ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Բնթբ. և գյուղատնտ. գիտություններ XI, № 9, 1958 Биол. и сельхоз. науки

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Э. С. АВУНДЖЯН

К ВОПРОСУ О РОЛИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ В МЕТАБОЛИЗМЕ АМИНОКИСЛОТ НА РАЗНЫХ ФАЗАХ ГЕНЕРАТИВНОГО РАЗВИТИЯ

Целостность растительного организма, как известно, в основном выражается в строгой гармоничности всех физиолого-биохимических процессов, протекающих в различных органах и частях. В результате нормального функционирования отдельных органов осуществляется рост и развитие всего организма в целом.

Старые исследователи нередко пытались выделить среди различных органов растений более важные, какими являются листья, сопоставляя их к другим, по их мнению, пассивным органам.

Несомненно, роль листьев велика. Достаточно в этом отношении вспомнить хотя бы их фотосинтетическую функцию. Далее, с открытием фотопериодизма растений Гарнером и Аллардом [22, 23] выяснилось, что листья являются теми органами, где локализирована фотопериодическая реакция (Б. С. Мошков [9], М. Х. Чайлахян [19] и др.). Листья являются также органами многочисленных важнейших синтетических процессов, где синтезируются сложные соединения, необходимые для роста и развития растений. Однако в последнее время накопилось достаточное число данных, показывающих важную роль корневой системы в жизненных процессах растений. Примерами являются, например, восстановление нитратов (И. Е. Быков [1], Н. Г. Потапов [10], Б. Г. Краус и Г. В. Юнг [24], Н. Г. Потапов [12], Д. А. Сабинин, [16] и др.); синтез аминокислот и амидов (Н. Г. Потапов, О. Н. Соловьева и И. И. Иванченко, [11], Ф. Дж. Виц [25], Е. И. Ратнер [13], А. А. Курсанов, [8], В. П. Дадыкин и З. С. Игумнова [2], Е. И. Ратнер, И. И. Колосова и С. Ф. Ухина, Н. Н. Доброхатова [14] и др); фиксация углекислого газа (А. Л. Курсанов, А. М. Кузин и Я. В. Мамуль [4], А. Л. Курсанов, Н. Н. Крюкова и Б. Б. Вартапетян [5]; А. М. Кузин, В. И. Меренова и Я. В. Мамуль [3], А. Л. Курсанов, Н. Н. Крюкова и М. Н. Пушкарева [6], А. Л. Курсанов, Н. Н. Крюкова, и В. М. Выскребенцева [7].

Как показал Д. А. Сабинин [16], в корнях происходит также интенсивный синтез белков. Для подтверждения этого важного положения он приводит два факта: во-первых, исключительная способность корневой системы к росту в длину и к ветвлению, которая не может осуществляться без энергичного синтеза белков; во-вторых — культура изолированных корней в искусственной питательной среде (Ф. Р. Уайт [26, 18] и др.).

Исходя из этих данных, мы задались целью ближе подойти к вопросу метаболизма свободных аминокислот в надземных частях и корневой системы в отдельности. Для изучения роли корневой системы в синтезе аминокислот производилось окольцевание подопытных растений непосредственно выше корневой шейки, а другая группа служила в качестве контроля. Объектом для исследования являлся бальзамин, выращенный в трехлитровых глиняных вазонах с садовой почвой. Определение числа и полуколичественного состава свободных аминокислот в корнях, надземных органах (листья и стебель, вместе взятые) и, в отдельных случаях, в репродуктивных органах производилось с помощью хромотографии на бумаге. Определение продолжалось до фазы образования семян, начиная с вегетирующего растения, имеющего одну пару листьев.

Методика получения хромотограммы заключалась в следующем: материал для анализов был фиксирован в кипящем 80% этаноле. Высушенный и измельченный материал трехкратно экстрагировался 70% кипящим этанолом на обратном холодильнике. Для удаления белков и прочих веществ использовали 10% раствор уксуснокислого свинца, избыток которого удаляли 10% раствором сернокислого натрия.

