

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. А. МИКУЛЬСКИЙ

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА, УГЛЕВОДОВ  
И АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛИСТЬЯХ И КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ  
ПРИ ЕГО СОЗРЕВАНИИ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 30 XI 1951)

Зрелость клубней в большинстве случаев определяют по внешним признакам: по состоянию пробкового слоя клубня, по внешнему виду листостебельной части растения к моменту уборки, а также по тому, с какой легкостью отделяются клубни от материнского растения. Однако, как указывает С. М. Прокошев (1), точное определение понятия физиологической зрелости может быть дано на основе включения в него, кроме внешних признаков, также показателей, отображающих важнейшие физиологические и биохимические процессы, происходящие в созревающем картофеле. Несомненно, что среди этих показателей очень важное значение имеют изменения углеводного и азотистого комплекса веществ, одновременно происходящие как в надземных, так и в подземных органах.

В специальной литературе мы не находим исчерпывающих данных по этому вопросу. У Чапека (2), например, приведены данные Гунгер-бюллера, из которых видно, что созревание клубней сопровождается накоплением в них растворимого азота. К аналогичным результатам пришли и другие авторы (3, 4). К иным выводам пришли Линднер (5) и Грюнтух (6). Первый из них, по аналогии с зерновками злаков, считает, что созревание клубней сопровождается все большим и большим накоплением белковых веществ за счет растворимых форм азота. Грюнтух же полагает, что созревание клубней картофеля не сопровождается изменениями в азотистом обмене.

В отношении углеводного обмена у картофеля имеется еще меньше данных. Из работ Эплемана и Миллера (4) видно, что созревание клубней сопровождается увеличением процента крахмала, увеличением отношения  $\frac{\text{крахмал}}{\text{сахар}}$  и наибольшим отношением  $\frac{\text{сахароза}}{\text{моносахара}}$  в момент наибольшего роста клубней. Наименьшее же отношение этих сахаров совпадало с максимальным содержанием в клубнях крахмала и сухого вещества.

Содержание настоящей работы составляет результаты наших исследований динамики углеводов и азотистых веществ в листьях и клубнях картофеля при различных условиях почвенного питания. Для исследования был взят сорт Вольтман 1177, произраставший на опытном участке отдела агротехники Киевской опытной станции Главспирта в Немешаево. Варианты опыта были следующие: 1) без удобрений, 2) 30 т/га навоза, 3) 60 т/га навоза, 4) 30 т/га навоза + 135 кг азота + 200 кг/га

$P_2O_5 + 250$  кг/га  $K_2O$ , 5) 60 т/га навоза + 135 кг/га азота + 200 кг/га  $P_2O_5 + 250$  кг/га  $K_2O$ . Минеральные удобрения вносились следующие: суперфосфат, сульфат аммония и калийная соль. Часть удобрений вносилась при подкормке (45 кг/га азота и по 60 кг/га  $P_2O_5$  и  $K_2O$ ), произойдившейся 3 раза в течение июня.

Копки картофеля производились в такие сроки: 1-я копка в конце бутонизации — 1 VII, 2-я во время цветения — 21 VII, 3-я — 9 VIII, 4-я — 2 IX и 5-я — 3 X. Следует отметить, что условия произрастания картофеля были не вполне благоприятны. В течение периода между фазами бутонизации и цветения количество осадков было низкое, причем за этот промежуток времени было 10 дней с температурой выше 30°. Неблагоприятным оказался также период с 2 IX по 3 X, в течение которого количество осадков было втрое меньше среднего многолетнего.

Приведенные ниже данные следует рассматривать как частный случай обмена веществ у картофеля, рост и развитие которого протекали при сравнительно неблагоприятных условиях — недостаточной обеспеченности влагой и относительно избыточном количестве удобрений.

