



Диагностика питания растений макро- и мезоэлементами

Носов Владимир Владимирович

кандидат биологических наук
начальник Центра компетенций
АО «Апатит», Группа «ФосАгро»
vvnosov@phosagro.ru

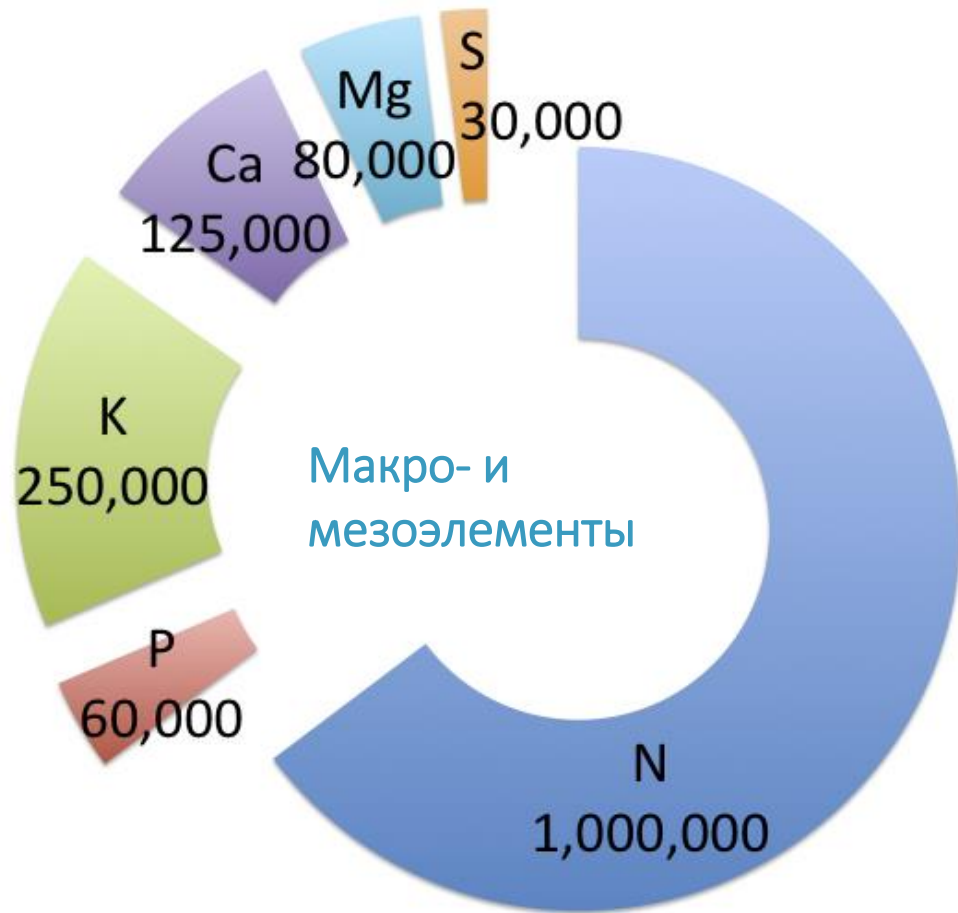


Структура презентации

1. 17 элементов питания растений
2. Обеспеченность почв доступными для растений формами макро- (азот, фосфор, калий) и мезоэлементов (сера)
3. Внешние признаки недостатка азота у растений
4. Внешние признаки недостатка фосфора у растений
5. Внешние признаки недостатка калия у растений
6. Внешние признаки недостатка серы у растений
7. Внешние признаки недостатка кальция у растений
8. Оптимальное содержание макро- и мезоэлементов в растениях