Для разделения аминокислот и сахаров раствор пропускался через стеклянную колонку с катионитом КУ-1 (эспатит-1), который предварительно был обработан нормальным раствором соляной кислоты, затем — дестиллированной водой и, наконец, 70% этанолом. Элюция адсорбированных аминокислот проводилась в нормальном растворе NH_4OH. Аммиак удалялся в вакуум сушильнике при 35—40° до получения сухого остатка. Последний растворялся в минимальном количестве теплой воды, которая испарялась в вакууме до получения сухого нейтрального остатка. Сухой остаток был растворен в теплом 10% изопропиловом спирте. В этом виде раствор был готов для хроматографирования.

Разделение аминокислот производилось следующим образом: на хромотографической бумаге (15 × 40 см) были нанесены пятна раствора, содержащего свободные аминокислоты, с таким расчетом, чтобы в них оказалось примерно 25 мг сухого вещества исследуемого материала. Хромотограмма была одномерная, восходящая, трехкратной пропускаемости. В качестве растворителя использовались — н-бутанол, вода, уксусная кислота в соотношении 250 : 60 : 250 (Войвуд [28]). Проявление хроматограммы производилось погружением в 0,25% растворе нингидрина в ацетоне. Полное проявление производилось при комнатной температуре в течение 18—24 ч. (Блок, Дуррум и Цвейг [20]).

Для идентификации ряда аминокислот нами был использован также растворитель, имеющий следующий состав: н-бутанол, муравьиная кислота, вода, в соотношении 600 : 50 : 350 (Виггинс и Вильямс, [27]). В некоторых случаях мы использовали специфические тесты для обнаружения ряда аминокислот.

Таблица по полуколичественному определению аминокислот составлена на основании сравнения общей площади и густоты пятна, что несомненно является весьма приблизительным.

Наличие свободных аминокислот в корнях и надземных органах растений бальзамина на разных фазах его развития показано в виде четырех хромотограмм (рис. 1—4), а данные полуколичественной характеристики отдельных аминокислот приводятся в табл. 1, 2, 3, 4.

Как показывают приведенные хромотограммы и соответствующие таблицы, число свободных аминокислот, а также примерное количество их в отдельности резко колеблется в зависимости от фазы развития. Так, например, как явствует из рис. 1 и табл. 1, в фазе вегетативного роста в корнях и надземных органах обнаружено сравнительно небольшое число аминокислот. При этом у молодых растений, формирующих всего одну пару листьев, число свободных аминокислот значительно меньше, чем у возрастно старых листьев. В корнях этих растений нами обнаружены всего 5 аминокислот (цистин, серин, треонин, аланин, лейцин), в то время как в корнях вегетирующих растений, но имеющих 5 пар листьев, число свободных аминокислот достигает восьми (цистин, серин, треонин, аланин, α-амино-масляная кислота, тирозин, фенилаланин и лейцин). Кроме того, надземные органы отличаются содержанием сравнительно большого числа свободных аминокислот, по сравнению с корневой системой. В стеблях и листьях растений, находящихся в фазе вегетации и имеющих одну пару листьев, число свободных аминокислот достигает до семи (цистин, гистидин, серин, треонин, аланин, α-амино-масляная кислота и лейцин), а у растений, имеющих 5 пар листьев —9 (цистин, лизин, серин, треонин, аланин, α-амино-масляная кислота, тирозин, фенилаланин и лейцин — рис. 1).

Данные по приблизительному количественному содержанию отдельных аминокислот в фазе вегетативного роста у разных вариантов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состав свободных аминокислот в корнях и надземных органах бальзамина (Impatiens balsamin), находящегося в фазе вегетации

Название аминокислот	Одна пара листьев		Пять пар листьев	
	в корнях	в надземных органах	в корнях	в надземных органах
Пистин	+	+—	++	+
Лизин	—	—	—	+
Гистидин	—	+—	—	—
Серин	+++	+++	+++	+++
Треонин	++	++	+++	++
Аланин	++	+	+++	+++
α-Амино-масляная кислота	—	+	++	+
Тирозин	—	—	+	++
Фенилаланин	—	—	+	+
Лейцин	+—	+—	+—	++

Условные обозначения:— отсутствуют; +—следы; + малое количество; ++ среднее количество; +++ большое количество.

