

Влияние низких температур на содержание крахмала в листьях яблони

Приведены двухлетние данные по содержанию крахмала в листьях яблони. Установлено, что зимостойкие сорта и сорта со средней устойчивостью содержат большее количество крахмала. Кроме того, у них отмечена большая степень гидролиза крахмала после промораживания по сравнению со слабоустойчивыми сортами.

Проблема зимостойкости включает два основных вопроса: исследование причин гибели растений от мороза и выяснение механизма адаптации к нему. Ряд работ посвящен изучению биохимических основ адаптации растений к морозу. Среди них работы Труновой (9), Колупаева с соавт. (3, 4), Кривенцова (5), Починок (8), Лимбергера и Высоцкой (6). Эти работы выполнены на однолетних побегах плодовых культур в осенне-зимне-весенний период, где большинство авторов рассматривают вопросы накопления углеводов в растении в осенний период и их дальнейшее превращение в течение всего холодного периода.

Изучение углеводного обмена в листьях однолетних культур (в частности, озимой пшеницы) показало тесную корреляцию между содержанием сахаров в листьях разных сортов и их морозостойкостью (1). Основным источником накопления сахаров у зимующих растений служат запасные полисахариды и, в первую очередь, крахмал.

Крахмал сам непосредственно не является протекторным веществом; те участки ткани, где наблюдается значительное накопление крахмала, погибают быстрее. Устой-

The data from the two years observations on the content of the starch in the apple leaves is provided in the article. It has been established that winter resistant varieties and the varieties with average stability contain a lot of starch. Besides, in these varieties have a high degree of hydrolysis of starch after freezing, as compared with the weakly resistant varieties.

чивость тканей к низким температурам зависит главным образом от уменьшения в них количества крахмала. На основании многолетнего изучения крахмала в однолетних побегах рекомендуют в качестве диагностики зимостойкости древесных растений проводить наблюдения за содержанием его в тканях (6).

Цель нашей работы – изучение изменений крахмала в листьях яблони при различных режимах промораживания для определения связи между зимостойкостью растения и содержанием крахмала.

Объекты, методы и условия исследований

Объектами лабораторных исследований служили сорта яблони, протестированные полевым методом и относящиеся к разным группам зимостойкости. Память Сюзбаровой, Чулановка, Антоновка обыкновенная – зимостойкие сорта. Антей, Имант, Белорусское сладкое – сорта со средней устойчивостью. Сорта Элстар, Ред Боскоп и гибрид 84-50/9 – со слабой устойчивостью (2).

В качестве исследуемого материала были использованы листья, отобранные в мае, июне, июле и августе 2001-2002 гг.

Моделирование повреждающих факторов проводилось с помощью морозильной камеры. Листья промораживались в течение 1 и 5 суток при температуре -17°C . Контролем служили листья, не подвергшиеся воздействию низких отрицательных температур.

Крахмал в листьях определяли колориметрическим методом (7).

По метеорологическим условиям лето 2001-2002 гг. характеризовалось повышенным температурным фоном и неравномерным выпадением осадков.

В мае 2001 г. преобладала неустойчивая погода. Во второй декаде на почве были заморозки. Дожди составили 25% от нормы. В начале июня также преобладала холодная погода, а в конце месяца значительно потеплело (максимальная температура $25,7^{\circ}\text{C}$, что на 4°C выше нормы). В июле и августе была необычно теплая погода. Днем воздух прогревался до $28-32^{\circ}\text{C}$. Количество осадков (в виде ливневых дождей) превышало норму.

Июнь 2002 г. характеризовался неустойчивой погодой. Особенно жарко было в конце второй декады, когда дневная температура поднималась до 31°C . Начало третьей декады также было жарким (33°C). К концу месяца температура понизилась. В начале месяца было недостаточное количество осадков и только к концу месяца дожди пополнили запасы влаги в почве. Август был жарким. Максимальная температура днем достигала $32,4^{\circ}\text{C}$. Среднесуточная температура превышала норму на $3-6^{\circ}\text{C}$. Количество осадков было ниже нормы.

Результаты исследований

Наши исследования показали, что содержание крахмала в листьях яблони варьировало в зависимости от времени отбора листьев.

