

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

О. Ю. СОБОЛЕВСКАЯ и В. С. БУТКЕВИЧ, член-корреспондент Академии Наук СССР

**К ВОПРОСУ ОБРАЗОВАНИЯ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ В ЛИСТЕ
МАХОРКИ (*NICOTIANA RUSTICA* L.)**

За последние годы в нашем Союзе возникли новые перспективы использования махорки не только как курительного продукта, но также в качестве сырья для получения никотина и лимонной кислоты (10).

Содержание кислоты в листе махорки, по имеющимся в литературе данным, может быть значительно повышено в процессе «послеурожайной» его обработки, т. е. во время «производственной сушки» листа (3, 6, 9). Установлено однако, что содержание лимонной кислоты при этом крайне непостоянно. В одних условиях «сушки» повышение ее содержания достигало величин, превышавших 50% от первоначального количества; в других же не только не имелось повышения, но даже наблюдалось значительное уменьшение, достигавшее иногда 30% (3). Такие колебания говорят за то, что одни условия «сушки» являются более благоприятными для образования и накопления кислоты, тогда как при других преобладает ее потребление.

За последние два года отраслевыми институтами табачной и махорочной промышленности обращено внимание на выяснение условий «сушки» листа, определяющих накопление в нем лимонной кислоты. Но эти условия пока еще не установлены с достаточной определенностью. Более определенно разработаны приемы культивирования махорки, позволяющие регулировать относительное содержание в листе углеводов и азотистых веществ. Пользуясь различными приемами «вершкования» и применяя различные удобрения, можно изменять в том или ином направлении соотношение между указанными веществами в листе махорки. Однако в настоящее время еще нельзя определенно указать, которая из двух основных групп веществ в обмене растения является наиболее желательной при выращивании махорки для производства из нее лимонной кислоты.

Источником образования ее в биохимическом обмене низших организмов являются углеводы, как это уже доказано (1). Однако вопрос происхождения лимонной кислоты в высшем растении еще не получил окончательного решения. Хотя большинство авторов склонно приписывать ей углеводное происхождение, но некоторые авторы и до настоящего времени связывают ее образование с превращением белковых веществ. Выяснение химизма образования лимонной кислоты в листе махорки и является нашей ближайшей задачей.

Материалом для опытов служили листья махорки (*N. rustica*), сорт Кудрявая. Растения выращивались в горшечных культурах; семена были получены от Всесоюзного института табачной и махорочной промышленности сбора 1935 г. Для опытов брались листья, выращенные в условиях относительного обогащения их углеводами и снижения содержания белковых веществ. Это достигалось приламыванием верхушек—высоким поздним вершкованием. Вершкование вообще имело целью повысить содержание углеводов в листе; позднее же вершкование было применено с целью не задержать оттока азотистых веществ, который совершается к репродуктивным органам преимущественно в период цветения^(8,6). Для выяснения значения указанной операции—приламывания верхушек—часть опытов проводилась с листьями, взятыми с нормальных растений, не подвергавшихся этой операции.

Листья снимались с определенных, одних и тех же ярусов во вторую половину дня, т. е. в период накопления в них углеводов; снятые с растения листья обмывались водопроводной водой, просушивались между листами фильтровальной бумаги, разрезались пополам вдоль средней жилки (без нее). Одна половинка листа бралась в опыт, а другая служила для определения исходного количества лимонной кислоты. В опыт обычно вводилось шесть половинок листьев весом около 60 г. Опытный материал предварительно выдерживался на свету несколько минут для открытия устьиц; затем подвергался вакуум-инъекции⁽⁴⁾ стерильным раствором глюкозы (0.1 моля), снова обмывался водопроводной водой, просушивался между листами фильтровальной бумаги, вторично взвешивался для учета введенного в листья раствора глюкозы, а затем уже подвешивался во влажной камере. Контроль в одних случаях инъцировался стерильной водопроводной водой и затем помещался в ту же камеру; в других же непосредственно подвешивался во влажной камере без предварительной инъекции водой. Листья в камере выдерживались трое суток. Далее материал снимался, убивался высокой температурой (90° 15 мин.) и подвергался непосредственно дальнейшей обработке.

Определение лимонной кислоты производилось в виде пентабромацетона по комбинированному методу [Хартман и Хиллиг⁽⁷⁾, Пятницкий⁽⁵⁾, Котникий и Богатырчук⁽²⁾]. Расчет цифрового материала, полученного при анализах, произведен на сырой исходный вес листа.

