

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. В. МОЖАЕВА

**ДЕЙСТВИЕ ГЕТЕРОАУКСИНА НА КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ПРОТОПЛАЗМЫ КЛЕТОК ЛУКА**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 22 XII 1947)

В большой литературе по ростовым веществам можно найти лишь единичные исследования о непосредственном их действии на протоплазму растительных клеток. Так, по наблюдениям Thimapp и Sweeney (1), раствор гетероауксина в концентрации от 0,005 до 0,5 мг на литр вызывал уже в первые 5 мин. действия заметное ускорение движения плазмы в клетках coleoptилей овса. Максимальное ускорение движения наблюдалось через 10—15 мин., а затем наступало постепенное снижение до величины у контроля. Концентрации выше 0,5 мг на литр вызывали, наоборот, временное уменьшение скорости движения плазмы. По данным Northern (2), гетероауксин в концентрации 1 мг на 1 г ланолина и некоторые другие ростовые вещества снижали вязкость протоплазмы клеток стеблей и черешков листьев конских бобов, определявшуюся в опытах с ними методом центрифугирования. Это действие обнаруживалось уже через 30 мин. и коррелировало с усилением роста клеток. Strugger (3) и Ruge (4) в своих исследованиях, пришли к противоположному выводу и считают, что ростовое вещество повышает вязкость плазмы. Целью наших опытов было проследить видимые в микроскоп изменения в плазме, происходящие под влиянием гетероауксина. Объектом опытов были клетки нижнего эпидермиса чешуй лука сорта «Даниловский 301». Для исследования брались 1-я и 2-я чешуи луковицы.

**Методика опытов.** Со средней части чешуи лука делались бритвой срезы эпидермиса, которые для обработки ростовым веществом помещались в маленькие стаканчики с растворами гетероауксина, приготовленными на водопроводной воде. Контрольные срезы помещались в стаканчики с водопроводной водой. В обоих случаях срезы плавали на поверхности жидкости. Стаканчики со срезами помещались во влажный эксикатор для того, чтобы концентрация растворов по возможности меньше менялась от испарения, и ставились в термостат при 29°C на разные сроки. Затем срезы вынимались из жидкости, обсушивались фильтровальной бумагой и плазмолизировались 1 М раствором KNO<sub>3</sub>. Были испытаны концентрации гетероауксина от 0,2 до 0,0001%.

**Результаты опытов.** Действие высоких концентраций гетероауксина (0,2—0,1%) на протоплазму можно было обнаружить уже через несколько минут после погружения срезов в растворы. Именно, концентрация 0,2% оказывала действие уже через 1—3 мин., 0,1% — через 5—10 мин. Оно выражалось в том, что протоплазма сильно разбухла и при плазмоллизе становилась резко заметной по концам плазмолизированного содержимого в виде грубозернистых «колпачков» или же скоплений неправильной формы. Ядро также разбухло, увеличивалось в размерах и становилось резко заметным. При кратковременной

обработке ростовым веществом в несколько минут набухание наблюдалось преимущественно у краевых клеток среза, но с увеличением продолжительности обработки до 10—30 мин. оно захватывало все клетки. Концентрация 0,2% вызвала более быстрое и сильное набухание, чем 0,1%. Иногда сильное набухание сопровождалось деплазмолизом клеток. Кроме того, ему сопутствовало более быстрое округление содержимого клеток при плазмолизе. Концентрация 0,2% была в последнем случае менее эффективной, особенно с увеличением времени действия, и при обработке в течение 1—1½ час. вызвала уже

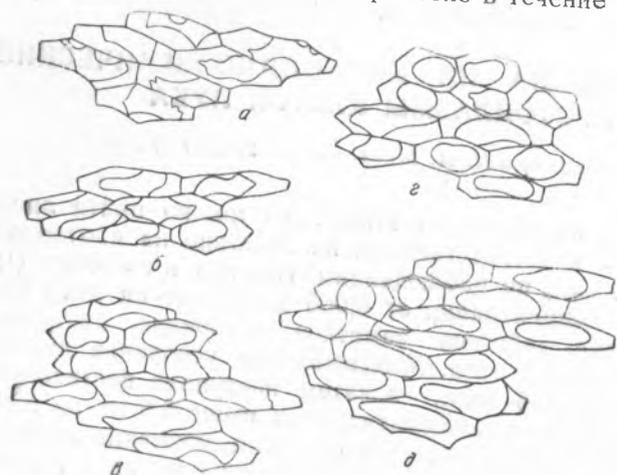


Рис. 1. Действие гетероауксина на форму плазмолизованных клеток лука. Продолжительность обработки 12 час. Зарисовано через 1 час после помещения в плазмолик. а — вода, б — гетероауксин 0,001%, в — гетероауксин 0,01%, г — гетероауксин 0,03%, д — гетероауксин 0,06%