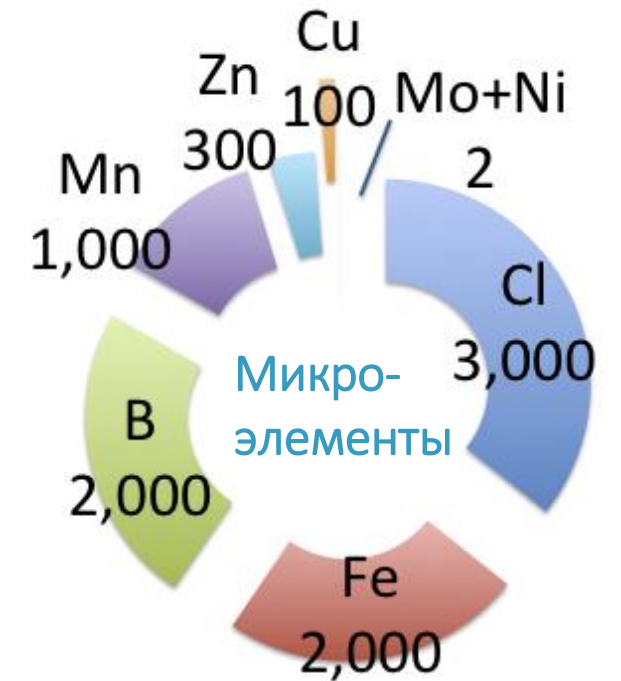
17 элементов питания растений

Относительное содержание макро-, мезо- и микроэлементов в растениях



Растениям необходимо 17 элементов минерального питания.

14 из них поступают из почвы.



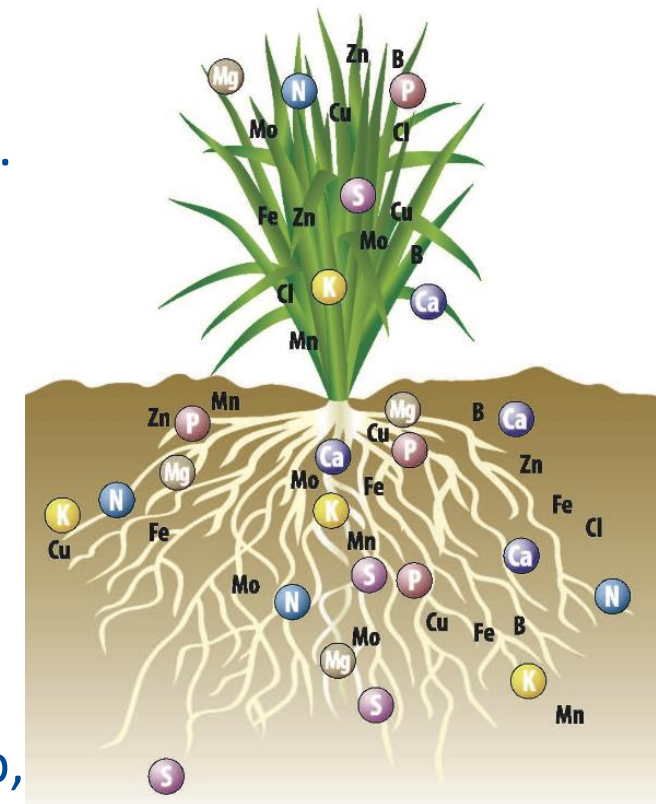
Основные принципы минерального питания растений

Элементы питания должны быть в **доступной форме**, чтобы растения могли их поглощать, особенно в периоды максимального потребления. Источник при этом не важен (органический или минеральный).

Элементы питания поглощаются корнями только в **растворенном виде**. Нерастворимые соединения не могут быть непосредственно использованы растениями.

Недостаточно уделять внимание какому-то **одному элементу питания**. Если рост и развитие растений лимитируется недостатком одного из элементов питания, другие элементы не могут эффективно использоваться.

Необходимо корректировать **неблагоприятные почвенные свойства**, лимитирующие поглощение элементов питания растениями, например, кислотность, переуплотнение или засоление почв.



