

Академик АН ГрузССР С. В. ДУРМИШИДЗЕ, Н. Н. НУЦУБИДЗЕ

ПОГЛОЩЕНИЕ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ДВУОКИСИ АЗОТА ВЫСШИМИ РАСТЕНИЯМИ

Среди основных компонентов загрязнения атмосферы важное место занимают различные окислы азота. Влияние окислов азота на растения и животный мир до последнего времени изучалось в основном с целью выяснения предельно допустимых доз (¹, ²). Главное внимание уделялось структурным и функциональным нарушениям в растениях при воздействии на них окислов азота. Было высказано мнение, что основная роль в нейтрализации кислых газов в органах растений принадлежит свободным катионам и белковым основаниям (²). Однако вопросы метаболизма окислов азота после их нейтрализации в растениях оставались неисследованными.

Сотрудниками Института биохимии растений АН ГрузССР была обнаружена способность растений к поглощению и метаболизму алифатических и ароматических углеводов, альдегидов, кетонов, спиртов, кислот, эфиров, газообразного аммиака и других соединений (³⁻¹²).

В статье приведены результаты исследования способности растений поглощать и метаболизировать двуокись азота, а также восстанавливать и включать азот в молекулы аминокислот.

Опыты по поглощению двуокиси азота, меченой по азоту, проводились в специальных камерах как на цельных растениях, так и на свежесрезанных ветках. Двуокись азота применялась в различных концентрациях от 0,01 до 5% объема. Экспозиция опытов колебалась от 5 мин. до 7 суток. Пробы для изучения соотношения тяжелого и обыкновенного изотопов готовили по принятой схеме: сжигание по Кьельдалю, перегонка с концентрированной щелочью, перевод хлористого аммония в молекулярный азот гипробромитом и определение обогащения ¹⁵N в масс-спектрометре. При определении обогащения тяжелым азотом аминокислот, до применения вышеприведенной схемы, для выделения отдельных аминокислот пользовались препаративной хроматографией на бумаге (¹²). Для количественного анализа аминокислот в пробах использовали хроматографию на бумаге (¹³). Исследовано поглощение ¹⁵NO₂ более чем 60 видами многолетних и однолетних растений. Для исключения искажения показателей под влиянием микрофлоры при поглощении двуокиси азота были поставлены опыты и со стерильными растениями кукурузы, фасоли и др. Сопоставление данных опытов со стерильными и нестерильными растениями существенной разницы по поглощению двуокиси азота не обнаружило. Так, например, 20-дневные стерильно выращенные растения кукурузы и фасоли показали обогащение ¹⁵N 2,62 и 2,87%, а те же растения, выращенные нестерильно в природных условиях, — 2,54 и 2,85% соответственно.

Из опытов с различными представителями высших растений следует, что последние способны поглощать двуокись азота, включая азот в азотистые соединения листьев, стеблей и корней. По способности усвоения двуокиси азота отличаются друг от друга не только отдельные виды, но и представители одного и того же вида (табл. 1).

Двуокись азота поглощается из воздуха как травянистыми растениями, так и древесными. Тяжелый азот окисла, поглощенный листьями или хвоей, передвигается в другие органы растения — в стебли и корни.

По интенсивности поглощения и включения $^{15}\text{NO}_2$ в азотистые соединения в условиях наших опытов выделяются сосна эльдарская, ясень, клен американский, сосна черная, граб кавказский. Хорошо усваивают двуокись азота дуб имеретинский, дуб грузинский, яблоня обыкновенная, райграс английский, пшеница, овес и др. С увеличением экспозиции поглощение двуокиси азота усиливается.

При сопоставлении растений по способности к поглощению двуокиси азота надо принять во внимание содержание в них общего азота и количество биомассы на одно растение.

