

Ж. В. ЦОВЯН

НАКОПЛЕНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ И АКТИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

Изучение накопления аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля представляет определенный интерес: во-первых, в питании населения картофель является одним из основных источников витамина С и, во-вторых, накопление аскорбиновой кислоты является показателем физиологической активности тканей.

О динамике накопления аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля по мере их роста и созревания в литературе существуют хотя и не многочисленные, но довольно разноречивые мнения. Группа авторов приурочивает максимум накопления аскорбиновой кислоты к физиологической зрелости клубня [1, 11]. В противоположность им другие авторы считают, что максимум накопления аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля наступает задолго до их созревания [3, 5, 7, 8].

В наших исследованиях мы попытались проследить за динамикой накопления аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля, выращенных в различных климатических условиях, с учетом их созревания. Были подобраны два таких района, в которых созревание клубней протекает совершенно различно [6]. В условиях высокогорного Севана созревание клубней протекает медленно и в конце вегетации, в период уборки, основная масса урожая состоит из недозрелых клубней. В условиях — Еревана созревание клубней идет быстрыми темпами и уже через 20—25 дней от начала клубнеобразования происходит массовое созревание.

Определение аскорбиновой кислоты проводилось по методу Прокошева в клубнях разных величин в 3 срока—в начале клубнеобразования, через 20—25 дней от начала клубнеобразования и в конце вегетации. Первая проба из Севана и Еревана взята соответственно 10/VII и 5/VII. В начале клубнеобразования нами установлена положительная корреляция между величиной клубня и накоплением аскорбиновой кислоты, которая особенно отчетливо проявлялась в условиях Севана (табл. 1).

Известно, что в литературе этот вопрос рассматривается по-разному. Некоторые авторы [4, 12] считают, что между величиной клубня и содержанием аскорбиновой кислоты нет соответствия. В противоположность им В. Д. Волков [3] утверждает, что более крупные клубни содержат больше витамина, чем мелкие.

Наши исследования показали, что корреляция между величиной клубня и накоплением аскорбиновой кислоты наблюдается лишь у клуб-

Таблица 1
Динамика накопления аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля
в начале клубнеобразования в мг %

Диаметр клубня в см	Средний вес 1 клубня в г	Севан			Ереван		
		сухое вещество клубня в %	АК на сырое вещество	АК на сухое вещество	сухое вещество клубня в %	АК на сырое вещество	АК на сухое вещество
1,0—1,5	2,0	15,0	18,15	121,0	15,1	20,03	132,6
2,0—3,0	10,0	15,2	19,57	128,7	15,83	32,72	206,7
3,5—4,0	20,0	15,8	22,55	142,7	15,40	29,43	192,1

ней, не достигших физиологической зрелости и нарушается она в том случае, если эта зависимость устанавливается без учета зрелости клубня. Наличие этой связи особенно отчетливо проявляется у клубней в условиях Севана. В условиях Еревана эта корреляция нарушается, так как созревание клубней происходит быстро и уже в начале клубнеобразования у крупных клубней прекращается дальнейшее накопление аскорбиновой кислоты, очевидно, с прекращением их роста.

Однако, как показывают данные табл. 1, клубни, выращенные в Ереване, по темпу накопления аскорбиновой кислоты несколько превышают клубни посева на Севане. Такой характер накопления аскорбиновой кислоты, вероятно, является результатом интенсификации процессов обмена, в частности дыхания, под действием повышенной температуры. Изучение активности окислительных ферментов—пероксидазы и полифенолоксидазы показало, что в клубнях всех величин, выращенных в условиях Еревана, активность пероксидазы выше, чем у соответствующих клубней на Севане. Активность полифенолоксидазы не подвергается каким-либо закономерным изменениям (табл. 2). Она определялась по методу Самера и Джессинга [13] и выражалась пурпургаллиновым числом. Проба для анализа взята из Севана 14.VII, из Еревана 8.VII.

Таблица 2
Динамика активности пероксидазы и полифенолоксидазы в клубнях картофеля
в начале клубнеобразования

Диаметр клубней в см	Средний вес 1 клубня в г	Севан		Ереван	
		пероксидаза	полифенолоксидаза	пероксидаза	полифенолоксидаза
0,5—0,8	0,6	65,60	26,6	106,6	18,4
1,0—1,5	2,0	45,50	14,3	63,5	14,4
2,0—3,0	10,0	43,05	25,0	53,3	15,3
3,0—4,0	20,0	28,70	18,4	40,0	17,0
5,5—6,0	50,0	27,60	14,5	26,6	15,3

Следовательно, более высокому уровню накопления аскорбиновой кислоты в клубнях Еревана по сравнению с севанскими соответствует и повышенная активность пероксидазы в их тканях. Наши дан-

ные вполне согласуются с данными других авторов [8—10] о наличии прямой зависимости между накоплением аскорбиновой кислоты и активностью пероксидазы.