**Обеспеченность почв
доступными для растений
формами макро- и
мезоэлементов**

Группировка почв по обеспеченности **МИНЕРАЛЬНЫМ АЗОТОМ** ($N-NH_4 + N-NO_3$)

Обеспеченность	Минеральный азот, мг N/кг почвы
1) Очень низкая	0 - 15
2) Низкая	15,1 - 40
3) Средняя	40,1 - 70
4) Повышенная	70,1 - 100
5) Высокая	100,1 - 130
6) Очень высокая	> 130

$N-NH_4$ – вытяжка 1,0 М KCl;

$N-NO_3$ – разные используемые методы.

Примечание: группировка для дерново-подзолистых почв.

Большая часть доступного растениям азота образуется за счет минерализации органического вещества почвы, которое медленно высвобождает азот.

Скорость данного процесса зависит от таких факторов, как температура, влажность и гранулометрический состав почвы.

Группировка почв по обеспеченности подвижным фосфором

Обеспеченность	Подвижный фосфор*, мг P ₂ O ₅ /кг почвы		
	Метод Кирсанова	Метода Чирикова	Метод Мачигина
1) Очень низкая	0 - 30	0 - 20	0 - 10
2) Низкая	31 - 80	21 - 50	11 - 15
3) Средняя	81 - 150	51 - 100	16 - 30
4) Повышенная	151 - 200	101 - 150	31 - 45
5) Высокая	201 - 300	151 - 200	46 - 60
6) Очень высокая	> 300	> 200	> 60

Метод Кирсанова – вытяжка 0,2 М HCl;
метод Чирикова – вытяжка 0,5 М CH₃COOH;
метод Мачигина – вытяжка 1% (NH₄)₂CO₃.

Содержание в почве доступных растениям форм фосфора, как правило, невелико и постоянно восполняется за счет труднорастворимых минеральных и органических фосфатов.

Использование растворов кислот для извлечения фосфора не всегда позволяет получить объективную информацию о доступности фосфора растениям.

Группировка почв по обеспеченности подвижным **Калием**

Обеспеченность	Подвижный калий*, мг K ₂ O/кг почвы		
	Метод Кирсанова	Метода Чирикова	Метод Мачигина
1) Очень низкая	0 - 40	0 - 20	< 100
2) Низкая	41 - 80	21 - 40	101 - 200
3) Средняя	81 - 120	41 - 80	201 - 300
4) Повышенная	121 - 170	81 - 120	301 - 400
5) Высокая	171 - 250	121 - 180	401 - 600
6) Очень высокая	> 250	> 180	> 600

Метод Кирсанова – вытяжка 0,2 М HCl;
метод Чирикова – вытяжка 0,5 М CH₃COOH;
метод Мачигина – вытяжка 1% (NH₄)₂CO₃.

В большинстве почв валовое содержание калия велико, но лишь малая часть от этого количества доступна растениям в течение вегетационного периода.

Использование растворов кислот для извлечения калия не всегда позволяет получить объективную информацию о доступности калия растениям.

Группировка почв по обеспеченности **ПОДВИЖНОЙ серой**

Обеспеченность	Подвижная сера, мг S/кг почвы
2) Низкая	< 6
3) Средняя	6 - 12
5) Высокая	> 12

Вытяжка 1,0 М KCl.

В почве сера находится в составе органического вещества и минеральных соединений, однако в период ее активного потребления растениями часто наблюдается недостаточное содержание доступных форм серы в почве.

Снижение поступления серы с атмосферными осадками уменьшило приходную часть баланса серы в агроценозах.

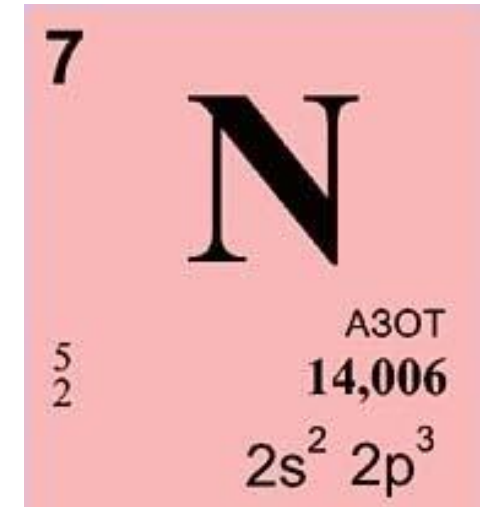
В ряде регионов мира обеспеченность почв серой ухудшилась из-за потерь органического вещества, происходящих в результате его быстрой минерализации и эрозии почв.

