



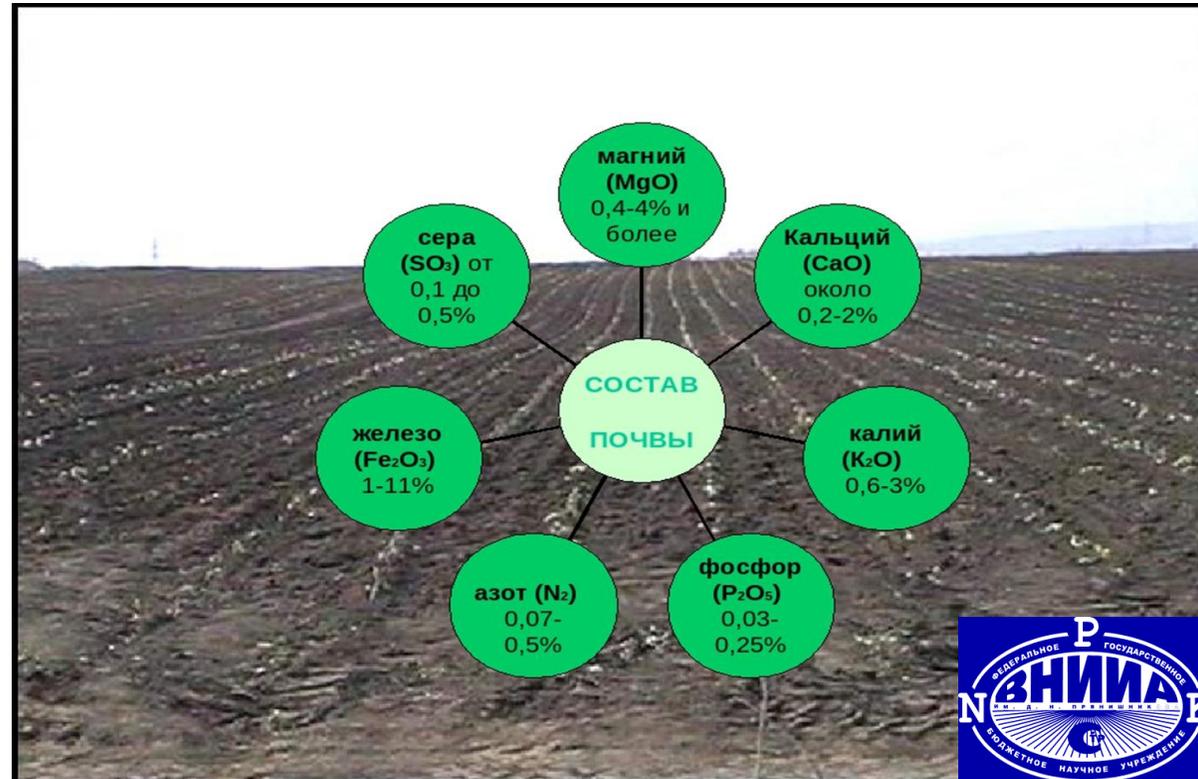
Влияние удобрений на процессы в экосистемах (часть 1)

Аканова Наталья Ивановна,
Главный научный сотрудник
лаборатории известковых
удобрений и химической
мелиорации ФГБНУ «ВНИИ
Агрохимии», д. б. н.





Синергизм и антагонизм элементов питания (макро-, мезо- и микроэлементы). Уникальные особенности питания с/х культур в течении вегетации, особенно при поздних подкормках. Усвоение элементов питания растениями через почву: какие формы как усваиваются, доступность их и подвижность в течении вегетации. Реутилизация элементов питания растениями. 16 питательных элементов. Значение углерода и кремния для растений.





К. А. Тимирязев считал главной задачей научного земледелия — изучение требований культурных растений и разработку способов их удовлетворения





Значение pH	Почвы	Условный цвет индикатора при отсутствии цветовой шкалы
3-4	Сильнокислые	Красный
4-5	Кислые (среднекислые)	Розовый
5-6	Слабокислые	Желтый
6-7	Нейтральные	Зелено-голубой к нейтральной: синий – нейтральная
7-8	Щелочные (слабощелочные)	Фиолетовые оттенки
8-9	Сильнощелочные	



Известковый материал	тип почвы	pH до 4,5	pH= 4,6	pH= 4,8	pH= 5,0	pH= 5,2	pH до 6,0
1-я группа							
Молотый известняк	А,Б	40	35	30	25	20	15
Доломитовая мука	В,Г	60	55	50	45	40	35
Мел рыхляк, известковый туф	А,Б	44	38,5	33	27,5	22	16,5
	В,Г	66	60,5	55	49,5	44	38,5
Мергель	А,Б	50	43,8	37,5	31,3	25	18,8
	В,Г	75	68,8	62,5	56,3	50	43,8
2-я группа							
Известь-пушонка	А,Б	26	28,8	19,5	16,3	13	9,8
	В,Г	39	35,8	32,5	29,3	26	22,8
Цементная пыль и доменный шлак (молотый)	А,Б	46	40,3	34,5	28,8	23	17,3
	В,Г	69	63,3	57,5	51,8	46	40,3
Обоженная доломитовая мука	А,Б	20	17,5	15	12,5	10	7,5
	В,Г	30	27,5	25	22,5	20	17,5
Мартеновский шлак	А,Б	44	38,5	33	27,5	22	16,5
	В,Г	66	60,5	55	49,5	44	38,5
Карбидная известь	А,Б	24	21	18	15	12	9,0
	В,Г	36	33	30	27	24	21,0
Дефе кат (отходы сахарного производства)	А,Б	50	43,8	37,5	31,5	25	18,8
	В,Г	75	68,8	62,5	56,3	50	43,8
Растительная зола	А,Б	70	61,3	52,5	43,8	35	26,3
	В,Г	105	96,3	87,5	78,8	70	61,3

