

Тема 6. Минеральное питание растений.

Цель: изучить механизмы поступления и транспорта минеральных веществ по растению, особенности азотного обмена в растении, физиологические основы применения удобрений.

Вопросы для рассмотрения.

1. История учения элементов о минеральном питании.
2. Химические элементы, входящие в состав растения.
3. Механизм поступления и передвижения питательных веществ.
4. Почва как источник питательных веществ.
5. Особенности питания растений азотом.
6. Усвоение молекулярного азота.
7. Гетеротрофный способ питания растений.
8. Физиологические основы применения удобрений.
9. Проблемы накопления нитратов в растении.

Минеральное питание



Совокупность процессов
поглощения, передвижения и
усвоения химических
элементов растениями из
ПОЧВЫ

История учения о минеральном питании

- ❖ Первый этап – эмпирический. Растение строит свое тело из «соков земли» (Аристотель)
- ❖ Первый физиологический эксперимент был проведен Я.Б. Ван Гельмонтом в 1629 г. — «водная теория».
- ❖ А. Тэером (XVIII — XIX в.) – «гумусовая теория» питания растений.
- ❖ А.Т.Болотов (1770) наметил основные принципы питания растений.
- ❖ Швейцарец Н.Т.Соссюр (1804) установил, что почва снабжает растения азотом и минеральными элементами.
- ❖ Французский агрохимик Ж.Б. Буссенго (1837) показал, что растения можно выращивать и на чистом песке, если вносить в него минеральные соли (золу и селитру).
- ❖ Немецкий химик Ю.Либих (1840) обосновал теорию минерального питания растений («закон минимума», «закон возврата»).
- ❖ И.Кноп и Ю. Сакс (1859) (7 элементов — N, P, S, K, Ca, Mg, Fe)
- ❖ С. Н. Виноградский.
- ❖ Русские ученые П.А.Костычев и В.В.Докучаев разработали основы научного почвоведения. Советский агрохимик К.К.Гедройц обосновал *учение о почвенном поглощающем комплексе(ППК)*.
- ❖ Д. А. Сабинин (механизмы корневого питания)
- ❖ Д.Н. Прянишников (метаболизм азота в растении)

- Для растения необходимы 7 элементов минерального питания: N, P, S, K, Ca, Mg и Fe. Позже была установлена потребность растений еще в 5 элементах: Cu, Mn, Mo, Zn и B.
- Эти элементы играют определенную роль в обмене веществ всех растительных организмов и при отсутствии одного из них жизнь была бы невозможна.

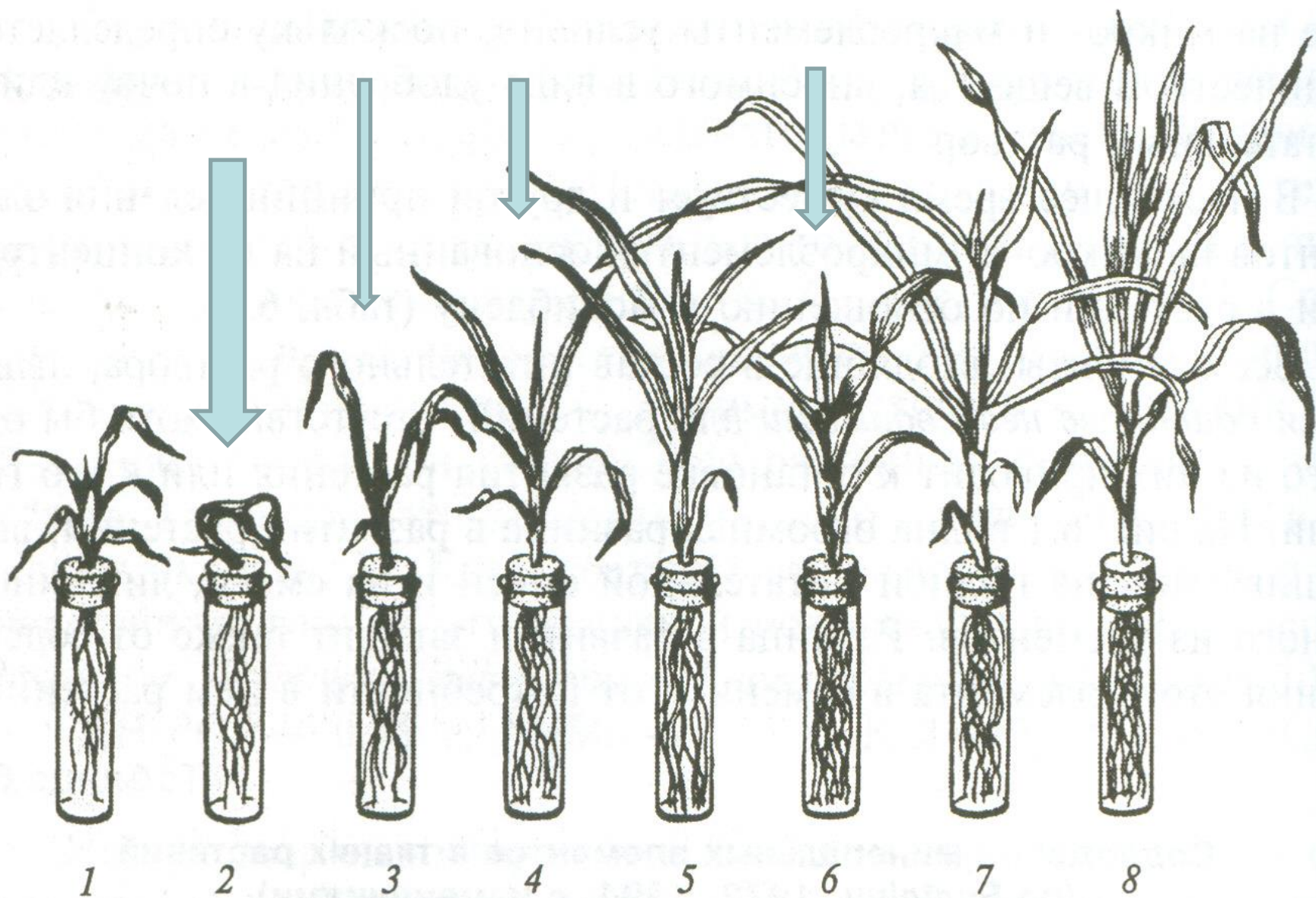


Рис. 6.1. Выращивание растений на полной питательной смеси и с исключением отдельных элементов (водная культура):

1 — дистиллированная вода; 2 — все соли, кроме калия; 3 — кроме кальция; 4 — кроме азота; 5 — кроме фосфора; 6 — кроме магния; 7 — кроме железа; 8 — полная питательная смесь

Химические элементы, входящие в состав растения — основных 19

Органогены:

- С (45%),
- О (42%),
- Н (6,5%),
- N (1.5 %).

95%

Зольные:

- **Макроэлементы** (0,01% в золе) — **структурная** (P, S, Ca, Mg и др.)
и **регуляторная** (H⁺, K⁺, Na⁺) функции;
- **Микроэлементы** (0,001% и ниже в золе):
Mn, Cu, Zn, Co, Mo, B, Cl

Правило Арнона, согласно которому элемент признается необходимым в случае, когда:

- 1) растение без него не может закончить своего жизненного цикла;
- 2) другой элемент не может заменить функцию изучаемого элемента;
- 3) элемент непосредственно включен в метаболизм растения.

Наиболее богаты минеральными элементами семена и листья, у которых зола может составлять от 2 до 15% от массы сухого вещества. Минимальное содержание золы (0,4—1%) обнаружено в древесных стволах.

Причины и признаки заболеваний растений

Новые листья

Дефицит азота (очень маленькие белые/желтые листочки)

Дефицит кальция (пожелтение краев листьев)

Старые листья

Нормальные листья

Дефицит железа (пожелтение всего листка)

Дефицит фосфата (старые листья желтые, отмирают некоторые части, листки опадают очень быстро, выглядят так же как на ранней стадии дефицита азота)

Дефицит магния (темные прожилки на посветлевших листьях)

Дефицит калия (появление дырочек с пожелтевшими краями на поверхности листьев, сами листья выглядят нормально)

Ранние признаки дефицита азота (старые листья желтеют от начала листка к стеблю)



Признаки заболеваний растений при голодании по элементам питания

Элемент	Симптомы недостаточности
N	Слабый рост, карликовость. Преждевременное пожелтение более старых листьев, их некротические концы.
P	Задержка цветения, отсутствие роста, фиолетовая окраска листьев и стеблей, тенденция к скручиванию и перевертыванию листьев.
K	Белые и бурые пятна, рваный край листа, дырки, отверстия в листе, краевой ожог листьев (запал). По мере возрастания дефицита элемента повреждения увеличиваются.
Cu	Бледно-желтая окраска листьев или полосатые закрученные листья. Вдоль краев листьев хлороз с последующим некрозом.
S	Сходны с симптомами азотной недостаточности. Отставание в росте растений. Окраска листьев от бледно-зеленой до кремовой и желтой. При голодании по сере отсутствует характерный признак азотистого голодания – общее пожелтение всего растения.
Mg	Белые или желтые пятна на листьях сливаются, лист буреет и отмирает. При глубоком дефиците листья узкие, по цвету – красные, оранжевые, пурпурные. Наблюдается слабый рост и межжилковый хлороз старых листьев.
Ca	Гофрированные, сморщенные листья с некротическими зонами. Отсутствие верхушечных почек. Нарушение роста связанного с делением и растяжением клеток.
Fe	Бледно-желтая окраска ткани листьев между жилками у молодых листьев, жилки остаются зелеными. Хлороз. Малая мощность растения, неурожай. Старые листья поражаются позже сходным образом.
Mn	Однородная желтизна старых и молодых листьев, а также верхушечной почки.