Внешние признаки недостатка азота у растений

Роль азота в жизни растений

Азот входит в состав растительных белков. Таким образом, питательная ценность растительной продукции, которую мы потребляем, в значительной степени зависит от обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом.

Данный элемент требуется растениям в больших количествах по сравнению с другими важнейшими элементами питания, за исключением калиелюбивых культур, у которых на первом месте по потреблению находится калий.



<https://megabook.ru>

Типичные внешние признаки недостатка азота у растений

При достаточной обеспеченности азотом листья растений имеют темно-зеленый цвет за счет высокого содержания хлорофилла.

Азот – подвижный элемент в растениях, поэтому признаки его недостатка сначала проявляются **на старых листьях, которые становятся светло-зелеными или желтыми**. При усилении азотного голодания указанные симптомы распространяются и на молодые листья.

Другие признаки недостатка азота включают: угнетение роста, утончение стеблей, слабое кущение у зерновых колосовых культур, низкое содержание белка в семенах и вегетативных частях растений, уменьшение облиственности.

Растения, испытывающие недостаток азота, преждевременно созревают и дают низкий урожай плохого качества.

Внешние признаки недостатка азота у пшеницы



Внешние признаки недостатка азота у кукурузы



Внешние признаки недостатка азота у подсолнечника



Внешние признаки недостатка азота у рапса



Внешние признаки недостатка азота у льна



Внешние признаки недостатка азота у картофеля



Внешние признаки недостатка фосфора у растений

Роль фосфора в жизни растений

Фосфор – один из основных макроэлементов. Поглощается растениями в виде фосфатных анионов (H_2PO_4^- и HPO_4^{2-}).

Играет ключевую роль в таких жизненно важных процессах, как фотосинтез, превращение энергии, деление и рост клеток, передача генетической информации.

Способствует формированию сильной корневой системы и развитию надземной биомассы.

Повышает эффективность использования воды растениями.

Необходим для образования семян, ускоряет созревание, повышает качество продукции.

15

P

ФОСФОР

30,973

5
8
2

$3s^2 3p^3$

The image shows a periodic table element card for Phosphorus (P). It features the atomic number 15 in the top left, the symbol 'P' in the center, and the name 'ФОСФОР' below it. The atomic weight '30,973' is positioned to the right of the name. On the left side, the electron shell configuration '5', '8', '2' is listed vertically. At the bottom right, the orbital configuration ' $3s^2 3p^3$ ' is shown.

<https://megabook.ru>

Типичные внешние признаки недостатка фосфора у растений

Первый признак недостатка фосфора – общее угнетение роста.

Листовые пластинки могут приобретать темно-зеленую окраску и деформироваться.

Признаки сначала проявляются на старых листьях, а затем уже и на молодых. У некоторых культур нижние листья и нижняя часть стебля приобретают **фиолетовую или красноватую окраску**.

Это связано с накоплением сахаров в растениях при недостатке фосфора, особенно в условиях пониженных температур, что способствует синтезу антоциановых пигментов.

Группировка растений по внешним признакам недостатка фосфора

Красные (красновато-фиолетовые) края листьев	Красные (красновато-фиолетовые) другие части листьев	Листья без изменения окраски либо темно-синие-зеленые
Яблоня Рапс Кукуруза Чечевица Виноград Гуава Груша Земляника Батат	Белокочанная капуста Эвкалипт Клен сахарный Томат	Лук Картофель Соя Сахарная свекла Рис

Внешние признаки недостатка фосфора у кукурузы



Дефицит фосфора в середине лета.
Содержание подвижного фосфора в
почве (метод Олсена) – 5.2 мг Р/кг почвы.

