

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Ф. В. ТУРЧИН

ВЛИЯНИЕ КАЛИЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АММИАЧНОГО АЗОТА И СИНТЕЗ БЕЛКА В РАСТЕНИЯХ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ИХ УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА

(Представлено академиком Д. Н. Прянишниковым 10 II 1947)

В прежних исследованиях автора (2) было установлено, что потребность растений в калии в значительной степени зависит от формы применяемого источника азота. При питании аммиачным азотом потребность растений в калии сказывается значительно резче, чем при питании растений нитратным азотом. Далее, нами было показано, что недостаток калия в условиях аммиачного питания вызывает обильное накопление аммиака в растениях, в результате чего наступает аммиачное отравление, приводящее в крайних случаях к полной гибели

Таблица 1

Форма азота	Доза K ₂ O в г на сосудах	Сухой вес растений в г на сосуд	Содержание аммиака и глюкозы в растениях в процентах на сухой вес	
			аммиак	глюкоза
Нитратный	0,05	7,3	0	3,90
Аммиачный	0,05	0,6	1,04	12,03
Нитратный	0,80	13,5	0	2,45
Аммиачный	0,80	16,6	сл.	4,92

Примечание. Песчаные культуры, ячмень; для анализа растения убирались в 15-дневном возрасте.

растений. Одновременно с накоплением аммиака при недостатке калия в растениях происходит накопление редуцирующих сахаров-альдоз (табл. 1).

Столь резкое различие в отношении растений к условиям калийного питания при аммиачном и нитратном источниках азота было констатировано для многих растений, изучавшихся в опытах автора и его сотрудников, а именно, для ячменя, овса, ржи, пшеницы, горчицы, картофеля, томатов, махорки, гороха, фасоли, клевера, люцерны.

Исследованиями Д. Н. Прянишникова (1) и его лаборатории было установлено, что основным условием для переработки аммиака в азотистые органические соединения в растении является наличие в нем в достаточном количестве углеводов, являющихся исходным материалом для построения углеродистого скелета аминокислот и амидов. Однако при недостатке калия, в условиях аммиачного питания,

несмотря на повышенное содержание глюкозы, в растениях накапливается в больших количествах переработанный аммиак.

Повидимому, содержащиеся в растении растворимые углеводы при недостатке калия не обладают достаточной лабильностью, обеспечивающей необходимую скорость их превращения в растении. Поэтому скорость превращения углеводов во вещества, непосредственно реагирующие с аммиаком, при недостатке калия отстает от скорости поступления аммиака в растение. Вследствие несоответствия между количеством аммиака, поступившего в растение, и наличием в последнем на данный момент веществ, могущих связывать этот аммиак, в соотношении реагирующих масс: углеродистый компонент \geq аммиак будет преобладать аммиак, который и будет накапливаться в растении. Под влиянием калия, повидимому, происходит повышение реакционной способности углеводов, превращение их в более лабильные, химически активные модификации.

Изучая отношение ячменя к аммиаку и калию в различных стадиях развития этого растения, мы обнаружили, что в стадии, предшествующей колошению, аммиак не накапливался в ячмене даже и в тех вариантах опыта, где калий совершенно отсутствовал и где прежде, но в более молодых растениях, мы неизменно находили значительные количества переработанного аммиака в растениях. В то же время оказалось, что обычного избытка редуцирующих углеводов в растениях без калия в этом случае также не было.

При дальнейшем исследовании редуцирующих углеводов было найдено, что значительная часть их представлена фруктозой, содержание которой в растениях без калия и с калием составляло, соответственно, 1,07 и 1,82% на сырой вес растений.

Мы уже говорили, что в растениях, не обладающих способностью усваивать аммиачный азот при недостатке калия, растворимые углеводы представлены альдозами, следовательно, наличие фруктозы в более взрослых растениях ячменя является новым фактором, отсутствовавшим в прежних опытах.

Согласно современным представлениям, моносахариды могут существовать в нормальной, устойчивой (α - и β -формы) и неустойчивой (γ -формы) модификациях. Работы Хеуорзса (3) и др. установили наличие шестичленного кольца в нормальных, устойчивых формах моносахаридов и пятичленного кольца в лабильных, неустойчивых формах сахаров. Хеуорзс рассматривает устойчивые формы моносахаридов как производные пирана, а лабильные γ -формы — как производные фурана. По химическим свойствам неустойчивые γ -формы отличаются значительно большей способностью к реакциям. Вследствие резко выраженной неустойчивости и высокой реакционной способности γ -формы моносахаридов (фуранозы) все больше привлекают внимание химиков и биологов, так как этим неустойчивым формам сахаров приписывается важная роль в синтетических процессах в растении. Природные альдозы обычно представлены нормальными устойчивыми формами—пиранозами. В отличие от альдоз, фруктоза, содержащаяся в таких природных ди- и полисахаридах, как сахароза, раффиноза, инулин, находится в лабильной γ -форме (фрукто-фураноза). Можно предполагать с большой долей вероятности, что и свободная фруктоза находится в растении, хотя бы частично, в неустойчивой γ -форме.

Работы Бригля (4) и его сотрудников показали, что, вообще, из всех обычных нормальных моносахаридов реакционная способность наиболее выражена у фруктозы. Таким образом, можно было считать, что наличие достаточных количеств фруктозы в растениях, вследствие большей ее реакционной способности, будет ускорять связывание аммиака в растении в азотистые органические соединения. Представлялось поэтому важным изучить отношение к калию и аммиачному

азоту растений, у которых с самого начала их развития фруктоза занимает доминирующее положение в их углеводном составе. Так и опыты были проведены в 1946 г. в условиях шестилетних культур с цикорием, подсолнечником и садовой земляникой. В листьях этих растений, как показали наши исследования, всегда содержалась фруктоза в количестве 3—6% и более (на сухой вес листьев).

