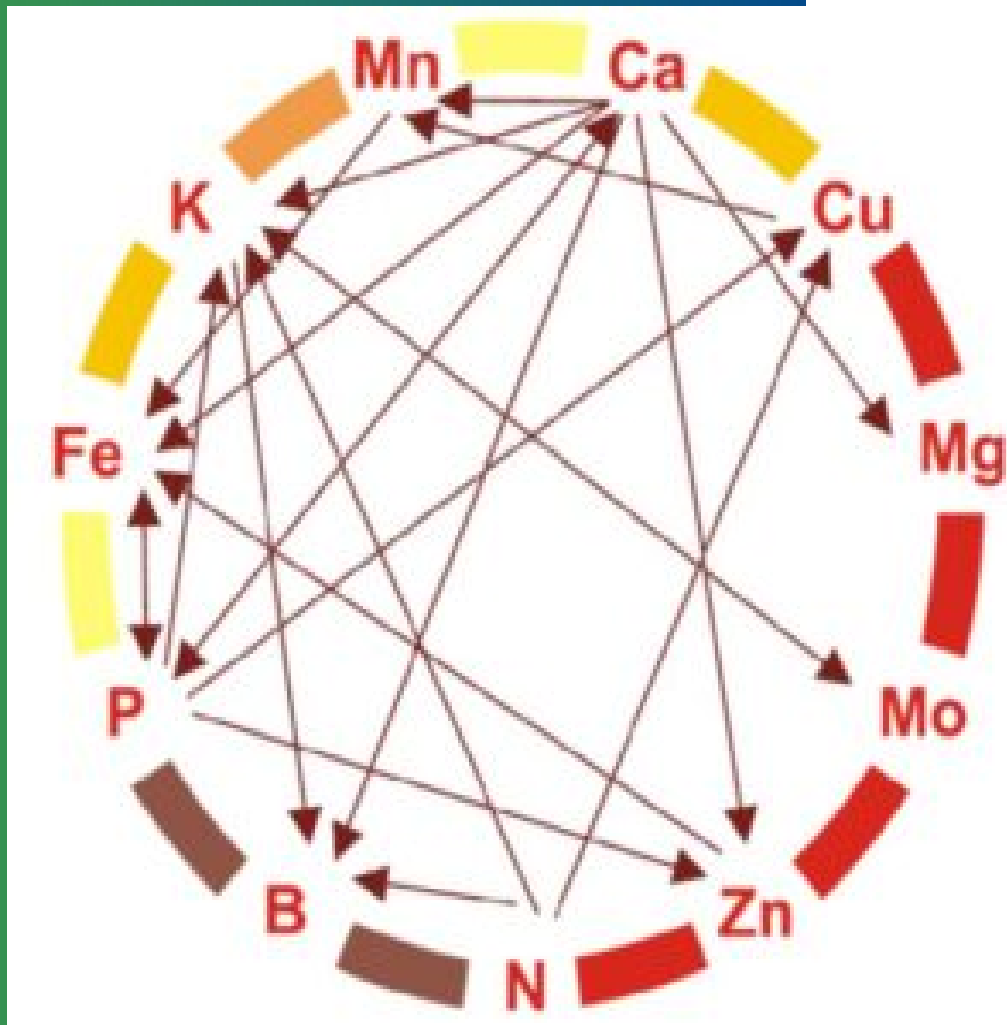


## Антагонизм и синергизм элементов питания (часть 2)

Аканова Наталья Ивановна,  
Главный научный сотрудник  
лаборатории известковых удобрений  
и химической мелиорации ФГБНУ  
«ВНИИ Агрохимии», доктор  
биологических наук, профессор





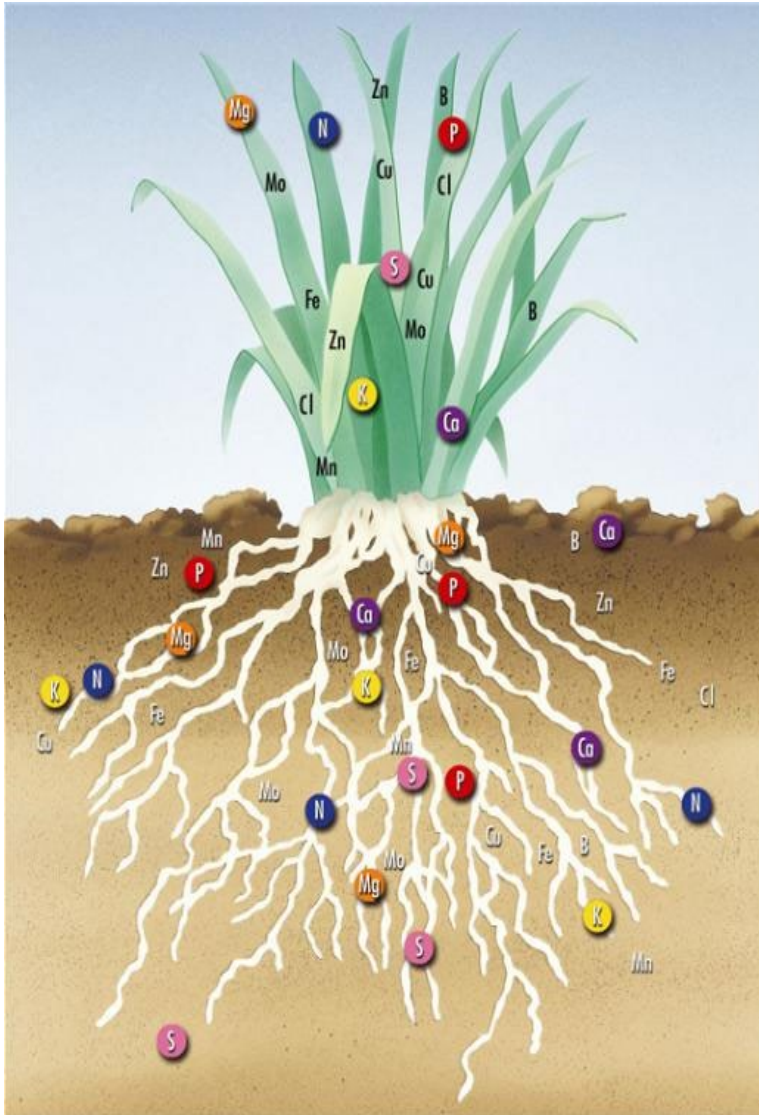


**К необходимым** относятся элементы, без которых растения не могут полностью закончить цикл развития и которые не могут быть заменены другими элементами (H, Na, K, Cu, Mg, Ca, Zn, B, C, N, P, O, S, Mo, Cl, J, Mn, Fe, Co, V).

Элементы, обеспечивающие жизнедеятельность организма, классифицируют по разным признакам — содержанию в организме, степени необходимости, биологической роли, тканевой специфичности и др. По содержанию в организмах элементы делят на

- макроэлементы;
- микроэлементы;
- ультрамикроэлементы

Существует группа условно необходимых элементов – имеются сведения о положительном влиянии их на рост растений и урожайность (Li, Ag, Cd, Al, S, Ti, Pb, Se, Cr, F, Ni).



- Главный способ управления круговоротом и балансом химических элементов в системе почва – растение – применение удобрений.
- Основа эффективности применения удобрений – знание свойств различных видов и форм удобрений, особенности их взаимодействия с почвой, использование удобрений с оптимальным соотношением основных элементов питания, способов и сроков их применения с целью создания наилучших условий питания растений с учетом максимальной окупаемости затрат.

