирования урожайности и качества сахарной свеклы в зависимости от погодных условий

И. В. Чечеткина, М. И. Гуляка, Е. М. Кашевич, Е. А. Шкраба, В. С. Шкут

Опытная научная станция по сахарной свекле, Беларусь

Изучение реакции сахарной свеклы на условия произрастания дает возможность определить их значимость в формировании продуктивности. Среди основных факторов жизни растений, в значительной мере определяющих продукционный процесс, важное место занимают метеорологические. Знание закономерностей проявления погоды на рост и развитие растений в отдельные периоды вегетации позволяет через систему агротехнических и организационных мероприятий ослабить отрицательное ее влияние на продуктивность и иметь более высокие и стабильные показатели по годам.

Решающими звеньями современной технологии сахарной свеклы являются севооборот, обработка почвы, удобрение, сев и формирование оптимальной густоты стояния, защита растений. Сюда следует отнести и уборку с наименьшими потерями. Все элементы технологии должны применяться с учетом конкретных почвенно-климатических и экономических условий данного региона. Из всех вышеперечисленных факторов, влияющих на продуктивность свеклы, примерно 50 % успеха определяют место выращивания и условия года, причем влияние погоды составляет 34 % [11]. Д. Н. Прянишников писал: «Обыкновенно так резюмируют требования сахарной свеклы к климату: она требует зимы с достаточными осадками, теплого и влажного мая, относительно прохладных и влажных июня и июля, когда увеличивается масса корней ..., ясных и сухих августа и сентября, когда идет накопление сахара в корне, и, наконец, солнечного и прохладного октября, во избежание разжижения сока ...» [8].

Сахарная свекла относится к растениям длинного дня с умеренными требованиями к теплу. Очень высокие температуры летом снижают ассимиляцию, уменьшая накопление урожая и содержание сахара. Потребность сахарной свеклы в воде велика. Для формирования урожайности порядка 50 т/га потребляется около 4 тыс. м³ воды на один гектар, и возможно это при наличии запаса воды в почве в количестве 60–70 % от полной ее влагоемкости, что соответствует примерно 400–500 мм осадков, регулярно выпадающих в течение года. Близость Беларуси к Атлантическому океану, интенсивная циклоническая деятельность, высокая влажность воздуха и облачность обуславливают выпадение среднегодового количества осадков 580–620 мм и за теплый период – 400–500 мм. Это близко к потребности сахарной свеклы в воде, но осадки распределяются крайне неравномерно на протяжении периода вегетации. Нередко они выпадают в виде ливней, и вода используется непродуктивно. Сухие периоды разной продолжительности наблюдаются ежегодно. В последние годы частота и продолжительность засух увеличилась [1, 5, 6].

Потребность в воде у растения свеклы не одинакова по периодам роста. Особенно много воды и главным образом на испарение для защиты от перегрева требуется в период интенсивного роста – июль – август. Недостаток влаги в эти месяцы может вызвать сильное увядание (и даже высыхание) листьев и снижение интенсивности фотосинтеза, а избыток влаги в сентябре способствует

повышению оводненности тканей и усилению роста новых листьев, что ведет к снижению сахаристости [3, 7, 10].

На Опытной научной станции по сахарной свекле (г. Несвиж, центральная зона Республики Беларусь) с 1966 г. проводится мониторинговый полевой опыт с целью установления особенностей роста и формирования урожая и качества корнеплодов в зависимости от погодных условий. Информация используется производителями и сахарными комбинатами для прогнозирования объемов заготовки и переработки сырья, а также сроков начала уборки свеклы.

Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой легкими по гранулометрическому составу породами, в звене севооборота с чередованием культур: яровые зерновые – озимые зерновые – сахарная свекла. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: рН_{KCl} 6,4–6,7, содержание гумуса – 2,82–3,12 %, подвижного фосфора – 247–355 и обменного калия – 300–396 мг/кг почвы. Учетная площадь делянки – 10,8 м², повторность – шестикратная, расположение делянок – рендомизированное. Агротехника возделывания сахарной свеклы – согласно отраслевому регламенту. В 2014–2018 гг. в опыте высевали гибриды Полибел и Белполь. Ежегодно с 1 июля по 20 октября через каждые 10 дней убирали по одной делянке на всех повторениях. Выкопанную свеклу очищали от земли, взвешивали отдельно корнеплоды и листья. Затем подсчитывали количество растений на делянке, и высчитывали среднюю массу корнеплода и листьев одного растения. Для определения содержания сахара, альфа-аминного азота, калия и натрия отбирали пробу корнеплодов с каждой убранной делянки. Анализ проводился на автоматической линии «Венема». Расчет корреляционной зависимости осуществляли по методике Б. А. Доспехова.