Однако кривая активности пероксидазы (табл. 2) в клубнях того же посева противоположна кривой накопления аскорбиновой кислоты, т. е. с увеличением диаметра клубня активность пероксидазы в обоих условиях выращивания понижается.

Таким образом, с одной стороны, наблюдается обратная зависимость между накоплением аскорбиновой кислоты и активностью пероксидазы при исследовании клубней того же посева, а с другой — положительная корреляция между этими двумя процессами при сравнении соответствующих клубней с тех и других посевов. Ключ к разгадке этого, на первый взгляд, противоречивого явления дают исследования Б. А. Рубина и Н. С. Спиридоновой [10]. Изучая активность окислительных ферментов в связи с накоплением аскорбиновой кислоты они по отношению к аскорбиновой кислоте, различали 2 группы тканей. В тканях 1-й группы витамин С является активным физиологическим веществом, принимающим деятельное участие в процессах жизнедеятельности, содержание которой коррелирует с активностью окислительных ферментов. В тканях 2-й группы аскорбиновая кислота не играет столь активной физиологической роли и является обычным запасным веществом.

В молодых тканях картофельного клубня, в начале клубнеобразования аскорбиновая кислота наряду с откладыванием в запас, очевидно, принимает активное участие в обмене веществ и поскольку в условиях Еревана под действием высокой температуры повышается интенсивность дыхания и активизируется деятельность окислительных ферментов (в частности пероксидаза) в тканях клубня соответственно повышается активность окислительных ферментов, но количество аскорбиновой кислоты увеличивается, так как последняя, по-видимому, откладывается в запас.

Накопление аскорбиновой кислоты, т. е. ее отложение в запас в клубнях в условиях Севана продолжается в течение всей вегетации. В взятой почти через месяц от начала клубнеобразования (9.VIII) пробе содержание аскорбиновой кислоты в клубнях из Севана значительно повысилось по сравнению с соответствующими клубнями I пробы (26,90 вместо 19,57; 33,05 вместо 22,55). В клубнях, выращенных в Ереване, наблюдается обратная картина. Содержание аскорбиновой кислоты не только не повысилось через месяц от начала клубнеобразования, но, напротив, упало (18,12 вместо 32,72; 26,97 вместо 29,43) (табл. 3).

Энергия окислительных процессов в этот период по сравнению с началом клубнеобразования не претерпевает особых изменений. Активность пероксидазы остается приблизительно на прежнем уровне, также достигая более высокого уровня у клубней, выращенных в Ереване. Активность полифенолоксидазы уменьшается по сравнению с клубнями I пробы в обоих условиях выращивания (табл. 4).

Таблица 3
Динамика накопления аскорбиновой кислоты через месяц после начала клубнеобразования в мг %

Диаметр клубней в см	Средний вес 1 клубня в г	Севан					Ереван				
		сухое вещество в %	АК на сырое вещество	АК в % от 1 пробы	АК на сухое вещество	АК в % от 1 пробы	сухое вещество в %	АК на сырое вещество	АК в % от 1 пробы	АК на сухое вещество	АК в % от 1 пробы
2,0—3,0	10,0	18,0	26,90	137,4	149,44	116,1	15,4	18,12	53,3	103,0	49,8
3,5—4,0	20,0	18,04	33,05	146,5	183,20	128,3	15,8	26,97	91,6	175,1	91,1
5,0—6,0	55,0	18,62	36,61	—	191,24	—	16,08	27,07	—	161,13	—

Таблица 4
Динамика активности пероксидазы и полифенолоксидазы в клубнях картофеля через месяц от начала клубнеобразования

Диаметр клубня в см	Средний вес 1 клубня в г	Севан		Ереван	
		пероксидаза	полифенолоксидаза	пероксидаза	полифенолоксидаза
0,5—1,0	0,8	52,2	18,4	87,5	14,9
2,0—3,0	10,0	34,8	14,6	48,2	12,1
3,5—4,0	20,0	31,7	11,4	43,0	12,3
4,5—5,0	40,0	31,1	11,8	38,5	24,5