Т а б л и ц а 1

Поглощение $^{15}\text{NO}_2$ растениями из воздуха (концентрация 0,22 мМ, экспозиция 30 мин., 26°, в темноте)

Растения	Обогащение, % *	
	I	II
Травянистые		
Пшеница обыкновенная (<i>Triticum vulgare</i> Vill.)	2,75	1,14
Овес обыкновенный (<i>Avena sativa</i> L.)	2,74	1,43
Горох бараний (<i>Cicer arietinum</i> L.)	2,00	1,32
Бобы русские (<i>Vicia faba</i> L.)	0,61	0,87
Райграс английский (<i>Lolium perenne</i> L.)	2,72	1,54
Древесные лиственные		
Яблоня обыкновенная (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	3,37	—
Виноградная лоза (<i>Vitis vinifera</i>)	2,50	1,58
Орех грецкий (<i>Juglans regia</i> L.)	0,57	—
Лох узколистный (<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.)	1,95	—
Дуб грузинский (<i>Quercus iberica</i> Stev.)	2,50	3,10
Дуб имеретинский (<i>Q. imeretina</i> Stev.)	2,86	0,71
Клен американский (<i>Acer negundo</i> L.)	5,20	1,03
Ясень (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	7,90	5,92
Граб кавказский (<i>Carpinus caucasica</i> Gros.)	3,25	3,25
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	0,76	—
Древесные хвойные		
Сосна эльдарская (<i>Pinus eldarica</i> Medw.)	11,20	8,70
Сосна приморская (<i>Pinus pinaster</i> Sol.)	1,57	6,40
Сосна черная (<i>Pinus nigra</i> Arn.)	4,25	3,73
Пихта кавказская (<i>Abies nordmanniana</i> Spach.)	0,55	11,20
Кедр гималайский (<i>Cedrus deodora</i> Laws.)	1,96	11,30
Контроль	{ 0,42 0,45	{ 0,38 0,40

* У травянистых растений обогащение определялось в листьях (I) и корнях (II); у древесных лиственных — в листьях (I) и стеблях (II); у древесных хвойных — в хвое (I) и стеблях (II).

Меченый азот из листьев передвигается в стебли и всасывающие корни. Распределение тяжелого азота между органами растения показывает, что растения отличаются и по передвижению метаболизированного $^{15}\text{NO}_2$ в стебли и корни. Например, высокое содержание ^{15}N оказалось в стеблях сосны эльдарской и приморского ясеня, пихты кавказской и кедра гималайского. Эксперименты показали, что двуокись азота усваивается также корнями и зелеными побегами растений.

Двуокись азота, по-видимому, в растении превращается в соли азотной и азотистой кислот и затем восстанавливается до аммиака. Следует принять во внимание, что двуокись азота индуцирует нитратредуктазу листьев (^{14}). Аммиак, как известно, может принять участие в биосинтезе аминокислот. Листья из воздуха поглощают аммиак и используют его при образовании аминокислот (^{11} , ^{12}).

Азот окисла, восстановленный листьями, включается в аминокислоты (табл. 2). Обогащение тяжелым азотом аминокислот у разных растений

различное. Особенно высокообогатненными тяжелым азотом оказались: у яблони — аланин, глутаминовая кислота, тирозин и валин, в листьях шелковицы — аланин, тирозин, фенилаланин и лейцин, а у лоха узколистого — глутаминовая и аспарагиновая кислоты.

При поглощении двуокиси азота листьями каждый вид растения образует свойственный ему набор аминокислот и к тому же для первичного включения восстановленного азота используются преимущественно разные кетокислоты.

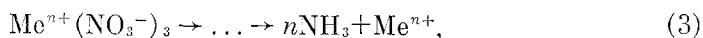
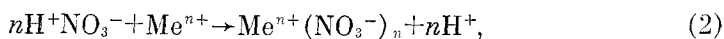
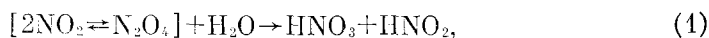
Таблица 2

Обогащение ^{15}N свободных аминокислот листьев при поглощении $^{15}\text{NO}_2$ из воздуха (концентрация 0,22 мМ, экспозиция 30 мин., 26°, в темноте)

Аминокислоты	Яблоня		Шелковица		Виноградная лоза		Лох узколистый	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Цистин	10	4,45	5	—	—	—	15	—
Лизин	15	1,48	—	—	10	—	5	—
Гистидин	15	1,37	10	0,90	5	—	10	1,70
Аргинин	20	0,66	—	—	—	—	330	1,90
Аспарагин	50	2,48	30	1,64	—	—	—	—
Глутамин	55	2,50	30	2,26	—	—	330	12,70
Аспарагиновая кислота	190	1,33	80	1,23	95	2,10	660	27,30
Глутаминовая кислота	90	11,10	45	2,25	150	2,63	540	0,61
Аланин	100	26,70	225	9,10	20	2,44	230	7,00
Пролин	—	—	—	—	160	—	660	—
γ-Аминомасляная кислота	—	—	—	—	110	—	170	—
Тирозин	60	8,80	660	5,90	100	3,73	660	0,58
Метионин	—	—	—	—	10	2,15	—	—
Валин	10	7,30	140	2,44	10	1,32	20	2,00
Фенилаланин	5	1,77	10	4,10	30	1,54	120	2,20
Лейцин	5	1,80	5	4,10	10	1,68	20	1,28
Контроль	—	0,38	—	0,40	—	0,39	—	0,39

Примечание. I — содержание аминокислот, мкг/г сухого материала, II — обогащение аминокислот ^{15}N , %.