Опыты показали, что аммиачный азот используется этими растениями при недостаточном калийном питании не менее эффективно,

Таблица 2*

Источник азота	Доза K ₂ O	Сухой вес растений в г на сосуд	Содержание в растении в процентах на сухой вес		
			аммиака	редуцирующихся сахаров	фруктозы
NO ₃	0	5,6	0	5,4	0,7
NO ₃	0	8,0	0	7,2	1,6
NO ₃	1/6 нормы	14,0	0	10,8	3,7
NO ₃	1/6 нормы	17,6	0	16,3	3,8
NO ₃	Норма	25,1	0	18,2	4,0
NO ₃	Норма	22,2	0	15,3	3,9

* Опыт проведен Л. И. Оболенской.

чем нитратный азот. Пробы на содержание аммиака в растениях при аммиачном источнике азота во всех случаях дали отрицательный результат. В отличие от растений „глюкозного“ типа, в растениях, содержащих фруктозу, при отсутствии калия содержится значительно меньше сахаров и, в особенности, фруктозы, чем при наличии калия.

В качестве примера приводим результаты опытов с подсолнечником (табл. 2).

Подобные результаты были получены и в опытах с цикорием и с земляникой. Такое же отношение к аммиачному азоту, как у цикория или подсолнечника, повидимому, должно быть свойственно всем растениям, накапливающим в своих вегетативных органах фруктозу. К таким растениям „фруктозного“ типа, кроме изучавшихся в наших опытах, относятся, прежде всего, топинамбур, кок-сагыз, георгина и другие инулиноносные растения. В листьях сахарной свеклы также содержится фруктоза, но в начальных стадиях развития этого растения она, если и образуется, то в очень незначительных количествах. Поэтому в начальные стадии своего развития свекла относится к аммиаку, как растение „глюкозного“ типа. Но позже, когда в этом растении появляется достаточное количество фруктозы, свекла становится менее чувствительной к аммиаку.

Итак, по характеру реакции на аммиак, растения, в зависимости от особенностей их углеводного состава, могут быть подразделены на два типа:

1. Растения „фруктозного“ типа характеризуются способностью связывать аммиак в азотистые органические соединения и при недостатке калия.

2. Растения, растворимые углеводы которых представлены альдозами („глюкозный“ тип), могут связывать аммиак в азотистые органические соединения только при достаточно высокой концентрации калия в их тканях. Калий для этих растений, повидимому, играет роль катализатора, ускоряющего образование активных форм углеводов.

В растениях „глюкозного“ типа при недостатке калия всегда накапливаются в избытке небелковые органические соединения азота. Накопление небелкового азота достигает громадных размеров при аммиачном источнике азота, когда соотношение белковый N : небелковый N часто падает ниже единицы. Это показывает, что при недостатке калия синтез белка задерживается. В растениях, содержащих фруктозу, этого не происходит. В этих растениях при очень низких дозах калия, как при аммиачном, так и при нитратном источнике азота,

Т а б л и ц а 3

Р а с т е н и я	Д о з а K ₂ O	Формы азота в растении в процентах на сухой вес растений				белковый N : небелковый N
		аммиак	аминокислоты и амиды	сумма небелкового азота	белковый азот	
Ячмень	1/6 нормы	0,75	1,16	3,09	2,72	0,9
»	Норма	сл.	1,19	1,77	3,18	1,8
Подсолнечник	1/6 нормы	0	0,047	0,16	1,93	12,0
»	Норма	0	0,049	0,17	1,41	8,3

Примечание. Песчаные культуры; растения убирались для анализа в 3-недельном возрасте.

общее содержание небелковых форм азота выражалось весьма скромной величиной, порядка 0,1—0,2% при содержании белкового азота в 1,5—2,5%.

Согласно существующим представлениям, синтез белка в растении происходит только при достаточном наличии сахаров. На основании результатов наших исследований можно считать, что и для образования белка, так же как и для связывания аммиака, необходимо наличие достаточных количеств активных форм сахаров. Поэтому калий, катализирующий реакции образования активных углеводов, оказывает тем самым положительное влияние на синтез белка в растениях, углеводный состав которых при недостатке калия представлен мало активными формами (растения глюкозного типа).

Достаточное содержание фруктозы в растениях предопределяет наличие в них необходимых количеств активных форм сахаров, поэтому синтез белка в таких растениях, так же как и связывание аммиака в азотистые органические соединения, легко протекает и при недостатке калия. Таким образом, значение калия в азотном обмене растений определяется ролью этого элемента в образовании активных форм углеводов, наличие которых необходимо для нормального хода превращений азотистых веществ в растении.

Научный институт
по удобрениям и инсектофунгицидам
им. Я. В. Самойлова,
Москва

Поступило
10 II 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Д. Н. Прянишников, Журн. опытно-агрономии, 13, 5 (1912). ² Ф. В. Турчин, Сб. почвоведение и агрохимия, Изд. АН СССР, 1936. ³ W. N. Haworth, The Constitution of Sugars, 1929. ⁴ P. Brigle and R. Schinle, Ber. deutsch. chem. Ges., 66, 328 (1933).