# От чего зависит агрономическая эффективность применения удобрений?

---



- Обеспеченность почв доступными для растений формами элементов питания (азота, фосфора, калия, микроэлементов)
- Агрохимические, агрофизические свойства почв; биологическая активность почв
- Погодные условия
- Дозы, формы, сроки и способы внесения удобрений
- Реакция почвенной среды
- Уровень интенсификации агротехнологий (сорт/гибрид; система защиты от вредителей, болезней, сорняков)
- Предшественник в севообороте



Согласно долгосрочному прогнозу социально-экономического развития РФ на период до 2030 г., намечено значительно увеличить объем производства зерна. Разработан прогноз с учетом трех сценариев: инерционного, базового и оптимистического.

**Инерционный сценарий** характеризуется умеренными темпами роста производства сельскохозяйственной продукции и экономики. Он базируется на сохранении достигнутого уровня почвенного плодородия и использования ресурсо-производственного потенциала агропромышленного комплекса.

**Базовый сценарий** предусматривает дополнительное развитие и усиление инвестиционной направленности в экономику. Он ориентирован не только на сохранение, но и на расширение посевных площадей, без которого невозможно обеспечить население страны продуктами питания, а промышленность сельскохозяйственным сырьем.

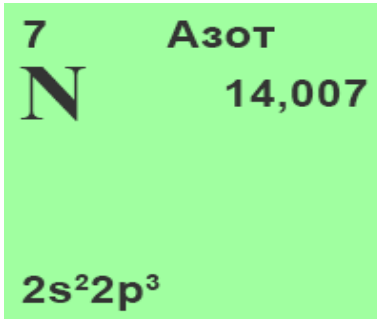
**Оптимистический сценарий** – это реализация мероприятий Государственной программы развития сельского хозяйства форсированными темпами. Он предполагает дальнейшее расширение воспроизводства плодородия почв и на этой основе предусматривает формирование высокоэффективного товарного производства, что позволит повысить урожайность зерновых культур.

Результаты многочисленных полевых опытов, проведенных научно-исследовательскими институтами и агрохимической службой, а также опыт работы сельскохозяйственных предприятий свидетельствуют, что высоких показателей можно добиться только за счет планомерной и целенаправленной работы по повышению плодородия почв путем применения удобрений и средств химической мелиорации. Снижение почвенной кислотности, повышение фосфатного и калийного уровней почв способствуют увеличению урожайности и усилению действия азотных удобрений.

## Дозы минеральных удобрений под зерновые культуры в целом по России на 2030 г.



Дозы минеральных удобрений под зерновые культуры в целом по России на 2030 г. Сценарий развития АПК	Планируемый урожай, ц/га	Доза удобрений, кг д.в/га				Окупаемость NPK, кг/кг
		азот	фосфор	калий	всего	
Инерционный	24,6	30	30	30	90	7,1
Базовый	26,8	60	45	45	150	6,3
Оптимистический	30,2	70	45	45	160	7,5
В том числе: по интенсивной технологии	40,0	90	45	45	180	12,1
по базовой технологии	26,4	60	45	45	150	6,0



**Азот** – один из самых необходимых для растений химический элемент. Присутствует повсеместно в свободном или связанном состоянии. Азотные удобрения выпускаются в различных формах и применяются для основного и предпосевного внесения – как поверхностного, так и на подкормку.

На долю органических соединений – белков, аминов, амидов, аминокислот и прочих – приходится 93–95% почвенного азота. Органический азот практически недоступен растениям и становится усваиваемым ими только после минерализации.

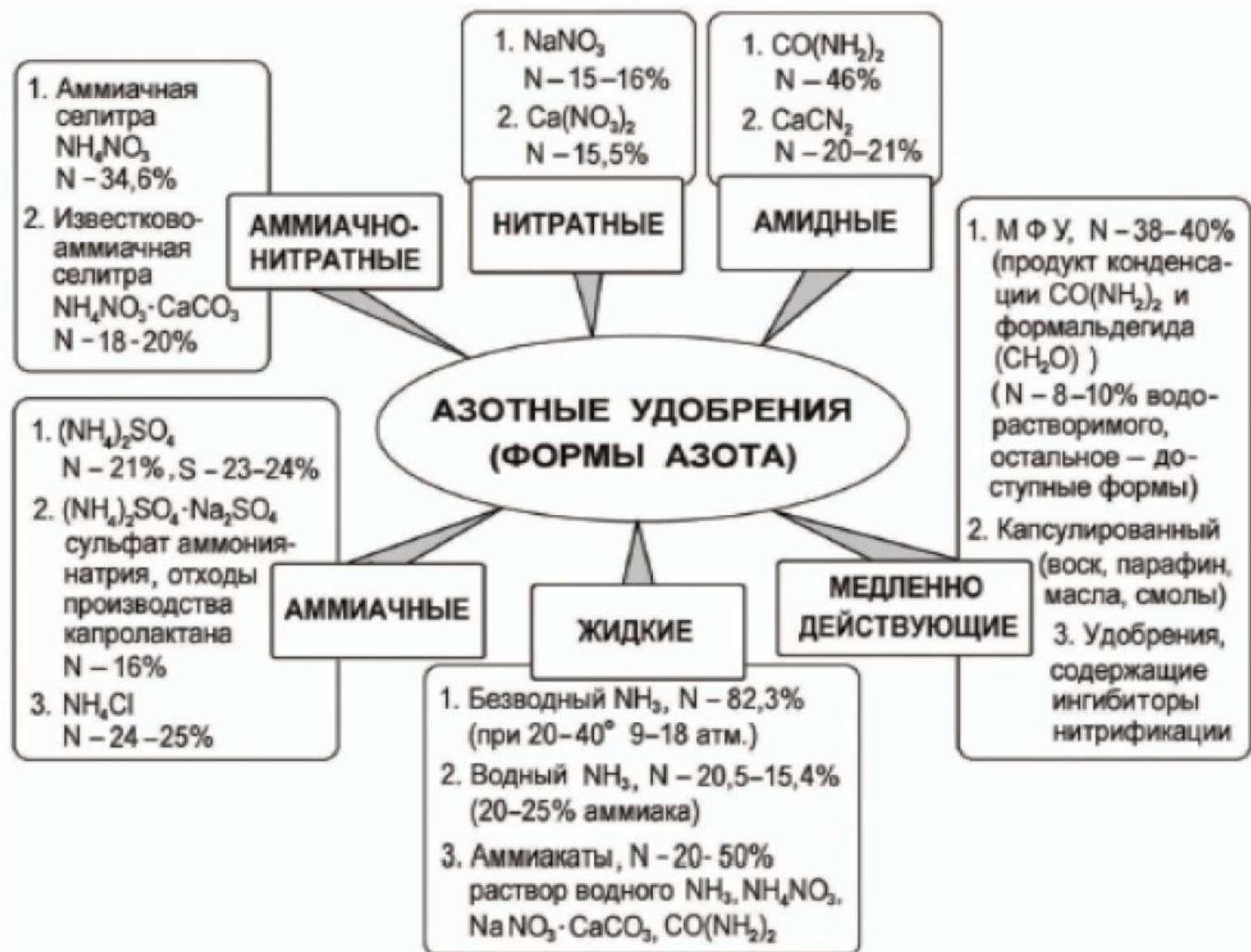
Минеральный азот, входящий в состав нитратных и аммиачных форм, накапливается в почве в результате процессов аммонификации и нитрификации, которые осуществляют различные группы микроорганизмов.