Внешние признаки недостатка фосфора у пшеницы



Красновато-фиолетовое окрашивание, начиная с верхушки, распространяется вниз по всей ширине листа.



Ослабленный рост и появление красновато-фиолетового оттенка на старых листьях у растения пшеницы, испытывающего недостаток фосфора.

Внешние признаки недостатка фосфора у ячменя



Темно-фиолетовое окрашивание начинается с верхушек и краев листьев и прогрессирует вниз, охватывая всю площадь листьев.

Внешние признаки недостатка фосфора у рапса



Внешние признаки недостатка фосфора у хлопчатника



Недостаток фосфора у сои



Лугово-черноземная почва со средней обеспеченностью подвижным фосфором.

Внешние признаки недостатка калия у растений

Роль калия в жизни растений

Калий остается в растении в ионной форме (K^+). Повышает фотосинтетическую активность, ускоряет отток и способствует накоплению продуктов фотосинтеза. Активизирует функционирование > 60-ти ферментов и ферментных систем. Оптимизирует кислотно-щелочной баланс.

Повышает скорость усвоения азота, образование белка и снижает содержание нитратов. Повышает содержание незаменимых аминокислот и витаминов.

Усиливает синтез целлюлозы и пектиновых веществ, что увеличивает толщину клеточных стенок, повышает прочность тканей и снижает полегание. Повышает устойчивость к болезням и вредителям.

Способствует формированию клубеньков на корнях бобовых культур, усиливает азотфиксацию.

Снижает интенсивность транспирации, повышает водоудерживающую способность листьев, что улучшает засухоустойчивость. Повышает зимостойкость и устойчивость растений к низким температурам. Улучшает товарность и сохранность продукции.

19	К	
		КАЛИЙ
		39,098
1 8 8 2		4s ¹

<https://megabook.ru>

Типичные внешние признаки недостатка калия у растений

«Краевой ожог» листьев (краевой хлороз и некроз) – характерный признак недостатка калия. Элемент подвижен в растении и легко передвигается из старых частей в растущие молодые. Недостаток калия сначала проявляется на нижних листьях. Верхние листья при этом остаются зелеными и сохраняют здоровый вид.

При слабом недостатке калия у растений может наблюдаться «скрытое калийное голодание» без проявления внешних признаков.

Растения, испытывающие недостаток калия, медленно растут и развивают слабую корневую систему. Стебли также формируются слабыми, часто полегают, а семена и плоды образуются мелкими, щуплыми или сморщенными.

При недостатке калия растения сильнее поражаются болезнями и повреждаются вредителями, больше страдают от засухи и в целом дают низкий урожай плохого качества.

Внешние признаки недостатка калия у пшеницы



Внешние признаки недостатка калия у кукурузы



Внешние признаки недостатка калия у рапса



Внешние признаки недостатка калия у сои



Внешние признаки недостатка калия у люцерны



Внешние признаки недостатка калия у яблони



Внешние признаки недостатка серы у растений

Роль серы в жизни растений

Сера входит в состав незаменимых аминокислот (цистеина, цистина и метионина), коэнзима А и витаминов (липоевой кислоты, биотина и тиамина).

Способствует образованию белков, поддерживает трехмерную структуру белков. В составе белка на 15 частей N приходится 1 часть S.

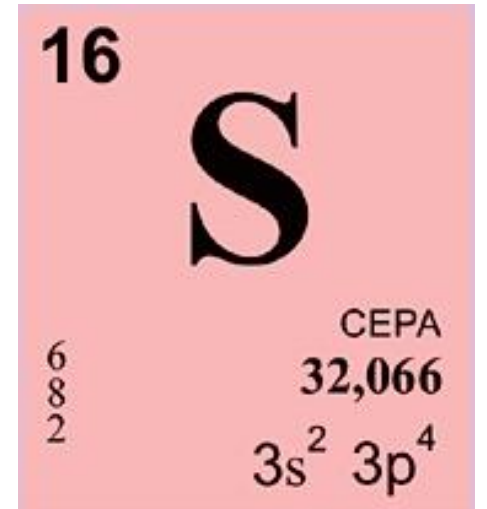
Участвует в метаболизме растений, усиливает их рост и развитие, фотосинтез, дыхание; способствует синтезу хлорофилла; регулирует окислительно-восстановительный потенциал клеток.