Интенсивность поглощения их зависит:

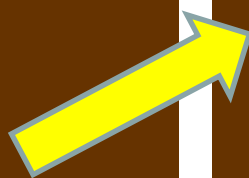
- от степени развития корневой системы;
- от формы элементов питания;
- от актуальной кислотности (pH) почвенного раствора,
- буферной его емкости,
- концентрации,
- уравновешенности (степень сбалансированности разновалентных ионов).

Актуальная кислотность почвы

Способность клеточных стенок корневых волосков адсорбировать и десорбировать определенные ионы

- Для каждого вида растений свойственен определенный диапазон рН, при котором он лучше всего поглощает элементы. Например, люпин, рожь и ячмень предпочитают рН 4,0—7,0; овес и картофель — 4,0—8,0 и т.д.

Аллелопатия



- Сами растения активно воздействуют на рН почвенного раствора, т.к. выделяют вещества кислой или щелочной природы, поглощают анионы и катионы (первые — в кислой, вторые — в щелочной среде), а также избирательно извлекают их из тех или иных солей .

Буферность — способность противостоять резкому смещению значения pH.


- Это обусловлено наличием в ней одновременно кислых и щелочных солей (KH_2PO_4 и K_2HPO_4).




Благодаря буферности почвенного раствора сдвиги его pH, вызываемые поступлением в почву выделений микроорганизмов и корней растений, а также удобрений обычно выравниваются.


Поступление ионов в корень зависит от их концентрации в почвенном растворе.

При умеренной концентрации

 ионы поглощаются корнем, как правило, избирательно

 Слишком высокая концентрация вещества в почвенном растворе может вызвать обратный отток воды из клеток корневых волосков в почву, что сопровождается увяданием и гибелью растения

При высокой концентрации

 ионы начинают бесконтрольно поступать в корни в неограниченном количестве, не успевают связываться в тканях растений и оказывают на различные процессы жизнедеятельности клетки токсическое влияние.

Способность растения поглощать элементы минерального питания определяется количественным соотношением в почве разновалентных ионов, например одно-, двух- и трехвалентных (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+}).



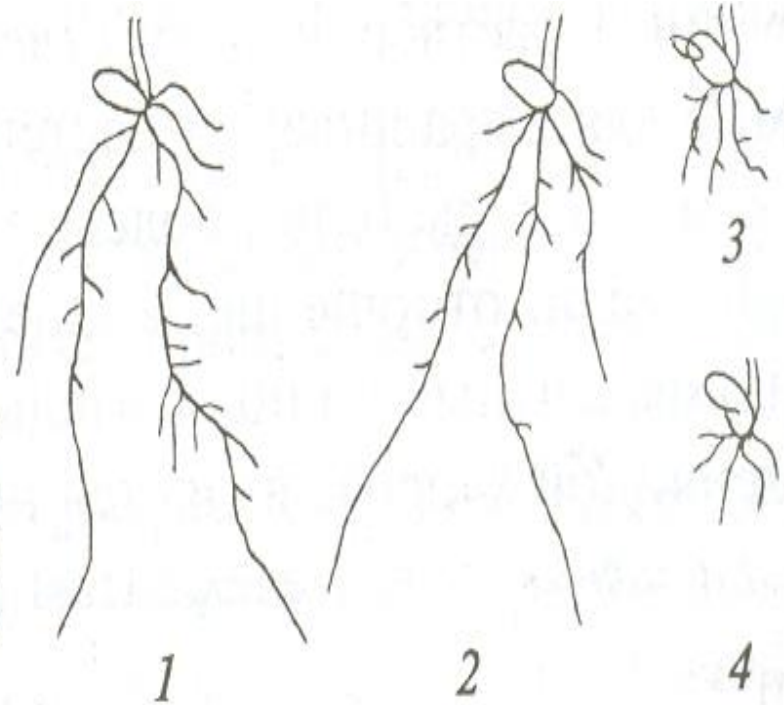
Антагонизм (от греч. *anti* — против, *agonizomai* — борюсь) — это взаимное торможение поступающих одноименно заряженных ионов (например, между K^+ и Ca^{2+} , Na^+ и K^+). Тип взаимодействия, при котором физиологический эффект действия смеси солей меньше, чем эффект от действия каждой соли, взятой в отдельности.

- Если количество ионов-антагонистов в растворе сбалансировано, он считается **уравновешенным**.

Рост корней пшеницы на растворах, содержащих смесь солей и одну соль

Рис. 6.7. Рост корней пшеницы на растворах, содержащих смесь солей или одну соль:

1 — на полном уравновешенном растворе ($\text{NaCl} + \text{KCl} + \text{CaCl}_2$); 2 — на не вполне уравновешенном растворе ($\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$); 3 — на чистом растворе CaCl_2 ; 4 — на чистом растворе NaCl (из Остергаута, 1938)



