

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. П. ЖДАНОВА

О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ АУКСИНОВ В ЗЕЛЕНОМ РАСТЕНИИ

(Представлено академиком А. Н. Бахом 17 V 1939)

Глубокий интерес со стороны физиологов к вопросам изучения гормонов роста ауксинов привел к тому, что они являются пока единственными относительно хорошо изученными растительными гормонами. Большинство исследователей приписывает ауксинам роль регуляторов процессов вегетативного роста. Однако имеются указания⁽¹⁾ на участие ауксинов и в процессах, обуславливающих переход растения от вегетативного роста к репродуктивному развитию.

Настоящая работа имела целью установить место образования ауксина в растении и роль листьев в этом процессе. В основу метода определения концентрации ауксина в растениях был положен принцип Вента. Из растения ауксин в большинстве опытов извлекался диффузионным методом: верхушечный отрезок стебля в 1 см длиной с удаленной перед определением верхушечной почкой укреплялся нижней поверхностью среза на пластинку 3%-го агар-агара размером 0.6·0.6·0.15 см на 3 часа. По истечении этого срока пластинка делилась на девять равных частей, из которых каждая наносилась односторонне на декапитированный колеоптиль овса. Через 1.5—2 часа измерялся угол изгиба. В опытах с определением содержания ауксина в листьях производилось извлечение серным эфиром. Количество ауксина во всех далее приводимых таблицах выражено в градусах изгибов колеоптилей и представляет среднее из 8—10 определений.

Для опытов были взяты конские бобы (*Vicia Faba*), гортензия (*Hydrangea hortensis*), топинамбур (*Helianthus tuberosus*), хризантема (*Chrysanthemum indicum*) и табак (*Nicotiana tabacum*), сорт «Трапезонд № 93».

В первых опытах выяснялось место синтеза ауксина в растении. У растений гортензии с тремя примерно одинаковыми побегами один оставался неповрежденным в качестве контрольного, у второго побега удалялись точки роста, у третьего побега срезывались все листья. Из одного побега в другой ауксин не мог передвигаться, так как его транспорт может осуществляться только в базипетальном направлении. Одновременно у другого растения со всех побегов удалялись листья. Через 5—6 дней в 1 см верхушках всех побегов производились определения ауксина (табл. 1).

Из этих опытов следует, что для синтеза ауксина в зеленом растении необходима совместная деятельность и листьев и точек роста. Однако роли их в этом процессе различны. При удалении точек роста во всех случаях в верхушечном отрезке стебля ауксин нельзя было обнаружить; в обезлиственном побеге, находящемся на растении, у которого другие побеги имели листья, ауксин имелся, в то время как у целиком обезлиственного растения ауксина не было.

Таблица 1

Количество ауксина в верхушках стеблей гортензии в зависимости от наличия точек роста и листьев

Условия опыта	Дата определения				
	19 IV	25 IV	5 V	9 V	1 VI
I растение					
Побег с листьями и точками роста	7±0.92	13±1.85	11±3.46	12±1.67	10±1.18
Побег с листьями без точек роста	0	0	0	0	0
Побег без листьев с точками роста	6±1.47	19±2.00	11±3.87	12±1.50	10±1.08
II растение					
Побеги без листьев с точками роста	0	0	0	0	0

Эти данные дают основание сделать такое предположение: ауксин синтезируется в точках роста за счет веществ, накапливаемых в листьях и свободно передвигающихся по растению в любом направлении.

Следующие опыты имели целью показать, что накопление ауксина в листьях происходит в основном за счет того ауксина, который синтезируется в точках роста. У молодых растений конских бобов в возрасте 1 месяца удалялись все почки. Через 7—9 дней производилось определение ауксина, извлекавшегося эфиром из свежей 2-граммовой навески листьев верхнего яруса с целых и декапитированных растений (табл. 2).

Таблица 2

Количество ауксина в листьях и стеблях целых и декапитированных растений конских бобов

Навеска	Растение	
	целое	декапитированное
Листьев	23±2.20	2±0.94
Листьев	8±1.48	2±1.07
Стеблей (верхушечные 7—10-см обрезки)	9±2.85	2±1.09

Из табл. 2 видно, что удаление верхушечной и боковых почек резко снижает содержание ауксина в листьях. Этот факт находит свое подтверждение в данных по геотропической реакции листьев⁽¹⁾, взятых с целых и за 10 дней до опыта декапитированных растений гортензии и топинамбура. Срезанные листья помещались в горизонтальном положении на свету и в темноте во влажные эксикаторы сроком от 1 до 7 суток (табл. 3):

Таблица 3

Геотропическая реакция листьев целых и декапитированных растений гортензии и топинамбура. Повторность 2-кратная

Растение	Топинамбур						
	Продолжительность опыта в сутках		2	3	1	2	8
Условия освещения листьев в течение опыта	Условия роста растений до срезывания листьев		дневной свет	дневной свет	темнота	дневной свет	темнота
			Декапитированные	28	27	28	28
Целые	81	75	134	116	84	447	138

⁽¹⁾ Геотропическая реакция листьев, как и любого растительного органа, согласно литературным данным, обуславливается неравномерным распределением ауксина на верхней и нижней сторонах. Дю-Бей⁽⁴⁾ нашел, что ее величина зависит от абсолютной разницы в содержании ауксина.

Из опытов следует, что геотропическая реакция листьев с целых растений осуществляется на свету и в темноте в одинаковой степени. В случае декапитированных растений геотропическую реакцию листьев следует считать примерно равной нулю, так как изгибы черешков в пределах 20—30° имелись и у только что срезанных листьев в начале опыта.