Температура воздуха не только регулирует интенсивность биологических процессов и, следовательно, накопление растительной массы, но и скорость протекания фаз развития растений. Для получения высокого урожая сахарной свеклы в период от сева до уборки требуется сумма положительных температур 2400–2800 °С при вегетационном периоде 150–180 дней. Погодные условия теплого периода года в свеклосеющей зоне Беларуси соответствуют данным требованиям. Однако глобальное потепление климата отразилось и на погоде в нашей республике. За последние 20 лет среднегодовая температура воздуха в мире увеличилась на 1,1 °С [2]. Изменение погодных условий четко прослеживается и по данным наших мониторинговых исследований (таблица 1). За последние 5 лет среднесуточная температура воздуха вегетационного периода превышала среднесуточные показатели на 0,1–3,0 °С. Особенно высокой была среднесуточная температура в 2018, 2014 и 2016 г. – 15,8, 14,3 и 14,1 °С соответственно при многолетней норме 12,8 °С.

Влияние тепла на рост и развитие растений сахарной свеклы в полной мере проявляется лишь при наличии

необходимого количества влаги в период вегетации. Все жизненные процессы в растении могут протекать только при достаточном насыщении тканей водой. Потребность сахарной свеклы в воде различается в зависимости от фазы развития и интенсивности ростовых процессов. Незначительная потребность молодых растений свеклы во влаге обеспечивается за счет зимних запасов ее в почве. Уменьшение до определенных пределов запасов влаги в верхних почвенных горизонтах благоприятствует росту корней вглубь. Наивысшую потребность в воде растения сахарной свеклы проявляют во время прироста массы с июля и до конца августа. Она зависит во все периоды роста и от других климатических факторов, особенно от температуры. В месяцы с температурами выше средних потребность в воде повышается, так много ее расходуется на транспирацию для охлаждения листьев [4, 9, 12].

Анализ температуры воздуха и атмосферных осадков в вегетационные периоды 2014–2018 гг. показал, что температурный режим всех пяти лет исследований был выше средней многолетней нормы. По сумме осадков три года из пяти – 2015, 2016 и 2018 г. – были засушливыми, гидротермический коэффициент – 1,3; 0,9 и 1,1 соответственно (таблица 1). Кроме того, осадки выпадали крайне неравномерно по месяцам. Так, в 2015 г. засуха отмечалась в августе (16 мм при норме 73 мм); в 2016 г. – в мае (23 – норма 55), июне (41 – норма 75) и августе (28 мм при норме 73 мм); в 2018 г. – также в мае, июне и августе (14, 33 и 36 мм осадков соответственно). В 2014 и 2017 г. влагообеспеченность была высокой, осадков за период вегетации выпало больше средней

многолетней нормы на 25–27 % соответственно, однако дефицит влаги был в 2014 г. в июне, а в 2017 г. – в мае и июне.

Высокий температурный режим и недостаточное количество атмосферных осадков снижают запас продуктивной (доступной) влаги в почве. Так, минимальное ее количество в 2015 г. отмечалось в августе; в 2016 г. – в мае, начале июля и августе – сентябре; в 2018 г. – в июле – августе (таблица 2). Неблагоприятные погодные условия оказали существенное влияние на интенсивность прироста массы листьев, корнеплодов и накопление сахара.

У сахарной свеклы различают две фазы роста растений: фазу преимущественного роста листьев и фазу преимущественного роста корнеплодов. В начальный период роста свеклы масса листьев превышает массу корнеплода. В зависимости от погодных условий в годы исследований на 1 июля масса листьев одного растения свеклы существенно различалась. Наибольшей величина этого показателя была в 2014 г., характеризующимся большим количеством осадков в мае – июне, а наименьшей – в 2017 г. при дефиците осадков в эти месяцы (рисунок 1). Период усиленного роста листьев (третья пара настоящих листьев – смыкание листьев в междурядьях) чаще протекает при выпадении достаточного количества осадков (75–80 мм) и температуре, близкой к оптимальной (17–18 °С). Пик нарастания массы листьев чаще приходится на вторую – третью декаду августа, как в 2017 г., когда в этот период выпало максимальное количество осадков. В сентябре обычно масса листьев снижается, но в отдельные годы после