Стимулирует образование клубеньков на корнях бобовых культур.

Повышает эффективность использования NPK-удобрений, способствует мобилизации питательных элементов из почвы (P, K, Ca, микроэлементов).

Усиливает устойчивость растений к повышенным и пониженным температурам, засухе, вредной радиации; снижает поступление радионуклидов в растения.

Повышает качество продукции. Улучшает фитосанитарное состояние агроэкосистем.



<https://megabook.ru>

Типичные внешние признаки недостатка серы у растений

Недостаток серы иногда можно спутать с недостатком азота.

Листья растений, испытывающих недостаток серы, приобретают светлую желто-зеленую окраску, причем **пожелтение начинается с молодых листьев**.

Сера малоподвижна в растении и при недостаточном поступлении из почвы слабо реутилизируется из старых листьев в молодые. Из-за этого признаки недостатка серы начинают проявляться именно на молодых листьях.

Желто-зеленую окраску может приобрести и все растение.

Плоды становятся светло-зелеными и могут быть недостаточно сочными.

Внешние признаки недостатка серы у пшеницы



**Слева и справа внесено 34 кг S/га.
(N:S в растениях в центре > 16:1).**

Внешние признаки недостатка серы у кукурузы



Внешние признаки недостатка серы у проса африканского



Внешние признаки недостатка серы у сои



Чернозем типичный с низким содержанием подвижной серы.

Внешние признаки недостатка серы у подсолнечника



Внешние признаки недостатка серы у рапса



Внешние признаки недостатка серы у люцерны



Внешние признаки недостатка серы у сахарной свеклы



Внешние признаки недостатка серы у картофеля



Внешние признаки недостатка серы у хлопчатника



Внешние признаки недостатка кальция у растений

Роль кальция в жизни растений

Кальций важен для почвенного плодородия, поскольку способствует поддержанию рН почвы в оптимальном диапазоне. От рН почвы зависит ее микробиологическая активность и, следовательно, скорость разложения растительных остатков, образования органического вещества, перехода элементов питания в доступную для растений форму.

Повышенная кислотность почвы угнетает растения из-за роста концентрации в почвенном растворе Fe, Al и Mn до токсичных для растений уровней.

Кальций улучшает структуру и водоудерживающую способность почвы.

Играет ключевую роль в поддержании структуры клеточных стенок и целостности клеточных мембран. Прочные клеточные стенки важны для стабильности растения и препятствуют проникновению грибов и бактерий.

Способствует надлежащему удлинению клеток, участвует в ферментативных и гормональных процессах.



<https://megabook.ru>

Типичные внешние признаки недостатка кальция у растений

Кальций – малоподвижный элемент в растении, поэтому его недостаток проявляется в виде побурения и отмирания растущих кончиков корней и молодых листьев.

Листья скручиваются, их края буреют. Слипшиеся края формирующихся листьев надрываются по мере развёртывания и роста листьев.

При недостатке кальция сильно распространена вершинная, а также внутренняя гниль плодов, что приводит к снижению урожая и качества продукции.