Среди этих аминокислот гистидин и лизин обнаружены лишь в надземных органах. Это, по всей вероятности, связано со специфическим метаболизмом листьев. Обе эти аминокислоты являются щелочными и обладают сравнительно сложной структурой.

Далее выясняется, что в корнях и надземных органах бальзамина, находящегося в фазе вегетации, преобладают главным образом серин, треонин и аланин.

На рис. 2 приведена хромотограмма свободных аминокислот корней и надземных органов растений, находящихся в фазе бутонизации.

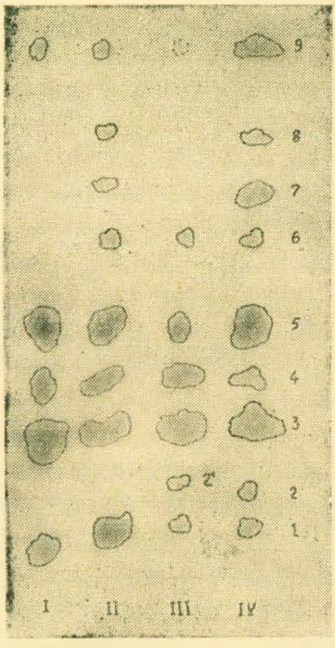

Рис. 1. I—Корни растений, находящихся в фазе вегетативного роста, имеющих одну пару листьев; II—корни растений в фазе вегетативного роста, имеющих 5 пар листьев; III—листья и конус нарастания растений группы I; IV—листья и конус нарастания растений группы II. 1—цистин, 2—лизин, 2—гистидин, 3—серин, 4—треонин, 5—аланин, 6—α-аминомасляная кислота, 7—тирозин, 8—фенилаланин, 9—лейцин.

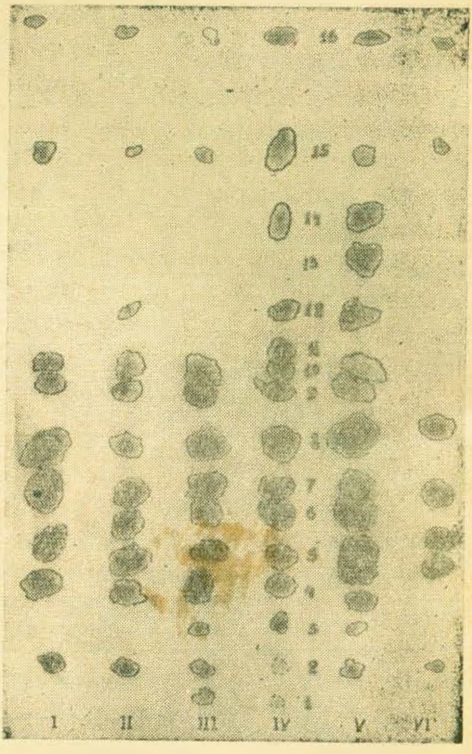

Рис. 2. I—листья и конус нарастания окольцеванных растений, находящихся в фазе бутонизации; II—бутоны; III—корни тех же растений; IV—листья и конус нарастания контрольных растений в фазе бутонизации; V—бутон; VI—корни тех же растений. 1—цистин, 2—лизин, 3—гистидин, 4—аргинин, 5—аспарагин, 6—аспарагиновая кислота, 7—треонин, 8—глютаминовая кислота, 9—аланин, 10—γ-аминоглютариновая кислота, 11—α-аминомасляная кислота, 12—пролин, 13—тирозин, 14—валин.

При этом у одной группы растений производилось окольцевание. Из этой хромотограммы прежде всего видно, что число свободных аминокислот значительно возрастает у растений параллельно с наступлением последующих фаз генеративного развития. Так, например, их максимальное число (15) достигается в надземных органах и бутонах контрольных растений. При этом листья и стебель этих вариантов в отношении содержания аминокислот отличаются от бутонов тем, что у первых обнаружены цистин и α-амино-масляная кислота, у последних — тирозин. Корни растений этих же вариантов содержат сравнительно большое число аминокислот. Здесь в отличие от надземных органов и бутонов отсутствуют следующие аминокислоты: α аминомасляная кислота, пролин, тирозин и валин. У окольцеванных же растений обнаруживается сравнительно меньшее число свободных аминокислот как в надземных органах и в бутонах, так и в корнях. Этот факт, по-видимому, можно объяснить тем, что нарушение нормальной связи между надземными и подземными органами приводит к исключению нормального метаболизма аминокислот, так и в надземных органах.