В результате изучения динамики сухого вещества установлено, что на различных вариантах почвенного питания листья отдельных ярусов достигают максимального веса в разные сроки. В условиях недостаточного водоснабжения (засуха в период между бутонизацией и цветением) они тем раньше достигали максимального веса, чем в больших дозах вносились удобрения. Можно полагать, что это явление связано также и с оттоком пластических веществ для образования надземной и подземной частей растения. Ко времени достижения надземной массой максимального веса (до 9 VIII) листья верхнего яруса обладали большим процентом сухого вещества, чем листья остальных ярусов, а после этого срока, наоборот, наибольшее содержание сухого вещества наблюдалось в листьях нижнего яруса.

О явлениях оттока из листьев пластических веществ можно до известной степени судить по уменьшению к концу вегетации сухого веса листьев по сравнению с их максимальным весом. Если убыль сухого вещества листьев, в том числе общего азота и растворимых углеводов, представить в процентах от их максимального веса, то наибольшая убыль сухого веса листьев приходится ко времени максимального развития надземной массы (к 9 VIII). Повидимому, в это время происходит и наиболее сильный отток ассимилятов. К концу же вегетации убыль сухого вещества меньше — отток ослабевает и становится наименьшим при уборке (3 X). По нашим данным, убыль сухого вещества листьев к 9 VIII составляла в среднем для 5 вариантов опыта около 42% от их максимального веса, ко 2 IX — 28% и к 3 X (при уборке) — около 13%. Это подтверждается также данными А. Г. Лорха (?), что каждый лист картофеля и каждая единица ботвы в своем начальном развитии работают более энергично, чем в более позднее время, и что наивысшие приросты клубней и ботвы наблюдаются в период максимального развития надземной массы.

Образование клубней в условиях недостаточного водоснабжения затягивалось во времени и переносилось на более поздние сроки (после 9 VIII), причем тем в большей степени, чем в больших дозах вносились удобрения (см. табл. 1). В то же время содержание крахмала, по нашим данным, изменялось в обратном порядке: по мере увеличения доз удобрений процент крахмала уменьшался. Можно полагать, что уменьшение крахмалистости клубней по этим удобрениям является следствием несоответствия между количеством новообразовавшихся после 9 VIII клубней и количеством притекающих из листьев ассимилятов, так как все уменьшающееся к концу вегетации количество оттекающих из листьев пластических веществ не обеспечивает в достаточной степени крахмалом все возрастающее количество клубней (табл. 1).

Из сопоставления приведенных данных можно заключить, что период достижения надземной массой максимального веса является важнейшей фазой в развитии картофельного растения. Если период усиленного роста надземной массы и клубней (между 1 VII и 9 VIII) характеризуется наибольшей тратой пластических веществ на развитие надземной массы, а также на клубнеобразование, то после достижения ботвы максимального веса (после 9 VIII) и вплоть до момента уборки (3 X) расходование ассимилятов происходит преимущественно за счет оттока пластических веществ в клубни. Этот период с 9 VIII по 3 X рассматривается нами как период созревания картофеля.

Результаты определения растворимых углеводов в листьях и клубнях картофеля позволяют предполагать, что передвижение сахаров из листьев в клубни происходит в форме сахарозы и что последняя является источником сахаров при образовании крахмала (8-10).

В связи с этим можно было ожидать, что между содержанием крахмала и содержанием растворимых углеводов должна иметь место определенная взаимосвязь. С другой стороны, наличие указанной выше обратной связи между приростами количества клубней и процентом крахмала (табл. 1) позволяет предполагать существование во время периода созревания взаимосвязи между всеми тремя показателями: приростами клубней, крахмалистостью и содержанием сахаров. Из всех показателей углеводного обмена наибольший интерес представляло отношение  $\frac{\text{сахароза}}{\text{моносахара}}$ .

