

УДК 634.11: 581.192.1: 581.19

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ЛИСТЬЯХ ЯБЛОНИ

Сергеева Наталья Николаевна
канд. с.-х. наук

Ненько Наталья Ивановна
д-р с.-х. наук, доцент

Якуба Юрий Фёдорович
канд. техн. наук, доцент

*Государственное научное учреждение
Северо-Кавказский зональный научно-
исследовательский институт
садоводства и виноградарства
Россельхозакадемии,
Краснодар, Россия*

Получены экспериментальные данные анализа содержания свободных аминокислот в листьях плодоносящей яблони при применении некорневых подкормок методом капиллярного электрофореза. Выявлена взаимосвязь содержания ряда аминокислот с минеральным составом листьев, что позволяет предположить возможность диагностирования эффективности применения некорневых подкормок. Выявленные закономерности могут быть использованы также в качестве дополнительного диагностического критерия при оценке физиологического состояния плодовых растений.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ,
НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ,
ХИМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА,
АМИНОКИСЛОТЫ,
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ

UDC 634.11: 581.192.1: 581.19

INFLUENCE OF NUTRITIONAL CONDITIONS ON THE CONTENT OF AMINO ACIDS IN THE APPLE-TREE LEAVES

Sergeeva Natalia
Cand. Agr. Sci.

Nenko Natalia
Dr. Sci. Agr., Docent

Jakuba Yuriy
Cand. Tech. Sci., Docent

*State Scientific Organization North
Caucasian Regional Research Institute
of Horticulture and Viticulture of the
Russian Academy of Agricultural Sciences,
Krasnodar, Russia*

The experimental data of analysis of the content of free amino acids in the leaves of fructifying apple-tree with application of foliar fertilizing are received by method of capillary electrophoresis. The interrelation of the contents of some amino acids with the mineral composition of leaves is revealed, that suggests the possibility of diagnosing the effectiveness of foliar fertilising. Identified interrelations also can be used as additional diagnostic criterion for estimation of a physiological condition of fruit plants.

Keywords: APPLE-TREE,
FOLIAR FERTILIZING, CHEMICAL
DIAGNOSTICS, AMINO ACIDS,
FUNCTIONAL CONDITION

Введение. Расширение круга анализов минерального и биохимического состава индикаторных органов многолетних плодовых культур способствует пополнению знаний о физиологии питания растений, о доступ-

ности питательных веществ в конкретных почвенно-климатических условиях, выявлению и обоснованию механизмов саморегуляции растительного организма; позволяет более полно охарактеризовать их функциональное состояние в связи с применением специальных агроприёмов для управления определёнными физиологическими процессами растений с помощью удобрений и биологически активных веществ.

Отечественные и зарубежные литературные источники сообщают о взаимосвязи обеспеченности растений элементами минерального питания и содержания свободных аминокислот в индикаторных органах (Possingham, 1956; Калинин, Удовенко, 1959; Naik, Asana, 1961; Гончарик, Лагун, 1968), возможности использования биохимических индикаторов (аминокислот) для диагностирования симптомов дефицита отдельных микроэлементов в листьях на примере цитрусовых культур (Bar-Akiva, Kaplan, Lavon, 1967) и изменении содержания аминокислот при недостатке микроэлементов на фоне стрессовых ситуаций климата (Rabe, 1990). При этом установлено, что специфика накопления тех или иных аминокислот зависит от особенностей растения.

В этой связи основной целью наших исследований было установление возможности использования биохимических показателей для диагностирования режима питания многолетних плодовых растений.

Объекты и методы исследований. В 2008-2009 гг. проведено изучение динамики содержания свободных аминокислот в листьях слаборослой плодоносящей яблони сорта Прикубанское на подвое М9 (схема размещения растений 5×2 м, система формирования кроны – веретеновидная) в условиях малогумусного сверхмощного чернозёма выщелоченного на юге России (ОПХ «Центральное», г. Краснодар) на разных фонах минерального питания с целью выявления взаимосвязи условий питания культуры и содержания аминокислот. *Схема опыта* – 1. Контроль, без удобрений. 2. Некорневые подкормки. 3. Некорневые подкормки+новосил.

4. Некорневые подкормки+фуролан. В качестве подкормок использовали 0,5%-ные водные растворы специальных удобрений компо – нитрофоска солуб с полным набором основных питательных элементов и микроэлементами, а также сочетание удобрений и биоактивных препаратов (БАП) полифункционального действия – новосил и фуролан в концентрации соответственно 0,02 и 0,005%.