Внешние признаки недостатка кальция у кукурузы



Внешние признаки недостатка кальция у сахарной свеклы



Внешние признаки недостатка кальция у овощных культур



Оптимальное содержание макро- и мезоэлементов в растениях

Диапазон достаточного содержания макроэлементов в растениях

Культура	Фаза роста и развития	Часть растения	N	P	K
			% (на а.с.в.)		
Кукуруза	Проростки (< 10 см)	Целое растение	4,00-5,00	0,40-0,60	3,00-4,00
	Вегетативная	Самый верхний полностью развитый лист	3,00-4,00	0,30-0,50	2,00-3,00
	Выметывание метелки	Лист, в пазухе которого сидит початок	2,80-4,00	0,25-0,50	1,80-3,00
Соя	Начало роста	Самый верхний полностью развитый трилистник	3,50-5,50	0,30-0,60	1,07-2,50
	Цветение	Самый верхний полностью развитый трилистник	3,25-5,00	0,30-0,60	1,50-2,25
Пшеница, ячмень рожь и овес	Проростки (до выхода в трубку)	Целое растение	4,00-5,00	0,20-0,50	2,50-5,00
	Цветение	Флаговый лист	4,00-5,00	0,20-0,50	2,00-4,00
Сорго зерновое	Проростки (< 30 см)	Целое растение	3,90-5,00	0,20-0,50	2,00-4,00
	Вегетативная	Самый верхний полностью развитый лист	3,00-4,00	0,20-0,40	2,00-4,00
	Цветение	Флаговый лист	2,50-4,00	0,20-0,35	1,40-4,00
Люцерна	Количество цветков у 10 % стеблей ≥ 1	Верхние 10-15 см (листья и стебли)	3,00-5,00	0,25-0,70	2,00-3,50
Красный клевер	Перед цветением	Верхние 10-15 см (листья и стебли)	3,00-4,50	0,20-0,60	2,20-3,00
Ежа сборная	5 недель после укуса или возобновление вегетации весной	Целое растение	2,50-3,50	0,25-0,35	2,50-3,50
Сахарная свекла	Середина вегетационного периода	Центральный полностью развитый лист	3,01-4,50	0,26-0,50	2,01-6,00
Овощные культуры	-	Верхние полностью развитые листья	2,50-4,00	0,25-0,80	2,00-9,00
Картофель	Середина вегетационного периода	Черешки самого верхнего полностью развитого листа	2,50-4,00	0,18-0,22	6,00-9,00

Диапазон достаточного содержания мезоэлементов в растениях

Культура	Фаза роста и развития	Часть растения	Ca	Mg	S
			% (на а.с.в.)		
Кукуруза	Проростки (< 10 см)	Целое растение	0,30-0,80	0,20-0,60	0,18-0,50
	Вегетативная	Самый верхний полностью развитый лист	0,25-0,80	0,15-0,60	0,15-0,40
	Выметывание метелки	Лист, в пазухе которого сидит початок	0,25-0,80	0,15-0,60	0,15-0,60
Соя	Начало роста	Самый верхний полностью развитый трилистник	1,10-2,20	0,03-0,60	0,30-0,80
	Цветение	Самый верхний полностью развитый трилистник	0,80-1,40	0,25-0,70	0,25-0,60
Пшеница, ячмень рожь и овес	Проростки (до выхода в трубку)	Целое растение	0,20-1,00	0,14-1,00	0,15-0,65
	Цветение	Флаговый лист	0,20-1,00	0,14-1,00	0,15-0,65
Сорго зерновое	Проростки (< 30 см)	Целое растение	0,30-0,60	0,25-0,60	0,24-0,50
	Вегетативная	Самый верхний полностью развитый лист	0,30-0,60	0,20-0,50	-
	Цветение	Флаговый лист	0,30-0,60	0,20-0,50	-
Люцерна	Количество цветков у 10 % стеблей ≥ 1	Верхние 10-15 см (листья и стебли)	0,80-3,00	0,25-1,00	0,25-0,50
Красный клевер	Перед цветением	Верхние 10-15 см (листья и стебли)	2,00-2,60	0,21-0,60	0,26-0,30
Ежа сборная	5 недель после укоса или возобновление вегетации весной	Целое растение	0,30-0,50	0,15-0,30	0,20-0,30
Сахарная свекла	Середина вегетационного периода	Центральный полностью развитый лист	0,36-1,20	0,36-1,00	0,21-0,50
Овощные культуры	-	Верхние полностью развитые листья	0,35-2,00	0,25-1,00	0,16-0,50
Картофель	Середина вегетационного периода	Черешки самого верхнего полностью развитого листа	0,36-0,50	0,17-0,22	0,21-0,50



Спасибо
за внимание!