Снижение темпа накопления аскорбиновой кислоты в клубнях в условиях Еревана обуславливается воздействием повышенной температуры почвы и воздуха в сочетании с водным дефицитом. Угнетающее действие вышеуказанных факторов на накопление аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля, на наш взгляд, обуславливается преждевременным созреванием клубней, в результате которого прекращается их рост. Вместе с прекращением роста клубней ослабевают и синтетические процессы в клубнях и, очевидно, новообразование аскорбиновой кислоты в тканях клубня. Энергия же окислительных процессов почти не ослабляется (табл. 4), следовательно, не ослабляется и интенсивность дыхания, на осуществление которой расходуется часть накопленной в начале клубнеобразования аскорбиновой кислоты. В этот же период начинается почти массовое израстание клубней под материнской ботвой, на осуществление которой, очевидно, также расходуется часть накопленной аскорбиновой кислоты.

Все это приводит к еще более резкому спаду содержания аскорбиновой кислоты в клубнях, выращенных в Ереване, в конце вегетации (табл. 5).

Во время уборки (4.IX) все клубни были подразделены на 2 группы: материнские и дочерние. Сравнение соответствующих по величине материнских и дочерних клубней показало, что по содержанию аскорбиновой кислоты материнские клубни значительно уступают дочерним, хотя, как

Таблица 5
Динамика накопления аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля
посева в Ереване в конце вегетации в мг %

Диаметр клубней в см	Средний вес 1 клубня в г	Материнские клубни					Дочерние клубни				
		сухое вещество в %	АК на сырое вещество	АК в % от II пробы	АК на сухое вещество	АК в % от II пробы	сухое вещество в %	АК на сырое вещество	АК в % от II пробы	АК на сухое вещество	АК в % от II пробы
2,0—3,0	10,0	18,6	9,09	50,1	47,51	46,1	19,0	17,89	98,73	94,15	91,4
3,5—4,5	25,0	17,74	14,70	54,5	82,86	47,3	19,4	16,08	58,62	82,88	47,2
5,0—6,0	60,0	15,60	12,00	44,3	76,93	47,7	19,5	21,45	79,23	110,0	68,9

показывают данные табл. 5, содержание аскорбиновой кислоты в последних не доходит не только до того высокого уровня, который характерен для молодых клубней этого посева в начале клубнеобразования, но даже до уровня накопления аскорбиновой кислоты в клубнях II пробы. Это и понятно, поскольку в конце вегетации, когда происходит рост этих вновь образовавшихся молодых клубней заметно ослабляется приток ассимилятов в клубень из уже постаревших надземных частей растения, в результате чего биосинтез аскорбиновой кислоты в них не может протекать с той интенсивностью, с какой он протекал в начале или середине вегетации. Созревание этих клубней, формирующихся в период сильного водного дефицита и высокой температуры, протекает весьма быстрыми темпами, что также приводит к подавлению синтетических процессов в клубне.

В полную противоположность этим клубням, накопление аскорбиновой кислоты в условиях Севана продолжается, достигая максимального для данного сорта величин в крупных клубнях последней пробы (табл. 6).

Таблица 6
Динамика накопления аскорбиновой кислоты в клубнях посева на Севане
в конце вегетации в мг %

Диаметр клубней в см	Средний вес 1 клубня в г	Сухое вещество в %	АК на сырое вещество	АК в % по II пробе	АК на сухое вещество	АК в % по II пробе
2,0—3,0	10,0	22,36	31,75	118,0	141,1	97,7
3,5—4,5	25,0	20,64	35,8	108,3	173,4	94,6
5,0—6,0	60,0	26,80	42,95	117,3	160,3	83,8

Темпы накопления аскорбиновой кислоты (табл. 6) в конце вегетации довольно занижены по сравнению с темпом накопления аскорбиновой кислоты в период взятия второй пробы (118,0% вместо 137,4%; 108,3% вместо 146,5%).