В своей обстоятельной работе по изучению распределения ауксина в молодых и старых листьях турецкого табака Эвери (2) считал, что ауксин синтезируется в листьях и стекает в стебель. Этому же мнению придерживается и ряд других исследователей.

Нашими опытами (данные табл. 2 и 3) это положение не подтверждается, так как оказалось, что во вполне развитые листья ауксин поступает из почек. Это тем более вероятно, что Лайбах и Фишних (5), изучая транспорт гетероауксина в листовых пластинках *Coleus*, показали, что он может осуществляться по живым тканям листа в любом направлении. В начале было показано, что листья играют важную роль в процессе синтеза ауксина, следовательно можно было предположить, что в листьях на свету образуются исходные вещества, необходимые для этого синтеза. В опытах, направленных к решению этого вопроса, сначала изучалось влияние света различной интенсивности на синтез ауксина. Растения табака и хризантемы целиком или только одни листья покрывались футлярами в 1, 3 и 6 слоев марли. Определение ауксина производилось в 1-см верхушечном отрезке. Результаты приведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что во всех случаях, независимо от условий освещения верхушки растений, при уменьшении интенсивности освещения содержание ауксина снижается. Это полностью согласуется с результатами опытов Эвери и его сотрудников (3), в которых учитывалось влияние электрического света различной интенсивности на синтез ауксина.

Таблица 4

Влияние света различной интенсивности на синтез ауксина в растениях табака «Трапезонд № 93» и хризантемы «Мария Белая»

Условия освещения верхушек листьев	Т а б а к			Х р и з а н т е м а		
	2 VII—22 VII		27 VII— 5 VIII	3 IX—19 IX		3 IX— 26 IX
	Те же, что и листья	Полный дневной свет	Те же, что и листья	Те же, что и листья	Темнота	Те же, что и листья
На полном свету	41±0.95	41±0.95	42±1.34	42±1.45	43±0.93	9±1.06
Один слой марли	12±2.12	12±2.02	12±2.82	11±1.03	9±1.34	11±1.41
Три слоя марли	11±1.78	7±0.94	10±2.02	1	2±0.93	11±2.09
Шесть слоев марли	3±0.81	0	0	3±0.95	2±0.90	4±0.41
Темнота	—	—	2±1.16	0	0	5±1.13

Эти факты приводят к мысли, что образование исходных веществ для синтеза ауксина связано с фотосинтетической деятельностью листьев. Следующие опыты подтверждают это соображение.

В листья табака «Трапезонд № 93» и хризантемы «Мария Белая», находившиеся в темноте, путем вакууминfiltrации ежедневно вводился соответственно 0.2 мол. и 0.4 мол. раствор глюкозы. Через 10—15 дней производились определения ауксина в 1-см верхушечном отрезке стебля: там, где в листья инфильтрировалась глюкоза, ауксин был, там же, где в листья инфильтрировалась вода, ауксин обнаружить не удалось.

Для того чтобы выяснить вопрос, может ли в точках роста ауксин синтезироваться из сахара, как исходного вещества, были поставлены следующие опыты. В стебель обезлиственных растений гортензии через стеклянные трубочки вводился 2%-й раствор глюкозы. Определения ауксина в верхушке стебля, произведенные примерно через 10 дней в двух случаях, дали количество ауксина, соответствующее среднему изгибу колеоптиля в 7 ± 0.89 и 9 ± 1.24 градусов. У контрольного растения, инъцированного водой, ауксина не оказалось. Данные этих опытов свидетельствуют о том, что ауксин синтезируется в точках роста, используя в качестве исходного материала сахара.

К этому же выводу приводят и опыты с отдельными верхушками. Верхушечные в 2.5 см обезлиственные отрезки конских бобов, не имевшие

Таблица 5

Синтез ауксина в верхушечных отрезках конских бобов, выращенных на растворах глюкозы

Условия опыта	Продолжительность опыта				
	13 IV— 25 IV	1 VI— 5 VI	19 VI—25 VI	1 X— 5 X	
освещение	дневной свет		темнота	дневной свет	
	раствор				
Глюкоза 3%	5 ± 0.89	6 ± 1.03	4 ± 0.96	5 ± 1.12	7 ± 1.30
Вода водопроводная	0	0	0	0	0

запаса ауксина благодаря предварительному удалению листьев на растении или выдерживанию растений в темноте, выращивались на растворе глюкозы в течение 5—6 дней. К концу опыта производились определения содержания ауксина по диффузионному методу (табл. 5).

В этом опыте также было исключено участие листьев, и следовательно ауксин синтезировался в точках роста из сахаров. Таким образом, отпадает предположение Тиманна и Боннера (6) о возможной роли листьев, как органов, накапливающих предшественника или «precursor» ауксина.

Механизм образования ауксина в зеленом растении представляется в таком виде: ассимиляты, накапливающиеся во взрослых листьях в результате фотосинтеза, движутся к растущим почкам, и в них за счет сахаров происходит синтез ауксина. Из почек, как центров образования гормона, идет отток ауксина в нижележащие участки стебля и в листья.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академия Наук СССР

Поступило
21 V 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Г. Холодный, Сов. ботаника, № 2 (1935). ² G. S. Avery, Bull. Torrey Bot. Club., 62 (1935). ³ G. S. Avery, P. R. Burkholder a. H. B. Creighton, Amer. Journ. Bot., 24, № 10 (1937). ⁴ H. G. du Buy, Proceed. Sect. Sciences, 34, № 2 (1931). ⁵ F. Laibach u. O. Fischnich, Planta, 25, 648—659 (1936). ⁶ K. V. Thimann a. I. Bouner, Physiol. Reviews, 18, № 4 (1938).