Нормы внесения известковых материалов (в кг на 100 м²) буквами обозначены почвы:

А – супесчаная

Б – легко-суглинистая

В – среднесуглинистая

Г – тяжелосуглинистая

Зависимость усвоения основных элементов от уровня pH почвы



Существенное ограничение доступности элементов питания

Уровень pH	В процентах (%)		
	Азот	Фосфор	Калий
4,5	30	23	33
5,0	43	34	52
5,5	77	48	63
6,0	89	52	77
6,5	100	95	100
7,0	100	100	100
7,5	100	70	75
8,0	100	30	45
8,5	78	20	30
9,0	50	5	10

Потери азота из различных удобрений, в зависимости от pH почвы



Удобрение	% потери азота при pH 5,6	% потери азота при pH 7,1
Карбамид	35>	40>
КАС	5,6	20
Кальциевая селитра	5,6	15
Сульфат аммония	2,3	30

Высокая подвижность нитратного азота в почве создает условия для его эффективного поглощения растениями. Нет необходимости немедленной заделки нитрат-содержащих удобрений в почву, поскольку нитраты не летучи и легко мигрируют по профилю почвы с током воды. **Нитраты проявляют синергетические свойства по отношению к таким катионам, как K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} (угнетая при этом поглощение фосфатов)**, тогда как аммоний конкурирует с ними при поглощении растениями. В отличие от аммонийного азота, нитраты не оказывают подкисляющего действия на почву.

Оптимальная влажность почвы 40-60%. Если она больше, то часть азота вымывается, если меньше - испаряется



На поступление и использование аммиачной и нитратной форм азота растениями оказывает влияние



Изменение гидролитической и обменной кислотности почвы при использовании удобрений в зернопаровом севообороте (А.М. Плотников, 2019)