Разложение азотистых органических соединений в различных типах почв проходит по единой схеме:

**белки → гуминовые вещества → аминокислоты → амиды → аммиак → нитриты → нитраты**

**Дерново-подзолистые почвы** содержат 0,1–0,16% азота. Количество минеральных соединений (обменно-поглощенного аммония и нитратов) не превышает 1–3% общего содержания данного элемента. Содержание и запасы азота в 1 м слое этих почв суглинистого состава в 2–2,5 раза больше, чем в песчаных. Кроме того, содержание азота снижается в нижележащих горизонтах.







	Формы азота и их краткая характеристика		
	Нитратная – $\text{NO}_3^-$	Аммонийная – $\text{NH}_4^+$	Амидная – $\text{NH}_2^-$
Наиболее распространённые азотные удобрения	Немедленный эффект, легко подвижен в почве, а поэтому при избытке влаги легко вымывается	Доступен растениям, но имеет более продолжительный эффект в результате адсорбции на почвенных частицах. Затем понемногу освобождается и усваивается растениями	Данная форма недоступна растениям через корневое питание. Лучшая форма для внекорневого питания (листового). В результате деятельности почвенных микроорганизмов быстро превращается в почве сначала в аммонийную, а затем в нитратную форму
Аммиак		+	
Аммиачная селитра	+	+	
Известково-аммиачная селитра	+	+	
Карбамид			+
Карбамидно-аммиачная смесь (КАС)	+	+	+
Сульфат аммония		+	



# Азотные удобрения

Из **23 млн т** азота удобрений, вносимых в пахотные земли в нашей стране, только **12 млн т** выносятся с урожаем:

- уходит в атмосферу за счет процессов денитрификации (7–8 млн т),
- смывается и поступает в поверхностные и подземные природные воды (до 2 млн т).



Выделение оксидов азота в атмосферу влечёт за собой не только экономические потери, но и грозит нарушением озонового экрана планеты. В наши дни возникла угроза локального и регионального повышения содержания соединений азота до уровня, токсичного для человека.

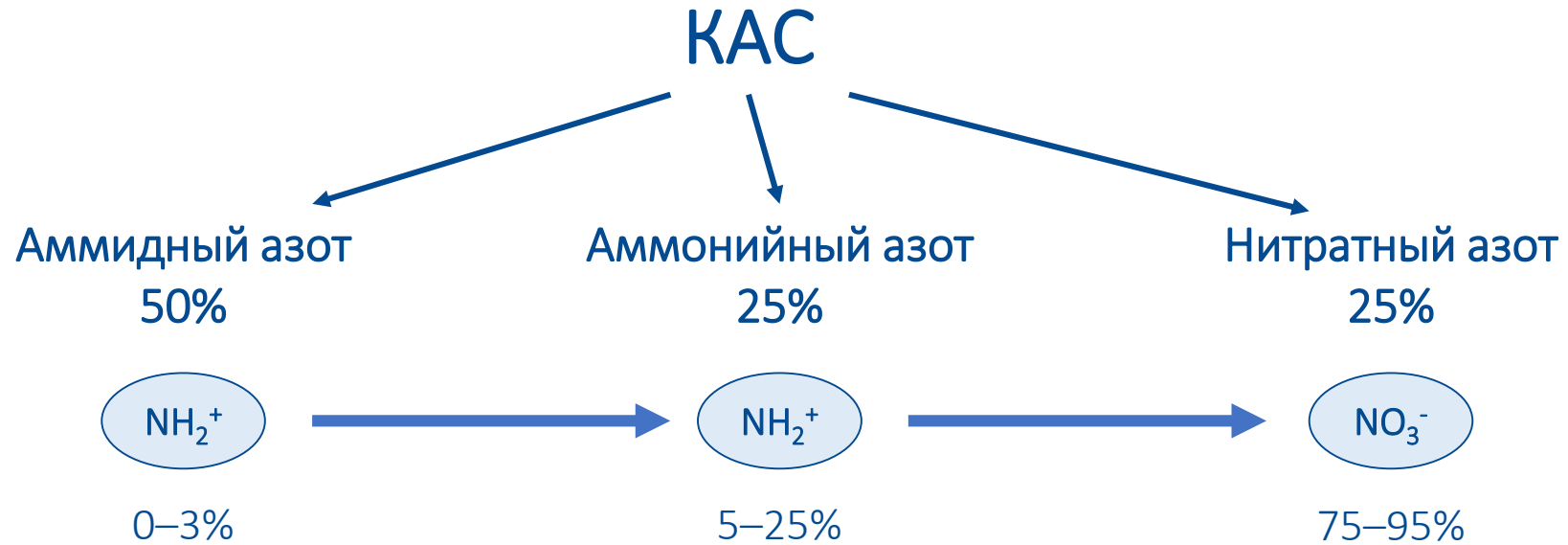
**Данные по балансу азота, полученные с помощью изотопа N, свидетельствуют о том, что в полевых условиях:**

- усваивается растениями лишь около 40%, в отдельных случаях – 60–70% действующего вещества азотных удобрений;
- иммобилизуется в почве 18–33% азота;
- улетучивается в виде различных газообразных соединений 10–30%.

**Потери азота зависят от:**

- дозы вносимых удобрений и соотношения содержания N с другими питательными элементами,
- сроков и способов внесения,
- формы азотных удобрений и особенностей технологии их применения,
- почвенно-климатических условий местности.





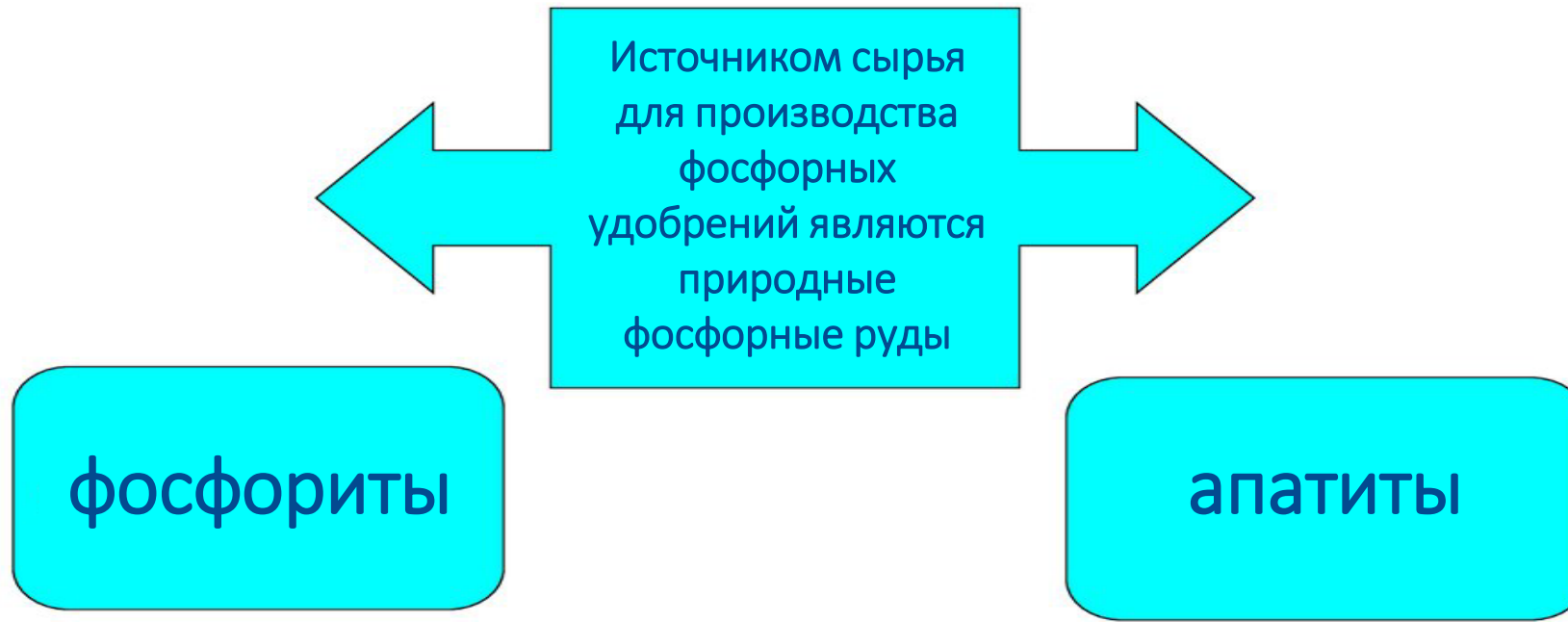
**Все формы азота трансформируются в нитраты**





