

63184

1

5927

402

157

Shdn

1/20

k

RECEIVED

63.84

51.8590.9.

402452

U.S. 1989

О факторах, влияющих на отношение растений к аммиаку, как источнику азота.

Д. Н. Прянишников.

(Из агро-химической лаборатории Тимирязевской сельскохозяйственной академии).

Вопрос о сравнительном значении аммиака и нитратов, давно интересовавший физиологов, теперь приобрел также большое практическое значение, так как азотная промышленность снабжает сельское хозяйство или аммиачными солями, или соединениями, дающими начало образованию аммиака в почве; поэтому агрономам приходится находить такие приемы применения новых удобрений, которые позволили бы получать с их помощью урожаи, не уступающие получаемым по привычному азотистому удобрению—селитре.

Если принципиально возможность использования аммиака высшими растениями без посредства нитрификации была доказана опытами Адольфа Майера и Шлезинга в 1874 г., то это было сделано по методу внекорневого питания,—аммиак вводился в виде углекислого аммиака в атмосферу, окружающую листья. Позднее, в 85—86 годах Müntz и Pitsch доказали, что и через корни можно питать растения аммиачными солями, несмотря на устранение нитрификаторов, но результаты в опытах Pitsch'a были все же для аммиака хуже, чем для селитры, так как не была принята во внимание физиологическая кислотность сернокислого аммония; только Коссович (1897) и Mazé (1898) применили одновременно стерилизацию и нейтрализацию среды и наблюдали случаи, в которых аммиак усваивался растениями лучше, чем нитраты ¹⁾.

В лаборатории автора факты, говорившие за большую скорость поглощения аммиака, чем азотной кислоты, при одновременном их введении в виде NH_4NO_3 , наблюдались с 1900 г., а детальная разработка этого вопроса происходила в последние годы, начиная с 1923 г., при чем в этот период применялся преимущественно прием краткосрочных опытов (2—8 часов), чтобы избежать необходимости пользования стерильными культурами. Результаты опытов этого типа с NH_4NO_3 за 1926 год напечатаны в только что вышедшем сборнике работ, из-

¹⁾ См. литературный обзор в работе автора: Аммиак, нитраты и нитриты, 1927.

данном на средства Сахаротреста ¹⁾, здесь же мы предполагаем дать краткие сведения о длительных опытах (т.-е. охватывающих целый вегетационный период) по сравнению влияния на развитие растений аммиака и нитратов, введенных в разные сосуды, при регулировании реакции среды или с помощью текучих растворов, или с помощью ежедневного введения в раствор таких количеств децинормального раствора NaOH или H_2SO_4 , чтобы поддерживать реакцию раствора на определенном уровне.

Такое регулирование неизбежно становится необходимым, если мы хотим сравнивать влияние аммиака и нитратов, как таковых, а не влияние побочной причины—физиологической кислотности таких солей аммиака, как $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; это свойство так резко выражено, что даже при исходной реакции, отвечающей $\text{pH}=4,0$, злаковые растения вызывают сдвиг в сторону еще большей кислотности, если источником азота служит $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и приходится прибегать или к ежедневному введению щелочи, или к текучим растворам, чтобы удерживать реакцию даже при $\text{pH}=4,0$ ²⁾.

В число работ, с 1926 г. предпринятых в нашей лаборатории по соглашению с Сахаротрестом, входили опыты по изучению отношения сахарной свеклы к аммиачному питанию. Опыты проведены были И. Г. Дикусаром, при установке различных ступеней pH в текучих растворах, при чем обнаружилось, что в зависимости от реакции среды то аммиачное питание может быть выше нитратного, то—наоборот; вот пример:

	Средний вес растений	
	при аммиачном питании	при нитратном питании
При $\text{pH}=7$	470,6	168,5
При $\text{pH}=5$	105,5	540,0

Здесь при нейтральной реакции аммиак дал более высокие результаты, а при слабо кислой реакции селитра была лучшим источником азота, чем аммиак.