отмирание клеток. В 0,1% растворе клетки оставались в течение 3 час. без видимых признаков отмирания. Более низкие концентрации гетероауксина (0,06—0,03%) вызывали набухание протоплазмы только после продолжительного действия (1—3 часа) и обнаруживалось оно обычно лишь в том случае, если клетки имели выпуклую или близкую к выпуклой форму плазмолиза. Вообще замечалось, что при выпуклой форме плазмолиза у клеток контрольных срезов протопласт был более способен к набуханию, чем при вогнутой или судорожной.

Концентрации гетероауксина от 0,1% и ниже не вызывали видимого в микроскоп набухания протоплазмы.

Все концентрации от 0,06 до 0,001% оказывали заметное влияние на форму плазмолиза и быстроту округления. Если форма плазмолизованных клеток, подвергавшихся обработке, у контрольных срезов была вогнутой и судорожной, то после обработки гетероауксином в течение определенного времени она становилась более правильной (рис. 1).

Особенно сильное действие на форму плазмолиза оказывала концентрация 0,06% и затем 0,03%. При различной продолжительности обработки этими концентрациями от 1 часа (а для 0,06% от 30 мин.) до 40 час. неизменно наблюдались более правильные очертания плазмолизованных содержимого по сравнению с контролем. Лишь при обработке в течение 48 час. концентрация 0,06% давала уже неправильную, судорожную форму плазмолиза. При концентрации же 0,03% и через 48 час. у опытных клеток наблюдалась выпуклая форма плазмолиза, в то время как у контрольных она была резко вогнутой.

Действие более низких концентраций на форму плазмолиза было выражено слабее и обнаруживалось только после более продолжительной обработки (3—6 час.). Самой низкой из испытанных нами концентраций была концентрация 0,0001%. В некоторых опытах она обнаруживала действие на форму плазмолиза после обработки в течение 18—24 час. Однако повторно этот результат получить не удалось и его нельзя считать вполне достоверным. Повидимому, клетки лука были недостаточно однородным и чувствительным объектом для обнаруже-

ния действия этой концентрации. Иногда даже в пределах одного и того же среза наблюдались значительные различия в форме плазмолиза клеток.

Для того чтобы количественно учесть действие гетероауксина на форму плазмолиза, нами производился подсчет числа округлившихся и неокруглившихся клеток в поле зрения микроскопа через 2 часа после помещения срезов в раствор  $KNO_3$ . Процент округлившихся клеток от общего их числа в поле зрения являлся показателем быстроты округления. Подсчет производился в каждом варианте опыта на двух срезах. Результаты некоторых опытов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Действие обработки гетероауксином на округление протоплазмы при плазмолизе (число округлившихся клеток в ‰)

Варианты опыта	Продолжительность обработки							
	1 час.		3 часа		7 час.		12 час.	
	повт.	средн.	повт.	средн.	повт.	средн.	повт.	средн.
I. Вода . . . . .	—	—	—	—	0	0	0	0
Гетероауксин 0,001‰ . . . . .	—	—	—	—	12,6	12,8	0	3,9
					13,1		7,8	
II. Вода . . . . .	—	—	0	0	5,2	9,3	0	0
Гетероауксин 0,01‰ . . . . .	—	—	2,7	4,2	52,5	53,2	15,4	19,1
			5,8		54,0		22,8	
III. Вода . . . . .	17,5	20,5	0	0	0	0	0	1,3
Гетероауксин 0,03‰ . . . . .	22,6		0		—		2,6	
	67,8	71,8	59,7	66,5	71,5	75,5	44,6	62,5
	75,8		72,4		79,5		79,5	
IV. Вода . . . . .	12,3	16,8	0	1,7	0	0,5	2,8	3,5
Гетероауксин 0,06‰ . . . . .	21,3		3,5		0,9		4,2	
	72,4	78,7	80,0	80,0	76,5	79,7	68,4	73,5
	85,0		80,0		83,0		88,5	

Как видно из табл. 1, все испытанные концентрации гетероауксина ускоряли округление плазмолизированного содержимого. Высокие концентрации (0,06—0,03‰) оказывали это действие быстрее и сильнее, чем низкие (0,01 и 0,001‰).