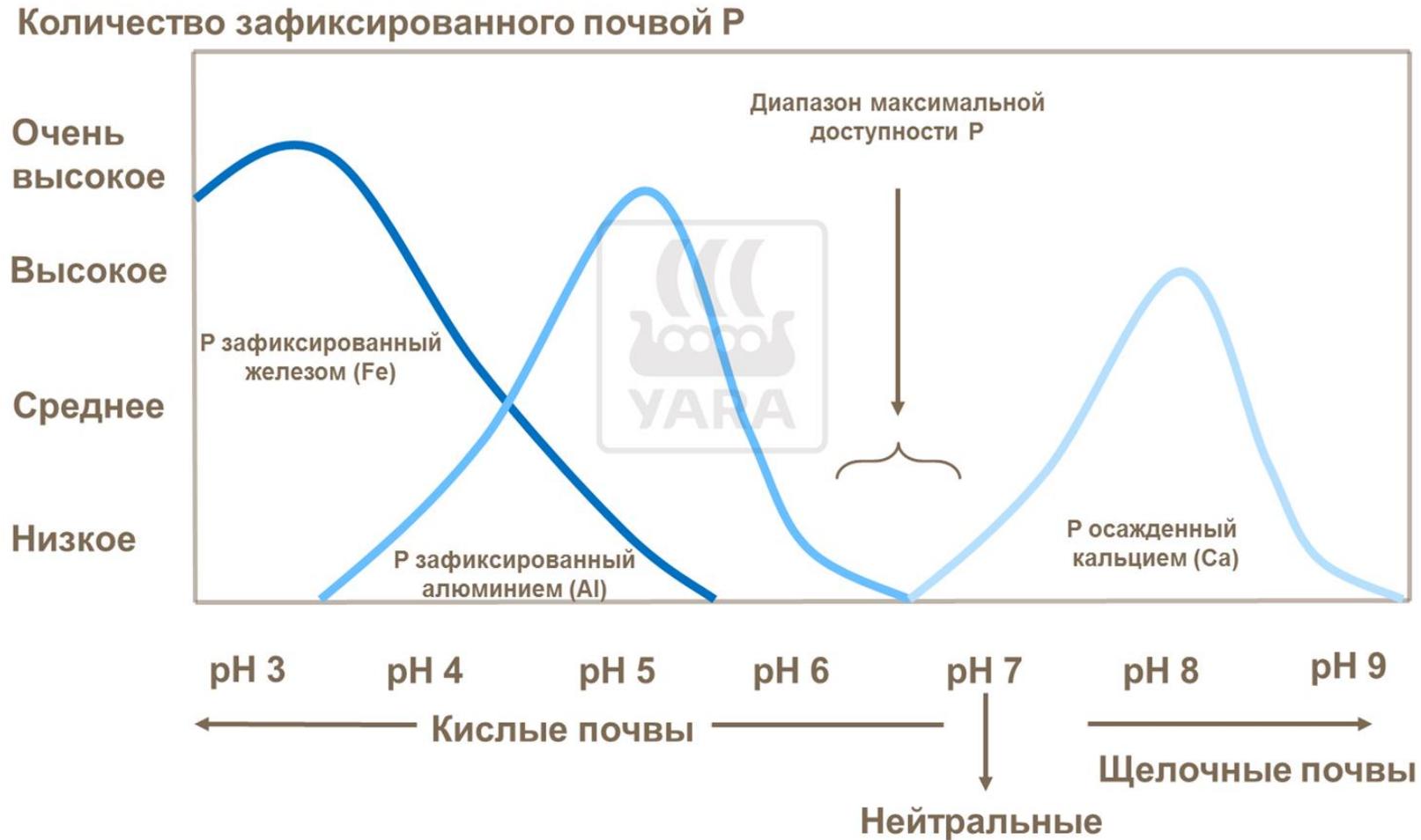


Вариант	Без фосфогипса		Фосфогипс, 0,5 т/га		Фосфогипс, 1,0 т/га	
	Нг, мг-экв/100 г	pH _{сол.}	Нг, мг-экв/100 г	pH _{сол.}	Нг, мг-экв/100 г	pH _{сол.}
Контроль б/удобр.	3.76	5.62	3.90	5.54	3.92	5.52
N ₄₀	4.20	5.53	4.18	5.53	3.92	5.54
N ₈₀	4.40	5.50	4.50	5.50	4.47	5.46
P ₄₀ (в запас на 3 года всего P ₁₂₀)	3.96	5.60	4.17	5.53	4.17	5.52
N ₄₀ P ₄₀	4.10	5.53	4.38	5.48	4.38	5.52
N ₈₀ P ₄₀	4.33	5.47	4.37	5.45	4.46	5.55

На вариантах с ежегодным применением аммиачной селитры в дозах N40-80 гидролитическая кислотность увеличилась до 3,92-4,50 мг-экв/100г почвы (выщелоченные чернозёмы в Курганской области)



Влияние кислотности почвы на наличие в ней фосфора





Виды и назначение органических удобрений

Навоз

- Конский
- Коровий
- Свиной
- Овечий
- Птичий помет



Навозная жижа

Удобрение с большим содержанием азота и калия, состоящее в основном из мочи животных, а также образующееся при разложении навоза



Коровяк

Водный раствор коровьего кала. Его можно использовать при отсутствии навозной жижи



Компост

Удобрения, получаемые в результате разложения смеси различных органических веществ



Птичий помет

- Куриный
- Гусиный
- Утиный



Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений (%)



Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Первый	20-25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
Второй	20	10-15	10-15	-	10-15	20
Третий	10	5	-	-	5	-
В целом за ротацию	50-55	40-50	60-75	60-70	30-40	70-80



Растение поглощает больше тех элементов, в которых нуждается. При этом соотношение между элементами не менее важно, чем абсолютное содержание каждого из них. При использовании минеральных удобрений наиболее значимыми для питания культур являются следующие соотношения между ионами: $N : S$, $NO_3 : K$, $NO_3 : Ca$, $NO_3 : Mo$, $SO_4 : Ca$ и $P : Ca$.

Соотношение N:P:K в растениях кукурузы при нормальных условиях питания и увлажнения, %

Фаза развития	N	P205	K20
4-6 лист	46-52	10-12	38-43
8-10 лист	45-48	10-12	40-43
Цветение	39-42	11-13	44-50
Молочная спелость зерна	44-48	14-16	37-42
Полная спелость зерна:			
в целом растении	46-49	17-20	34-37
в зерне	58-61	23-26	15-18
в листостебельной массе	32-36	10-12	52-58

Оптимальное соотношение между элементами в отдельных культурах во время цветения



Культура	N/Zn	P/Zn	Ca/B	Fe/Mn	S/Zn	Zn/Mn	K/Mn	Fe/Cu	Fe/Cu+Zn
Пшеница	750	140	600	0,5	100	30	350	4	1
Сахарная свекла (середина вегетации)	1200	110	350	1,5	130	30	225	13	3
Люцерна	1000	130	750	1,5	70	50	550	6	2
Кукуруза	1000	100	300	2	80	30	400	12,5	3,5
Соя	900	90	500	1	100	40	200	8	2

*рассчитано по значениям содержания в ррт, 1 ррт = 1 мг/кг



Видимые симптомы дефицита микроэлементов могут проявляться на известкованных почвах с высоким значением рН (более 6,0), в условиях низкой обеспеченности почвы подвижными формами микроэлементов или при выращивании чувствительных к их недостатку культур и нарушении технологии возделывания.



Хлороз листьев перца (справа – здоровый лист)



Совместимость удобрений при внекорневой подкормке

Удобрение	urea	AN	AS	MAP	MKP	NOP	NOP+Mg	SOP	CN	CaCl ₂	Mg(NO ₃) ₂	MgSO ₄
Карбамид (urea)												
Аммиачная селитра (AN)	С											
Сульфат аммония (AS)	С	С										
Моноаммонийфосфат (MAP)	С	С	С									
Монокалийфосфат (МКР)	С	С	С	С								
Калийная селитра (NOP)	С	С	Ч	С	С							
Калийная селитра с магнием (NOP+Mg)	С	С	Ч	Ч	Ч	С						
Сульфат калия (SOP)	С	С	С	С	С	С	С					
Кальциевая селитра (CN)	С	С	Ч	Х	Х	С	С	Ч				
Хлорид кальция (CaCl ₂)	С	С	Ч	Х	Х	С	С	Ч	С			
Магниева селитра (Mg(NO ₃) ₂)	С	С	С	Х	Х	С	С	С	С	С		
Сульфат магния (MgSO ₄)	С	С	С	Х	Х	Ч	С	С	Ч	Ч	С	
С - совместимы	Ч - частично совместимы							Х - несовместимы				