**Фосфор** — один из важных элементов для живых организмов. Тело человека в среднем возрасте содержит около 1600 г фосфора в пересчете на оксид фосфора  $P_2O_5$ , в том числе около 1400 г в костях, 130 г в тканях мышц, 12 г в мозге, 10 г в печени, 6 г в легких, 44 г в крови.

Без фосфора невозможно образование хлорофилла и усвоение растениями углекислого газа. Внесение фосфорных удобрений в почву не только повышает урожай, но и улучшает качество продуктов.







Макроэлементы

## Фосфор



### Недостаток

- Задерживается рост надземных органов и формирование плодов, т.к. нарушаются дыхание и фотосинтез
- Листья мелкие и узкие
- Листья становятся **сине-зелеными с пурпурным и бронзовым оттенком** – торможение синтеза белка и накопление сахаров
- Торможение гликолиза и ц. Кребса => меньше АТФ и кетокилот => снижение поглощения  $\text{CO}_2$
- **Аномальный круговорот сахаров:** углеводы транспортируются в корни, а потом возвращаются обратно в лист, т.к. без фосфора в корнях не может идти гликолиз





## Усвоение фосфора растениями ( $P_2O_5$ )

- Фосфор находится в почве в органической и в неорганической форме и **поглощается растениями из почвенного раствора.**
- Фосфор усваивается растениями в виде **аниона фосфорной кислоты**, главным образом, в виде дигидрофосфата ( $H_2PO_4$ )<sup>-</sup>.
- Гидрофосфат ( $HPO_4$ )<sup>2-</sup> также усваивается растениями, но в меньшей степени, растения имеют в своем распоряжении главным образом дигидрофосфат, значительно преобладающий над гидрофосфатом
- Минеральный фосфор является и запасующим веществом, и резервом для синтеза органических фосфорсодержащих соединений, и повышает;
  - **буферность клеточного сока, поддерживает тургор клетки**, другие жизненно важные процессы в ней
  - усиливает способность растительных клеток удерживать воду
  - повышает устойчивость растений к засухам и низким температурам
- Наибольшее потребление фосфора зерновыми культурами наблюдается в фазы выхода в трубку и колошения.
- В минеральной форме фосфор находится в растениях в виде солей ортофосфорной кислоты с кальцием, магнием, калием, аммонием и другими катионами.



Растения извлекают из почвы калий, который скапливается преимущественно в молодых побегах. При его недостатке снижается интенсивность фотосинтеза. Калийные удобрения значительно повышают урожайность. Калий в почве находится в основном в недоступных для растений формах. Потребность сельского хозяйства в калийных удобрениях очень велика. Почти все калийные удобрения содержат ионы хлора, натрия, магния, которые влияют на рост растений.

### Калийные удобрения

#### Сырые калийные соли

1. **Сильвинит  $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$**  12-18%  $\text{K}_2\text{O}$ , 35-40%  $\text{Na}_2\text{O}$ , стандарт – 15%  $\text{K}_2\text{O}$ . Гигроскопичен, слеживается при хранении, малая транспортабельность.
2. **Каинит  $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$**  10-12%  $\text{K}_2\text{O}$ . Хорошее удобрение для сахарной свеклы на черноземах. Малая транспортабельность.

#### Концентрированные калийные удобрения

1. **Хлористый калий  $\text{KCl}$** . 63,2%  $\text{K}_2\text{O}$ , в технических сортах содержит 50-60%  $\text{K}_2\text{O}$ . Малая гигроскопичность, слеживается при хранении. Является основным калийным удобрением в России.
2. **Калийная соль**. 41-44%  $\text{K}_2\text{O}$ . Получают путем смешивания  $\text{KCl}$  с сырыми калийными солями, чаще с сильвинитом. Эффективное удобрение для корнеплодов и овощных (капуста, турнепс, редис, брюква). По техн. требованиям должна содержать не менее 40%  $\text{K}_2\text{O}$ .
3. **Сульфат калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$** . 45-52%  $\text{K}_2\text{O}$ . Хорошие физические свойства, негигроскопичен, не слеживается. Хорошее удобрение для хлорофобных культур (картофеля, табака).
4. **Сульфат калия-магния (шенит), калимагnezия  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$** . 26-28%  $\text{K}_2\text{O}$ . Эффективно для картофеля, особенно на легких почвах, где оно является источником калия и магния.