Анализ растений показал, что при кислой реакции зола растений, питавшихся аммиаком, была гораздо беднее кальцием (0,18%), чем растений, питавшихся натровой селитрой (0,32%).

В предположении, что уменьшенное поступление кальция в случае аммиачного питания могло быть причиной подавленного роста, при опытах 1927 года было испытано влияние введения повышенных количеств Ca путем добавления гипса в раствор; вот данные для растений, развившихся в растворе при $\text{pH}=5,5$:

Дано Ca на литр	40	160 мг.
Средний вес растений	100,5	248 граммов.

¹⁾ Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ, т. XIV, 1928.

²⁾ Вот пример из опытов С. И. Иноземцева с овсом в 1927 г.: для удержания реакции на заданной ступени pH пришлось за время опыта ввести следующие количества децинормальной щелочи:

pH	4	5	6	7	8
Введено щелочи	12,8	45,1	58,7	111,4	158,7 кб. см.

Таким образом, введение Са улучшило развитие растений, питавшихся аммиаком; наоборот, при нитратном питании полезно было уменьшить количество кальция:

Дано Са на литр	40	10 мг.
Вес растений	132	462 грамма.

Анализ золы показал, что повышение содержания Са в питательной смеси вызвало повышение содержания кальция в золе растений, питавшихся аммиаком (0,60% СаО вместо 0,16%).

В опытах 1927 г. повторился факт лучшего развития свеклы по аммонии, чем по нитратам при pH = 7,0; в то время как при pH = 5,5 результаты были обратные, как и в 1926 г.

В опытах 1928 г. испытывалось при различной реакции среды влияние не только кальция, но также калия и магния. Одновременное повышение содержания в растворе этих трех катионов было еще более благоприятным для аммиачного питания (в кислом интервале), чем это наблюдалось в случае изменения содержания только кальция; при pH = 7,0 это влияние сказывалось на другом уровне, чем при pH = 5,5, а для селитры необходимо было снижение концентрации кальция и магния для достижения наилучших результатов; вот примеры:

Источник азота		Ca	Mg	K	Вес растения
(NH ₄) ₂ SO ₄ при pH = 5,5	1)	40	32	25 мг.	51,5 гр
	2)	132	75	108 "	206,0 "
(NH ₄) ₂ SO ₄ при pH = 7,0	1)	40	32	25 "	452,0 "
	2)	132	75	108 "	434,0 "
	3)	10	8	25 "	58,5 "
NaNO ₃ при pH = 7,0	1)	40	32	25 "	304,7 "
	2)	10	8	25 "	209,3 "

Таким образом, намечается такой вывод: изменяя концентрацию не только ионов водорода, но и других катионов, сопутствующих аммонии, мы можем влиять на растение так, что optimum перемещается по желанию то в сторону аммиачного, то в сторону нитратного питания.

Кроме опытов со свеклой, проведенных И. Г. Дикусаром в текучих растворах, у нас еще имеются опыты с овсом, проведенные в 1927 г. С. И. Иноземцевым при поддержании pH на постоянном уровне путем введения определенных количеств децинормальной щелочи и кислоты, при чем, кроме влияния концентрации ионов водорода, испытывалось также влияние повышенного содержания кальция. В этих опытах было обнаружено, что если в смеси Гельригеля заменить нитраты аммиачной солью без изменения общего количества кальция, то урожай падает; но если одновременно с введением аммония повысить содержание кальция, то при аммиачном питании получается лучшее развитие, чем при нитратном ¹⁾. Не

¹⁾ В этих опытах аммиачная соль и нитраты давались не сразу на весь вегетационный период, но в три приема.

входя здесь в подробности, приведем только относительные величины урожая при аммиачном питании, принимая урожай по нитратам за 100:

pH	4,0	6,0	8,0
Кальций по Гельригелю	21,30%	36,50%	25,5%
" в двойном количестве . . .	161,4	102,3	131,5
" в четверном количестве . .	143,5	113,2	123,2

Очевидно, вводя в смесь Гельригеля аммоний в большом количестве, мы нарушаем физиологическую уравновешенность катионов в питательном растворе, поэтому развитие растений подавляется, несмотря на устранение физиологической кислотности путем ежедневного введения щелочи; но повышая количество кальция, мы восстанавливаем нарушенное равновесие, и аммиачное питание оказывается не только не уступающим нитратному, но даже может превосходить его.