Какие удобрения нельзя смешивать. Основные правила смешивания удобрений



Наименование удобрения	Аммиачная селитра	Аммофос	Гашенная известь	Диаммофос	Зола	Калийная селитра	Мочевина	Нитрофоска	Навоз	Птичий помет	Сульфат аммония	Суперфосфат	Хлористый калий
Аммиачная селитра	Green	Green	Red	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Red	Green	Yellow	Yellow
Аммофос	Green	Green	Red	Green	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Green	Yellow	Green
Гашенная известь	Red	Red	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow
Диаммофос	Green	Green	Red	Green	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Green	Yellow	Green
Зола	Red	Red	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow
Калийная селитра	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow
Мочевина	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow
Нитрофоска	Green	Green	Red	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Red	Green	Yellow	Yellow
Навоз	Red	Red	Green	Red	Green	Red	Yellow	Red	Green	Green	Red	Green	Green
Птичий помет	Red	Red	Green	Red	Green	Red	Yellow	Red	Green	Green	Red	Green	Green
Сульфат аммония	Green	Green	Red	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Red	Green	Yellow	Green
Суперфосфат	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
Хлористый калий	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green

Нельзя смешивать аммиачные формы азотных удобрений с известковыми материалами и золой, поскольку из-за химических реакций между ними, уменьшается значительная часть азота. — Нельзя смешивать мочевину с порошковидным суперфосфатом из-за образования липкой массы, которую трудно равномерно вносить в почву. — Нельзя заблаговременно смешивать: калийные соль и селитру с суперфосфатом, из-за возможного отсыревания массы. — Можно смешивать только сухие сыпучие минеральные удобрения (слежавшиеся следует предварительно измельчить и просеять). — Можно смешивать аммиачную селитру с сульфатом аммония, другими селитрами и аммофосами. — Можно смешивать мочевину с сульфатом аммония, гранулированным суперфосфатом и аммофосами. — Можно смешивать золу и известковые материалы с хлористым калием и мочевиной, но только перед внесением в почву. — Можно смешивать птичий помёт, компост и навоз с хлористым калием и суперфосфатом гранулированным, а непосредственно перед внесением – с мочевиной.



Элементы питания по их способности перемещаться в растениях делятся на:

- повторно используемые, или реутилизируемые (N, P, K, Mg),
- слабореутилизируемые (Ca, B, Cu, Mn, Fe, Zn).

Недостаток повторно используемых элементов питания четко проявляется на состоянии уже развитых, закончивших рост листьев, а слабореутилизируемых – на самых молодых, растущих частях растений.

Между различными ионами (элементами питания) в среде возможно проявление **синергизма** или **антагонизма**, а также отсутствие их взаимодействия.

Отдельные микроэлементы также могут тормозить всасывание других. Однако это происходит лишь при **длительном и избыточном** поступлении более активного конкурента-антагониста. В случае сбалансированного питания конкуренция будет незначительной.



Антагонизм – явление, которое предусматривает торможения поступления одного иона через добавление другого. Оно возникает в том случае, когда совместное действие двух элементов меньше суммы действующих элементов по одиночке. При антагонизме велик объем усвоения растением одного элемента питания, способного привести к дефициту в растительном организме другого питательного элемента.

Действие антагонизма проявляется в том, что во время поглощения растением различных элементов, их катионы конкурируют между собой. Антагонизм может проходить двумя путями: так микроэлемент может блокировать поглощение микроэлемента, или микроэлемент ингибирует поглощение макроэлементов.

Наиболее остро антагонизм проявляется тогда, когда ионы являются одноименно заряженными, а также в тех случаях, когда в почвенном растворе концентрация одних ионов является большей, чем концентрация других.

Ярким примером антагонистического влияния можно назвать реакцию у фосфатов. Внесение и усвоения растением в больших количествах фосфора (P) тормозит усвоение ею кальция (Ca) и магния (Mg).



Антагонизм минеральных веществ

№ п/п	Минеральное вещество	Высокое содержание минеральных веществ, вызывающих снижение усвоения и нарушение первоначально указанного элемента
1	Кальций	Фосфор, магний, цинк, железо, марганец, медь, калий, кадмий, кремний, стронций
2	Фосфор	Кальций, калий, железо, цинк, марганец, молибден, фтор, алюминий
3	Натрий	Хлор, калий
4	Калий	Натрий, кальций, фосфор
5	Магний	Медь, марганец, кобальт, кальций, железо
6	Железо	Кальций, фосфор, марганец, магний, медь, цинк, йод, кадмий
7	Медь	Кальций, железо, йод, цинк, молибден, свинец, кадмий, бор
8	Цинк	Молибден, свинец, мышьяк, хром, ртуть
9	Селен	Молибден, свинец, мышьяк, хром, ртуть
10	Марганец	Кальций, фосфор, железо, йод
11	Йод	Железо, фосфор, марганец, кобальт
12	Кобальт	Йод, магний



Примеры антагонизма

Чрезмерное количество N (азота) уменьшает поглощение P (фосфора), K (калия), Fe (железа) и некоторых других элементов: Ca (кальция), Mg (магния), Mn (марганца), Zn (цинка), Cu (меди);

- чрезмерное количество P (фосфора) уменьшает поглощение катионов таких микроэлементов как Fe (железо), Mn (марганец), Zn (цинк) и Cu (медь);
- чрезмерное количество K (калия) уменьшает поглощение Mg (магния) в большей степени и Ca (кальция) в меньшей степени;
- чрезмерное количество Ca (кальция) снижает поглощение Fe (железа);
- чрезмерное количество Fe (железа) снижает поглощение Zn (цинка);
- избыток Zn (цинка) ухудшает доступность Mn (марганца).

Синергизм –действие одних ионов значительно усиливает влияние других ионов. Наблюдается в том случае, когда совместное действие элементов питания выше, чем сумма влияния каждого из них в отдельности. Кроме положительного синергизма, существует и отрицательный – когда токсическое воздействие на растительный организм одной соли значительно усиливает токсичность другой.