Анализ содержания свободных аминокислот в растительных образцах проведен дважды на разных стадиях развития яблони: 1 – в мае, в фазе развития плодов «грецкий орех»; 2 – в период роста плодов и формирования генеративного потенциала яблони (июль), характеризующийся на юге России дефицитом корневого питания, засухой, температурными экстремумами.

В исследовании использован метод капиллярного электрофореза [1]. Для получения из свежего растительного материала (листья) дозы экстрактов использовали СВЧ-минерализатор «Минотавр-1», для анализа физиологически активных компонентов – систему капиллярного электрофореза серии «Капель» [2]. Отбор растительных проб в плодоносящих насаждениях яблони осуществляли в соответствии с общепринятой методикой [3].

Анализировали также уровень обеспеченности яблони элементами питания, используя следующие общепринятые методики: анализ минерального состава индикаторных органов и плодов яблони – по методикам К.Е. Гинзбург, Г.М. Щегловой, Е.В. Вульфius, В.П. Крищенко [4-6]. Для характеристики условий проведения эксперимента анализировали гидро-термические факторы в период отбора растительных образцов (май, июль) с помощью данных метеонаблюдений (г. Краснодар) и непосредственно в саду – с помощью полевого портативного оборудования (термометр ТК-5,06 с функцией измерения относительной влажности воздуха).

Обсуждение результатов. Анализ данных средней температуры воздуха в мае 2008 и 2009 гг. позволил установить, что температурные условия были близки к средней многолетней норме: средние температуры

воздуха в течение месяца – от 13,5 до 19,1°C, максимальные не превышали 31,3°C. Судя по количеству и распределению осадков, режим увлажнения растений не приводил к образованию дефицита влаги в почве (рис. 1).

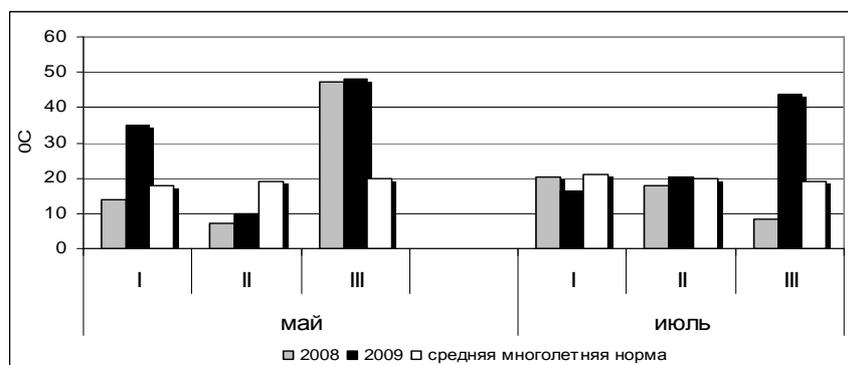


Рис. 1. Распределение осадков по декадам, мм

На этом фоне было исследовано содержание минеральных элементов и свободных аминокислот в листьях яблони в условиях южной зоны плодородия России. Из всех определяемых показателей (14 аминокислот) весной, в фазу развития плода «грецкий орех» были выявлены наиболее значительные количества аргинина, валина, пролина, треонина, метионина, тирозина, серина и гистидина (21,34-128,3 мг/кг). Содержание лизина, β-аланина, лейцина, триптофана, α-аланина, глицина находилось в пределах 1,5-18,2 мг/кг (рис. 2).

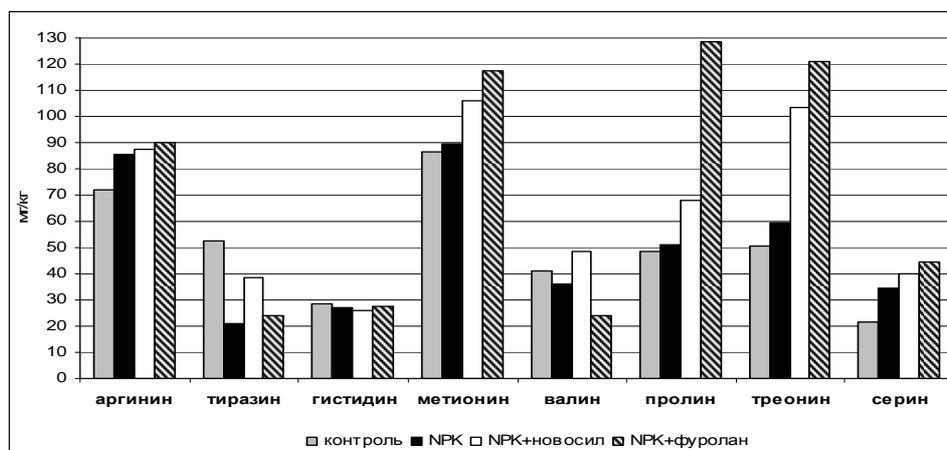


Рис. 2. Содержание свободных аминокислот в листьях яблони сорта Прикубанское в фазу развития плодов «грецкий орех», средние данные за 2008-2009 гг.