В фазе бутонизации в разных органах нормально развивающихся растений были обнаружены следующие новые аминокислоты: аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, γ-аминоглютаровая кислота, пролин и валин. По сравнению с фазой вегетативного роста в фазе бутонизации в растениях не обнаружен серин.

В табл. 2 приведены данные по содержанию отдельных аминокислот в фазе бутонизации.

Таблица 2

Содержание свободных аминокислот в корнях и надземных органах бальзамина, находящегося в фазе бутонизации

Название аминокислот	Контрольные растения			Окольцеванные растения		
	листья и конус нараст.	бутоны	корни	листья и конус нараст.	бутоны	корни
Цистин	+—	—	+	—	—	—
Лизин	+—	+	+	++	++	+
Цистидин	+	+—	+	—	—	—
Аргинин	+	++	++	++	++	—
Аспарагин	++	+++	++	+++	++	++
Аспарагиновая кислота	+++	+++	++	+++	+++	++
Треонин	++	++	++	—	++	++
Глютаминовая кислота	+++	+++	++	+++	++	++
Аланин	++	+++	+++	++	+	—
γ-аминоглютаровая кислота	+	+	—	++	++	—
α-аминомасляная к-та	+	—	—	—	+	—
Пролин	+	+	—	—	+—	—
Тирозин	—	+	—	—	—	—
Валин	+	+	—	—	—	—
Фенилаланин	+	+	+—	+	+—	+
Лейцин	++	+	+—	+	+	+

Как показывают данные табл. 2, в фазе бутонизации в разных органах бальзамина преобладают аспарагин, аспарагиновая кислота, треонин, глютаминовая кислота и аланин. Кроме того, в достаточном количестве проявляется новая, имеющая довольно сложную структуру аминокислота — аргинин. К сожалению, нам не удалось точно идентифицировать γ-аминоглютаровую кислоту, ввиду ее недоступности. Здесь мы воспользовались литературными константами (Фауден и Стюарт, [21]). В фазе бутонизации эта аминокислота обнаруживается в достаточном количестве. Кроме γ-аминоглютаровой кислоты мы идентифицировали также α-аминомасляную кислоту, по данным опять-таки выше приведенных авторов.

В фазе цветения в разных органах бальзамина наблюдается значительное уменьшение не только числа, но и количества отдельных аминокислот. В этой фазе надземные органы контрольных растений содержат всего 10 аминокислот, в то время как в фазе бутонизации число их достигает 16 (рис. 3). С наступлением цветения в этих органах исчезают следующие аминокислоты: гистидин, треонин, γ-аминоглютаровая кислота, α-аминомасляная кислота, пролин и тирозин. Интересно также то обстоятельство, что в цветках этих растений содержится также гораздо меньше аминокислот, чем в бутонах. Так, например, в цветках отсутствуют следующие аминокислоты: лизин, гистидин, треонин, пролин, тирозин, в то время как они обнаруживаются в бутонах. По-видимому, эти аминокислоты синтезировались в новые конститутционные белки, входящие в состав цветков.

Уменьшение общего числа аминокислот, по сравнению с предыдущей фазой, наблюдается также в корнях. В фазе цветения исчезают цистин, лизин, треонин. Этот факт несомненно говорит в пользу того, что корни принимают участие в процессе формирования цветков, направляя к ним определенные вещества. Во всех органах окольцеванных растений наблюдается значительное падение общего числа и количества отдельных аминокислот, по сравнению с контрольными растениями. В этом отношении надземные органы контрольных растений значительно отличаются от корней окольцеванных растений тем, что у первых обнаруживается численное преобладание аминокислот, по сравнению с окольцеванными, в то время как у последних обнаруживается сравнительно большое содержание отдельных аминокислот. В табл. 3 приведены данные о содержании свободных аминокислот в различных органах растений в фазе цветения.