Поглощение ионов из почвенного раствора

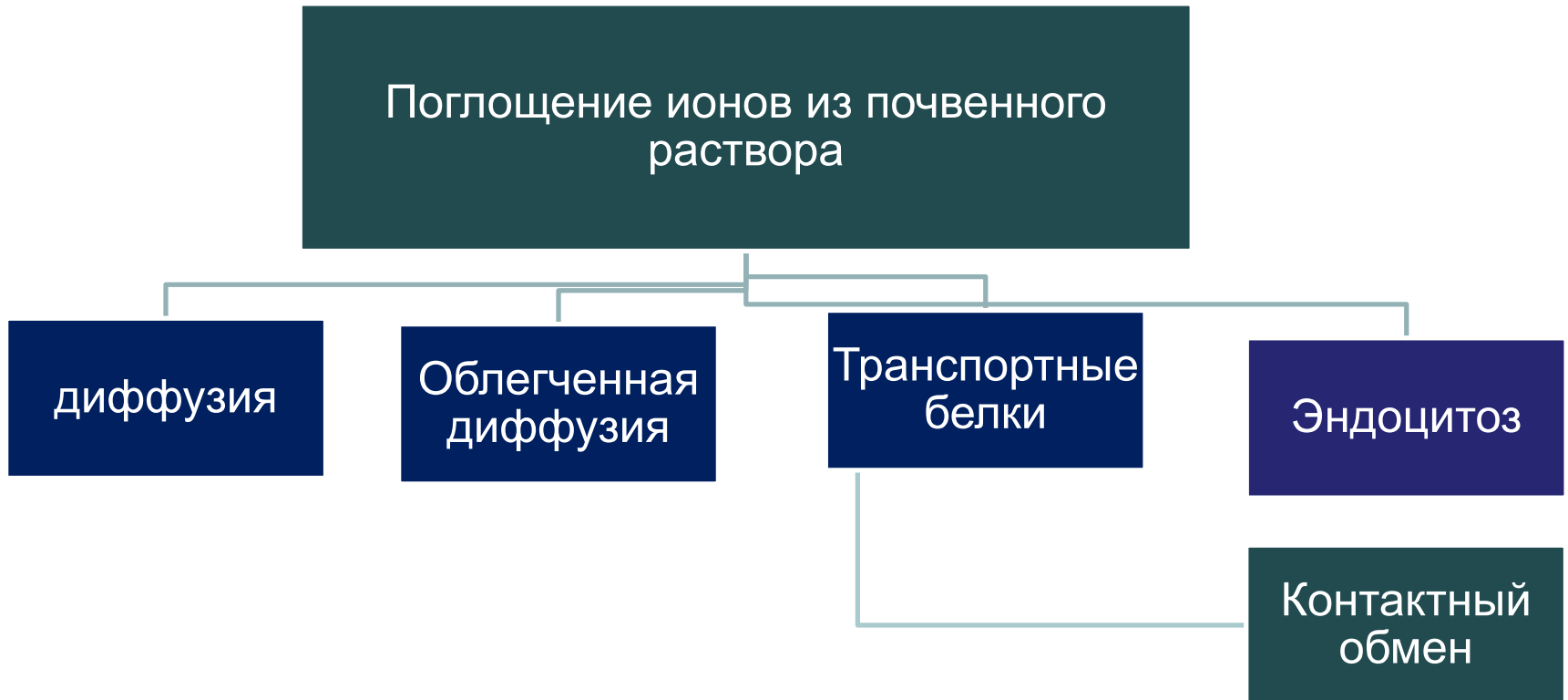
диффузия

Облегченная
диффузия

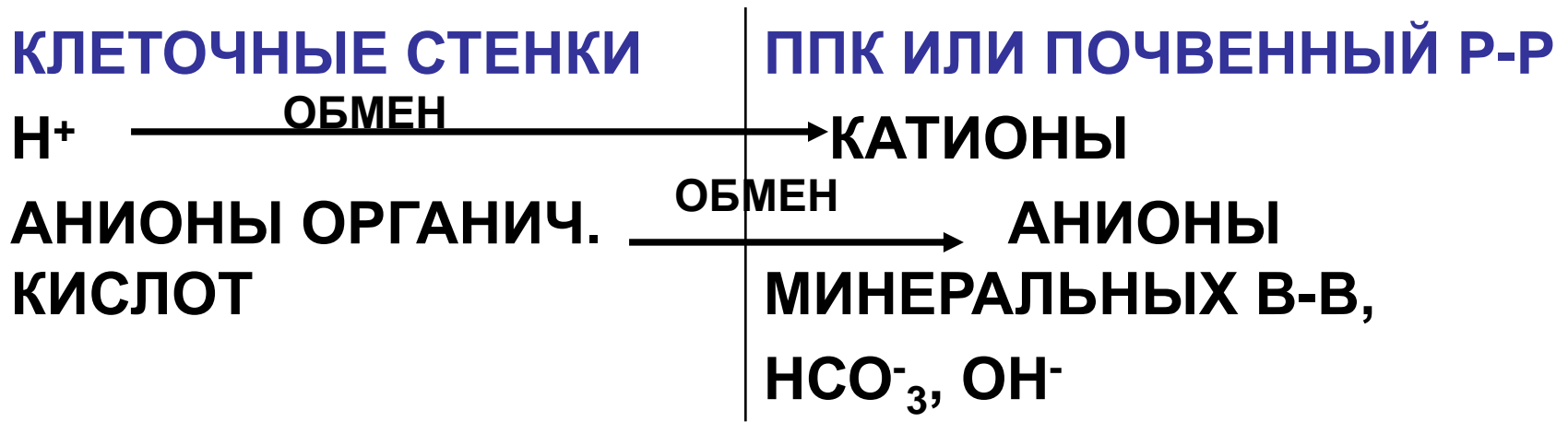
Транспортные
белки

Эндоцитоз

Контактный
обмен



ПОГЛОЩЕНИЕ ИОНОВ

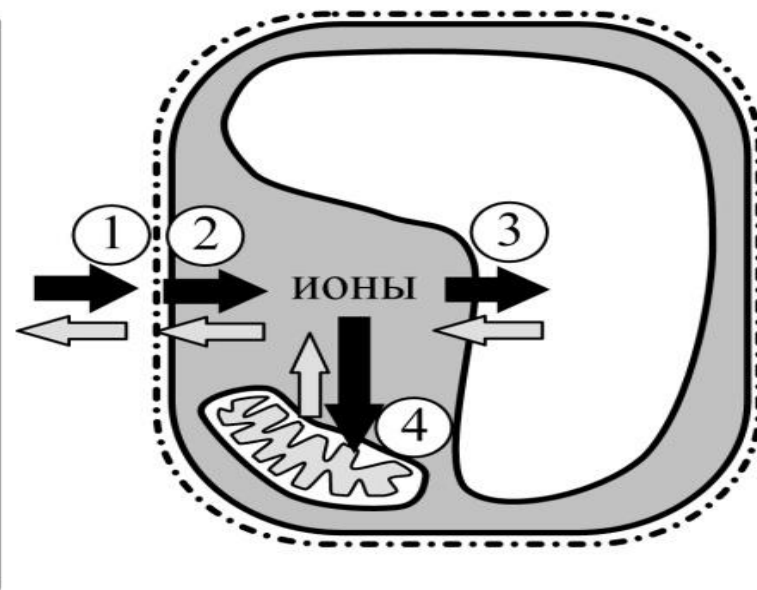


В **ППК** – ЕДИНАЯ КОЛЛОИДНАЯ СИСТЕМА.
ПРОЦЕСС ОБМЕННОЙ АДСОРБЦИИ В **КСП**

Поступление элементов минерального питания в растительную клетку

Ионы:

K^+	Na^+	NH_4^+
Ca^{2+}	Mg^{2+}	
NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
PO_4^{3-}	Zn^{2+}	
$Fe^{2+/3+}$	$Cu^{+/2+}$	
Mn^{2+}	MoO_4^{2-}	
Co^{2+}		



Транспорт ионов в растительную клетку:

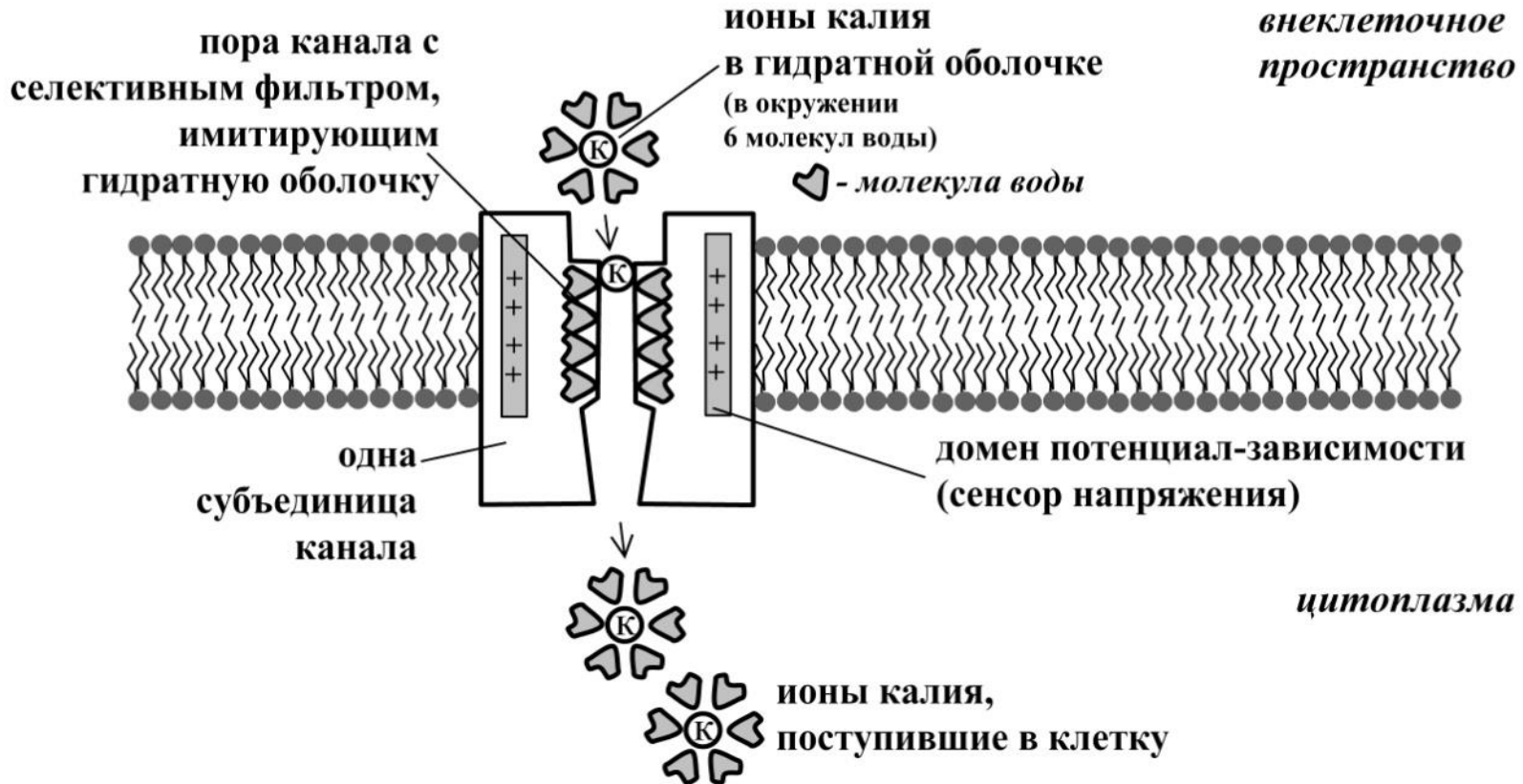
- 1 - взаимодействие с анионными локусами в клеточной стенке
- 2 - переход через плазматическую мембрану в цитоплазму
- 3 - переход через тонопласт в вакуоль
- 4 - переход через эндомембраны внутрь органелл

➡ ВХОДЯЩИЙ ПОТОК
⬅ ВЫХОДЯЩИЙ ПОТОК

Схема строения катионного канала мембран растений, проницаемого для ионов K^+



В 2003 г. Фредерик Маккиннон получил Нобелевскую премию по химии



Различают следующие типы активного транспорта минеральных веществ:

1) первичный активный транспорт – трансмембранный векторный перенос иона происходит непосредственно в ходе энергетического превращения в АТФазных системах:

а) электрогенный активный транспорт;

б) электронейтральный активный транспорт;

2) вторичный активный транспорт происходит, когда в качестве энергетического источника используются градиенты других ионов, например, электрохимический градиент H^+ для транспорта K^+ через K^+ - H^+ -симпортер

H^+ -АТФаза осуществляет активную секрецию протонов из клеток корневой системы –ацидофицирующая активность корневой системы.

Ион-специфичные активные транспортеры участвуют в транспорте практически всех макро- и микроэлементов минерального питания и представляют собой сложные макромолекулярные интегральные мембранные комплексы, имеющие сайт связывания элемента и сайт связывания для иона, который транспортируется в симпорте или антипорте.

Движущей силой ион-специфичных транспортеров является разность электрохимических потенциалов ионов H^+ , Na^+ или K^+ .

Поступление минеральных веществ в растения разделяется на:

- поступление из почвенного раствора или ППК в сосуды корня (радиальный транспорт — РТ),
- передвижение по ним до самых тонких ксилемных окончаний в листьях или др. органах (дальний транспорт — ДТ)
- и выход из них в паренхимные клетки данных органов (ближний транспорт — БТ).