Процессы усвоения и превращения двуокиси азота из воздуха растениями можно представить следующими основными реакциями:



В реакциях нейтрализации азотной кислоты в основном могут принять участие ионы калия и натрия. Интенсивность поглощения двуокиси азота растениями, как видно из последовательности реакции, обуславливается не только реакцией нейтрализации, но также и процессами восстановления и включения восстановленного азота в биосинтез аминокислот. Приведенная схема превращения показывает, что усвоение и превращение двуокиси азота будут тесно связаны с физиологическим состоянием растения и внешними факторами его жизнедеятельности.

Окислы азота NO , NO_2 , N_2O_3 и N_2O_5 выбрасываются в воздух разными химическими предприятиями и автотранспортом. Окись азота (NO) окисляется кислородом воздуха до двуокиси, а NO_2 , N_2O_3 и N_2O_5 легко растворяются во влаге, содержащейся в воздухе, образуя аэрозоль азотной и

малоустойчивой азотистой кислот (²). Поэтому проведенные нами эксперименты на ¹⁵NO₂ дают возможность заключить, что растения могут поглощать и превращать в виде азотной и азотистой кислот не только NO₂, но и NO, N₂O₃ и N₂O₅, т. е. практически все окислы азота.

При значительном процентном содержании окислов азота в воздухе их усвоение и превращение листьями, по-видимому, могут сыграть определенную роль и в азотном балансе растения.

Для очистки воздуха от окислов азота растениями существенное значение будет иметь также поверхность листового и хвойного покровов, период вегетации и общая зеленая биомасса на 1 га насаждения. Растения, интенсивно поглощающие и превращающие окислы азота и дающие большую биомассу, могут быть применены для очистки воздуха.

Институт биохимии растений
Академии наук ГрузССР
Тбилиси

Поступило
14 X 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. П. Красновский, Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые сортаменты, Горький, 1950. ² Г. М. Илькун, Газоустойчивость растений, Киев, 1971. ³ С. В. Дурмишидзе, Д. Ш. Угрехелидзе, ДАН, т. 184, № 1, 228 (1969). ⁴ С. В. Дурмишидзе, Д. Ш. Угрехелидзе, Сб.: Физиолого-биохимические взаимодействия растений в фитоценозах, Киев, 1973, стр. 7. ⁵ С. В. Дурмишидзе, Д. Ш. Угрехелидзе и др., ДАН, т. 184, № 2, 466 (1969). ⁶ С. В. Дурмишидзе, Д. Ш. Угрехелидзе, А. Н. Джикия, Прикладная биохимия и микробиология, т. 10, № 5, 673 (1973). ⁷ С. В. Дурмишидзе, Сб.: Биохимия растений, Тбилиси, «Мецниереба», 1973, стр. 178. ⁸ С. В. Дурмишидзе, Д. Ш. Угрехелидзе, А. Н. Джикия, Физиол. и биохим. культурн. раст., т. 6, № 3, 271 (1974). ⁹ С. В. Дурмишидзе, Т. В. Девдариани и др., ДАН, т. 218, № 6, 1468 (1974). ¹⁰ С. В. Дурмишидзе, Расщепление ароматического кольца некоторых экзогенных соединений в растениях, Тбилиси, «Мецниереба», 1975. ¹¹ С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Нуцубидзе, Сообщ. АН ГрузССР, т. 59, № 2, 457 (1970); т. 60, № 1, 197 (1970). ¹² Н. Н. Нуцубидзе, Ассимиляция азота виноградной лозой, Тбилиси, «Мецниереба», 1974. ¹³ Ж. В. Успенская, В. Л. Кротович, Сб.: Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений, М.—Л., 1962. ¹⁴ А. J. Leevert, Acta Bot. Neer., v. 23, 3, 345 (1974).