

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. О. ГРЕБИНСКИЙ

О НАКОПЛЕНИИ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ У МАХОРКИ
(*NICOTIANA RUSTICA* L.)

(Представлено академиком А. А. Рихтером 27 XI 1936)

В результате исследований А. А. Шмука дешевый низкокачественный табак—махорка—становится важнейшим сырьем для промышленного получения лимонной кислоты. Однако содержание лимонной кислоты у этого растения подвергается значительным колебаниям в зависимости от сорта и района выращивания (8). Поэтому становится неотложной задачей выяснение условий накопления лимонной кислоты у махорки и овладение этим процессом.

Рассматривая образование лимонной кислоты в растениях как функцию углеводного и азотистого обмена, мы исследовали влияние кольцевания и низкого вершкования махорки на накопление лимонной кислоты. При низком вершковании табачное растение обогащается азотом [Смирнов (6); Черемсин и Михайлова (7); Гарнер с сотрудниками и др.].

При кольцевании махорки растение обогащается углеводами [Раевский (5)]. В наших опытах рассада опытных растений (бакун № 18 из Всесоюзного института растениеводства) была высажена на участке 9 июня 1935 г. К концу июля растения достигали около 60 см высоты и несли на себе 9—11 листьев. На этой стадии, 31 июля, у одной партии растений было сделано кольцевание в нижней части стебля, а у другой было произведено низкое вершкование; были срезаны верхушки и оставлено только по шести листьев снизу. Контрольные и кольцованные растения вершковались обычным способом (высокое вершкование). В анализы поступали листовые половинки, убитые паром, а затем высушенные при 70°. Никотин определялся по методу Келлера и лимонная кислота по методу Кометиани. Сахара определялись по методу Бертрана, а крахмал колориметрически по методу Палогеймо, описанному у Н. Н. Иванова (9).

Кольцевание растений вызвало резкое накопление всех форм углеводов и одновременно понизило содержание золы, кальция, общего азота, никотина и лимонной кислоты. Низкое вершкование, наоборот, привело к повышению содержания азота, никотина и лимонной кислоты, тогда как содержание углеводов заметно понизилось. Листья махорки при низком вершковании разрастаются, и поверхность их значительно увеличивается, поэтому урожай сухих листьев по сравнению с контролем не уменьшается.

Таблица I

Динамика веществ в созревающих листьях бакуна с нарушенным обменом веществ (в процентах на сухой вес)

Воздействие и дата анализа	Листья	Влажность	Азот		Растворимые сахара	Крахмал	Сумма углеводов	Лимонная кислота	Урожай с одного растения в г	Зола	Кальций
			общий	никотина							
Контроль 31 VII	Верхние	88.5	4.91	0.138	2.38	1.67	4.05	1.12	—	—	—
	Нижние	91.7	3.40	0.185	2.03	0.56	2.54	3.82	—	—	—
Контроль 23 VIII	Верхние*	84.8	4.37	0.206	3.67	1.60	5.27	2.21	—	11.55	1.42
	Нижние	88.8	3.63	0.351	2.74	0.94	3.68	5.23	—	14.00	5.45
	Все . .	86.8	4.00	0.278	3.21	1.27	4.48	3.72	1.96	12.78	3.44
Кольцевание 23 VIII*	Верхние*	82.3	3.27	0.105	7.25	8.93	16.18	1.14	—	6.59	0.86
	Нижние	89.2	2.61	0.185	5.45	5.17	10.62	3.54	—	11.46	4.17
	Все . .	85.7	2.94	0.145	6.36	7.05	13.41	2.34	1.48	9.03	2.52
Низкое вершкование 23 VIII*	Все . .	87.1	4.66	0.615	2.67	0.60	3.27	5.37	2.84	15.81	4.45

В результате урожай лимонной кислоты с одного растения, подвергнувшегося низкому вершкованию, увеличился по сравнению с контролем на 45%, а никотина больше, чем вдвое.

Проведенная сушка листьев бакуна показала, что указанные различия при этом еще более усиливаются, так как наибольший абсолютный прирост лимонной кислоты происходит у листьев с растений, подвергавшихся низкому вершкованию, тогда как у кольцеванных растений этот прирост невелик вследствие усиленного падения сухого веса при сушке этих растений.

Аналогичные результаты были получены и при сушке бакуна целыми растениями.

Приведенные данные позволят рассматривать низкое вершкование как практический способ повышения урожая лимонной кислоты у махорки** при одновременном увеличении выхода никотина. Высокое содержание никотина и лимонной кислоты в исходном сырье за счет понижения количества балластных веществ вероятно будет облегчать промышленную переработку.