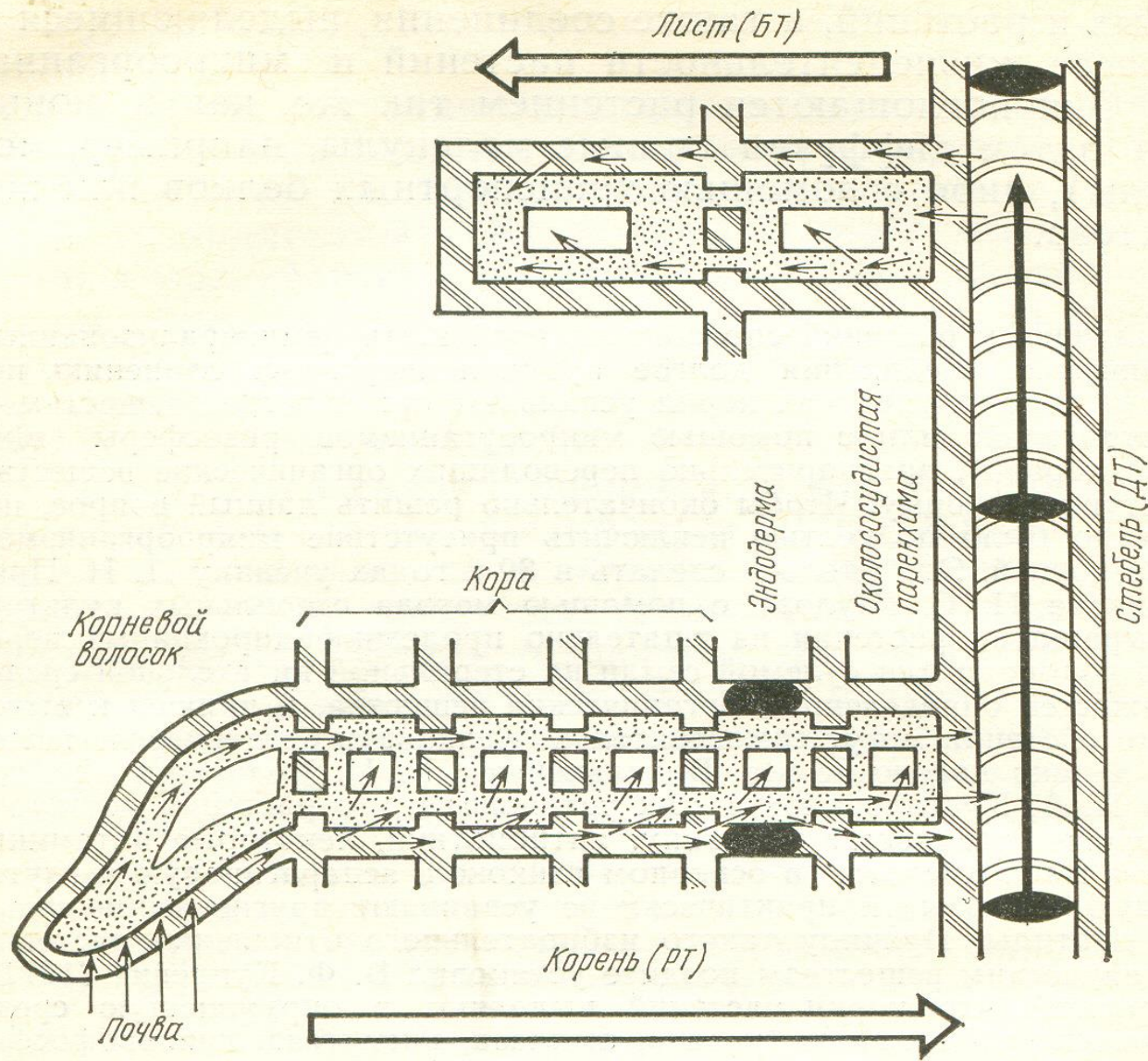


Рис. 41. Этапы перемещения минеральных веществ по растению (из Д. Кларксона, 1978; с изменениями):

заштрихованные зоны — апопласт; заполненные точками — симпласт; незаштрихованные квадраты — вакуоли; пунктирные стрелки — маловероятный путь ионов.

Радиальный транспорт начинается с адсорбции ионов на клеточных стенках корневых волосков (ризодерма).

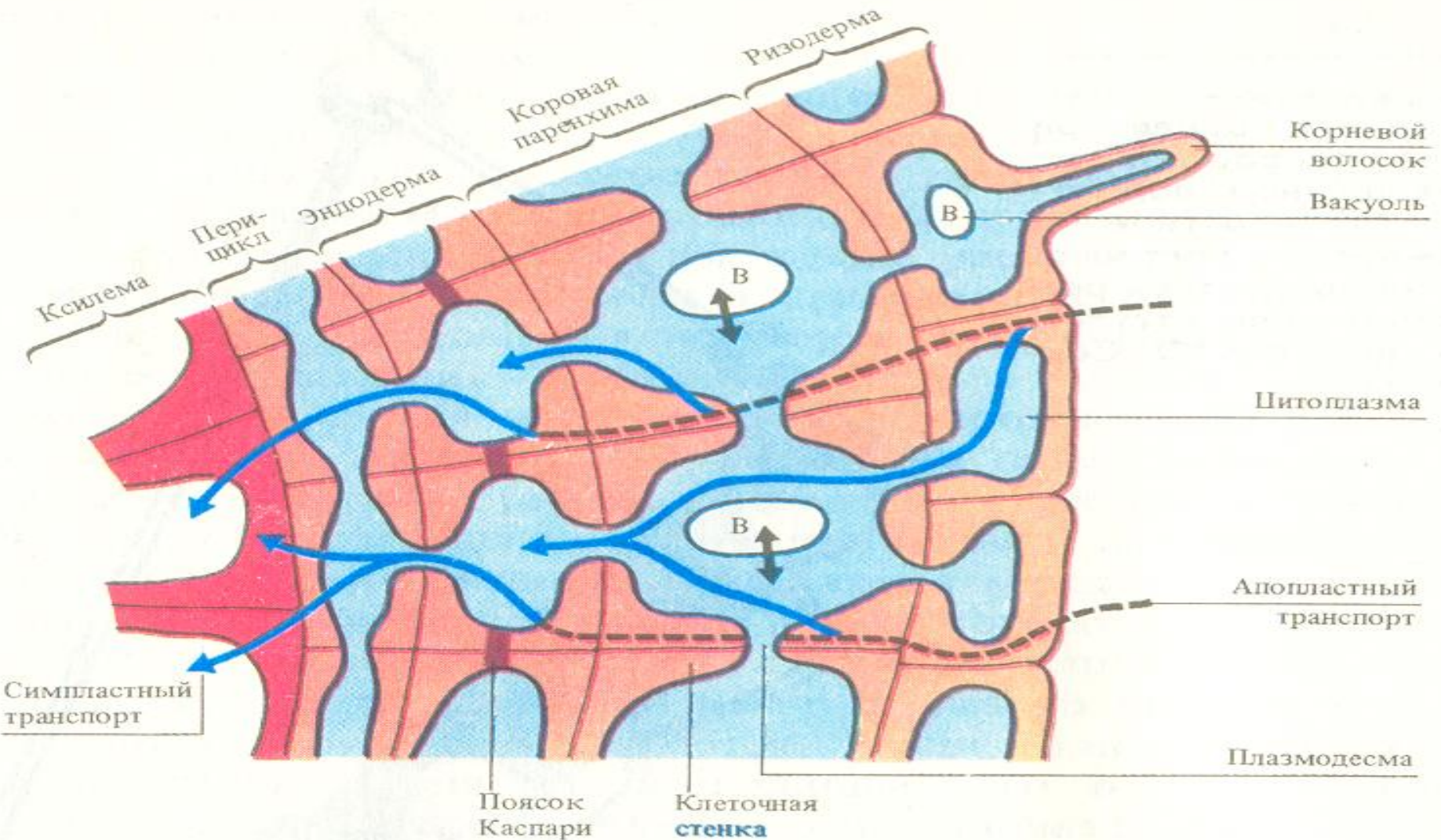
Пути радиального транспорта

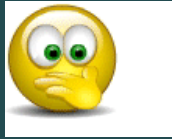
симпласт

апопласт

Трансмембранный
перенос

Радиальный транспорт воды и минеральных солей





Необходимо отметить, что

- ионы на пути следования по симпласту тоже могут включаться в метаболизм цитоплазмы клеток, через которые они проходят.
Особенно активно они вступают в обмен веществ клеток коры, т.к. данная зона,
 - 1. занимает значительный объем корня,
 - 2. клетки ее благодаря рыхлому расположению хорошо аэрируются и поэтому в них происходит интенсивный обмен веществ.

ДТ — с транспирационным током, или независимо от него и даже навстречу ему (в случае оттока из листьев по флоэме, реутилизация).

- **Ближний транспорт**, т.е. выход из ксилемных окончаний сосудисто-волокнистых пучков в свободное пространство или цитоплазму клеток различных органов.

На
передвижение
ионов влияет

```
graph TD; A[На передвижение ионов влияет] --- B[Интенсивность освещения]; A --- C[Влажность воздуха];
```

The diagram consists of three rectangular boxes with rounded corners and a light blue border. The top box is centered and contains the text 'На передвижение ионов влияет'. Two lines extend downwards from the bottom of this box, branching out to the left and right. Each line leads to a second box. The left box contains the text 'Интенсивность освещения' and the right box contains 'Влажность воздуха'. All boxes have a dark teal shadow behind them.