Таблица 1 – Температура воздуха и осадки в 2014–2018 гг. (по данным метеостанции г. Столбцы)

Месяц	Среднесуточная температура, °С						Сумма осадков, мм					
	год					норма	год					норма
	2014	2015	2016	2017	2018		2014	2015	2016	2017	2018	
Апрель	9,2	7,0	8,4	5,8	11,0	5,8	26,6	36,8	35,8	66,2	45,7	44
Май	14,4	12,4	14,7	13,0	17,4	12,8	85,3	79,2	22,8	20,1	13,7	55
Июнь	15,7	17,0	18,5	16,4	18,0	16,0	47,1	63,5	41,2	54,6	33,0	75
Июль	20,8	18,1	19,3	17,4	19,4	17,7	108,6	64,7	117,6	146,4	156,5	84
Август	18,8	20,6	18,2	15,3	20,0	16,4	144,6	16,0	28,2	89,7	36,3	73
Сентябрь	13,0	14,3	13,6	13,8	15,1	11,8	68,0	111,5	11,8	84,5	60,2	55
Октябрь*	8,2	6,2	6,0	8,8	9,6	8,8	13,8	3,0	82,4	70,3	11,8	31
За вегетацию	14,3	13,6	14,1	12,9	15,8	12,8	521	375	340	532	357	417
ГТК	1,8	1,3	0,9	1,7	1,1							

Примечание – *Данные за I и II декады месяца; ГТК – гидротермический коэффициент.

Таблица 2 – Запасы доступной влаги в пахотном (0–20 см) слое почвы

Год	Запасы доступной влаги, мм/га											
	дата учета											
	01.07	10.07	20.07	01.08	10.08	20.08	01.09	10.09	20.09	01.10	10.10	20.10
2014	32,5	30,8	32,1	20,2	9,5	24,4	67,2	54,3	53,5	48,4	44,0	44,2
2015	9,2	3,4	20,2	17,6	6,7	5,6	2,8	19,0	26,6	44,2	27,4	31,4
2016	10,1	32,8	30,8	56,3	23,5	35,3	17,4	20,7	13,2	16,0	61,3	57,4
2017	45,4	41,4	34,4	45,1	40,3	37,5	38,6	45,1	53,5	50,4	58,0	59,1
2018	21,3	39,5	59,9	41,2	21,6	21,3	30,2	30,2	37,2	54,6	48,5	48,7

СВЕКЛОВОДСТВО

продолжительной летней засухи начинается отрастание молодых листьев. При этом происходит расход запасных веществ на образование листьев, уменьшается прирост массы корнеплода и сахаристости, ухудшаются технологические качества. Такая ситуация сложилась в 2015 г.

Влияние погоды на рост корнеплода проявилось следующим образом: на 1 июля минимальная масса корнеплода (30 г) отмечена в 2017 г. из-за дефицита

осадков в мае и июне. В остальные годы в условиях достаточного увлажнения величина массы корнеплода на эту дату была гораздо выше и варьировала от 91 до 120 г (рисунок 2). Отставание приростов массы корнеплода в 2017 г. продолжалось до августа месяца, пока в июле не выпали обильные осадки. В 2014, 2016 и 2018 г. масса корнеплода увеличивалась более равномерно до октября месяца, затем рост замедлялся.