Синергизм наблюдается между катионами и анионами, имеющими разный заряд, между заряженными одноименно. Последний вариант чаще всего возможен тогда, когда в почвенном растворе их содержание является достаточно небольшим. Как правило, ионы с противоположными зарядами взаимно ускоряют свое поступление в растение.

Примеры **положительного синергизма**:

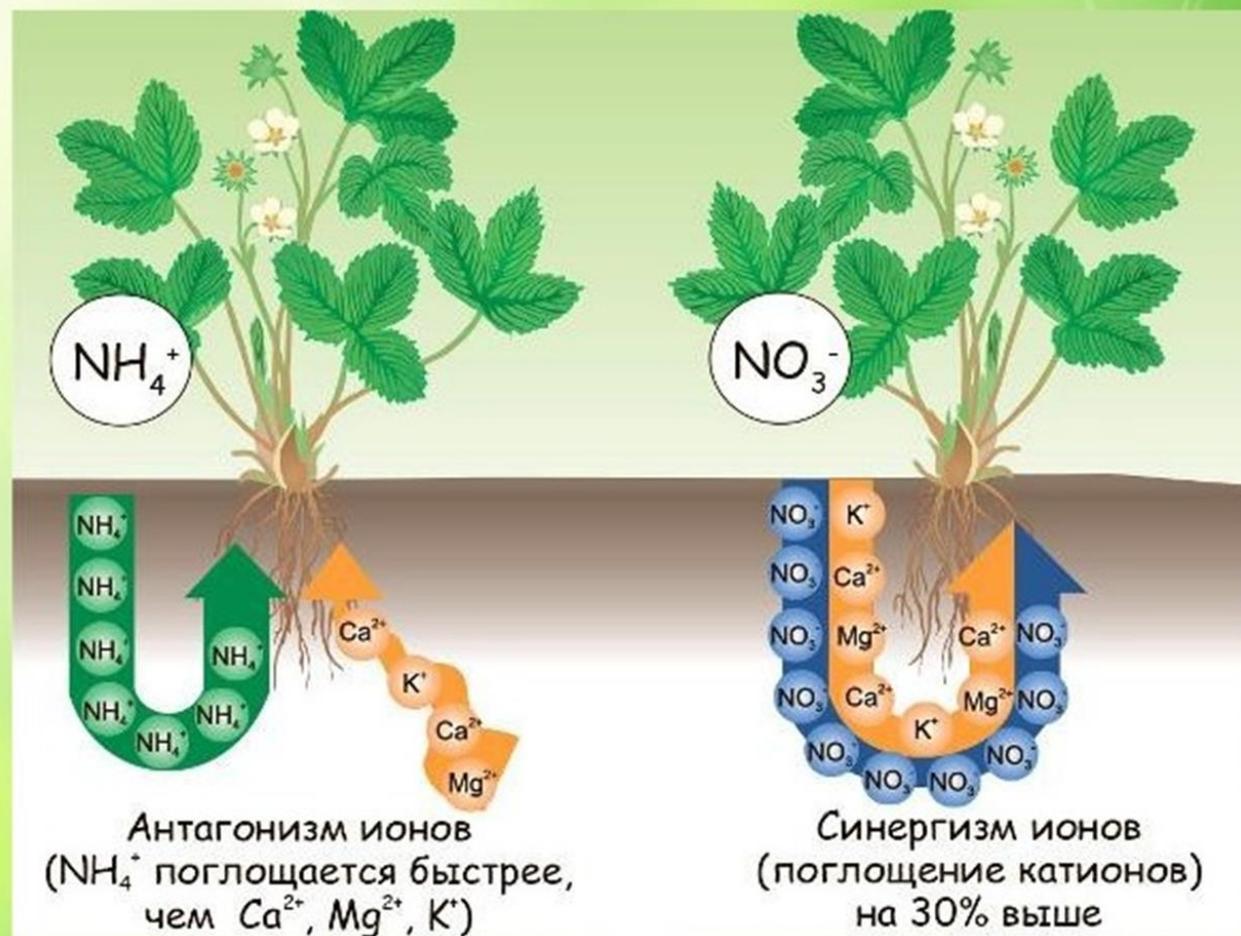
- одновременное внесение N с P, K, Ca или Mg, Fe, Mn, Zn, эти элементы хорошо дополняют действие друг друга и способны улучшить усвоение растением каждого из них.
- достаточный уровень Cu) и B в почве улучшает поглощение N;
- достаточное количество Mo повышает усваиваемость культурами N, а также увеличивает поглощение P (фосфора);
- достаточное количество Ca и Zn улучшают усвоение P и K;
- оптимальный уровень S повышает поглощение Mn и Zn;
- достаточное количество Mn увеличивает поглощение Cu.

Явление синергизма свойственно меди с кобальтом, молибденом и магнием, цинку с бором, магнию с серой и молибденом, а также кальцию с кобальтом. При совместном действии (синергии) урожай выше, чем от применения каждого элемента в отдельности.

Кроме элементов антагонистов и синергистов выделяют элементы, которые способны блокировать друг друга. При одновременном внесении Zn и Ca, или Ca и Cu, растение будет усваивать только один элемент, например, Zn, или Ca или Ca, или Cu.