Интенсивность
освещения

Влажность
воздуха

ЗАПАСЫ АЗОТА В БИОСФЕРЕ

1) Связанный азот литосферы ($18 \cdot 10^{15}$ т)

2) Газообразный N_2 ($4 \cdot 10^{15}$ т)

Доступность азота литосферы – 2% от общего запаса

Формы почвенного азота, доступные для растений

1. Аммонийные соли

2. Свободный аммоний

3. Нитраты

Накопление доступного N в почве

Факторы способств. накоплению	Ограничивающие факторы
1. Микробиологическая минерализация органического азота	1. Вымывание из почвы
2. Азотфиксация (химическая и биологическая)	2. Поглощение азота растениями
	3. Денитрификация

Денитрификация – восстановление NO_3 до газообразного N_2 , кот. осущ-ся в естественных условиях анаэробными бактериями денитрификаторами

Почвенные микроорганизмы (С. Н. Виноградский):

- 1) **аммонификаторы**, разлагающие органические азотистые соединения (белки, нуклеиновые кислоты, мочевины и др.) с выделением аммиака;
- 2) **азотфиксаторы** — микроорганизмы, связывающие молекулярный азот;
- 3) **нитрификаторы**, которые, используя кислород, окисляют аммиак до нитратов;
- 4) **денитрификаторы**, превращающие нитраты в молекулярный азот.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗАПАСА АЗОТА В ПОЧВЕ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ:

1. АЗОТФИКСАЦИЯ
 2. МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ
- } БАКТЕРИИ

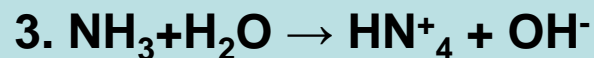
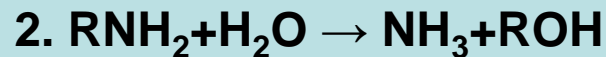
ИСКУССТВЕННЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ:

1. МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ (NH_4^+ и NO_3^-)
2. ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ (БАКТЕРИИ)

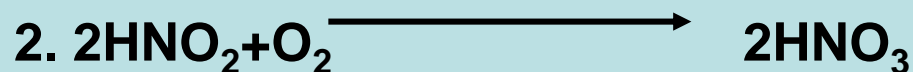
**ПРЕВРАЩЕНИЕ ОРГАНИЧ. АЗОТА В МИНЕРАЛЬНЫЕ ФОРМЫ
(NH_4^+ и NO_3^-) В ПОЧВЕ:**

ОРГ. N ПОЧВЫ \rightarrow NH_4^+ – АММОНИФИКАЦИЯ

3 ЭТАПА: 1. ОРГ. N ПОЧВЫ \rightarrow $\text{RNH}_2 + \text{CO}_2 +$ ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ



$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ – НИТРИФИКАЦИЯ



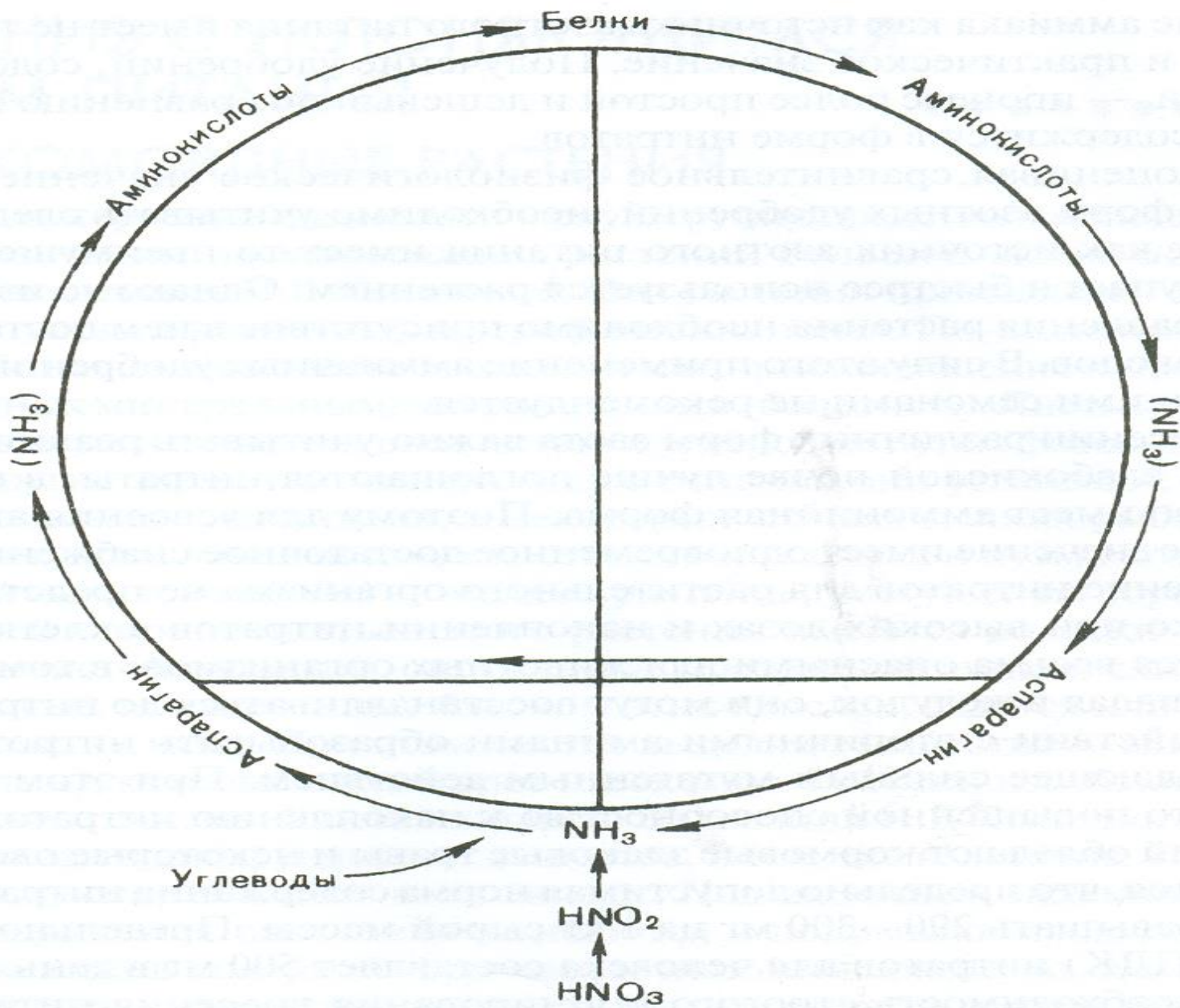


рис. 63

Схема превращения азотистых веществ (по Д.Н. Прянишникову)

Преобразование NO_3^- и NH_4^+ в растениях

NH_4^+ → аминокислоты → белки

NO_3^- → NH_4^+ (восстановление нитратов)

2 этапа:

Mo, Fe

1. NO_3^- → NO_2^- (фермент - нитратредуктаза)

2. NO_2^- → NH_4^+ (фермент - нитритредуктаза)

Доноры H^+ и \bar{e} – **NADH и NADPH**

(источник: дыхание и световые реакции фотосинтеза) + резерв углеводов + источник кетокислот

Химическое (в корнях) и фотохимическое (в листьях)
восстановление нитратов

3 группы растений

- 1) Восстановление NO_3^- только в корнях (сем. Ericaceae, сем. Vacciniaceae, Rhododendron)
- 2) Восстановление только в листьях (сем. Chenopodiaceae, хлопчатник)
- 3) Активность нитратредуктаза велика и в корнях и в листьях (сем. Злаки, сем. Бобовые)

!!!!Автотрофная
ассимиляция N_2

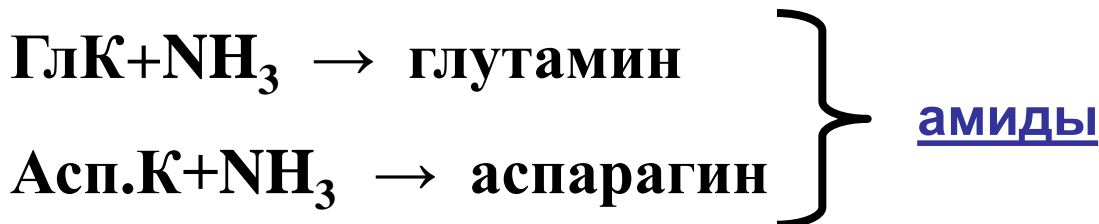
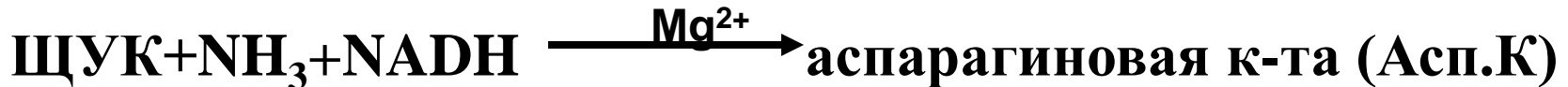
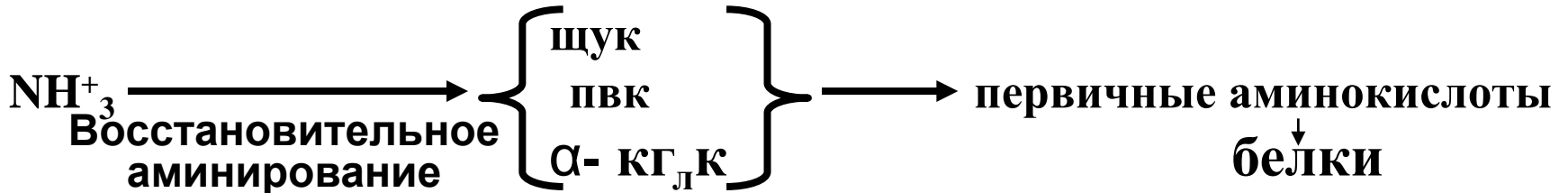
Источники NH_3^+ :