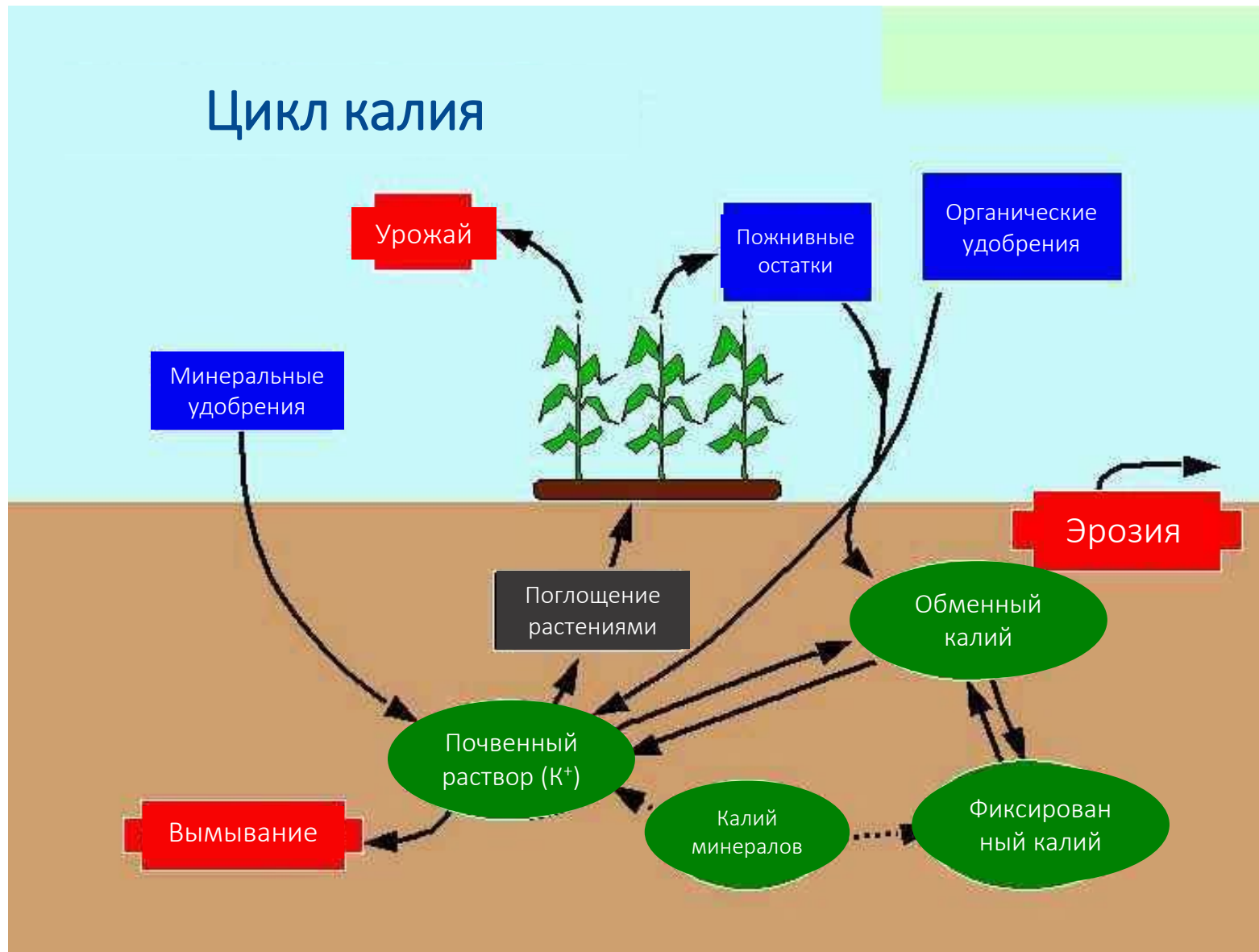




- **Калийные удобрения** мало мигрируют по почвенному профилю. Исключение составляют песчаные и супесчаные почвы.
- После внесения в почву **калийные удобрения** растворяются в почвенном растворе и вступают во взаимодействие с ППК по двум типам поглощения: обменного (физико-химического) и необменного.
- **Обменный, или поглощенный, калий** представлен **катионами калия** в почвенном поглощающем комплексе. Катионы ППК и водорастворимые соединения калия – это основные источники калийного питания растений. Поэтому степень обеспеченности почв калием для питания растений принято выражать содержанием его в подвижной форме (сумма водорастворимого и обменного).
- **Калий** при обменном поглощении почвой вытесняет из ППК некоторое количество катионов других химических элементов: кальций, магний, водород, аммоний и др. Состав вытесненных катионов зависит от типа почвы.



## Цикл калия





# Значимость калийных удобрений



# Влияние калийных удобрений на урожайность пшеницы в зависимости от обеспеченности обменным калием разных почв



Обеспеченность почв обменным калием	n	Урожайность, ц/га		Прибавка, %
		Без удобрений	K <sub>45</sub>	
Дерново-подзолистые				
Низкая	2	20,1	21,6	7,4
Средняя	2	7,9	9,3	17,7
Светло-серые лесные				
Низкая	4	13,9	15,3	11,0
Серые лесные				
Низкая	7	16,1	17,8	10,5
Средняя	13	17,4	21,4	22,9
Повышенная	3	18,7	22,1	11,8
Темно-серые лесные				
Низкая	2	24,6	28,5	11,6
Средняя	3	29,3	36,0	22,8
Повышенная	2	19,9	21,4	7,5
Черноземы				
Средняя	2	16,9	19,9	11,7
Повышенная	5	13,0	13,3	10,2
Высокая	2	9,9	12,1	22,2



## Эффективность калийных удобрений

На дерново-подзолистых почвах, недостаточно обеспеченных калием, калийные удобрения всегда оказывают положительное действие, а также на торфяных и легких песчаных почвах. Повышение эффективности калийных удобрений наблюдается при известковании кислых почв, внесении азотно-фосфорных удобрений и введении в севооборот трав и технических культур, потребляющих много калия.

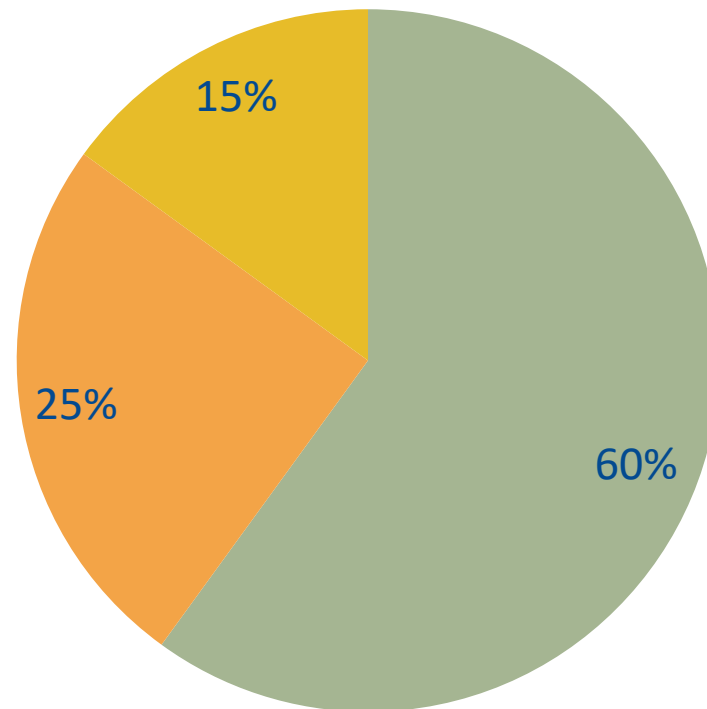
Эффективность калийных удобрений на черноземах, каштановых почвах и сероземах, характеризующихся высоким содержанием подвижного калия, низка и неустойчива. Однако при длительном использовании этих почв и применении азотных и фосфорных удобрений запасы почвенного калия истощаются, появляется потребность в калийных удобрениях.