Статистический анализ, проведенный по результатам исследований, позволил установить существенные различия в содержании общих форм отдельных минеральных элементов в листьях в фазу развития плода «грецкий орех» в зависимости от варианта опыта (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание общих форм минеральных элементов в листьях ростовых побегов яблони в зависимости от применения удобрений и БАП в фазе развития плода «грецкий орех», %

Показатели	Контроль	Некорневые подкормки	Некорневые подкормки + новосил	Некорневые подкормки + фурулан
Азот				
<i>x</i>	3,28	3,30	3,34	3,50
<i>Sx(v)</i>	0,003	0,050	0,031	0,058
<i>Sx(v), %</i>	0,10	1,53	0,91	1,65
<i>HCP_{0,05}</i>	0,10			
<i>Sx, %</i>	1,21			
Калий				
<i>x</i>	1,08	1,02	1,06	1,3
<i>Sx(v)</i>	0,046	0,017	0,017	0,006
<i>Sx(v), %</i>	4,27	1,63	1,58	0,44
<i>HCP_{0,05}</i>	0,06			
<i>Sx, %</i>	2,38			
Кальций				
<i>x</i>	1,78	1,74	1,57	1,46
<i>Sx(v)</i>	0,127	0,121	0,040	0,017
<i>Sx(v), %</i>	7,14	6,97	2,57	1,19
<i>HCP_{0,05}</i>	0,13			
<i>Sx, %</i>	3,41			
Марганец				
<i>x</i>	11,07	11,70	12,50	13,50
<i>Sx(v)</i>	0,176	0,100	0,265	0,416
<i>Sx(v), %</i>	1,59	0,85	2,12	3,08
<i>HCP_{0,05}</i>	0,61			
<i>Sx, %</i>	2,07			
Цинк				
<i>x</i>	27,75	33,32	28,99	34,42
<i>Sx(v)</i>	0,722	0,342	0,671	0,306
<i>Sx(v), %</i>	2,60	1,03	2,32	0,89
<i>HCP_{0,05}</i>	1,49			
<i>Sx, %</i>	2,00			

Примечание: *x* – средняя арифметическая, *Sx(v)* – ошибка выборочной средней, *Sx(v), %* – относительная ошибка выборочной средней, *HCP₀₅* – наименьшая существенная разность, *Sx, %* – точность опыта

Наибольшее содержание марганца в листьях – при применении некорневых подкормок в сочетании с БАП, что совпадает с более высоким количеством аминокислот. Содержание цинка выше в вариантах с минеральными подкормками, при этом наибольшее количество калия, марганца и цинка – при применении некорневых подкормок совместно с фуроланом.

Значительное увеличение общих форм минеральных элементов в листьях в вариантах с применением удобрений совпадало с ростом содержания аминокислот аргинина, метионина, пролина, треонина и серина (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание свободных аминокислот в листьях ростовых побегов яблони в зависимости от дополнительного минерального питания и БАП, мг/кг

Показатели	контроль	Некорневые подкормки	Некорневые подкормки + новосил	Некорневые подкормки + фуролан
1	2	3	4	5
<i>Аргинин</i>				
<i>x</i>	71,76	85,32	87,64	91,20
<i>Sx(v)</i>	1,368	0,512	1,373	0,919
<i>Sx(v), %</i>	1,91	0,60	1,57	1,01
<i>HCP_{0,05}</i>	2,86			
<i>Sx, %</i>	1,42			
<i>Пролин</i>				
<i>x</i>	48,48	51,20	68,06	120,30
<i>Sx(v)</i>	1,025	1,963	1,334	1,328
<i>Sx(v), %</i>	2,11	3,83	1,96	1,04
<i>HCP_{0,05}</i>	3,85			
<i>Sx, %</i>	2,17			
<i>Метионин</i>				
<i>x</i>	86,70	90,40	106,19	117,65
<i>Sx(v)</i>	1,576	0,513	2,190	1,316
<i>Sx(v), %</i>	1,82	0,57	2,06	1,12
<i>HCP_{0,05}</i>	4,00			
<i>Sx, %</i>	1,66			
<i>Треонин</i>				
<i>x</i>	50,56	59,61	103,30	120,90
<i>Sx(v)</i>	1,466	0,306	3,868	1,443
<i>Sx(v), %</i>	2,90	0,51	3,74	1,19
<i>HCP_{0,05}</i>	3,60			
<i>Sx, %</i>	1,79			