1. NH_4^+ из почвы

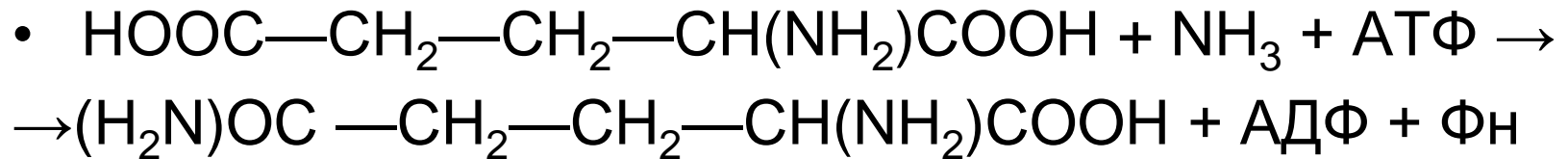
2. $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+$

3. NH_3^+ – в результате распада белков

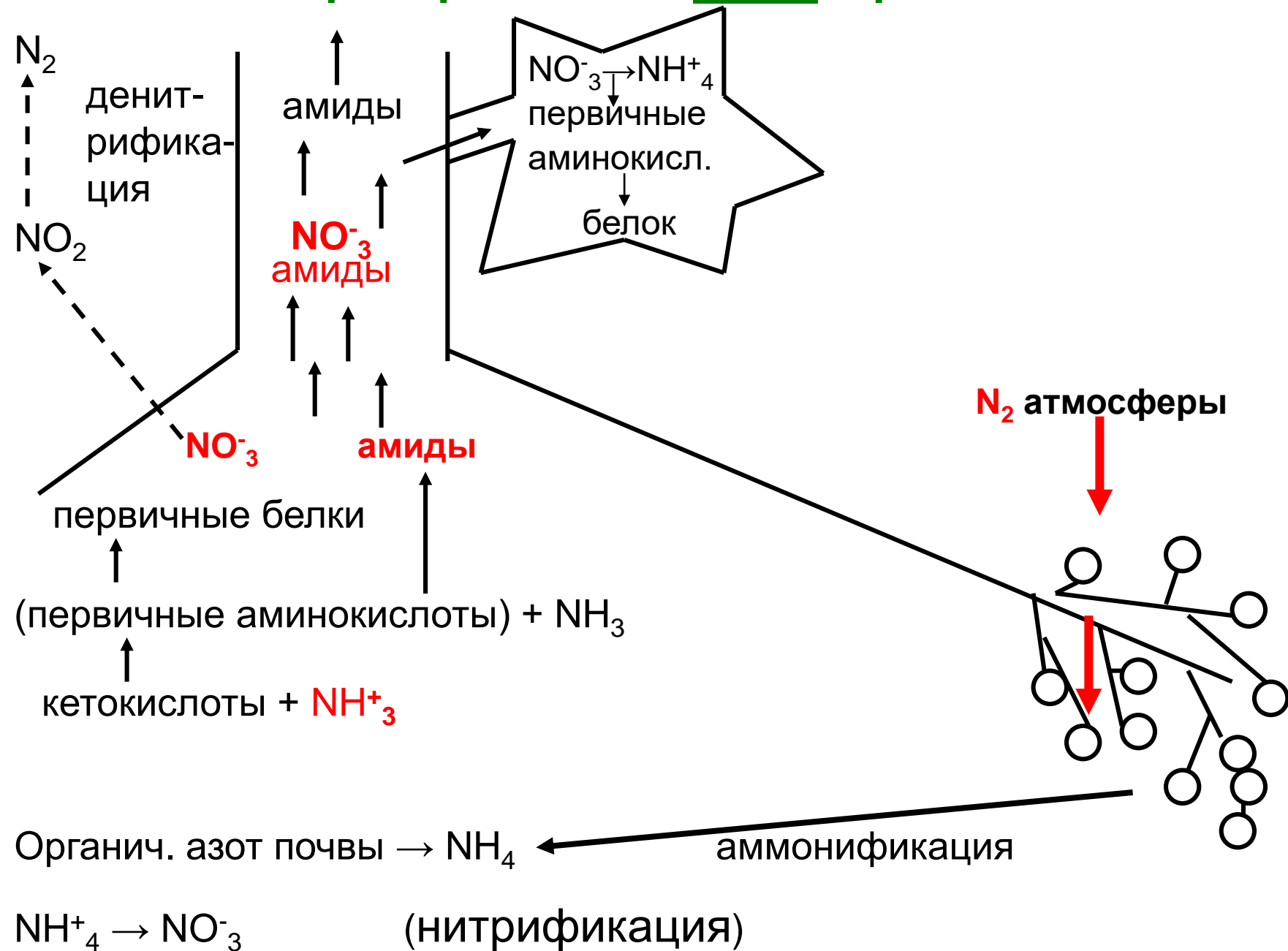
Анаболическая ветвь азотного обмена



Образование амидов (глутамина)



Преобразование азота в растениях



Проблемы накопления нитратов в растении

- Считается, что предельно допустимая норма содержания нитратов в овощах не должна превышать **290—300** мг на 1 кг сырой массы. Предельно допустимое количество (ПДК) нитратов для человека составляет **500** мг в день.
- Попадая в желудок, они могут восстанавливаться до нитритов и далее при взаимодействии с вторичными аминами образовывать **нитрозамин** — вещество, обладающее сильным мутагенным действием.

Азотфиксация

```
graph TD; A[Азотфиксация] --> B[ХИМИЧЕСКАЯ]; A --> C[БИОЛОГИЧЕСКАЯ АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ (17,2x10^7 т/год)]; B --> D[В АТМОСФЕРЕ (1-30кг/га В ГОД)]; B --> E[ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО (t° - 500°, p = 35 МПа)];
```

ХИМИЧЕСКАЯ

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ
АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ
МИКРООРГАНИЗМЫ
(17,2x10⁷ т/год)**

**В АТМОСФЕРЕ
(1-30кг/га В ГОД)**

**ПРОМЫШЛЕННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО
(t° - 500°, p = 35
МПа)**

Организмы, способные к усвоению азота воздуха, можно разделить на группы:

- 1) симбиотические азотфиксаторы — микроорганизмы, которые усваивают азот атмосферы, только находясь в симбиозе с высшим растением;
- 2) свободноживущие микроорганизмы: факультативные аэробные (*Azotobacter chroococcum*) и анаэробные (*Clostridium pasteurianum*);
- 3) ассоциативные азотфиксаторы — микроорганизмы, обитающие на поверхности корневой системы злаков.

К симбиотическим азотфиксаторам относятся:

- 1) клубеньковые бактерии рода *Rhizobium*, живущие в клубеньках корней бобовых растений.
- 2) азотфиксирующие цианобактерии, находящиеся в симбиотических отношениях с маленьким водным папоротником азолла (*Azolla*). Азола способна фиксировать до 0,5 кг азота на га в сутки.
- 3) бактерии из рода актиномицеты — симбионты некоторых деревьев и кустарников (ольха, облепиха и др.).

Формирование бактериоида

- **1. хемотаксическое узнавание.**
- **2. лектин-углеводное узнавание.**
- **3. установление прочных связей.**
- **4. формирование собственно бактериоида**

Бактероид – единая структура, включающая корни растения-хозяина и размножившиеся бактерии, окруженная общей мембраной в форме вздутий (клубеньков) на корнях.