До сих пор остаются невыясненными как закономерности в накоплении органических кислот в табаках, так и источники их образования. Смирнов⁽⁶⁾ наблюдал увеличение содержания органических кислот в желтых табаках после вершкования обычным способом. Гарнер и сотрудники (1934 г.) указали на повышение содержания оксикислот и концентрации водородных

* Листья недостаточно зрелые.

** При условии сбора вполне зрелых листьев.

Таблица 2

Влияние сушки отделенных листьев бакуна на превращение лимонной кислоты и никотина (в граммах на 1 м² исходной листовой поверхности и в процентах на сухой вес до и после сушки)

Воздействие	Листья	До сушки (23 VIII)					После сушки (25 VIII)					Урожай лимонной кислоты с одного растения в г
		В г на поверхность			В %		В г на поверхность			В %		
		Сухой вес	Никотин	Лимонная кислота	Никотин	Лимонная кислота	Сухой вес	Никотин	Лимонная кислота	Никотин	Лимонная кислота	
Контроль	Верхние	41.47	0.95	0.92	2.29	2.21	39.30	0.93	1.34	2.37	3.41	2.84
	Нижние	37.45	0.76	1.96	2.04	5.23	35.03	0.78	2.85	2.23	8.15	—
Кольцевание	Верхние	50.70	0.31	0.58	0.62	1.14	44.96	0.28	0.65	0.69	1.44	—
	Нижние	40.92	0.44	1.45	1.07	3.54	37.19	0.36	1.80	0.98	4.84	1.74
Низкое вершкование	Все	43.00	1.53	2.31	3.56	5.37	40.40	1.48	3.41	3.71	8.44	4.37

ионов в желтых табаках при азотистом удобрении. Повышение концентрации водородных ионов при азотистом удобрении махорки отмечено Гирько и Бутовской (3).

С другой стороны, Гарнер, Мак-Муртрей и Боулинг (1, 2) показали, что при избытке хлора в почве в листьях табака, переполненных крахмалом, содержание органических кислот снижается.

Сопоставление этих данных с нашими результатами позволяет предполагать, что разнообразные воздействия, вызывающие накопление азота в махорочном растении, позволяют увеличить содержание лимонной кислоты в созревших листьях махорки. С другой стороны, различные приемы обработки, которые приводят к превышающему обычную норму накоплению углеводов свыше обычной нормы, будут снижать содержание лимонной кислоты у этого растения. В то же время очень близкая связь между содержанием золы и особенно кальция и лимонной кислоты указывает на то, что при обильном азотистом питании необходимо одновременно обеспечить растение в достаточной степени и зольными элементами, в частности кальцием, связывающим образовавшуюся лимонную кислоту.

Уже давно известно, что при созревании табака накопление лимонной кислоты и никотина идет параллельно, причем в этом случае всегда рассматривали все растение в целом. Однако связь между этими процессами нельзя считать прямой, как это вытекает из сравнения состава верхних листьев, богатых никотином и бедных лимонной кислотой, с противоположными по составу нижними листьями.

Отметим также, что полученные с кольцованными растениями данные не подтверждают предположения Костычева (4) о том, что лимонная кислота образуется при ограничении снабжения растения азотом. Как известно, эта гипотеза не подтверждается также и современными данными, полученными с плесневым грибом аспергиллом.

Практическое использование приема низкого вершкования как одного из простых способов увеличения выхода лимонной кислоты и никотина требует предварительного выяснения оптимальных сроков проведения этой операции для различных сортов махорки и выявления наиболее выгодных в этом отношении сортов.

Приношу искреннюю благодарность своему руководителю проф. С. Д. Львову и акад. В. Н. Любименко, заведующему Отделом экспериментальной ботаники Ботанического сада Академии Наук СССР, где была выполнена эта работа.

Лаборатория физиологии растений
Ленинградского государственного
университета.

Поступило
27 XI 1936.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. W. Garner, J. E. Murtrey, C. W. Bacon and E. G. Moss, Journ. Agr. Res., 40, 627—648 (1930). ² W. W. Garner, C. W. Bacon, J. D. Bowling and D. E. Brown, U. S. Dep. Agr. Techn. Bull., 414, 3—77. ³ И. А. Гирько и В. А. Бутовская, Труды Всес. ин-та махор. пром., I, 46—65 (1933). ⁴ С. П. Костычев, Физиология растений, ч. I, М.—Л. (1933). ⁵ В. Г. Раевский, Сборник трудов махор. пром-сти, 3—22, III (1928). ⁶ А. И. Смирнов, Физиолого-биохимические основы обработки табачного сырья, Краснодар (1933). ⁷ Т. С. Черемсин и И. В. Михайлова, Сборник работ по никотину, Киев (1933). ⁸ А. А. Шмук, Табачная промышленность, 3, 11—14 (1934). ⁹ Н. Н. Иванов, Методы биохимии и физиологии растений, 3 изд. (1935).