1	2	3	4	5
Серин				
<i>x</i>	21,34	34,30	40,80	44,61
<i>Sx(v)</i>	1,305	2,480	0,750	2,159
<i>Sx(v), %</i>	6,11	7,23	1,84	4,84
<i>HCP_{0,05}</i>	4,17			
<i>Sx, %</i>	4,93			
Тирозин				
<i>x</i>	52,37	20,66	38,74	23,71
<i>Sx(v)</i>	0,732	0,465	0,674	0,418
<i>Sx(v), %</i>	1,40	2,25	1,74	1,76
<i>HCP_{0,05}</i>	1,34			
<i>Sx, %</i>	1,65			
Валин				
<i>x</i>	41,29	36,58	48,29	25,08
<i>Sx(v)</i>	0,552	0,325	1,069	0,628
<i>Sx(v), %</i>	1,34	0,89	2,21	2,50
<i>HCP_{0,05}</i>	1,64			
<i>Sx, %</i>	1,80			

Примечание: *x* – средняя арифметическая,
Sx(v) – ошибка выборочной средней,
Sx(v), % – относительная ошибка выборочной средней,
HCP₀₅ – наименьшая существенная разность,
Sx, % – точность опыта.

Дальнейшие исследования были связаны с выявлением взаимосвязи между увеличением содержания аминокислот и минеральных элементов в листьях яблони. Установлено, что характер парных зависимостей был различным. Выявлена прямая линейная зависимость содержания в листьях аргинина, пролина, треонина, метионина и серина от содержания общих форм азота ($0,5925 \geq R^2 \geq 0,9993$) и марганца ($0,7798 \geq R^2 \geq 0,9738$), а обратная – от общего кальция ($0,6772 \geq R^2 \geq 0,9983$). От общего калия наиболее тесной была зависимость содержания пролина ($R^2=0,8877$) и метионина ($R^2=0,6075$), а от цинка – тирозина ($R^2=0,6609$) и валина ($R^2=0,9109$).

В период созревания плодов и формирования генеративного потенциала яблони режим питания растений изменялся: значительно снижалось содержание азота и калия на фоне увеличения марганца и цинка, сущест-

венность различий между вариантами в содержании элементов в листьях сохранялись по азоту, калию, и марганцу (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание общих форм минеральных элементов в листьях ростовых побегов яблони в зависимости от применения удобрений и БАП (июль, период формирования генеративного потенциала растений), %

Показатели	Контроль	НРК	НРК+ новосил	НРК+ фуrolан
<i>Азот</i>				
<i>x</i>	1,94	2,49	2,04	2,24
<i>Sx(v)</i>	0,058	0,006	0,040	0,035
<i>Sx(v), %</i>	2,98	0,23	1,98	1,55
<i>HCP_{0,05}</i>	0,05			
<i>Sx, %</i>	0,99			
<i>Калий</i>				
<i>x</i>	0,87	0,92	0,98	1,14
<i>Sx(v)</i>	0,017	0,046	0,012	0,035
<i>Sx(v), %</i>	1,99	5,02	1,18	3,04
<i>HCP_{0,05}</i>	0,08			
<i>Sx, %</i>	3,42			
<i>Кальций</i>				
<i>x</i>	1,63	1,60	1,57	1,46
<i>Sx(v)</i>	0,156	0,064	0,017	0,023
<i>Sx(v), %</i>	9,56	3,97	1,10	1,58
<i>HCP_{0,05}</i>	0,22			
<i>Sx, %</i>	5,80			
<i>Марганец</i>				
<i>x</i>	42,57	63,67	56,47	62,80
<i>Sx(v)</i>	0,219	0,376	0,318	0,115
<i>Sx(v), %</i>	0,51	0,59	0,56	0,18
<i>HCP_{0,05}</i>	0,72			
<i>Sx, %</i>	0,53			

Существенные различия между вариантами выявлены и по содержанию некоторых аминокислот в листьях слаборослой яблони (табл. 4).