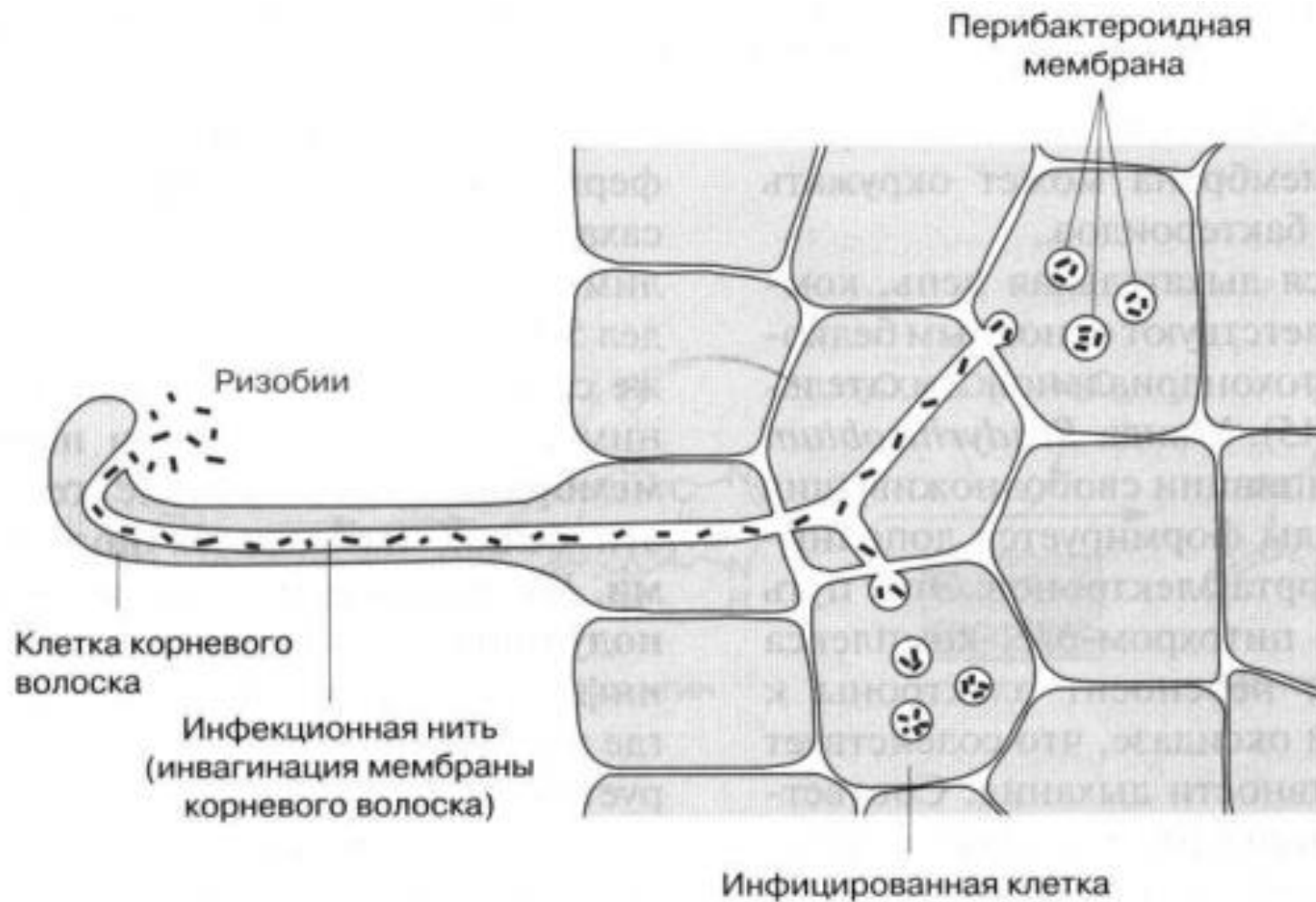


Рис. 11.2. Контролируемое инфицирование клетки хозяина ризобиями начинается при взаимодействии с корневыми волосками. Ризобии индуцируют формирование инфекционной нити, которая образуется путем инвагинации клеточной стенки корневого волоска и выпячивается в клетки коры корня. Таким способом ризобии проникают в клетку хозяина, где они отделяются перибактероидной мембраной от цитозоля растительной клетки. Ризобии растут и дифференцируются в крупные бактериоиды

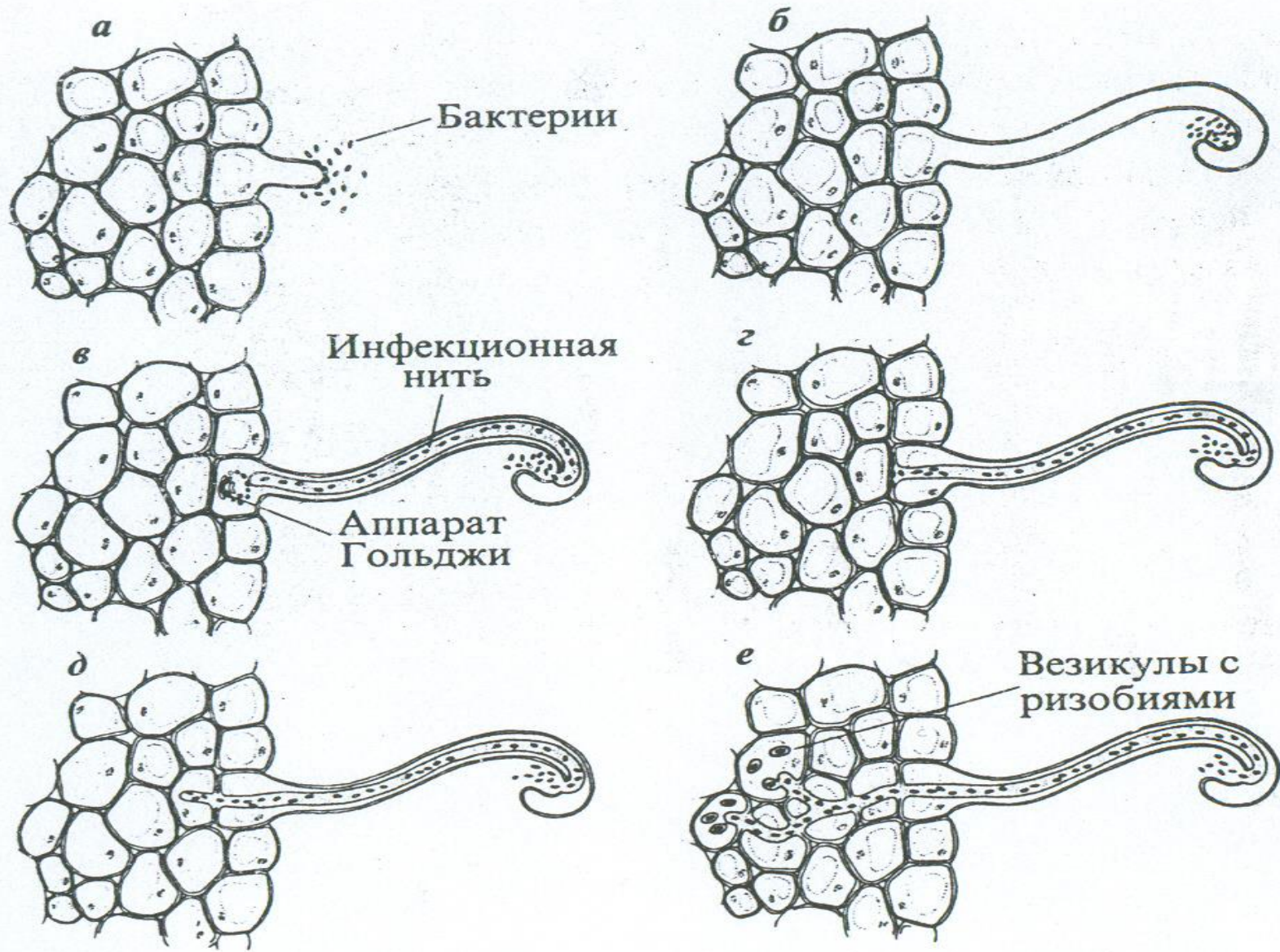


Рис. 5.16. Процесс инфицирования ризобиями клеток коры корня бобовых растений (Taiz, Zeiger, 1998).



Рис. 11.3. Электронномикроскопическая фотография поперечного среза через клубенок *Glycine max* cv. «*Caloria*» (сои), инфицированной *Bradyrhizobium japonicum*. В верхней большой инфицированной клетке видны интактные симбиосомы (С) с одним или двумя бактериоидами на симбиосому. В нижней части среза можно видеть три неинфицированные клетки с ядром (Я), центральной вакуолью (В), амилопластом (А) и пероксисомами (П) (по Е. Mürschel & D. Werner, Марбург)