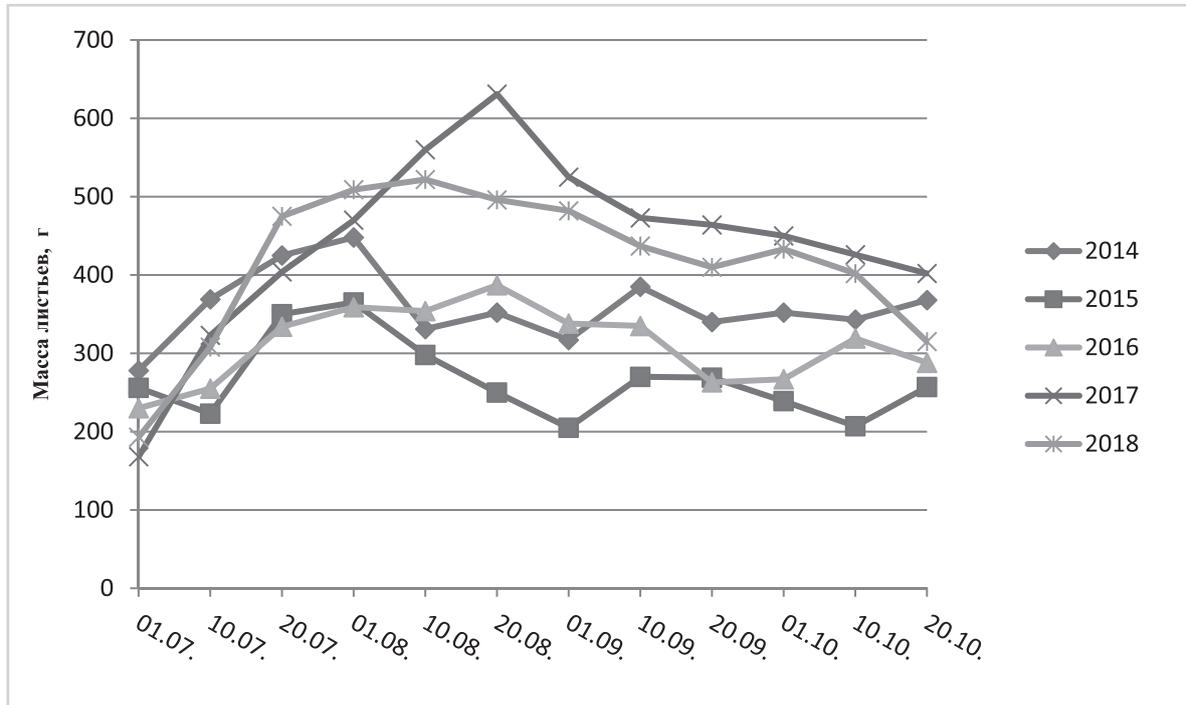


Рисунок 1 – Динамика роста листьев сахарной свеклы

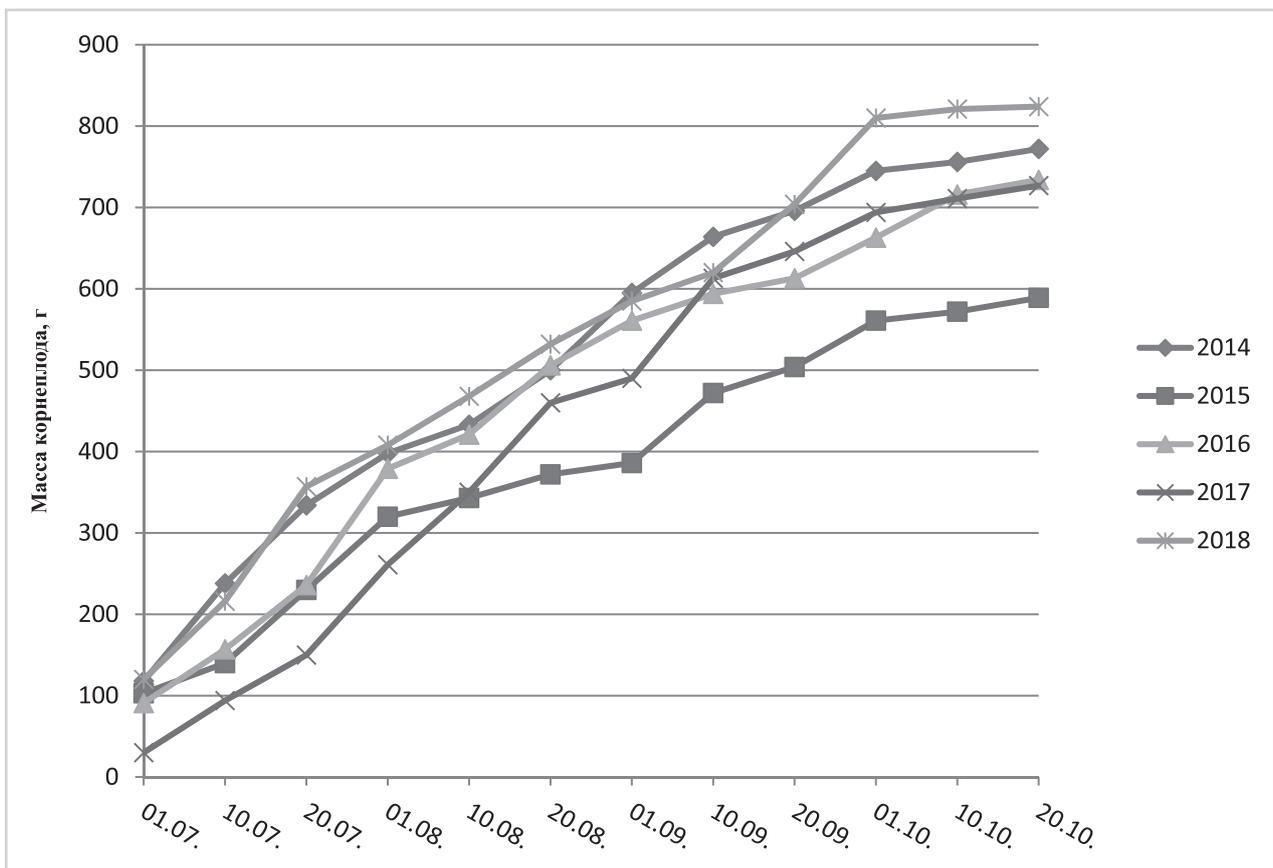


Рисунок 2 – Динамика роста корнеплода сахарной свеклы

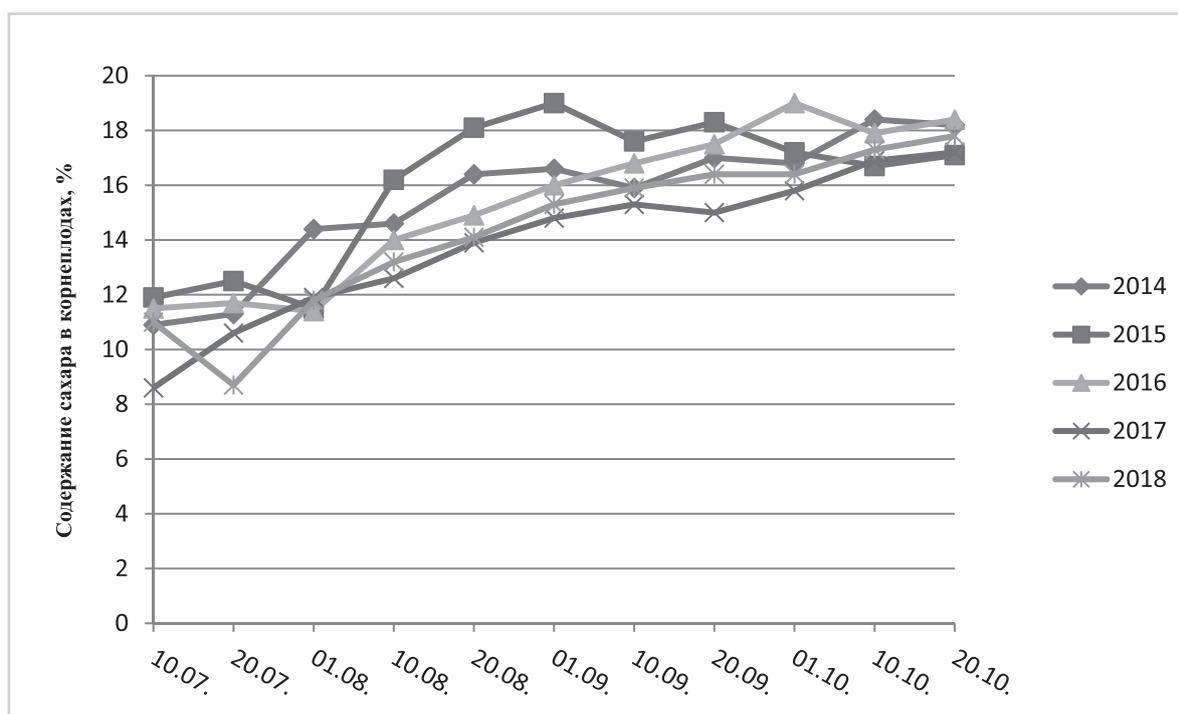


Рисунок 3 – Динамика накопления сахара в корнеплодах сахарной свеклы

По содержанию сахара в корнеплодах большая разница четко прослеживается уже 10 июля: в зависимости от условий года 8,6 % (влажный 2017 г.) – 11,9 % (засушливый 2015 г.). Сухая солнечная погода июля и августа 2015 г. способствовала максимальному накоплению сахара к 1 сентября – 19 %. Однако прошедшие в сентябре обильные дожди привели к снижению сахаристости до 16,7 % в первой декаде октября (период массовой уборки свеклы). Сахаристость в другие годы также существенно зависела от температуры воздуха и осадков, однако варьировала не столь контрастно. К началу массовой уборки сахарной свеклы (первая декада октября) содержание сахара в корнеплодах находилось в пределах 16,7–18,4 % (рисунок 3).

В связи с ростом объема производства сырья и оставанием мощностей перерабатывающих предприятий уборку сахарной свеклы с 2007 г. в республике начинают с 1 сентября. Наши исследования показывают, что к этому сроку сахаристость корнеплодов не всегда достигает базисной величины – 16 %. Два года из трех – 2017 и 2018 г. – сахаристость была ниже базисной – 14,8 и 15,3 % соответственно. Для эффективного извлече-