Летом, при повышенных температурах воздуха, в период формирования генеративного потенциала яблони существенное увеличение в листьях на фоне применения удобрений наблюдалось только по содержанию аргинина, метионина и треонина, связывающих NH₃.

Таблица 4 – Содержание свободных аминокислот в листьях ростовых побегов яблони в зависимости от дополнительного минерального питания и БАП, мг/кг

Показатели	Контроль	НРК	НРК+ новосил	НРК+ фуролан
Аргинин				
<i>x</i>	40,40	145,10	59,10	77,90
<i>Sx(v)</i>	1,097	8,718	3,406	1,212
<i>Sx(v), %</i>	2,72	6,01	5,76	1,56
<i>HCP_{0,05}</i>	12,66			
<i>Sx, %</i>	6,54			
Пролин				
<i>x</i>	107,60	44,00	42,20	20,90
<i>Sx(v)</i>	1,386	1,732	1,212	0,058
<i>Sx(v), %</i>	1,29	3,94	2,87	0,28
<i>HCP_{0,05}</i>	3,35			
<i>Sx, %</i>	2,60			
Метионин				
<i>x</i>	65,73	84,00	75,97	74,00
<i>Sx(v)</i>	2,685	3,175	2,869	2,309
<i>Sx(v), %</i>	4,08	3,78	3,78	3,12
<i>HCP_{0,05}</i>	0,87			
<i>Sx, %</i>	0,48			
Треонин				
<i>x</i>	46,80	87,10	94,10	не обнаружено
<i>Sx(v)</i>	0,808	1,674	2,223	
<i>Sx(v), %</i>	1,73	1,92	2,36	
<i>HCP_{0,05}</i>	4,52			
<i>Sx, %</i>	2,13			

Характер взаимосвязи содержания аминокислот и минеральных элементов также менялся. Выявлена прямая зависимость аргинина ($R^2=0,9556$), валина ($R^2=0,8132$) и метионина ($R^2=0,7774$) от общих форм азота, зависимость пролина и треонина от азота отсутствовала.

Характерна взаимосвязь содержания пролина и общего калия в листьях яблони: в летний период выявлена обратная зависимость показателей ($R^2=0,6464$), что подтверждается данными литературных источников, сообщающих о том, что при дефиците калия дополнительный синтез пролина связан с необходимостью для растения поддержания ионного баланса клеток (Coleman и Richards, 1956; Sinclair, Smith, 1967).

В наших опытах применение некорневых подкормок способствовало увеличению содержания калия в листьях (в варианте с фуроланом – максимальное общее количество калия в июле), оптимизации репарационных процессов, связанных с регидратацией плазмы, которая сопровождается снижением содержания пролина. Выявлена также обратная линейная зависимость содержания пролина от марганца ($R^2=0,8788$) и тесная прямая взаимосвязь метионина и марганца ($R^2=0,7285$), что характеризует интенсивность нейтрализации аммиака в растительных клетках в вариантах с применением некорневых подкормок и БАП.

Выводы. Таким образом, существенное изменение содержания элементов минерального питания и свободных аминокислот в индикаторных органах слаборослой яблони на фоне применения некорневых подкормок в сочетании с БАП свидетельствует о возможности регулирования режима питания и биохимических показателей растений, а наличие выявленных сезонных зависимостей между содержанием общих форм минеральных элементов и некоторых аминокислот – о возможности использования биохимических показателей в качестве дополнительных диагностических характеристик состояния многолетних плодовых культур.

Литература

1. Комарова, Н.В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ»/Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев. – СПб.: ООО «Веда», 2006. – 212 с.
2. Якуба, Ю.Ф. Применение СВЧ-экстракции и высокоэффективного капиллярного электрофореза для анализа вегетативных органов растений/Ю.Ф. Якуба //Современное приборное обеспечение и методы анализа почв, кормов, растений и сельскохозяйственного сырья: Сб. матер. II Межд. конф. ВИУА. – М., 2004. – С. 71-74.
3. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями; под ред. В.Д. Панникова. – Ч. III. – М.: ВАСХНИЛ, 1976. – 135 с.
4. Агрохимические методы исследования почв; под ред. А.В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
5. Гинзбург, К.Е. Ускоренный метод сжигания почв и растений / К.Е. Гинзбург, Г.М. Щеглова, Е.В. Вульфус // Почвоведение, 1963. – №5. – С. 89-96.
6. Крищенко, В.П. Методы оценки качества растительной продукции: Учеб. пособие / В.П. Крищенко.– М.: Колос, 1983. – 192 с.