синергизма и антагонизма ионов





	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Si	Cl	Na	B	Mn	Cu	Zn	Mo	
N		S	S	S	S										S	АЗОТ
P	S			B			B					B		B		ФОСФОР
K	S			A	A		S/B			A						КАЛИЙ
Ca	S	B	A		A		A			A	B	B	B	B		КАЛЬЦИЙ
Mg	S	B	A	A						A						МАГНИЙ
S									A							СЕРА
Fe		B	S/B	A								A	A	A		ЖЕЛЕЗО
Si						A										КРЕМНИЙ
Cl																ХЛОР
Na			A	A	A											НАТРИЙ
B				B												БОР
Mn		B		B			A							A		МАРГАНЕЦ
Cu				B			A								A	МЕДЬ
Zn		B		B			A					A				ЦИНК
Mo	S												A			МОЛИБДЕН

- A:** Антагонисты (избыток одного приводит к дефициту другого)
- B:** Блокируют друг друга (нельзя вносить вместе)
- S:** Синергисты(помогают друг другу)



Визуальная симптоматика

Дачные истории

Симптомы	Нехватка элемента										Избыток
	N	P	K	Mg	Fe	Cu	Zn	B	Mo	Mn	
Пожелтение молодых листьев					■					■	
Пожелтение средних листьев									■		
Пожелтение старых листьев	■		■	■			■				
Пожелтение между жилками				■						■	
Опадение старых листьев	■										
Листья заворачиваются вверх				■							
Листья заворачиваются вниз			■			■					■
Сгорают края молодых листьев								■			
Сгорают края старых листьев	■							■			
Молодые листья смятые			■				■	■	■		
Омертвления			■	■	■		■			■	
Чахлые листья	■	■									
Темно-зеленые листья (фиолетовые) и стебли		■									
Бледно-зеленая листва	■								■		
Пятна							■				
Вытягивание	■										
Мягкие стебли	■		■								
Жесткие ломкие стебли		■	■								
Погибают ростки			■					■			
Слабый рост корней		■									
Поникли листья						■					



Взаимодействие внутри растения и метаболизм

Если в почве Zn и P ведут себя как **антагонисты**, то в растении они уже помогают друг другу (**синергизм**). При дефиците цинка в растении угнетается поступление фосфора. Синергизм между N и K определяется ролью калия в качестве активатора фермента нитратредуктазы, принимающего участие в метаболизме азота в растении.

Взаимодействие бора с калием объясняется схожестью их влияния на процессы цветения и образования плодов, деления клеток, водный обмен в растении и др. Оптимальный уровень бора повышает проницаемость клеточных мембран для калия.

Недостаток в растении серы приводит к ограниченному поглощению азота, а высокие дозы азота вызывают дефицит серы. В растениях оптимальное соотношение **N:S – 5:1-12:1**.

Только оптимальное содержание в растении N обеспечивает нормальное поступление в них из почвы K, P, Mg, Fe, Mn и Zn, а оптимальный уровень бора и меди улучшает поглощение растениями азота. Молибден повышает усвоение азота и фосфора.

Избыток фосфора в сильной мере угнетает поглощение растением катионов микроэлементов – Fe, Mn, Zn и Cu. Избыток калия угнетает поступление в растения Mg и в меньшей мере Ca, Fe, Cu, Mn и Zn. Избыток кальция приводит к снижению поступления B, Mn, K и Cu.



При избытке магния в почве наблюдается его антагонистическое действие на поступление Ca и K в растения. Поэтому при регулярном известковании кислых почв доломитовой мукой, которая содержит магний, проводят мониторинг содержания обменного Mg.

Оптимальным считается эквивалентное соотношение $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ в почвах в пределах от 2 до 7.

Содержание подвижного калия (K_2O) в почве принято считать избыточным, если оно превышает 4,5% от ёмкости катионного обмена на песчаных и супесчаных почвах и 5% – на суглинистых.

В известкованных почвах отмечается дефицит всех микро-элементов, кроме молибдена. Поэтому даже в отсутствие видимых симптомов недостатка микроэлементов на высокопродуктивных посевах обязательно вносят микроудобрения в некорневые подкормки.