Как выясняется из приведенной таблицы, хотя аспарагин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты и аланин в этой фазе являются преобладающими аминокислотами в различных органах, тем не менее их абсолютное количество значительно меньше, чем удается обнаружить в этих же органах растений, находящихся в предыдущих фазах.

Хромотограмма аминокислот, полученная из разных органов растений, находящихся в фазе отцветания (образование семян), приведена на рис. 4.

Таблица 3

Содержание свободных аминокислот в различных органах бальзамина, находящегося в фазе цветения

Название аминокислот	Контрольные растения			Окольцеванные растения		
	листья и конус нарастания	цветы	корни	листья и конус нарастания	цветы	корни
Цистин	+—	—	—	—	—	—
Лизин	+	—	—	—	—	—
Аргинин	+	—	—	—	—	—
Аспарагин	++	++	++	+	++	++
Аспарагиновая к-та	++	+	+++	+	+	+
Глютаминовая к-та	++	+	++	+	+—	+
Аланин	++	+	+++	+	+	+
Валин	+	+	+++	+—	+	+
Фенил аланин	+	+—	++	—	—	+—
Лейцин	+—	+	+	+	——	+—

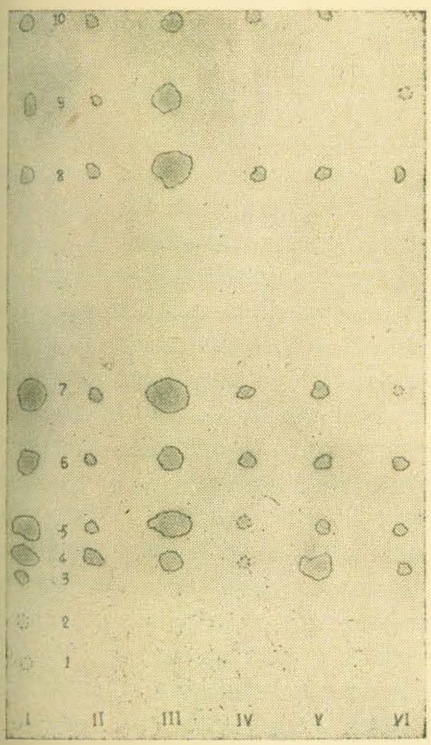

Рис. 3. I—листья и конус нарастания контрольных растений, находящихся в фазе цветения; II—цветы; III—корни тех же растений; IV—листья и конус нарастания растений в фазе цветения; V—цветы; VI—корни тех же растений. 1—цистин, 2—лизин, 3—аргинин, 4—аспарагин, 5—аспарагиновая кислота, 6—глютаминовая кислота, 7—аланин, 8—валин, 9—фенилаланин, 10—лейцин.

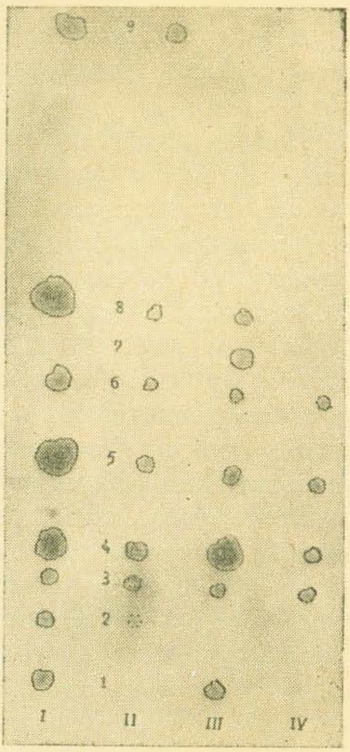

Рис. 4. I—листья и конус нарастания контрольных растений, находящихся в фазе образования семян; II—корни тех же растений; III—листья и конус нарастания окольцеванных растений в фазе образования семян; IV—корни тех же растений. 1—цистин, 2—лизин, 3—аргинин, 4—аспарагин, 5—аспарагиновая кислота, 6—треонин, 7—глютаминовая кислота, 8—аланин, 9—валин, 10—лейцин.