Из подобного опыта, проведенного с овсом в 1928 г. В. С. Ивановой, мы можем заимствовать такой пример:

Урожай овса при аммиачном питании			
Количество кальция (по сравнению с нормой Гельригеля)	1	2	4
1) при pH = 4	3,8	4,3	5,9 гр.
2) при pH = 7	4,1	4,5	5,3 "
3) при pH = 8	5,0	4,1	9,1 "

В то же время при нитратном питании, при pH = 7, повышение содержания кальция в растворе понижало урожай:

13,1	10,6	8,5 гр. ¹⁾
------	------	-----------------------

Таким образом, в опытах с овсом повторяются факты, наблюдаемые первоначально на свекле. Отличие этого опыта от предыдущих состоит в том, что растворы содержали то же количество азота, как смесь Гельригеля, но так как они периодически сменялись, то растения получали избыточное аммиачное питание, с которым не могли справиться без ущерба для своего развития (опыт был поздний—с конца июля до начала сентября).

Насколько устранение избытка азотистой пищи дает возможность растению легче справиться с ассимиляцией поступившего в него аммиака (сообразно наличию углеводов), показывает пример, взятый из опытов 1928 г., проведенных А. И. Грошенковым. Эти опыты имели другую основную цель (влияние света и др. условий на восприятие веществ корневой системой), но из них для нашей цели важно отметить следующее: если давать растениям азотистую пищу только на короткие периоды (6 часов из 48), то растения лучше развиваются

¹⁾ В этом опыте производилась, кроме ежедневного регулирования реакции, еще и смена растворов, при полной дозе аммиачного азота каждый раз.

при аммиачном питании, чем при нитратном¹⁾, как видно из следующих данных для веса надземных частей проростков:

		Аммиак	Нитраты
Овес	1)	3,55	2,83
	2)	2,82	2,37
Кукуруза		2,29	2,00

Здесь мы уже подходим ближе к другой категории причин, определяющих отношение растений к аммиаку, помимо состава окружающего раствора,—к причинам внутренним, к которым относится содержание углеводов в растении, или, вернее, соотношение между количеством поступающего аммиака и наличием углеводов в растении. Дело в том, что для обезвреживания аммиака, поступающего в растение, недостаточно его нейтрализации—накопление аммиачных солей, как таковых, внутри клетки вредно для высших растений; необходим переход аммиака в органическое вещество, прежде всего в аспарагин и подобные ему амиды, что возможно только в меру наличия должного количества углеводов. Так как роли внутренних причин посвящена наша вышеупомянутая работа, только что напечатанная²⁾, то здесь мы воздержимся от непосредственного рассмотрения этой стороны вопроса, отметив только ее общее значение.

В заключение отметим, что хотя от того регулирования отдельных факторов, которое удастся в физиологическом опыте, еще довольно далеко до возможности осуществить подобное регулирование в поле, но все же почти каждый шаг продвижения в изучении физиологической стороны вопроса или позволяет лучше понять уже известные для полевода факты, или дает повод поставить полевой опыт по вопросам, до работы физиолога не возникавшим. Так, то, что мы наблюдаем относительно антагонизма оснований, заставляет полагать, что наличие в почве подвижных соединений кальция имеет значение при внесении аммиачных солей не только с точки зрения устранения физиологической кислотности, но и с точки зрения физиологической уравновешенности раствора, который мы сильно обогащаем аммонием, и можно даже поставить вопрос, не будет ли, например, внесение гипса на некоторых почвах помогать молодым росткам свекловицы переносить аммиачные удобрения.