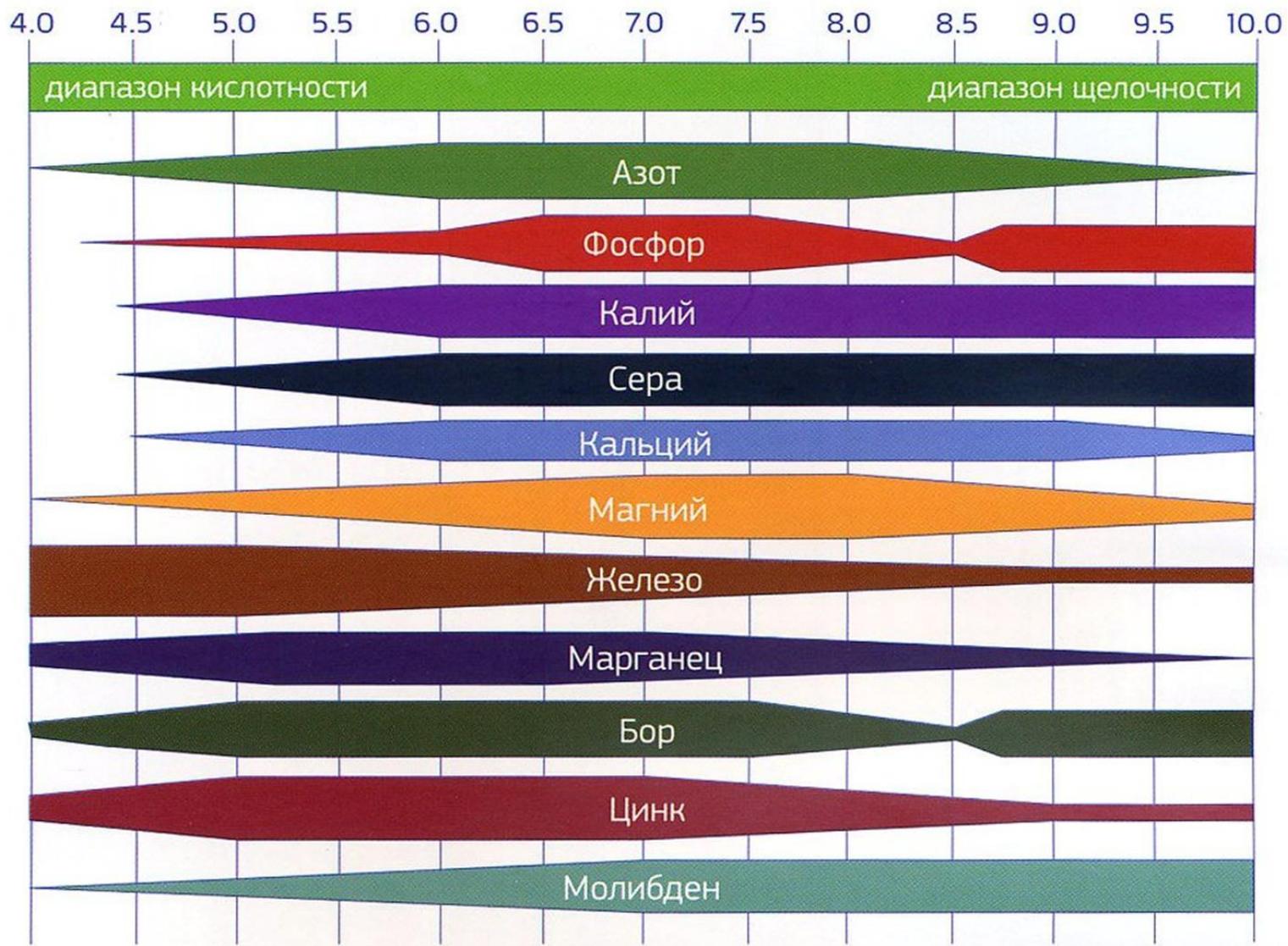


Явление антагонизма и синергизма в поглощении макро- и микроэлементов может определяться:

- реакцией среды (рН),
- уровнем содержания в среде и растении других элементов минерального питания, их соотношениями,
- видом растений, особенностью их корневой системы,
- температурой, освещенностью и влажностью.

Взаимодействие элементов может происходить в разных средах – в почве, в зоне корневой системы и внутри растения.

Взаимодействие между элементами питания отражается и на качестве растениеводческой продукции. Так, накопление калия в сухом веществе кормовых культур должно находиться в пределах оптимума – от 1,2 до 2,2% (К) и не превышать допустимую норму 3%, а эквивалентное соотношение катионов $K/Ca + Mg$ следует поддерживать на уровне 1,6-2,2.



Факторы снижающий подвижность и усвоение элементов минерального питания корневой системы растений (А.В. Чумаков)



Азот	Фосфор	Калий	Магний	Кальций	Сера
Холодная погода, уплотненная и холодная почва, слабая микробиологическая деятельность, запахивание большого количества соломы, недостаток влаги.	Низкая температура почвы и воздуха, избыток ионов Al, Fe, Mn, хлорид- и нитрат-ионов в почве, низкие значения pH	Теплая и сухая погода, высокое содержание ионов Ca и Mg в почве	Высокие дозы удобрений, содержащих ионы K, Na, NH ₄	Сухая и теплая погода, колебание влажности почвы, изобилие NH ₄ -ионов, калиевых и магниевых удобрений	Избыточные дозы фосфатных и азотных удобрений, высокая концентрация селена в почве, низкая температура



Повышение эффективности использования элементов питания

В агрономической практике существуют приемы преодоления антагонизма и стимулирования синергизма элементов питания.

1. **Вносить элементы питания разными способами:** обработка семян, внесение в почву, некорневая подкормка. От совместного использования этих приемов в системе удобрения культур достигается наибольший эффект.

Листовая подкормка не является основным источником элемента при его дефиците в почве, а только как дополнение. **Обработка семян** микроэлементами, преимущественно в форме хелатов, оберегает их от антагонизма с другими ионами почвенного раствора. Например, раствор карбамида в некорневую подкормку стимулирует проникновение железа в растения.

2. **Корректировать сроки внесения** разных элементов в период вегетации в соответствии с биологической потребностью культур. Так, синергизм между N и K можно использовать при их совместном внесении.