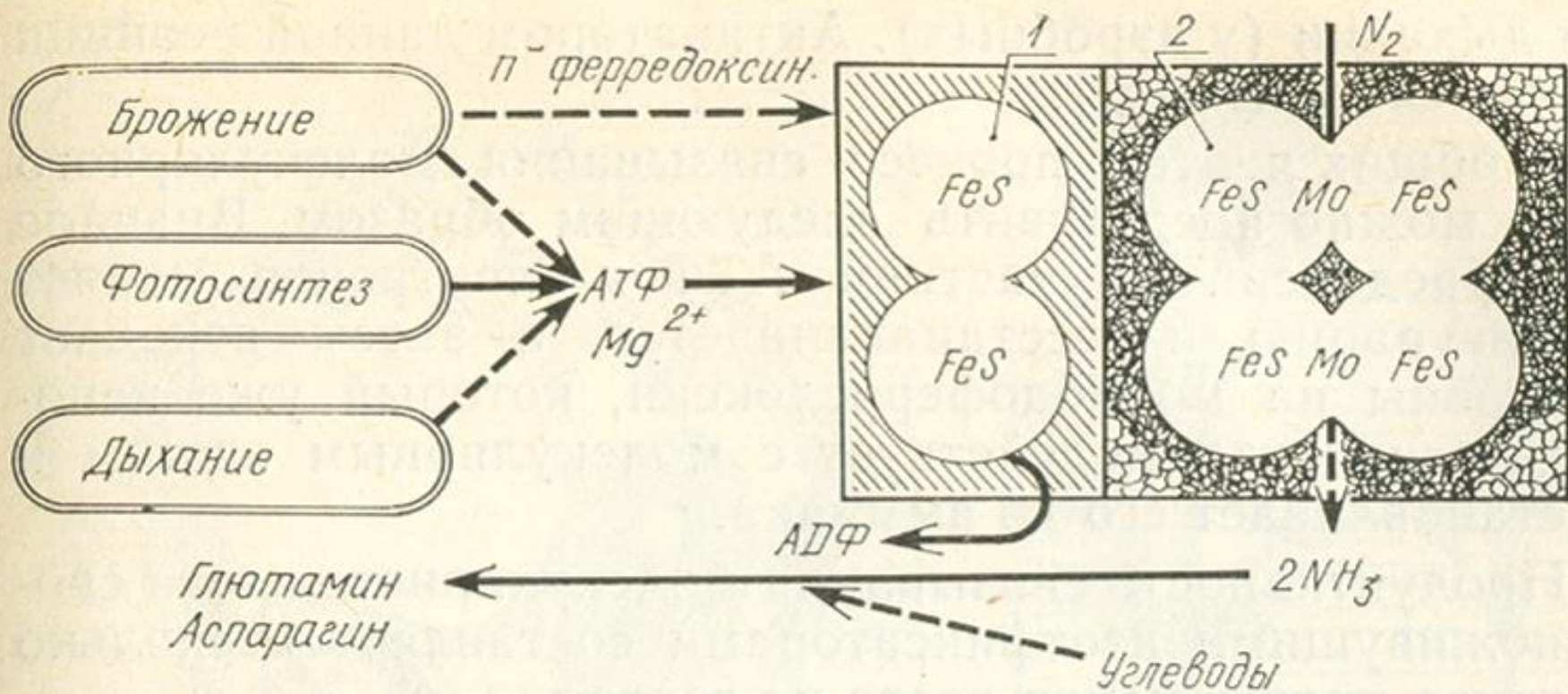
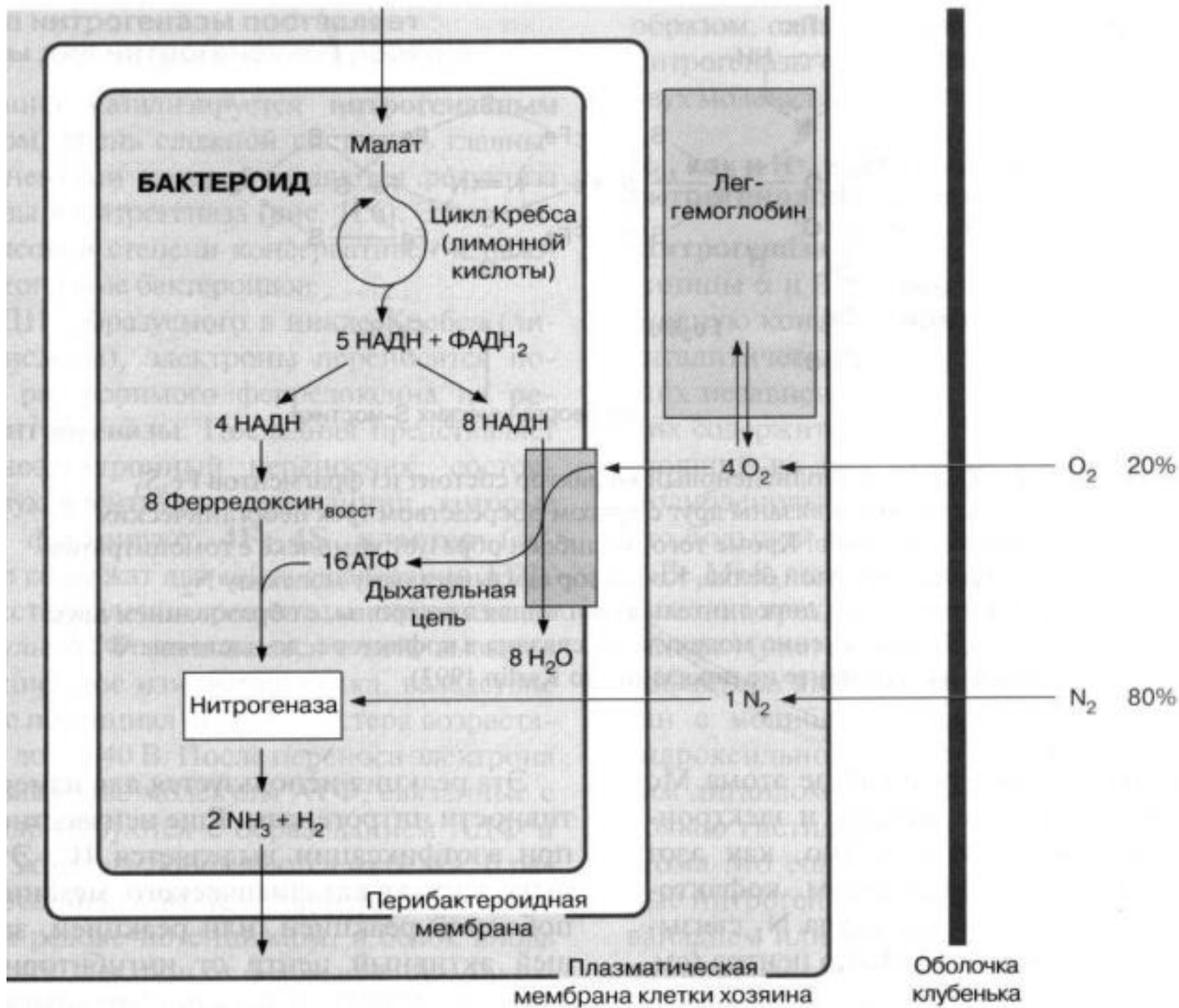


Рис. 42. Восстановление азота до аммиака с помощью нитрогеназы (по В. Л. Кретовичу с сотр., 1983).



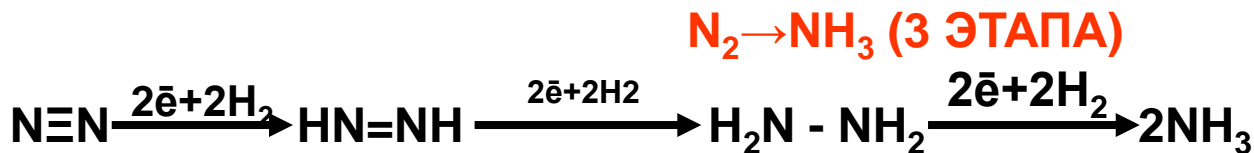


МЕХАНИЗМ АЗОФИКСАЦИИ МУЛЬТИФЕРМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС

НИТРОГЕНАЗА



ИСТОЧНИК H⁺ и e⁻ - ЭТЦ ДЫХАНИЯ (ФЕРРЕДОКСИН)



ИСТОЧНИК АТФ (12 АТФ/N₂)

БРОЖЕНИЕ

(АНАЭРОБНЫЕ
АЗОФИКСАТОРЫ)



ДЫХАНИЕ

(АЭРОБНЫЕ
АЗОФИКСАТОРЫ)

ФОТОСИНТЕЗ

(СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ
ВОДОРОСЛИ)

Эффективность азотфиксации

симбиотической

выше



Ассоциативной
(Azospirillum)

• ниже,

Но

- Продуцируют гормоны роста;
- Защищают от фитопатогенов;
- Разрушают токсические вещества

Физиологические основы применения удобрений

- Величина выноса минеральных элементов зависит:
 - от вида растения и от урожайности,
 - а у одной и той же культуры — от почвенно-климатических условий.
- Овощные культуры, картофель, многолетние травы выносят больше элементов питания, чем зерновые.

Физиологические основы применения удобрений

- *Система удобрений* — это программа применения удобрений в севообороте с учетом растений-предшественников, плодородия почвы, климатических условий, биологических особенностей растений и сортов, состава и свойств удобрений.
- **Баланс пит. в-в:** поступление их в почву, расход на урожай+ непродуктивные потери из почвы.
- *Критические периоды* у растений по отношению к тому или иному минеральному элементу на определенных этапах онтогенеза.
- *Закон минимума* (или *закон ограничивающих факторов*)
- С помощью удобрений можно регулировать не только массу урожая, но и его качество (N — белки, а K и P — крахмал).

Растения паразиты

Заразиха

Присоски+ протеолитические ферменты



Повелика



Петров-крест



Растения полупаразиты

Погремок



Омела



Марьянник

Отсутствие корневых
волосков → гаустории

Насекомоядные растения

Росянка



Пузырчатка





Venus' Flytrap
Dionaea muscipula
This plant has snapping
leaves and is found in North
Carolina, USA

Саррацения

tain the nutrients they need. Whether
g leaves, or slippery pitcher leaves,
ount on insect meals for su



Саррацения



Непентес





АЗОТФИКСАЦИЯ

ХИМИЧЕСКАЯ

1) В АТМОСФЕРЕ

(1-30кг/га В ГОД)

2) ПРОМЫШЛЕННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО

(t° - 500 $^{\circ}$, p = 35 МПа)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ

АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ
МИКРООРГАНИЗМЫ

($17,2 \times 10^7$ т/год)

АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

1. СВОБОДНОЖИВУЩИЕ
CLOSTRIDIUM PASTERIANUM
(1893г. С.Н.ВИНОГРАДСКИЙ)

РОД AZOTOBACTER

РОД BEIJERINCKIA

РОД CLOSTRIDIUM

ЦИАНОБАКТЕРИИ

(1г АЗОТА НА 1м²)

ПОСЕВЫ РИСА

СИМБИОНТЫ

РОД RHIZOBIUM

(ДО 200кг/га)

ИЗ РОДА АКЦИНОМИЦЕТЫ НА
КОРНЯХ :

1. БОБОВЫХ

2. ОЛЬХА

3. ЛОХ

4. ОБЛЕПИХА (190 ВИДОВ)