

А. А. ПЕШКОВА, член-корреспондент АН СССР Ф. Э. РЕЙМЕРС,
Э. Е. ХАВКИН

МОБИЛИЗАЦИЯ ЗАПАСОВ СЕМЕНИ И РОСТ ОСЕВОЙ ЧАСТИ ПРОРОСТКА КУКУРУЗЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ АПИКАЛЬНОЙ МЕРИСТЕМЫ КОРНЯ

Среди механизмов регуляции роста проростка в период от набухания семени до перехода на автотрофное питание особый интерес представляет обратная связь между скоростью роста проростка или его частей и скоростью мобилизации запасов семени из семядолей или эндосперма (¹).

Мы использовали проростки кукурузы и сравнивали скорость роста надземной части и расходование запасов семени при нормальном развитии проростка и при росте корня, остановленном путем механического или химического воздействия на апикальную меристему.

Семена кукурузы гибрид Буковинский-3 проращивали на влажной фильтровальной бумаге в термостате при 27°. Остановка роста корня проводилась двумя способами. В первом случае у двудневных проростков, которые представляли собой исходный контроль, удаляли меристему с частью зоны растяжения (0—3 мм), и семена проращивали еще 3 суток. Во втором случае рост корня тормозили химическим воздействием, перенося проростки на раствор альфа-нафтилуксусной кислоты (НУК) в концентрации 10^{-5} М, которая останавливает деление клеток в меристеме корня. Через каждые сутки измеряли длину корня и надземной части проростка, а также определяли в эндосперме и осевой части проростка содержание сухого вещества и общего азота. Азот определяли с реактивом Несслера после сжигания абсолютно сухого вещества по Кьельдалю.

Покоящиеся семена кукурузы содержат мало свободных аминокислот, и содержание общего азота в этом случае является довольно надежным показателем содержания запасных белков и темпа мобилизации азотистых резервов в ходе прорастания. За вычетом доли белка содержание сухого вещества характеризует скорость мобилизации углеводных резервов, в первую очередь крахмала.

При механическом удалении кончика корня рост его в длину практически прекращался, однако усиленное образование боковых корней приводило к тому, что по сухому весу и содержанию азота корни контрольных и опытных растений различались мало (табл. 1). Подобное торможение роста корня значительно задерживало рост надземной части проростка и мобилизацию безазотистых резервов семени. Гораздо слабее были выражены различия в мобилизации запасов азота.

При химическом воздействии на рост корня (табл. 1) такая же закономерность в изменении сухого веса и содержания азота в эндосперме и проростке была выражена гораздо сильнее, чем при механическом торможении роста. Под влиянием НУК рост корня тормозится не полностью, но удлинение его, по сравнению с контролем, незначительно, а увеличение сухого веса происходит за счет роста боковых корней. Рост надземной части тормозится даже сильнее, чем при полной остановке роста корня, вызванной удалением меристемы. Различие в абсолютных величинах сухого веса и содержания азота у семян после двухсуточного проращивания между двумя сериями опытов объясняется различным исходным весом семян, так как используемые семена были из разных партий.

Таблица 1

Абсолютно сухой вес и содержание азота в органах проростков кукурузы при механически и химически остановленном росте корня (указана квадратическая ошибка среднего)

Часть проростка	Сутки	Абсолютно сухой вес на 1 растение, мг		Азот на 1 растение, мг	
		контроль	опыт	контроль	опыт
Эндосперм	2	152,4±2,1	—	2,53±0,04	—
		179,8±1,1	—	3,23±0,06	—
	3	127,2±2,3	131,2±2,1	1,10±0,05	1,02±0,05
		143,3±0,9	155,9±1,9	1,72±0,05	1,85±0,08
	4	91,0±3,5	97,6±1,8	0,66±0,01	0,74±0,2
		125,1±2,4	135,6±0,2	1,27±0,05	1,53±0,02
	5	79,2±1,9	87,3±2,5	0,60±0,01	0,71±0,02
		98,2±1,8	121,9±5,0	0,60±0,06	1,64±0,08
	2	18,9±0,7	—	0,86±0,03	—
		20,3±0,01	—	0,92±0,02	—
Щиток	3	17,1±0,6	17,5±0,2	0,82±0,02	0,84±0,02
		19,6±0,5	20,0±0,9	0,81±0,07	0,92±0,07
	4	14,0±1,2	15,6±0,1	0,63±0,03	0,73±0,01
		18,4±0,6	18,3±0,9	0,71±0,04	0,84±0,05
	5	15,8±0,5	16,0±1,0	0,52±0,04	0,68±0,01
		16,9±0,1	20,0±0,3	0,65±0,06	0,47±0,03
	2	6,0±0,7	—	0,39±0,06	—
		5,4±0,5	—	0,44±0,04	—
	3	15,9±0,8	14,8±1,5	0,90±0,01	0,88±0,05
		16,3±1,0	15,1±0,4	0,94±0,06	0,75±0,04
Надземная часть проростка	4	30,0±1,2	28,1±1,0	1,62±0,05	1,43±0,03
		28,8±0,7	27,7±0,3	1,57±0,06	1,15±0,03
	5	41,6±0,1	34,4±0,1	1,73±0,02	1,57±0,02
		40,0±0,1	36,8±0,6	2,06±0,06	1,53±0,02
	2	7,1±0,2	—	0,35±0,01	—
		6,1±0,4	—	0,31±0,03	—
	3	12,3±0,4	11,8±0,5	0,60±0,02	0,62±0,05
		11,8±0,7	8,7±0,01	0,56±0,02	0,44±0,02
	4	17,2±0,7	13,3±0,6	0,69±0,01	0,65±0,04
		15,8±1,2	12,3±0,0	0,68±0,02	0,49±0,04
Корень	5	25,1±0,2	22,3±0,4	0,72±0,07	0,69±0,01
		25,2±0,7	22,3±1,7	0,84±0,02	0,65±0,02
	2	13,1±0,5	—	0,84±0,04	—
		11,5±0,4	—	0,75±0,04	—
	3	28,2±0,8	26,6±1,6	1,50±0,02	1,50±0,07
		28,1±0,4	23,8±0,2	1,50±0,03	1,19±0,03
	4	47,2±1,8	41,4±1,1	2,31±0,07	2,08±0,05
		44,6±0,9	40,0±0,1	2,25±0,03	1,64±0,02
	5	66,7±0,2	56,7±0,4	2,45±0,09	2,26±0,14
		65,5±0,8	59,1±0,9	2,90±0,02	2,18±0,02
Осева я часть проростка	2	—	—	—	—
		—	—	—	—
	3	—	—	—	—
		—	—	—	—
	4	—	—	—	—
		—	—	—	—
	5	—	—	—	—
		—	—	—	—
	2	—	—	—	—
		—	—	—	—