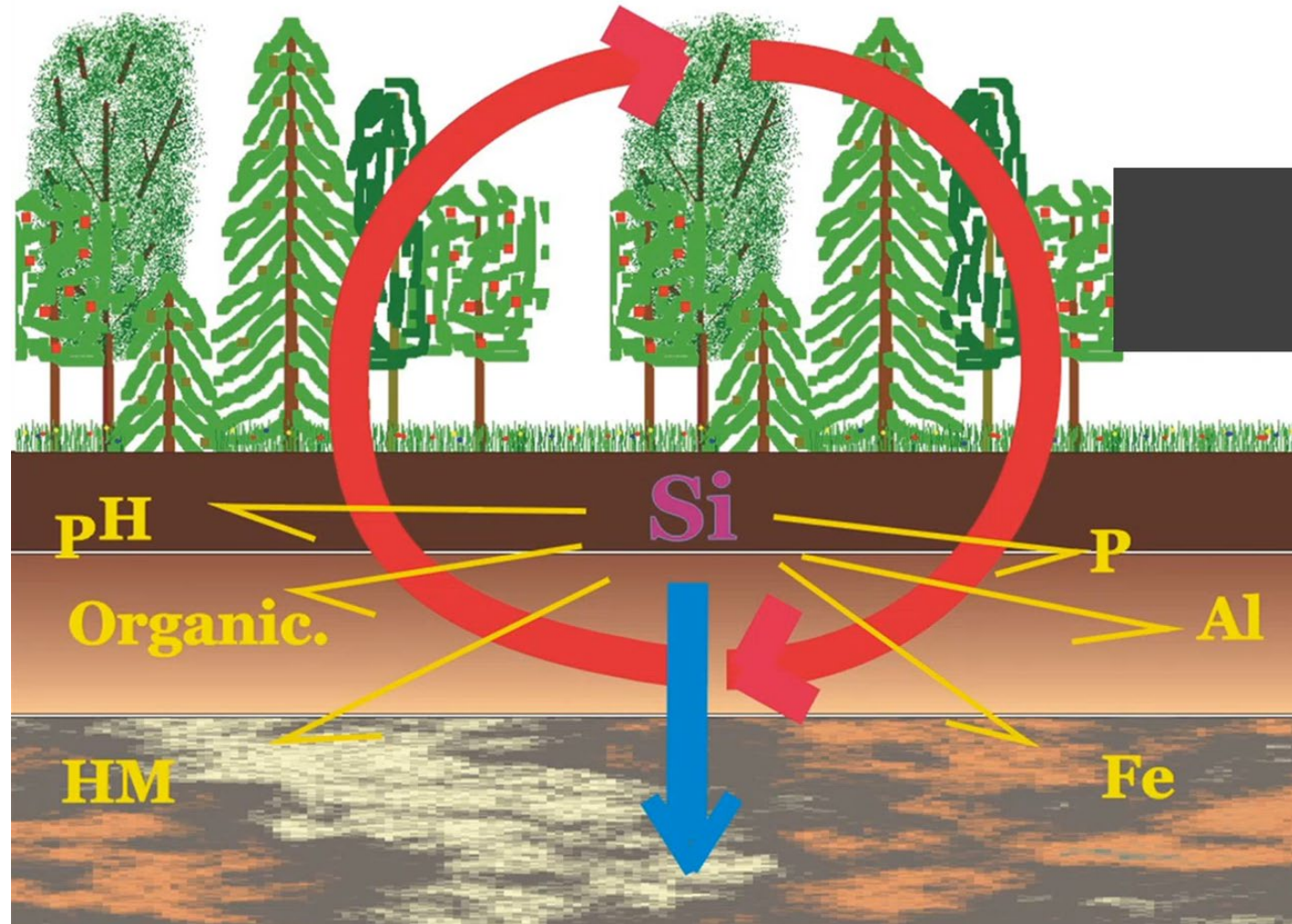
В зависимости от температуры окружающей среды изменяется реакция раствора на удобрения. Оптимальная температура воздуха для потребления растениями фосфора и азота  $-23-25^{\circ}\text{C}$ . При низких температурах (ниже  $10^{\circ}\text{C}$ ) особенно плохо усваивается фосфор, а лучше всего – калий.



# Потребление минеральных удобрений в мире

■ азотные удобрения ■ фосфорные удобрения ■ калийные удобрения





Внесение кремния и кремниевых удобрений влияет на: pH почвы; устойчивость органического вещества; содержание и подвижность фосфора, алюминия, железа.



**Кремний** – содержание 0,2–20% сухой массы. Главная способность кремния – смягчение влияния различных видов стресса и повышение устойчивости растений к насекомым-вредителям, грибковым и бактериальным патогенам. При этом «единой теории» кремния в биологии и сельском хозяйстве на сегодняшний день не существует.

Si используется растениями для построения клеточных стенок, прочных тканей и скелета. Повышает устойчивость растения полеганию, засолению, улучшает доступность фосфатов в почве. Его недостаток – задержка роста и повышение их восприимчивости к болезням и вредителям. Уменьшается урожайность и его качество.

### Накопление кремния различными культурами

Культура	Содержание Si, %	Культура	Содержание Si, %
Салат	0,97	Люпин	0,28
Банан	0,98	Сахарный тростник	1,51
Подсолнечник	1,88	Бобы	0,95
Ячмень	1,82	Сорго	1,54
Соя	1,39	Мята	0,73
Рис	4,17	Перечная мята	1,22
Пшеница	2,45	Лук	0,31
Кукуруза	0,83	Картофель	0,4





## Все исследования позволили сделать следующие выводы:

---

**Кремний** и его соединения играют важную роль в формировании почвенного плодородия влияя, как на химические, так и на физические свойства почв.

Способствует улучшению микробиологического состава почвы.

Разработана классификация почв по уровню дефицита активных форм кремния, которая может быть использована при применении кремниевых удобрений и почвенных мелиорантов.

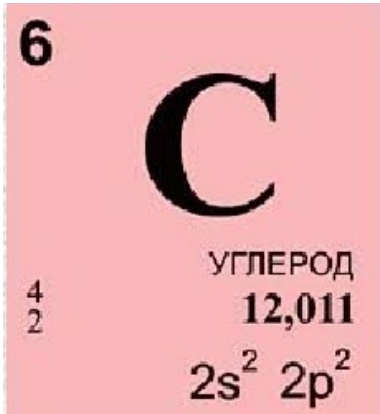
Основной функцией кремния в жизни растений является обеспечение максимальной эффективности природной иммунной системы, которая создается сразу несколькими механизмами.

Биохимическая активность кремния в системе почва-микроорганизмы-растение превышает биохимическую активность основных питательных элементов (азота, фосфора, калия).

Оценки объемов и интенсивности кремниевого цикла в природных и антропогенных системах позволяют сделать вывод, что во многих случаях нехватка доступного для растений кремния является лимитирующим фактором продуктивности экосистемы и ее экологической устойчивости.

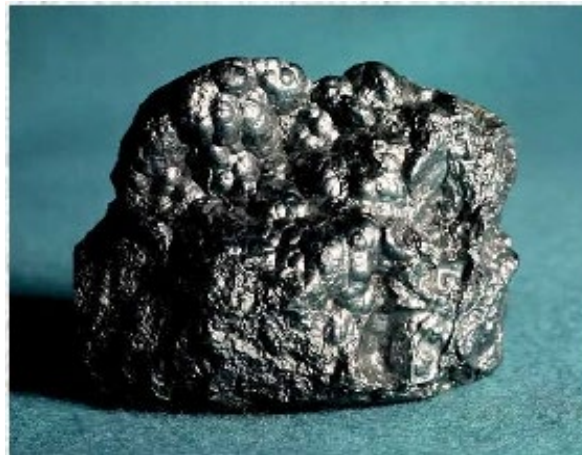


# Значение углерода



Углерод – «царь живой природы». В природе его – 0,35%. Он же и «основа жизни», и «хлеб растений».

Соединяясь с различными химическими элементами углерод образует огромный и разнообразный мир органических веществ, окружающий нас от рождения и до глубокой старости.