Результаты опытов сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Характер материала	Содержание лимонной кислоты в % от сырого веса листа			Прирост лимонной кислоты в % от ее исходного количества	
	в исходном материале	в опыте (инъекция глюкозой)	в контроле	в опыте	в контроле
Молодой лист	0.173	0.368	0.229 0.223	+ 119.41	+ 18.94
	0.168	0.378			
	0.188				
	0.192				
Технически спелый лист	0.401	1.036	0.725 0.730	+ 159.29	+ 89.35
	0.396	1.028			
	0.383				
	0.388				

Как видно из табл. 1, молодой лист содержит значительно меньше лимонной кислоты, чем технически спелый. При выдерживании во влажной камере в контроле первый накапливает также значительно меньше кислоты, чем последний. Те же соотношения наблюдаются и после инъекции глюкозой, но расхождения выражены в меньшей степени, что обуславливается, повидимому, выравниванием содержания сахаров в листьях за счет инъекции. Следовательно молодой лист так же способен к накоплению лимонной кислоты, как и технически спелый; незначительное же содержание ее в молодом вегетирующем листе, повидимому, обусловлено более энергичным обменом веществ в нем.

Аналогичные соотношения наблюдаются и в опытах с листьями плодоносящего и верхкованного растения (табл. 2).

Таблица 2

Характер материала	Содержание лимонной кислоты в % от сырого веса листа			Прирост лимонной кислоты в % от ее исходного количества	
	в исходном материале	в опыте (инъекция глюкозой)	в контроле	в опыте	в контроле
Технически спелый лист с плодоносящего растения	0.227	0.586		+ 153.5	+ 25.34
	0.229	0.570			
	0.220		0.286		
	0.215		0.278		
Технически спелый лист с верхкованного растения	0.401	1.036		+ 159.29	+ 89.35
	0.396	1.028			
	0.383		0.725		
	0.388		0.730		
	0.494	0.957		+ 91.34	
	0.501	0.946			
	0.570		0.844*		
0.571		0.899	+ 52.80		

Во всех опытах с выдерживанием во влажной камере листа, инъцированного глюкозой, для технически спелого листа процентный прирост лимонной кислоты примерно на 50 выше, чем в контроле. Для листа, который обладает меньшим запасом веществ, являющихся материалом для образования лимонной кислоты (молодой лист и лист с плодоносящего растения), процентный прирост ее после инъекции примерно вдвое выше, чем в контроле (табл. 1 и 2). Из приведенных данных видно, что лист махорки, независимо от возраста, в отношении накопления в нем лимонной кислоты отзывается положительно на введение в него глюкозы.

Помимо приведенных выше опытов был проведен опыт с параллельным учетом расхода сахаров и прироста лимонной кислоты. Из результатов этого опыта видно, что нарастание последней сопровождается соответствующим потреблением сахаров (табл. 3, стр. 160).

На основании приведенных данных могут быть сделаны следующие выводы.

Материалом для образования лимонной кислоты в листьях махорки, как видно из проведенных опытов, являются сахара. За это говорит как

* Контроль инъцирован водой.

Таблица 3

Содержание лимонной кислоты и сахаров в листе махорки в процентах от исходного сырого материала

	До опыта	После опыта	Расход сахаров	Прирост лимонной кислоты
Редуцирующие сахара	1.367	0.273	1.094	—
Лимонная кислота	0.445	1.032	—	0.617

повышение накопления в листьях лимонной кислоты при инъекции в них раствора глюкозы, так и соотношение между нарастанием в листе лимонной кислоты и потреблением сахаров.

При выработке условий «послеурожайной» обработки махорки, в качестве сырья для получения лимонной кислоты, следует учесть, что выдерживанием листьев во влажной атмосфере можно достигнуть значительного повышения содержания в них лимонной кислоты (до 100% от первоначального ее содержания).

Поскольку источником для образования лимонной кислоты в листе махорки, повидимому, являются углеводы, при выращивании материала, предназначенного для производства лимонной кислоты, существенным условием успеха этого производства представляется получение листа с возможно высоким содержанием углеводов. Для этого должно быть обращено внимание на применение соответствующих приемов при культивировании махорки и на время сбора листа.

Институт физиологии растений.
Академия Наук СССР.

Поступило
4 III 1937.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Butkewitsch, Jahrb. f. wissensch. Bot., 64 (1925); Микробиология, 1932.
² Котницкий и Богатырчук, Тр. ВИМП (1935). ³ Максимович и Пигальская, Сб. работ по изучению послеурожайной обработки махорки ВИМП (1935). ⁴ Motes, Ber. d. D. Bot. Ges., 46 (1928); General Vers., Н. 59.
⁵ Пятницкий, Тр. ГИТ, вып. 81 (1931). ⁶ Смирнов, Табаководение, ВИП (1933). ⁷ Hartman a. Hillig, Journ. of the Assoc. of Offic. Agric. Chemistry, 17, No. 3 (1934). ⁸ Чубуков, Агротехника табака (1932). ⁹ Шергин, Сб. ВИТИМА, 118 (1935). ¹⁰ Шмук, Сб. ВИТИМА, 102 (1933).