В контрольном варианте наибольшим содержанием крахмала характеризовались листья, отобранные на анализ в июне 2001 г. Зимостойкие сорта Память Сюбаровой, Чулановка и Антоновка содержали 0,076; 0,079 и 0,145% крахмала соответственно. Сорта со средней устойчивостью Антей, Имант, Белорусское сладкое – 0,046; 0,052 и 0,049, слабоустойчивые сорта Элстар, Ред Боскоп и гибрид 84-50/9 – 0,040; 0,040 и 0,038%. В мае 2001 г. все сорта содержали примерно одинаковое количество крахмала (0,036-0,047%), за исключением сорта Белорусское сладкое (0,029%) и гибрида 84-50/9 (0,028%). В июле количество крахмала в листьях (контрольный вариант) снизилось по сравнению с предыдущими месяцами. Зимостойкие сорта содержали крахмала от 0,026 до 0,032%, сорта со средней устойчивостью – 0,022-0,028, слабоустойчивые – 0,023-0,025%. В августе количество крахмала в листьях несколько увеличилось. Причем наибольшим его содержанием характеризовались сорта со средней устойчивостью Антей и Имант (0,034%), Белорусское сладкое (0,042%). У слабоустойчивых сортов было от 0,031 до 0,033% крахмала. Наименьшее его количество было у сорта Память Сюбаровой (0,019%). Два других зимостойких сорта –

Чулановка и Антоновка – содержали 0,030 и 0,029% крахмала соответственно (табл.1).

В июне 2002 г. содержание крахмала в листьях яблони было гораздо ниже, чем в июне 2001 г. Однако несколько большим его содержанием характеризовались зимостойкие сорта Память Сюбаровой, Чулановка, Антоновка (0,023; 0,018, 0,029% соответственно) и сорта со средней устойчивостью Антей, Имант и Белорусское сладкое (0,023; 0,021 и 0,020%). Слабоустойчивые сорта содержали 0,017-0,021% крахмала. В августе количество крахмала в листьях яблони увеличивается, особенно у зимостойких сортов и сортов со средней устойчивостью. Зимостойкие сорта содержали 0,045; 0,049 и 0,064% крахмала, сорта со средней устойчивостью – 0,047; 0,039, 0,059%. Слабоустойчивые сорта характеризовались несколько меньшим количеством крахмала – 0,022; 0,030 и 0,028% (табл.2).

Такие различия в содержании крахмала в листьях яблони, вероятно, связаны с погодными условиями, поскольку известно, что высокая температура приводит к снижению интенсивности фотосинтеза. В мае 2001 г. за несколько дней до отбора листьев похолодало, температура была ниже нормы (на 1°C), 18 и 19 мая прошли дожди. В день отбора листьев средняя температура составила $9,9^{\circ}\text{C}$, что ниже нормы на 4°C . В июне накануне отбора листьев температура была ниже нормы на $2,5-4,0^{\circ}\text{C}$. Июль и август 2001 г. были очень жаркими. В июле в течение всей недели до отбора листьев температура была выше нормы на $3-4^{\circ}\text{C}$, прошли ливневые дожди. В августе температура также была выше нормы на $1-2^{\circ}$, но в день отбора листьев температура снизилась практически до нормы ($17,9^{\circ}\text{C}$).

В 2002 г. в июне во второй декаде преобладала теплая погода, в среднем на $1-2^{\circ}\text{C}$ выше нормы. В день отбора листьев температура была выше нормы на 1°C . Накануне прошли дожди ливневого характера. В начале августа была жаркая погода, в среднем на $3,5^{\circ}\text{C}$ выше нормы. В день отбора листьев температура несколько снизилась. Почти каждый день шли дожди. Их количество составило две нормы.

Промораживание листьев при температуре -17°C оказало различное влияние на содержание крахмала в листьях яблони.

В мае и июне 2001 г. все сорта характеризовались снижением количества крахмала после промораживания листьев (табл. 1). Однако степень гидролиза была разной и зависела как от сорта, так и от режимов промораживания. В мае у сортов Память Сюбаровой, Чулановка и Антоновка большая степень гидролиза крахмала наблюдалась у листьев, замороженных в течение 5 суток (40-45%). У всех остальных сортообразцов, наоборот, большая степень гидролиза крахмала была у листьев, замороженных в течение суток (43-59%). В июне все сорта характеризовались большей степенью гидролиза крахмала после промораживания в течение суток. Процент гидролиза крахмала в листьях у зимостойких сортов составил 75, 40, 74, у сортов со средней устойчивостью – 60, у слабоустойчивых – 65, 60 и 50 соответственно.