Более правильная форма плазмолиза и более быстрое округление протоплазмы клеток, обработанных гетероауксином, являются показателями более низкой вязкости их протоплазмы и более высокой проницаемости для воды. Так как повышенная проницаемость и низкая вязкость свойственны молодым клеткам (5), то, следовательно, воздействие гетероауксином способствует как бы некоторому «омоложению» клеток. Оно приводит протоплазму в состояние более высокой степени

дисперсности и гидратации коллоидов, характерное для повышенной физиологической активности клетки.

Весьма интересен тот факт, что протоплазма под влиянием гетероауксина становится способной легче пропускать сквозь себя воду. Он является некоторым косвенным доказательством связи усиленного поступления воды в клетку при обработке ростовыми веществами с изменением в протоплазме. На активное участие протоплазмы в процессе поступления воды в клетку в последнее время указывает ряд авторов<sup>(6)</sup>. Однако при действии высоких концентраций гетероауксина более быстрое округление плазмолизированного содержимого клеток часто сопровождается, как мы отмечали, сильным разбуханием протоплазмы и ядра, что указывает уже на отрицательное действие этих концентраций. Как известно, для нормальной деятельности клетки необходима определенная оптимальная степень дисперсности и гидратации коллоидов протоплазмы<sup>(7)</sup>. Резкие отклонения от нее в ту или другую сторону приводят к нарушению нормального хода процессов и могут быть причиной отмирания клетки.

Чрезмерное, патологическое набухание протоплазмы, возможно, является одной из причин того вредного влияния высоких концентраций гетероауксина, которое нередко наблюдается при его воздействии на ткани растений.

Набухание, вызываемое высокими концентрациями гетероауксина, после 5—10-минутного воздействия легко обратимо. Если срезы сразу после обработки перенесли в воду на 10—15 мин., то набухания протоплазмы уже не обнаруживалось и внешне клетки при плазмолизе выглядели подобно контрольным. После более продолжительной обработки 0,2% раствором гетероауксина (в течение 30 мин.) набухание было более устойчивым и исчезало только после 1—2-часового пребывания клеток в воде. Однако в результате такого отмывания отчетливо выступали различия в форме плазмолиза: у опытных клеток она была выпуклой, у контрольных — вогнутой. Изменения в форме плазмолиза, вызванные 3-часовым действием 0,06% раствора гетероауксина, также в значительной мере сохранялись в течение 1—2 час. после перенесения клеток в воду, но при дальнейшем пребывании в воде постепенно сглаживались. Постепенное ослабление эффекта от гетероауксина при помещении срезов в воду указывает на отсутствие прочного связывания его протоплазмой.

Наши наблюдения показывают, что гетероауксин может очень быстро проникать в клетки, но для тех или иных изменений в протоплазме необходимо некоторое его накопление в ней, которое происходит тем быстрее, чем выше концентрация ростового вещества во внешней среде. Весьма определенная и характерная реакция плазмы на воздействие гетероауксином указывает на то, что обычно вызываемое им усиление роста тесно связано с его непосредственным влиянием на плазму и не может быть лишь простым следствием изменения эластичности оболочки.

Настоящая работа выполнена под руководством акад. Н. А. Максимова, которому автор выражает искреннюю признательность за ценные советы и указания.

Сельскохозяйственная Академия  
им. К. А. Тимирязева

Поступило  
22 XII 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> K. V. Thimann and B. M. Sweeney, *J. of Gen. Phys.*, **21**, 123 (1937).  
<sup>2</sup> H. T. Northern, *Bot. Gaz.*, **103**, 668 (1942). <sup>3</sup> S. Struggler, *Ber. Bot. Ges.*, **51**, 193 (1933).  
<sup>4</sup> U. Ruge, *Z. f. Bot.*, **31**, 1 (1937). <sup>5</sup> Н. А. Максимов и Л. В. Можеева, *ДАН*, **42**, № № 5, 6 (1944). <sup>6</sup> Н. А. Максимов, *Усп. совр. биол.*, **22**, № 2 (5), 161 (1946).  
<sup>7</sup> F. Boas, *Die Pflanze als kolloid. System*, 1928.