Таблица 4

Содержание свободных аминокислот в разных органах растений, находящихся в фазе созревания семян

Название аминокислот	Контрольные растения		Окольцеванные растения	
	листья и конус нарастания	корни	листья и конус нарастания	корни
Цистин	+	—	++	—
Лизин	+—	—	—	—
Аргинин	+	+—	+—	+—
Аспарагин	++	+	++	+—
Аспарагиновая к-та	++	+	+	+—
Треонин	+—	+	+	+—
Глютаминовая к-та	—	—	++	—
Аланин	++++	+	+	—
Валин	+	+	—	—
Лейцин	—	+	—	—

В табл. 4 приведены данные, касающиеся количественного содержания аминокислот в корнях и надземных органах в фазе созревания семян.

Приведенные данные показывают, что разные органы растений, находящихся в фазе образования семян, характеризуются меньшим содержанием различных аминокислот. В этой фазе наиболее богаты аминокислотами по-прежнему надземные органы контрольных растений, но у них также общее число аминокислот достигает восьми, а общее количество отдельных аминокислот значительно уменьшается. В корнях контрольных растений общее число и количество аминокислот подверглось еще более сильному падению. Исключительно бедными в отношении общего числа аминокислот является корневая система окольцеванных растений. В корнях нам удалось обнаружить всего 4 аминокислоты (аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота и треонин) и те в незначительных количествах. Интересным является то обстоятельство, что в надземных органах контрольных и окольцеванных растений присутствует аргинин, а в корнях тех же вариантов он совсем исчезает и взамен появляется также щелочная аминокислота — гистидин, имеющая близкую к ним структуру. У контрольных растений в отличие от других фаз в фазе формирования семян лейцин обнаруживается только в корнях. Все эти данные приводят нас к следующим основным выводам:

1. В ходе генеративного развития бальзамина наблюдается значительное изменение общего числа и количества свободных аминокислот в разных органах растений. Максимальное число и количество отдельных аминокислот обнаруживается в надземных органах и корнях в фазе бутонизации, а минимальное — при вегетации и образовании семян. Фаза цветения, в этом отношении, занимает промежуточное положение.

2. Синтез аминокислот в корнях осуществляется до некоторой степени самостоятельно. Тем не менее, влияние ассимилирующих органов на ход метаболизма аминокислот в корнях очевидно, так как кольце-

вание оказывает значительное влияние на качественный и количественный состав аминокислот в корнях растений, произрастающих в одних и тех же условиях, и находящихся в тех же фазах генеративного развития.

3. О важной роли корневой системы в синтезе аминокислот говорит тот факт, что ряд аминокислот, обнаруженных лишь в корнях, отсутствуют в надземных органах.

4. Основными аминокислотами, обнаруженными в корнях и надземных органах бальзамина во всех фазах генеративного развития, являются: аспарагин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты, треонин и аланин.

5. В фазе бутонизации в надземных органах бальзамина обнаружены некоторые аминокислоты, (γ-аминоглютаровая и -аминомасляная кислоты), которые отсутствуют в других фазах.

Ботанический институт
Академии наук Армянской ССР

Поступило [illegible] 57 г.

Ե. Ա. ՀԱՎՈՒՆՋՅԱՆ

ՋԱՐԳԱՑՄԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ՆԱՋԵՐՈՒՄ ԱՐՄԱՏՆԵՐՈՒՄ ԱՄԻՆՈԹԹՈՒՆԵՐԻ ՆՅՈՒԹԱՓՈԽԱՆԱԿՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Շատ գիտնականների կողմից հաճախակի փորձեր են արվել բույսի տարբեր օրգանների թվից առանձնացնել առավել կարևորները, նրանց հակադրելով, այսպես կոչված, «պասսիվ» օրգանները։ Այսպես, օրինակ, նրանց կարծիքով, առաջինների թվին են պատկանում տերևները, իսկ վերջինների թվին՝ արմատները։ Անկասկած, հսկայական է տերևների դերը բույսի կենսական պրոցեսներում։ Այս տեսակետից, բավական է նշել նրանց նշանակությունը ֆոտոսինթեզի, ֆոտոպերիոդիզմի, սպիտակուցների առաջնային սինթեզի և այլ կենսական պրոցեսներում։ Սակայն վերջին ժամանակներս ֆիզիոլոգիական գրականության մեջ կուտակվել են հսկայական թվով փաստական տվյալներ, որոնք համոզիչ կերպով, դրա հետ միասին, ցույց են տալիս արմատային սիստեմի կարևոր նշանակությունը բույսի կենսագործունեության մեջ։ Այդ տվյալներից կարելի է հատկապես նշել նիտրատների վերականգնումը, ամինոթթուների, ամիդների և այլ կարևոր ազոտական միացությունների (նիկոտին և այլն) սինթեզը, ածխաթթվի վերականգնումը և այլն։