В июле 2001 г. количество крахмала в листьях после промораживания у некоторых сортов снижалось, а у не-

Таблица 1. Содержание крахмала в листьях яблони в разные сроки и при различных режимах промораживания (2001г.)

Сорт	Содержание крахмала, мг%					
	май			июнь		
	конт- роль	- 17° С (сутки)	- 17° С (5 суток)	конт- роль	- 17° С (сутки)	- 17° С (5 суток)
Память Сюбаровой	0,037	0,027	0,022	0,076	0,019	0,020
Чулановка	0,047	0,032	0,026	0,079	0,047	0,049
Антоновка	0,043	0,038	0,026	0,145	0,038	0,052
Антей	0,046	0,025	0,033	0,046	0,018	0,035
Имант	0,038	0,016	0,020	0,052	0,021	0,021
Белорусское сладкое	0,029	0,015	0,028	0,049	0,020	0,021
Элстар	0,037	0,015	0,023	0,040	0,014	0,022
Ред Боскоп	0,036	0,023	0,020	0,040	0,016	0,020
84-50/9	0,028	0,016	0,020	0,038	0,019	0,019
	Содержание крахмала, мг%					
	июль			август		
	конт- роль	- 17° С (сутки)	- 17° С (5 суток)	конт- роль	- 17° С (сутки)	- 17° С (5 суток)
Память Сюбаровой	0,029	0,029	0,021	0,019	0,018	0,019
Чулановка	0,032	0,028	0,027	0,030	0,027	0,026
Антоновка	0,026	0,036	0,063	0,029	0,028	0,026
Антей	0,022	0,032	0,024	0,034	0,030	0,028
Имант	0,028	0,024	0,025	0,034	0,029	0,024
Белорусское сладкое	0,022	0,025	0,029	0,042	0,029	0,027
Элстар	0,025	0,028	0,024	0,031	0,024	0,022
Ред Боскоп	0,023	0,026	0,022	0,033	0,023	0,022
84-50/9	0,024	0,025	0,030	0,031	0,031	0,030

которых увеличивалось. В целом степень гидролиза крахмала была ниже, чем в мае и июне. После промораживания отобранных в июле листьев в течение суток только у сортов Чулановка и Имант наблюдалось снижение содержания крахмала на 11 и 10% соответственно. У всех остальных сортов количество крахмала увеличивалось на 4-28%. После пятисуточного промораживания увеличение количества крахмала было отмечено у 3 сортов (Антоновка, Антей, Белорусское сладкое) и гибрида 84-50/9. Причем у Антоновки оно было довольно значительное – на 63%, у остальных сортов и гибрида – на 5-25%.

В августе 2001 г. количество крахмала в листьях после 1- и 5-суточного промораживания практически не изменялось у сорта Память Сюбаровой и гибрида 84-50/9. Зимостойкие сорта Чулановка и Антоновка характеризовались незначительной степенью гидролиза крахмала (3-13%). У средне- и слабозимостойких сортов степень гидролиза составила 12-36%.

В июне 2002 г. не было отмечено каких-либо закономерностей в изменении количества крахмала в листьях яблони после 1- и 5-суточного промораживания (табл.2).

Содержание крахмала у зимостойкого сорта Чулановка и слабоустойчивых сортов Элстар и Ред Боскоп практически не изменилось (0,018; 0,018 и 0,017% – контрольный вариант, 0,018; 0,017 и 0,018 – суточное промораживание, 0,018; 0,017 и 0,017% – 5-суточное промораживание соответственно). У Антоновки количество крахмала после промораживания увеличилось на 13 % (суточное промораживание) и 42% (5-суточное промораживание). У Белорусского сладкого содержание крахмала после промораживания увеличилось на 37 и 31% соответственно. Только у двух сортов (Память Сюбаровой и Антей) наблюдался гидролиз крахмала после промораживания. Количество крахмала у сорта Память Сюбаровой сократилось на 35% после суточного промораживания и на 13% после 5-суточного. У сорта Антей после суточного промораживания количество крахмала сократилось на 9%, а после 5-суточного на 19%. У сорта Имант и гибрида 84-50/9 после суточного промораживания наблюдался гидролиз крахмала (5 и 14% соответственно), а после 5-суточного промораживания у них отмечено увеличение крахмала на 12 и 9% соответственно.