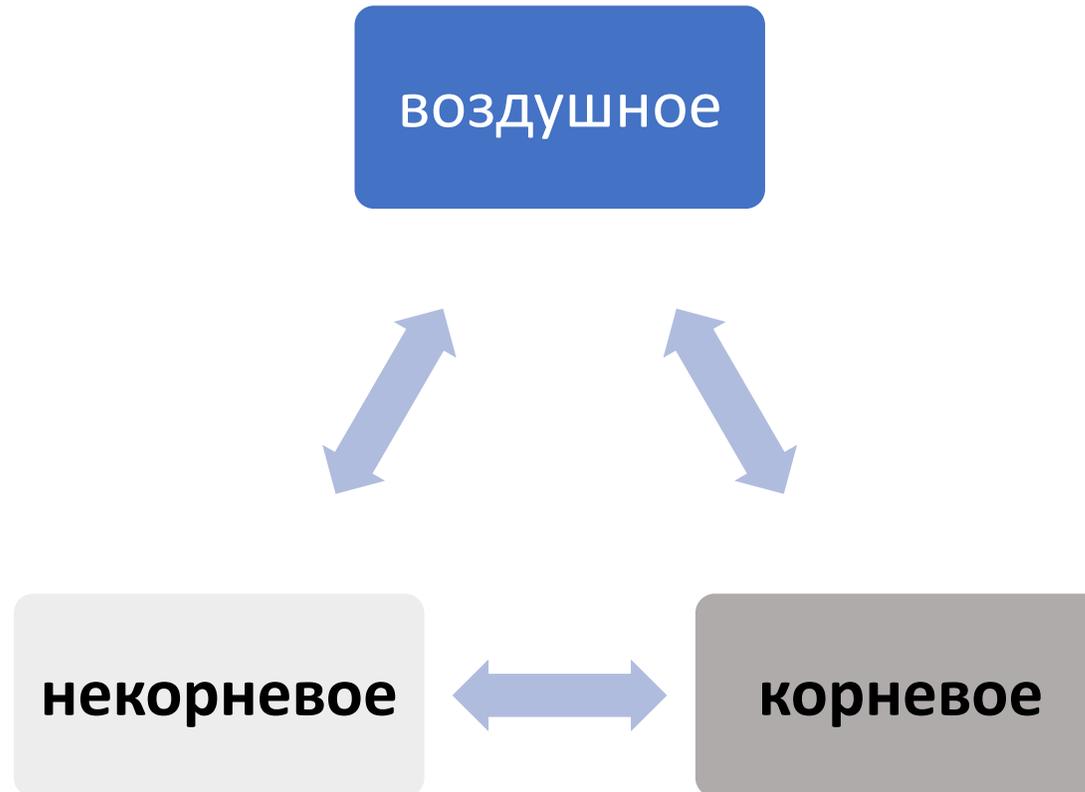
3. **Учитывать особенности развития корневой системы**, когда NP-удобрения можно вносить на значительную глубину.

4. **Учитывать свойства разных форм вносимых удобрений** (физиологически кислые или щелочные).

5. Хороший эффект даёт **использование смешанных посевов культур** (бобовых и злаковых).



Питание растений – это обмен веществ между растением и окружающей средой: переход веществ из почвы, воздуха в состав растительной ткани и преобразования их в сложные органические соединения в процессе метаболизма и вывод метаболизмом из них.





Корневое - поглощение, превращение и усвоение минеральных элементов питания корнями растений (пассивное и активное). Корни синтезируют органические соединения необходимые растительному организму и выделяют продукты метаболизма.

Активное (метаболическое) поглощение носит избирательный характер, идет независимо от градиента концентраций, с использованием энергии АТФ. Клеточная оболочка корня имеет множество пор и обладает высокой адсорбирующей способностью, поэтому на внутренней поверхности оболочки адсорбируются ионы из почвенного раствора. Метаболическое поглощение происходит на поверхности клеточных мембран в виде обменной адсорбции. У растений имеется обменный фонд ионов H^+ , OH^- , HCO_3^- , в обмен на которые, растение избирательно поглощает необходимые ему элементы питания.

Пассивное – это поглощение корнями воды и растворенных в ней питательных веществ за счет сосущей силы, возникающей вследствие транспирации. Это поглощение идет только по градиенту концентрации (от большей концентрации к меньшей) по законам диффузии и осмоса.

По мере нарастания корня наблюдается явление хемотропизма, то есть корень усиленно растёт в сторону расположения питательных веществ (положительный хемотропизм) или рост корня тормозится в зоне, неблагоприятной для растительной концентрации солей (отрицательный хемотропизм).



Воздушное -поглощение листьями из воздуха CO₂ и образование углеводов из углекислого газа и воды с использованием солнечной энергии хлорофиллом листьев.



Это процесс фотосинтеза. Интенсивность фотосинтеза и накопление сухого вещества зависят от освещения, соединения CO₂ в воздухе, температуры, влагообеспеченности и соединения элементов минерального питания.

Внесение удобрений оказывает косвенное действие на воздушное питание.

Некорневое питание : минеральные соли из слабых растворов могут проникать в растения через листья при помощи обменной адсорбции. Но потребность растений в основных питательных веществах таким образом удовлетворить нельзя. Такое питание используется для подкормок как основными элементами питания, так и минеральными элементами.



Три периода питания растений:

Критический период, когда отсутствие или недостаток какого либо элемента нельзя восполнить присутствием его в будущем. Как правило, критический период потребления элементов питания совпадает с первыми двумя неделями роста растений после всходов, что объясняется высокой напряженностью синтетических процессов, происходящих в это время в растительном организме, и сопряжено со слаборазвитой корневой системой, закладкой и дифференциацией. А оптимальное питание в последующие периоды роста растений не может восполнить ущерб, нанесенный растению в критический период питания.



Максимального потребления
У растений с законченным циклом период максимального потребления совпадает с межфазным периодом весеннее кущение-цветение. За этот период, например, озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, горох усваивают соответственно: азота 85, 85, 72, 83%, фосфора - 75, 79, 93, 93%, калия 80, 72, 45, 88% от максимального потребления.

Реутилизации (повторного использования) К цветению растений интенсивность поглощения элементов питания из внешней среды резко снижается не только в связи с физиологическим состоянием растительного организма, но и с влагообеспеченностью, и содержанием доступных элементов питания в почве. Растение вынуждено повторно использовать уже поглощенные элементы питания из старых органов на завершение формирования урожая.



Спасибо за внимание!