ния сахара на заводе необходимо содержание сахара 16–17 %. При сахаристости 12 % можно извлечь 50 % сахара, а при 17 % – уже 87 % [11]. По количеству осадков с большей вероятностью можно прогнозировать содержание сахара в корнеплодах и определять начало и интенсивность уборки свеклы.

Расчеты показали, что зависимость урожайности сахарной свеклы от количества осадков самая сильная в июле месяце (коэффициент корреляции – 0,7, коэффициент детерминации – 0,49), то есть урожай почти на 50 % зависит от осадков. В августе и сентябре корреляционная связь слабее: коэффициент корреляции – 0,43–0,45, по классификации Доспехова Б. А. она является средней. В августе и сентябре урожайность свеклы зависит от количества выпавших осадков на 19–20 %.

Корреляционная связь между температурой воздуха и урожайностью сахарной свеклы является одинаково сильной в июле, августе и сентябре ($r = 0,71–0,76$).

Сахаристость корнеплодов сильнее всего зависит от количества осадков в сентябре ($r = 0,45$) и суммы температур в августе и сентябре ($r = 0,44$ и $0,51$) (таблица 3).

Таблица 3 – Зависимость урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы от количества осадков и температуры воздуха

Месяц	Осадки		Сумма температур	
	коэффициент корреляции, r	коэффициент детерминации, d	коэффициент корреляции, r	коэффициент детерминации, d