Примечание. Числа над чертой — при механически остановленном росте корня, под чертой — при химически остановленном росте.

Степень подавления (i) роста корня и побега в длину или накопления сухого вещества и азота в органах проростка при остановленном росте корня рассчитывали по формуле:

$$i = (\Delta_{\text{контроль}} - \Delta_{\text{опыт}}) / \Delta_{\text{контроль}}$$

где Δ — прирост изучаемого показателя за сутки. Степень подавления мобилизации запасов семени и накопления сухих веществ и азота в осевой части проростков увеличивалась за время опыта. Степень подавления рос-

та равнялась 0,93, а побега 0,20—0,25. Накопление сухих веществ и азота в корне усиливалось к третьему дню опыта за счет большего образования боковых корней, и степень подавления уменьшалась.

Остановка роста корня при любом способе торможения: удаление меристемы или воздействие НУК,— ведет к образованию апикального утолщения и более интенсивному формированию боковых корней. Прорыв coleoptily у растений опытных вариантов идет медленнее: через два дня после остановки роста корня в опыте, независимо от способа подавления роста корня, только 10% растений прорывали coleoptиль, а в контроле 30%; через три дня соответственно 30% и 70%.

Накопление сухих веществ и содержание азота в проростке, при всех способах торможения роста корня, в опытном варианте было меньшим, чем в контроле. Остановка роста корня задерживала мобилизацию запасов эндосперма, однако накопление сухого вещества и азотистых соединений в осевой части проростка происходило даже при остановленном росте корня. Казалось бы, замедленное потребление запасов семени корнем должно было способствовать более сильному развитию надземной части, но этого не происходит: при замедлении этих процессов в корне они замедлились и в надземной части.

Распад запасных отложений семени требует присутствия осевой части проростка, из которой исходит импульс, инициирующий деструктивные процессы в эндосперме (²⁻⁵). При прорастании зародыш выделяет гиббереллины, индуцирующие синтез гидролитических ферментов в эндосперме. Пеннер и Эштон (⁴) считают, что аналогичным действием могут обладать и кинины. Двух первых дней прорастания вполне достаточно для того, чтобы «запустить» систему синтеза гидролитических ферментов в семени, и последующая приостановка роста осевой части вряд ли сказывается на регуляции распада крахмала и запасных белков семени при участии гиббереллинов. Поэтому для объяснения полученных нами данных можно предложить две гипотезы. Согласно первой, активный синтез ауксинов осуществляется в меристематических тканях, и ауксины, передвигаясь, оказывают действие на другие части растения. При остановке роста корня синтез ауксинов снижается, и это сказывается на скорости роста надземной части проростка. Замедление синтетических процессов в осевой части проростка тормозит процессы распада в семени.

Другое предположение связывает фитогормоны, образующиеся в апикальной меристеме корня, с теми синтезами в эндосперме, которые непосредственно не участвуют в процессах высвобождения запасов азота и углеводов, но нужны для их осуществления. К числу таких процессов может относиться формирование митохондрий, регуляция дыхания и так далее. Недавно было показано, что осевая часть проростка регулирует зеленение семядолей огурцов (⁶). Согласно этому предположению, мобилизация запасных веществ при прорастании не только зависит от скорости роста осевой части проростка, но и управляется сложной системой гормональной регуляции процессов синтеза и распада.

Экспериментальные данные приводят нас к выводу, что скорость роста надземной части проростка кукурузы тесно связана со скоростью роста корня. Остановка роста корня тормозит рост надземной части, замедляет накопление сухого веса и общего азота в проростке и, независимо от способа торможения, замедляет процессы мобилизации запасов семени.

Сибирский институт физиологии и
биохимии растений
Сибирского отделения Академии наук СССР
Иркутск

Поступило
3 V 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. Oaks, *Plant Physiol.*, **40**, 149 (1965). ² J. Ingle, R. H. Hageman, *Plant Physiol.*, **40**, 672 (1965). ³ A. M. Macleod, G. H. Palmer, *Nature*, **216**, 1342 (1967). ⁴ D. Penner, F. M. Ashton, *Nature*, **212**, 953 (1966). ⁵ D. Penner, F. M. Ashton, *Plant Physiol.*, **42**, 791 (1967). ⁶ S. I. Hardy, P. A. Castelfranco, C. A. Rebeiz, *Plant Physiol.*, **46**, 705 (1970).