Точно так же то, что стало известно о внутренних причинах, определяющих отношение растения к аммиаку, побуждает поставить вопрос, не является ли причиной различного отношения картофеля и свекловицы к аммиачному удобрению скудный запас безазотистой пищи в мелких семенах свекловицы, и не следует ли поставить опыты также

¹⁾ Пока анализ растений еще не сделано, но здесь может оказаться более быстрое поступление аммиака как таковое.

²⁾ Д. Н. Прянишников и В. С. Иванова. Влияние запаса углеводов и растений на его отношение к аммиачному питанию (П). Из рез. вегетац. опытов, т. XIV, 1928.

и с более поздним внесением¹⁾ солей аммония (при заделке в междурядьях), так как окрепшие (накопившие углеводы) растения должны лучше переносить аммиачные соли, чем слабые ростки, истощившие свои запасы при прокладывании пути к свету.

Однако, теперь еще было бы преждевременно делать окончательные выводы в форме, приложимой на практике, относительно приемов, при которых аммиачное удобрение при различных почвенных условиях дало бы непременно эффект тот же или лучший, чем селитра, как это мы достигали в опыте физиологическом. На практике пока часто придется еще мириться с несколько меньшим эффектом соответственно меньшей стоимости аммиачного удобрения по сравнению с селитрой, но несомненно, по мере углубления физиологической работы, также и успешность применения аммиачных солей в полеводстве будет все более возрастать.

Zusammenfassung.

Das Verhalten der Pflanze gegen Ammoniaksalze wird durch eine Reihe von inneren und äusseren Faktoren beeinflusst.

Zwischen inneren Faktoren spielt d. Kohlehydratenvorrat in der Pflanze die Hauptrolle. Wenn das Ammoniak reichlich zufließt, kann die Pflanze die Entgiftung des Ammoniaks durch Verwandlung in Ammoniakverbindungen nur in dem Falle gut durchführen, wenn ihr die Kohlehydrate auch in entsprechender Menge zur Verfügung stehen. Darum können die Pflanzen in Keimungsstadium besonders empfindlich gegen Ammoniaküberschuss sein, ungeachtet dessen, dass die Reaktion des Mediums neutral ist (das kann zum Beispiel bei tiefer Unterbringung von kleinen Samen stattfinden).

Zwischen äusseren Faktoren hat grosse Bedeutung die Wasserstoffionenkonzentration in der Nährlösung; so zeigt z. B. die Zuckerrübe bei pH = 7 bessere Entwicklung bei Ammoniakernährung als bei Nitraternährung; bei pH = 5 beobachten wir grade umgekehrte Verhältnisse—die Nitraternährung gibt höhere Ernte, als die Ammoniakernährung. Auf diese Weise, bei Gebrauch zu Düngungszwecke von solchen Salzen wie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wenn wir zur Stabilisierung von neutraler Reaktion keine Massnahmen anwenden, wird die Reaktion durch die Pflanze selbst in denjenigen Intervall von pH verschoben, in welchen die Bedingungen für Ammoniakausnützung ungünstig sind.

Ausser Wasserstoffionen spielt bei Ersatz von Nitraten durch Ammoniaksalze auch Kalziumionenkonzentration—eine grosse Rolle, sie muss bedeutend erhöht werden, z. B. um zwei und mehr Mal gegen Normallösungen, welche für Nitraternährung gebraucht werden. Besonders wichtig ist diese erhöhte Kalkgabe für saures Intervall. Bei Nitraternährung

¹⁾ Это относится к случаям, когда с осени удобрение не было внесено.

umgekehrt, ist nützlich bei gewissem Intervall von pH die Kalziumionenkonzentration auf niedrigerem Niveau zu halten, als in gewöhnlichen Normallösungen, wie zum Beispiel die von Hellriegel und Knop ausgearbeiteten Lösungen.

Vom physiologischen Standpunkt kann also kein beständiger Koeffizient existieren mit welchem man den relativen Wert für Ammoniakstickstoff (in Vergleich mit Nitratstickstoff) ausdrücken konnte: je nach Zusammensetzung der Nährlösung und der Pflanze selbst kann das Endresultat einmal bei Ammoniakernährung, andersmal bei Nitraternährung besser ausfallen.