Таблица 1

Варианты опыта	Приросты клубней за период созревания (после 9 VIII) в % от общего колич. под кустом	% крахмала		Сахароза / моносахара (среднее за период созревания)
		2 IX	3 X	
Без удобрений . . . . .	12,8	20,50	20,65	0,81
Навоз 30 т/га . . . . .	4,7	19,00	19,75	1,30
Навоз 60 т/га . . . . .	26,7	18,60	18,50	1,90
Навоз 30 т/га + NPK . . . . .	36,0	17,30	17,05	2,12
Навоз 60 т/га + NPK . . . . .	47,7	16,50	16,90	2,56

Из данных табл. 1 видно, что меньшему приросту клубней соответствует больший процент крахмала и наименьшее отношение сахаров и, наоборот, большему приросту количества клубней отвечает меньшая крахмалистость и наибольшее отношение этих углеводов. Отклонение от указанной закономерности в приросте клубней на неудобренной делянке (12,8%) может быть объяснено добавлением к средней пробе молодых клубней, так называемых «деток», образовавшихся вследствие «израстания клубней». Об этом свидетельствует то, что средний вес одного клубня на контрольной делянке при уборке уменьшился с 41,7 до 36,8 г по сравнению с предыдущим четвертым сроком.

Аналогичная связь между отношением сахаров и крахмалистостью наблюдается и по срокам созревания клубней.

Из данных табл. 2 видно, что с увеличением процента крахмала одновременно в клубнях уменьшается отношение  $\frac{\text{сахароза}}{\text{моносахара}}$ . Отклонения в крахмалистости клубней на различных делянках опыта при 4-м и 5-м сроках копок, как уже отмечалось, могут быть объяснены «израстанием клубней». Такая же взаимосвязь между отношением сахаров и крахмалистостью клубней наблюдается и у клубней, взятых в момент уборки и выращенных на делянках, удобренных различными дозами и

Таблица 2

Варианты опыта	% крахмала			Сахароза моносахара		
	9 VIII	2 IX	3 X	9 VIII	2 IX	3 X
Без удобрений . . . . .	19,20	20,50	20,65	3,03	0,94	0,68
Навоз 30 т/га . . . . .	18,20	19,00	19,75	6,67	1,47	1,14
Навоз 60 т/га . . . . .	17,90	18,60	18,50	2,56	2,00	1,80
Навоз 30 т/га + NPK . . .	16,10	17,30	17,05	5,00	2,63	1,61
Навоз 60 т/га + NPK . . .	14,60	16,50	16,90	3,70	3,33	1,80

формами минеральных удобрений (калийная соль, хлористый калий, сернокислый калий, суперфосфат, сульфат аммония).

Полученные нами результаты по динамике азотистых веществ в листьях и клубнях картофеля свидетельствуют о том, что азотистые вещества передвигаются из листьев в клубни. Это особенно заметно во время созревания клубней (между 9 VIII и 3 X). За это время в клубнях увеличивается процентное содержание белкового и растворимого азота (в пересчете на абсолютно сухое вещество), несмотря на то, что в самих клубнях за это время возрастает содержание сухого вещества. При этом из листьев перемещаются не только растворимые формы азотистых веществ, но и азот белковых веществ также передвигается в клубни, после предварительного расщепления белков до растворимых азотистых соединений.

Таким образом, созревание клубней картофеля, наряду с другими признаками, характеризуется также увеличением содержания сухого вещества, крахмала, общего азота, увеличением отношения  $\frac{\text{растворимый азот}}{\text{белковый азот}}$  и уменьшением отношения  $\frac{\text{сахароза}}{\text{моносахара}}$ .

Ботанический сад  
Академии наук УССР

Поступило  
19 XI 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> С. М. Прокошев, Биохимия культурных растений, 4, 5 (1938). <sup>2</sup> Fr. Czarek, Biochemie der Pflanzen, 1 (1922). <sup>3</sup> С. М. Прокошев, Биохимия картофеля, 1947. <sup>4</sup> С. О. Appleman and E. V. Miller, Journ. Agr. Res., 33, 579 (1926). <sup>5</sup> Lindner, Deutsch. Landw. Presse, H. 43, 44, 45 (1926). <sup>6</sup> K. Gruntuch, Planta, 7, H. 2/3, 388 (1929). <sup>7</sup> А. Г. Лорх, Динамика накопления урожая картофеля, 1948. <sup>8</sup> Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений, 1948. <sup>9</sup> Б. А. Рубин и сотр., Рефераты АН, отд. биол. наук, 1940. <sup>10</sup> Б. А. Рубин и Е. В. Арциховская, ДАН, 60, № 5 (1948).