Таблица 2. Содержание крахмала в листьях яблони в разные сроки и при различных режимах промораживания (2002г.)

Сорт	Содержание крахмала, мг%					
	июнь			август		
	конт- роль	- 17°С (сутки)	- 17°С (5 суток)	конт- роль	- 17°С (сутки)	- 17°С (5 суток)
Память Сюбаровой	0,023	0,015	0,020	0,045	0,044	0,033
Чулановка	0,018	0,018	0,018	0,049	0,041	0,032
Антоновка	0,029	0,030	0,050	0,064	0,048	0,028
Антей	0,023	0,021	0,017	0,047	0,037	0,030
Имант	0,021	0,020	0,024	0,039	0,038	0,058
Белорусское сладкое	0,020	0,032	0,029	0,059	0,042	0,034
Элстар	0,018	0,017	0,017	0,022	0,029	0,028
Ред Боскоп	0,017	0,018	0,017	0,030	0,033	0,031
84-50/9	0,021	0,018	0,023	0,028	0,032	0,028

В августе 2002 г. у всех зимостойких сортов и сортов со средней устойчивостью отмечался гидролиз крахмала при всех режимах промораживания, за исключением сорта Имант, где после 5-суточного промораживания количество крахмала увеличилось на 33%. Следует отметить, что в данном случае в большей степени гидролиз крахмала проходил в листьях, замороженных в течение 5 суток. У сортов Элстар и Ред Боскоп, а также у гибрида 84-50/9 наблюдалось увеличение крахмала на 24, 9 и 12% соответственно после суточного промораживания. После 5-суточного промораживания у сорта Элстар количество крахмала увеличилось на 21%, а у сорта Ред Боскоп на 3%. Количество крахмала у гибрида после 5-суточного промораживания не изменилось.

Таким образом, зимостойкие сорта Память Сюбаровой, Чулановка, Антоновка и сорта со средней устойчивостью Антей Имант и Белорусское сладкое содержат большее количество крахмала в листьях по сравнению со слабоустойчивыми сортами Элстар, Ред Боскоп и гибридом 84-50/9.

Также у зимостойких сортов и сортов со средней устойчивостью отмечена большая степень гидролиза крахмала после промораживания по сравнению со слабоустойчивыми сортами.

Литература

1. Агафонов Н.В., Пономарев В.И. Зимостойкость плодовых и ягодных культур. – Москва: Колос, – 1973. – 64 с.
2. Козловская З.А., Бирюк Е.Н. Использование перек-

сидазы в качестве маркера в оценке адаптации растений яблони к низким температурам // Вести НАН Беларуси. Сер. биол. наук. - 2003г.-№1. - С.9-13.

3. Колупаев Ю.Е., Трунова Т.И. Активность инвертазы и содержание углеводов в колеоптилях пшеницы при гипотермическом и солевом стрессах // Физиология растений. – 1994. – Т. 41. – №4. – С. 552 – 557.

4. Колупаев Ю.Е., Трунова Т.И. Особенности метаболизма и защитные функции углеводов растений в условиях стрессов // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24.- № 6. – С.523 – 531.

5. Кривенцов В.И. Биохимические методы оценки адаптации растений к некоторым экстремальным факторам среды // Биохимия плодовых и декоративных культур. Сб. науч. трудов. – Ялта. – 1985. – Т. 95. – С. 25 – 34.

6. Лимбергер Г.Э., Высоцкая Н.Н. О гидролизе крахмала в тканях коры однолетних побегов яблони в зависимости от температурного режима // Физиология растений. – 1976. – Т. 23. – Вып. 4. – С. 818 – 822.

7. Плешков Б.П. Колориметрический метод определения крахмала в листьях // Практикум по биохимии растений. – Москва: Колос. – 1985. – С. 129 – 131.

8. Починок Х.Н. Сезонные биохимические изменения в побегах яблони и характеристика морозостойкости сортов // Физиология и биохимия культурных растений. – 1983. – Т. 15 – № 5. – С.499 – 505.

9. Трунова Т.И. Физиологические и биохимические основы адаптации растений к морозу // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 6. – С. 3 – 10.