# Потоки $\text{CO}_2$ между пулами С в наземной экосистеме







## Биологическое значение углекислого газа



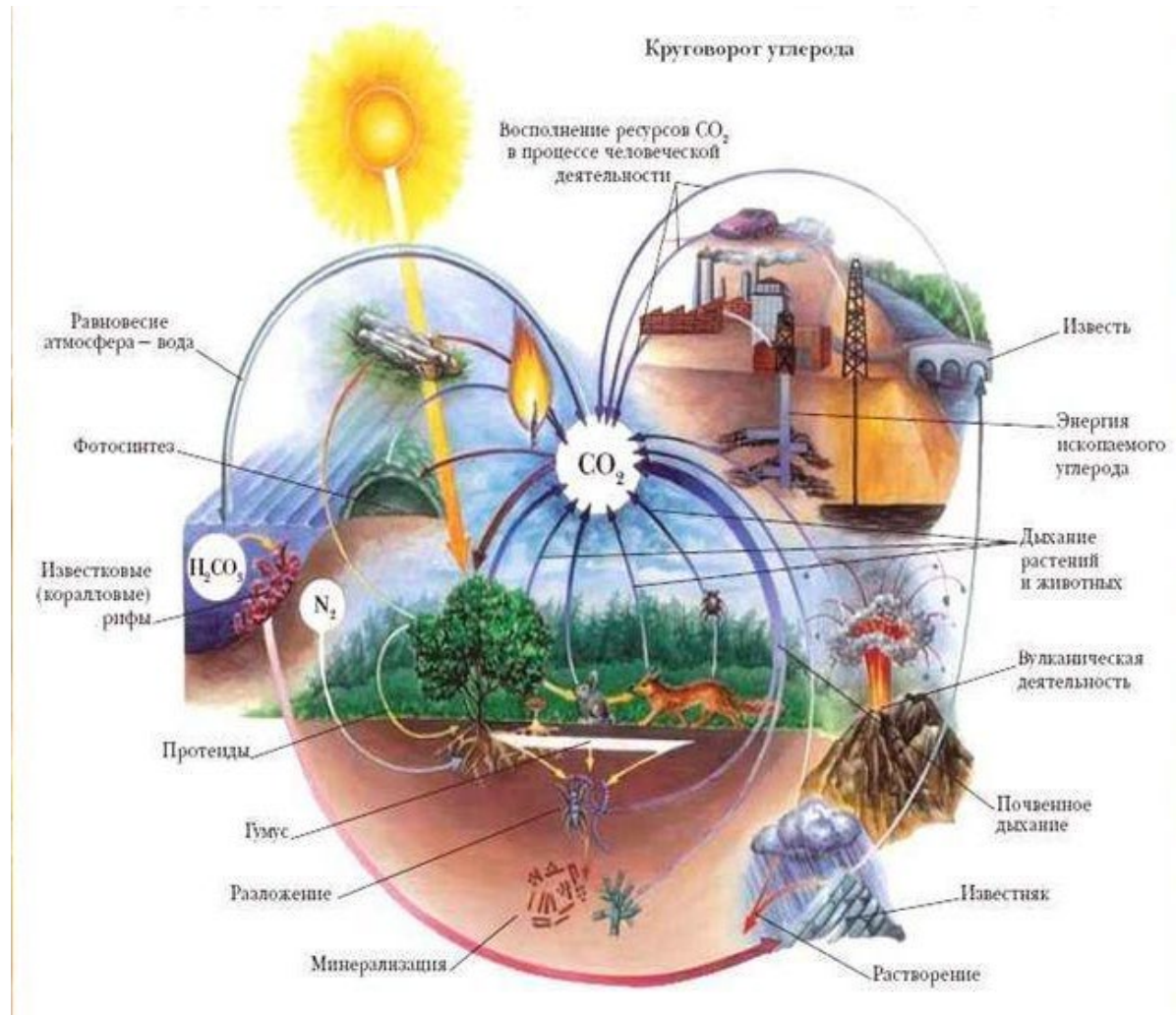
- Оксид углерода (IV) играет одну из главных ролей в живой природе, участвуя во многих процессах метаболизма живой клетки. Углекислый газ атмосферы – основной источник углерода для растений. Растения поглощают углекислый газ в процессе фотосинтеза.



# Биохимический цикл карбона

Углерод является основой органических соединений, и поэтому цикл углерода имеет особое значение для живых организмов. Важнейшей особенностью этого цикла является наличие запасов  $\text{CO}_2$ , углекислого газа, в атмосфере, откуда его могут черпать живые организмы.

Перемещение углерода через живые организмы тесно связано с перемещением иных биогенов.



# Углерод



*В организме человека содержится около 16 кг*







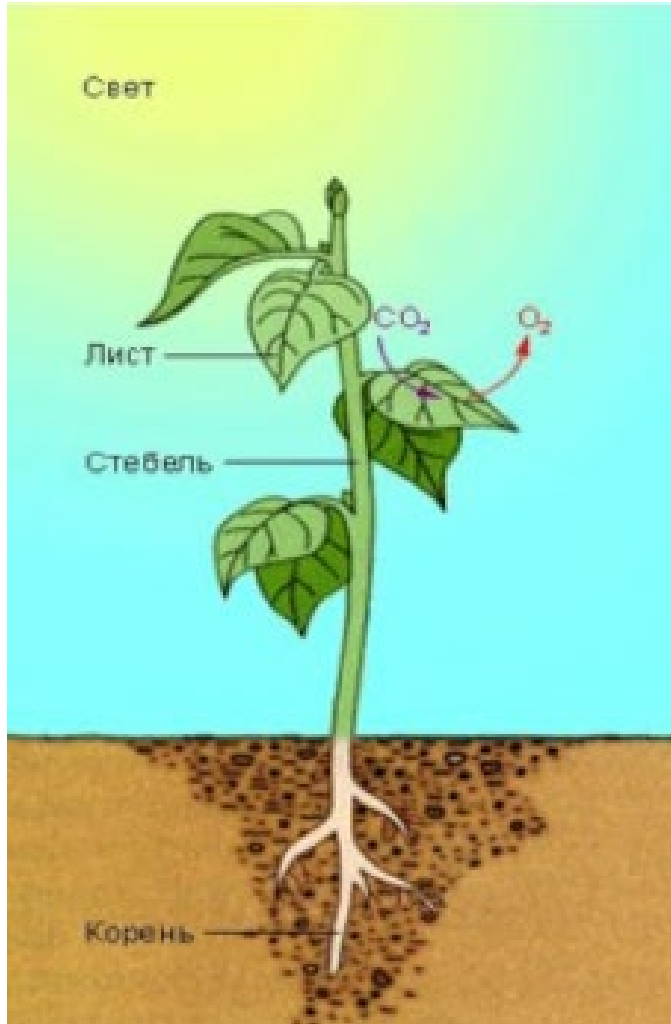
## Активно связывающие углерод растения

- Ежегодно люди добавляют около девяти гигатонн углерода в атмосферу, а растения впитывают около пяти из этого количества. Оставшийся углерод способствует парниковому эффекту и глобальному потеплению, но ученые работают над созданием генетически модифицированных растений для улавливания этих остатков.
- Углерод может в течение десятилетий оставаться в листьях, ветвях, семенах и цветах растений, а тот, что попадает в корни, может быть там столетия. Таким образом, исследователи надеются создать биоэнергетические культуры с обширной корневой системой, которые смогут связывать и сохранять углерод под землей.

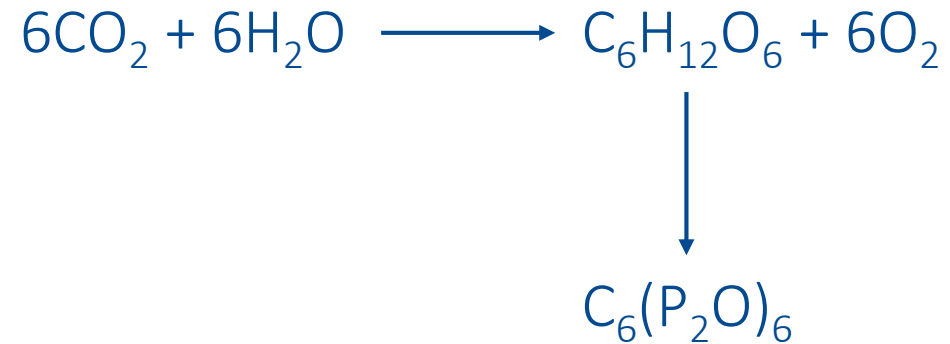




# Образование углеводов



В растениях углеводы образуются из двуокиси углерода и воды в процессе сложной реакции фотосинтеза, осуществляемой за счет солнечной энергии с участием зеленого пигмента растений – хлорофилла.