При расчете аскорбиновой кислоты на сухой вес в клубнях, выращенных на Севане, содержание аскорбиновой кислоты не только не увеличивается по сравнению с предыдущей пробой, но даже несколько

уменьшается. Это, очевидно, можно объяснить сильным возрастанием процента сухого веса клубней этого посева в конце вегетации, в котором значительный вес имеет крахмал. Интенсивность окислительных процессов в конце вегетации заметно понижается в обоих условиях выращивания (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Динамика активности пероксидазы и полифенолоксидазы в клубнях картофеля в конце вегетации

Диаметр клубней в см	Средний вес 1 клубня в г	Севан		Е р е в а н			
		пероксидаза	полифенолоксидаза	пероксидаза		полифенолоксидаза	
				материнские	дочерние	материнские	дочерние
2,0—3,0	10,0	16,8	15,3	23,9	30,8	10,8	14,0
3,5—4,0	20,0	14,9	13,4	14,9	24,6	11,2	12,1
6,0—7,0	60,0	14,6	11,6	15,2	30,7	11,4	10,6

Однако в условиях Еревана при резком падении активности пероксидазы в основной массе клубней наблюдается сравнительно высокий уровень окислительных процессов в дочерних клубнях той же пробы, что коррелирует с накоплением аскорбиновой кислоты в их тканях.

Кафедра физиологии растений
Ереванского государственного университета

Поступило 27.IX 1966 г.

Ջ. Վ. ՄՈՎՅԱՆ

ԱՍԿՈՐԲԵՆԱԹՔՎԻ ԿՈՆՏԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՕՔՍԻԴԱՅՆՈՂ ՖԵՐՄԵՆՏՆԵՐԻ ՍԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԱՆԱԶԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ՄՇԱԿՎԱԾ ԿԱՐՏՈՖԻԼՔՈՒ ԱՎԱՐՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Սևանի շրջանի և Արարատյան հարթավայրերի (Երևան) պայմաններում մշակված կարտոֆիլի պալարներում ասկորբինաթթվի կուտակման դինամիկայի ուսումնասիրությունները պարզեցին, որ նրա կուտակման բնույթը սերտորեն կապված է աճման ու հասունացման հետ:

Սևանի շրջանի պայմաններում, որոնք նպաստավոր են պալարների աճման, բայց ոչ նրանց հասունացման համար, ասկորբինի քանակը անընդհատ մեծանում է, վեգետացիայի վերջում հասնելով մաքսիմումի:

Երևանի պայմաններում, որոնք նպաստում են պալարների վաղաժամ հասունացմանը և կասեցնում նրանց աճը, ասկորբինաթթվի քանակը վեգետացիայի ընթացքում անընդհատ իջնում է, վերջում հասնելով մինիմումի:

Պարզվել է նաև, որ Սևանի շրջանում մշակված պալարներում ասկորբինաթթվի քանակը պալարների խոշորացման գույզնթաց մեծանում է:

Երևանի պայմաններում ասկորբինաթթվի քանակը մեծանում է մինչև պալարները միջին մեծության հասնելը, իսկ նույն բերքի խոշոր պալարներում նրա քանակն իջնում է:

Օքսիդացնող ֆերմենտների ակտիվության ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ պերօքսիդազի ակտիվությունը պալարների հասունացման զուգընթաց ընկնում է: Պալարագոյացման սկզբում ասկորբինաթթվի և օքսիդացնող ֆերմենտների ակտիվության մեջ կոռելյացիա է նկատվում, որը սակայն հետագայում խանգարվում է ասկորբինաթթվի մի մասը պաշարային ձևի անցնելու հետևանքով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян Г. Ш., Вартанян Т. Т. Изв. АН АрмССР, 2, 3, 1949.
2. Белозерский А. Н., Проскураков Н. И. Практическое руководство по биохимии растений, М., 1951.
3. Волков В. Д. Вестник с.-х. науки, 1, 1959.
4. Дерновская-Зеленцева Г. Л. и Дылевская В. Г. Тр. Витаминного института, 3, вып. 1, 1941.
5. Егоров А. Д. Витамин С и каротин в растительности Якутии. Изд. АН СССР, М., 1954.
6. Меликян Н. М., Цовян Ж. В. Изв. АН АрмССР (биол. науки), 16, 7, 1963.
7. Петроченко Е. И. Биохимия плодов и овощей, сб. 1, 1949.
8. Прокошев С. М. Биохимия картофеля. Изв. АН СССР, 1947.
9. Рубин Б. А., Арциховская Е. В., Спиридонова Н. С. Биохимия 4, вып. 3, 1939.
10. Рубин Б. А., Спиридонова Н. С. ДАН СССР, 31, 6, 1941.
11. Smith a. Gillies. 1940, цит. по Прокошеву С. М., 1947.
12. Smith a Paterson. 1941, цит. по Прокошеву С. М., 1947.
13. Summer J. B., Gjessing E. C. Arch. Biochem, 2, 291, 1943.