<i>Урожайность</i>				
Июль	0,70	0,49	0,74	0,55
Август	0,45	0,20	0,76	0,58
Сентябрь	0,43	0,19	0,71	0,50
<i>Сахаристость</i>				
Июль	0,18	0,03	0,19	0,04
Август	0,18	0,03	0,44	0,19
Сентябрь	0,45	0,20	0,51	0,26

Таким образом, реализация генетического потенциала продуктивности сахарной свеклы в большой степени зависит от погодных условий: чем они менее благоприятны, тем выше их доля влияния на изменение величины и качества урожая корнеплодов. Зависимость урожайности от количества осадков и температуры воздуха самая сильная в июле, августе и сентябре. Сахаристость корнеплодов больше всего зависит от количества осадков в сентябре и суммы температур в августе и сентябре.

Литература

1. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минская фабрика цветной печати, 2011. – С. 106–117.
2. Вострухин, Н. П. Мониторинг динамики формирования урожайности и качества сахарной свеклы в Беларуси за 1966–2011 годы / Н. П. Вострухин, М. И. Гуляка. – Несвиж: Несвижская типография им. С. Будного, 2013. – С. 16–25.
3. Вострухин, Н. П. Земледелие и свекловодство / Н. П. Вострухин. – Минск: «Беларуская навука», 2009. – С. 35–41.
4. Елфимов, М. Н. Влияние основной обработки почвы, удобрений и культур плодосменного севооборота на агрофизические свойства чернозема выщелоченного в ЦЧР: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / М. Н. Елфимов. – Рамонь, 2019. – 25 с.

5. Заленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. – Минск: «Беларусь», 2003. – С. 32–34.
6. Зубенко, В. Ф. Свекловодство. Проблемы интенсификации и ресурсосбережения / В. Ф. Зубенко. – Киев: НПП ООО «Альфа-стевия ЛТД», 2005. – С. 77–94.
7. Красюк, Н. А. Современные технологии производства и использования сахарной свеклы / Н. А. Красюк. – Минск: «Амалфея», 2008. – С. 27–37.
8. Прянишников, Д. Н. Частное земледелие / Д. Н. Прянишников. – М.: Сельхозгиз, 1931.
9. Роде, А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1952. – С. 3–7.
10. Особенности возделывания и переработки сахарной свеклы на Северном Кавказе / А. Г. Шевченко [и др.]. – Краснодар, 2007. – С. 47–63.
11. Шпаар, Д. Сахарная свекла / Д. Шпаар. – Минск, 2004. – С. 53–61.
12. Шпаар, Д. Некоторые вопросы дальнейшей интенсификации выращивания сахарной свеклы в рамках устойчивого земледелия / Д. Шпаар // Пути интенсификации свеклосахарного производства в Республике Беларусь: материалы междунар. науч.-произв. конф., посвященной 70-летию Белорусской зональной опытной станции по сахарной свекле. – Минск: «Юнипак», 2002. – С. 15–30.

УДК 633.63:632.934:631.563

Повышение сохранности маточных корнеплодов сахарной свеклы

М. А. Смирнов

Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, Россия

В России на современном этапе развития селекции и семеноводства сахарной свеклы вопрос сохранности маточных корнеплодов является актуальным в связи с тем, что качество посадочного материала определяет развитие семенных растений и, как следствие, их продуктивностью [1].

На сохранность маточных корнеплодов большое влияние оказывают следующие факторы: сортовые особенности, технология выращивания, система обработки почвы, система применения удобрений, способы уборки, условия хранения. Под их влиянием увеличивается степень поражения маточных корнеплодов патогенами кагатной гнили, что приводит к уменьшению в них пластических веществ и, как следствие, снижению выхода качественного посадочного материала [2].

Основными возбудителями кагатной гнили сахарной свеклы являются микроскопические грибы (*Botrytis cinerea*, *Fusarium*, *Aspergillus* и др.) и бактерии. Общее количество возбудителей гнили корнеплодов составляет более 100 различных видов. В связи с изменением условий в период послеуборочного хранения эти патогены могут вызывать массовое развитие болезни [3].

Одним из перспективных способов защиты корнеплодов сахарной свеклы от возбудителей кагатной гнили в период послеуборочного хранения является их обработка перед закладкой на хранение препаратами фунгицидного действия. При этом эффективность обработки фунгицидами определяется их препаративной формой, а также технологией применения [4, 5].

Исходя из вышеизложенного, в 2017–2018 гг. сотрудниками лаборатории хранения и переработки сырья Все-

российского НИИ сахарной свеклы и сахара (ВНИИСС) была проведена оценка эффективности действия совместного применения фунгицида Кагатник, ВРК с излучением, а также поверхностно-активным веществом (ПАВ) на сохранность маточных корнеплодов.

Кагатник, ВРК – фунгицид, предназначенный для обработки корнеплодов сахарной свеклы против кагатных гнилей перед закладкой на хранение и клубней картофеля против комплекса болезней перед посадкой и закладкой на хранение. Действующим веществом препарата является 300 г/л бензойная кислота в виде триэтаноламинной соли (300 г/л).

Объект исследования – маточные корнеплоды МС-компонента гибрида отечественной селекции РМС 127 массой 80–150 г.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 – контроль (без обработки); 2 – Кагатник, ВРК (0,10 л/т); 3 – инфракрасное (ИК) излучение с помощью рефлектора Минина (синяя лампа), экспозиция 30 сек.; 4 – Кагатник, ВРК (0,10 л/т) + ИК-излучение (30 сек.); 5 – Кагатник, ВРК (0,10 л/т) + ПАВ.

Обработка посадочного материала фунгицидом осуществлялась однократно при расходе рабочей жидкости 5 л/т, а излучением – рефлектором Минина (синяя лампа) с расстояния от поверхности корнеплода 50–60 см. Хранили маточные корнеплоды в корнехранилище в нерегулируемой среде при средней температуре 2–3 °С и относительной влажности 90–95 %. Длительность хранения составила 140 суток.

В результате проведенных исследований установлено, что обработка маточных корнеплодов перед заклад-