# Микроэлементы

- Микроэлементы – элементы, содержащиеся в организме, в низких концентрациях (обычно 0,001% по массе и менее).
- По современным данным, более 30 микроэлементов считаются необходимыми для жизнедеятельности растений и животных. Большинство микроэлементов – металлы (Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co и др.), некоторые – неметаллы (I, Se, Br, F, As).





Содержание валовых и усвояемых форм микроэлементов в основных типах почв СНГ, (мг/кг) числитель – валовое содержание, знаменатель – усвояемые формы								
Почва В	B	Cu	Zn	Mn	Mo	Co	V	I
Дерново-подзолистая	1,5–6,6 0,08–0,38	0,1–47,9 0,05–5,0	20–67 0,12–20,0	40–7200 50,0–150	1,0–4,0 0,04–0,97	0,45–14,0 0,12–3,0	10–62 н.д.	0,5–4,4 н.д.
Чернозем	4–12 0,38–1,58	7–18 4,5–10,0	24–90 0,10–0,25	200–5600 1,0–75	0,7–8,6 0,02–0,33	2,6–13,0 1,10–2,2	37–125 н.д.	2,0–9,8 н.д.
Серозем	8,8–160,3 0,23–0,62	5–20 2,5–10,0	26–63 0,09–1,12	310–3800 1,5–125	0,7–2,0 0,03–0,15	н.д. 0,9–1,5	50–87 н.д.	1,3–38 н.д.
Каштановая	100–200 0,30–0,90	0,6–20 8,0–14,0	53 0,06–0,14	600–1270 1,5–75	0,2–2,0 0,09–0,62	8,6 0,1–6,0	56 н.д.	2,0–9,8 н.д.
Бурая	40,5 0,38–1,95	14–44,5 6,0–12,0	32,5–54,0 0,03–0,20	390–580 1,5–75	0,4–2,8 0,06–0,12	2,3–3,8 0,57–2,25	56 н.д.	0,3–5,3 н.д.



## Физиологическая роль минерального питания

Микроэлементы	Значение в жизни растений
Марганец	Марганец принимает участие в азотном обмене в процессе восстановления нитратов до аммиака, активизирует ферменты, катализирующие реакции цикла Кребса. В связи с этим понятно большое значение марганца для процесса дыхания, особенно его аэробной фазы. В отсутствие марганца <b>хлорофилл быстро разрушается на свету.</b>
Медь	Входит непосредственно в состав ряда ферментных систем. Медь активизирует ряд ферментов, в частности нитритредуктазу, а также протеазы. Отсюда вытекает роль меди в азотном обмене. Важная роль принадлежит меди <b>в процессе фотосинтеза.</b>
Цинк	Входит в состав ферментов – фосфатазы, карбоангидразы и др. Карбоангидраза катализирует разложение гидрата окиси углерода на воду и углекислый газ. Эта реакция важна для процесса фотосинтеза. Внесение цинка повышает содержание ауксинов и заметно сказывается на темпах роста растений. Активирует ферменты, необходимые для <b>процесса дыхания.</b>
Хлор	Поступает в растение в виде $Cl^-$ . Показана его необходимость при фотосинтетическом окислении воды.
Молибден	При недостатке молибдена содержание аскорбиновой кислоты резко падает. При отсутствии молибдена наблюдаются нарушения в фосфорном обмене растений.



# Способы применения микроудобрений и удобрений, содержащих микроэлементы



Микроудобрения применяют для внесения в почву, некорневых подкормок и предпосадочной обработки семян.

**Внесение в почву:** применяется для повышения содержания микроэлементов в почве на протяжении всего вегетационного периода.

При этом способе могут наблюдаться отрицательные эффекты: образование трудно растворимых форм микроэлементов, вымывание микроэлементов за пределы корнеобитаемого слоя.

**Предпосевная обработка семян:** самый распространенный способ использования микроудобрений. Этот способ технологичен и позволяет сочетать обработку семян с их посевом. Такая форма обработки способствует оптимизации питания растения микроэлементами на самых ранних стадиях развития. Обработку семян микроэлементами сочетают с применением пленкообразующих веществ, регуляторов роста и протравителей. Этот процесс носит название инкрустации семян.

## Некорневые подкормки

рекомендуется проводить при непосредственном обнаружении дефицита микроэлемента. Способ позволяет корректировать питание растений микроэлементами, избегая негативных последствий внесения микроудобрений в почву.

## Потребность сельскохозяйственных культур в микроэлементах (по данным научных учреждений)



	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Зерновые: озимая пшеница	-	++	++	-	-
яровая пшеница	-	++	++	-	-
ячмень	-	++	+	-	-
Зернобобовые: горох	-	-	++	+	-
бобы	+	+	-	+	+
Масличные: озимый рапс	++	-	++	+	-
яровой рапс	++	-	++	+	-
Овощные: капуста цветная	++	+	+	++	-
огурец	-	+	++	-	-
морковь	+	++	+	-	-
томат	+	+	+	+	+
капуста белокочанная	++	+	+	+	-
лук	-	++	++	-	+
Пропашные: картофель	+	-	+	-	+
сахарная свекла	++	+	++	+	+
Кормовые: люпин	++	-	-	+	-
клевер луговой	+	+	+	++	+
кукуруза на силос и зеленую массу	+	+	+	-	++

# Влияние микроэлементов на урожайность сельскохозяйственных культур в основных районах их применения



Микроэлемент	Культура	Почвы	Прибавка урожая от микроэлемента, т/га
Бор	Сахарная свёкла: корнеплоды	чернозёмы выщелоченные и оподзоленные	2,0-4,0
	семена		0,2-0,3
	Лён: соломка	дерново-глеевые и торфяные	0,06-0,15
	семена		0,04-0,10
Молибден	Клевер: сено	дерново-подзолистые и серые лесные	0,6-1,3
	семена		0,05-0,08
	Капуста, семена	дерново-подзолистые суглинистые	0,23-0,26
	Викоовсяная смесь, сено		0,60-0,85
Медь	Ячмень, зерно	торфяно-болотные	0,6-1,5
	Пшеница, зерно		0,5-1,3
Марганец	Сахарная свёкла, корнеплоды	чернозёмы выщелоченные и оподзоленные	1,0 -2,0
	Озимая пшеница, зерно		0,15-0,35
	Подсолнечник, семена		0,23-0,27
Цинк	Кукуруза, зерно	карбонатные чернозёмы, перегнойно-карбонатные почвы	0,5-0,7
	Пшеница, зерно		0,15-0,20





# Ультрамикроэлементы

- Содержатся в организме в ничтожно малых количествах, но обладают высокой биологической активностью.
- Главными представителями являются золото, свинец, ртуть, серебро, радий, рубидий, уран.
- Некоторые из них отличаются не только малым содержанием в обычных продуктах питания, но и токсичностью, если их потреблять в сравнительно больших дозах.
- Разные продукты содержат различное количество минеральных веществ. Так, например, в молочных продуктах содержится более 20 различных минералов, среди них наиболее важными являются кальций, железо, марганец, фтор, цинк, йод. Мясные продукты содержат такие микроэлементы как серебро, титан, медь, цинк, а морские продукты – йод, фтор, никель.







# Рациональный подход к применению минеральных удобрений

Эффективность системы минерального питания растения определяют 4 группы факторов:



Для получения высоких стабильных урожаев необходимо правильно подобрать удобрение, соблюдать технологию его внесения с учетом почвенно-климатических условий региона



---

**Спасибо за внимание!**