Ելնելով այս տվյալներից, մենք փորձ ենք արել ավելի մոտիկից ծանոթանալ վերևիկյա օրգանների և արմատային սիստեմի ամինոթթուների նյութափոխանակության հարցին։ Ըստ որում արմատներում ամինոթթուների նյութափոխանակությունն ուսումնասիրելու նպատակով, բույսերի մի մասի մոտ կատարվել է օղակահատում արմատավզիկից անմիջապես վերև, իսկ մյուս մասը թողնվել որպես կոնտրոլ։ Փորձերը կատարվել են հինածադկի վրա, որը աճեցվել է 3-լիտրանոց հարուստ անտառահողով լցված թաղարներում։ Թղթի վրա բաշխման քրոմատոգրաֆիայի միջոցով մեզ հաջողվել է որոշել ազատ ամինոթթուների որակական և կիսաքանակական կազմը արմատներում, վերերկրյա օրգաններում (տերևները և ցողունը միասին վերցրած), իսկ որոշ դեպքերում

էլ գեներատիվ օրգաններում։ Որոշումները կատարվել են վեգետատիվ աճման ֆազից սկսած, երբ բույսերն ունեին ընդամենը 1 զույգ տերև, մինչև սերմակալման ֆազը։

Ստացված տվյալների հիման վրա հեղինակը հանգել է հետևյալ հիմնական եզրակացություններին։

1. Բաշխման քրոմատոգրաֆիայի միջոցով հինածաղկի տարբեր օրգաններում կատարված ամինոթթուների որակական և կիսաքանակական որոշումները ցույց են տալիս, որ բույսի գեներատիվ զարգացման ժամանակ խիստ փոխվում է ամինոթթուների ինչպես որակական, այնպես էլ քանակական կազմը։ Ընդ որում և՛ վերերկյա օրգաններում, և՛ արմատներում առանձին ամինոթթուների առավելագույն քանակ հայտնաբերվում է կոկոնակալման, իսկ նվազագույնը՝ վեգետատիվ աճման, սերմակալման ֆազերում։ Այս տեսակետից ծաղկման ֆազը գրավում է միջանկյալ դիրք։

2. Չնայած ամինոթթուների սինթեզն արմատներում իրականացվում է համեմատաբար ինքնուրույն կերպով, այնուամենայնիվ ասիմիլյացիա կատարող օրգանների ազդեցությունը արմատներում ամինոթթուների նյութափոխանակության վրա զգալի է, քանի որ միևնույն պայմաններում օզակահատումը նկատելի ազդեցություն է գործում արմատներում ամինոթթուների որակական և քանակական կազմի վրա։

3. Արմատներում ամինոթթուների ինքնուրույն սինթեզման օգտին խոսում է այն փաստը, որ մի շարք ամինոթթուներ հայտնաբերվել են միայն արմատներում։

4. Հինածաղկի արմատներում և վերերկյա օրգաններում զարգացման բոլոր ֆազերում հայտնաբերվել են հետևյալ հիմնական ամինոթթուները՝ ասպարագինը, ասպարագինաթթուն, գլյուտամինաթթուն, տրեոնինը և ալանինը։

5. Կոկոնակալման ֆազում հինածաղկի վերերկյա օրգաններում հայտնաբերվել են որոշ հազվագյուտ ամինոթթուներ՝ բամինոգլյուտարաթթուն և ամինոկարագաթթուն, որոնք առհասարակ նրա մոտ բացակայում են։

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкова М. Е., О минеральных соединениях азота в пасеке. Изв. научн.-иссл. ин-та при Пермской ун-те, т. VI, 1928.
2. Дадыкин и Игумнова З. С., Свободные аминокислоты пшеницы при изолированном питании. Физиология растений, т. 3, вып. 5, 1956.
3. Кузин А. М., Меренова В. И. и Мамуль Я. В., Об усвоении угольного ангидрида корнями растений. ДАН, т. 85, 3, 1952.
4. Курсанов А. Л., Кузин А. М. и Мамуль Я. В., О возможности ассимиляции растением карбонатов, поступающих с почвенным раствором. ДАН СССР, т. 79, 4, 1951.
5. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Вартапетян Б. Б., Движение по растению углекислоты, поступающей через корень. ДАН СССР, т. 85, 4, 1952.
6. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Пушкарева М. Н., Темновая фиксация и освобождение углекислоты, поступающей в растение через корни. ДАН СССР, т. 88, 937, 1953.
7. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Выскребенцева, Продукты темновой фиксации CO_2, образующиеся в растении при питании углекислоты через корни. Биох., т. 18. в. 5, 1953.

8. Курсанов А. Л., Усвоение растениями углекислоты через корневую систему. Тр. ин-та физиол. раст. им. Тимирязева т. 10, 1955.
9. Мошков Б. С., Роль листьев в фотопериодической реакции листьев. Соц. раст., сер. А., 17, 1936.
10. Потапов Н. Г., Исследования над поступлением питательных веществ у помидора. Дисс., 1936.
11. Потапов Н. Г., Соловьева Р. и Иванченко И. И., К вопросу диагностирования минерального питания пшеницы. Тр. ком. по ирриг. АН СССР. в. 8, 1936.
12. Потапов Н. Г., Влияние светового режима на поступление минеральных веществ в растение. Вестн. агротехн. ВАСХНИЛ, 2, 1940.
13. Ратнер Е. М., Взаимодействие корней с коллоидами почвы, как одна из проблем физиологии минерального питания растений. Роль корневой системы. ДАН СССР, т. 48, 1, 1945.
14. Ратнер Е. М., Колосов И. И., Ухина С. Ф., Доброхотова И. Н. Казуто О. Н., Об усвоении растениями аминокислот в качестве источника азота, Изв. АН СССР (сер. биол.), 6, 1956.
15. Сабинин Д. А., Минеральное питание растений, 1940.
16. Сабинин Д. А., О значении корневой системы в жизнедеятельности растений, Тимирязевское чтение, IX, 1949.
17. Тимирязев К. А., Жизнь растений. Ленинград, 1950.
18. Уайт Ф. Р., Культура растительных тканей. Перев. с англ. М.-Л., 1949.
19. Чайлахян М. Х., Гормональная теория развития растений. Изд. АН СССР, Москва, 1937.
20. Block J. B., Durrum E. L. and Zweig G., A manual of paper chromatography and paper electrophoresis, Acad. Press Inc. Publ. N. Y. 1955.
21. Fowden L. and Steward F. G., Nitrogenous Compounds and nitrogen metabolism in the Lilliaceae. I. The occurence of soluble nitrogenous compounds. Ann. Bot. vol. 21, 81, 1957.
22. Garner W. W. and Allard H. A., Effect of the relation of length of day and night and after factors of the environment on growth and reproduction in plants. Journ. Agr. Res. 18, 1920.
23. Garner W. W., and Allard H. A., Further studies in photoperiodism. The response of the plant to relative length of day and night. Journ. Agr. Res. 33, 1923.
24. Sideris C. P., Krauss H. B. and Young H. Y., Assimilation of ammonia and nitrate nitrogen from solution cultures of Paudanus Veitchii Hort., and distribution of the various nitrogen fractions and sugars in the steele and cortex, Plant physiol. 12 (4), 799—928, 1937.
25. Viets F. G., Biochemical transformations of ammonium nitrogen absorbed by corn seedlings, Proc. S. Dakota Acad. Sci. 25, 15—16, 1945.
26. White P. R., Cultivation of excised roots of dicotyledenous plants. Amer. Journ. Bot. 25, 348, 356, 1938.
27. Wiggins L. F. and Williams J. H., Nature 170, 279—280, 1952.
28. Wolwood A. J., Biochem. Journ. 45, 412—417, 1949.