



**КРАТКОЕ ПОСОБИЕ ПО АГРОХИМИЧЕСКИМ
СВОЙСТВАМ ПОЧВЫ: ЗАЧЕМ И ПОЧЕМУ МЫ ЭТО
АНАЛИЗИРУЕМ?**





Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1. РОЛЬ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ	5
1.1. КИСЛОТНОСТЬ	5
1.2. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО	10
2. МАКРОЭЛЕМЕНТЫ	11
2.1. АЗОТ	11
2.2. ФОСФОР	15
2.3. КАЛИЙ	18
Как выбрать метод определения фосфора и калия в почве?	21
3. МЕЗОЭЛЕМЕНТЫ	23
3.1. КАЛЬЦИЙ	23
3.2. МАГНИЙ	25
3.3. СЕРА	27
4. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ	30
4.1. ЖЕЛЕЗО	30
4.2. БОР	32
4.3. МЕДЬ	34
4.4. ЦИНК	36
4.5. МАРГАНЕЦ	38
4.6. МОЛИБДЕН	40
4.7. КОБАЛЬТ	42
4.8. КРЕМНИЙ	44
5. ЕКО (ЕМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА)	45
6. СТЕПЕНЬ НАСЫЩЕННОСТИ ОСНОВАНИЯМИ	45
7. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ	47

Подготовила
Агроконсультант ООО «Агроплем»
Бабаева Ксения Сергеевна
Тел. - 8-977-519-93-03
e-mail: kbabaeva@agroplem.ru



ВВЕДЕНИЕ

Почва — это основное средство сельскохозяйственного производства, относящееся к категории трудно возобновляемых природных ресурсов, обладающих плодородием, главный источник получения продуктов питания.

Удобрение, при достаточном увлажнении почвы, самое эффективное и быстродействующее средство повышения урожайности, поэтому в системе агротехнических мероприятий, направленных на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, использование удобрений занимает одно из важнейших мест.

Научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений, отвечающее местным, зональным особенностям, значительно увеличивает урожай всех культур и улучшает его качество. При рациональном внесении удобрений в растениях повышается содержание сахара, крахмала, жиров, белков и витаминов.

В нашей стране около половины всего прироста урожая сельскохозяйственных культур обеспечивает применение удобрений. В Нечерноземной зоне с низким естественным плодородием почв при достаточной влагообеспеченности внесение удобрений дает 75 % прироста урожая.

ДОЛЕВОЕ УЧАСТИЕ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ



Интенсивное земледелие, обеспечивая высокую урожайность, способствует выносу питательных веществ из почвы и минерализации гумуса. Регулирование этого процесса возможно только при достаточном внесении удобрений, которые являются основным инструментом в регулировании питательного режима почвы.



Оптимизация питательного режима почвы достигается с помощью внесения органических и минеральных удобрений, которые:

1. Пополняют запасы питательных веществ почве;
2. Создают оптимальные условия для обеспечения жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и бактерий;
3. Активизируют использование выработанных растениями и микроорганизмами питательных веществ;
4. Способствуют формированию водопрочной структуры, оптимизации водно-физических свойств в корнеобитаемом слое почвы;
5. Оптимизируют уровень кислотности почвенного раствора, тем самым, создавая условия для наилучшего усвоения растениями питательных веществ.

На данный момент в России с 90х годов количество применяемых органических удобрений сократилось более чем в 5 раз, а минеральных – в 10. Дефицит гумуса достиг 0,52 т на 1 га пашни, потребность в навозе для покрытия такого дефицита составляет 6,5 т/га.

Для правильного и грамотного контроля за почвенным плодородием, для своевременного принятия мер по его выравниванию и повышению на отдельных участках и по хозяйству в целом, необходима полная и подробная агрохимическая характеристика полей севооборотов, которую можно получить по результатам агрохимического обследования.



1. РОЛЬ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

1.1. КИСЛОТНОСТЬ

Рост и развитие растений зависят от соотношения в почве ионов водорода (H^+) и гидроксила (OH^-), т.е. от реакции почвенной среды. Если преобладают ионы водорода – почва кислая, ионы гидроксила – щелочная. Неблагоприятными для растений являются как сильноокислые, так и щелочные почвы.

Различают следующие виды кислотности:

Актуальная кислотность — это рН почвенного раствора (рН H_2O) – обусловленная свободными ионами водорода минеральных и органических кислот.

Потенциальная кислотность (Скрытая) – кислотность, обусловленная наличием катионов H^+ или Al^{3+} в ППК. Потенциальная кислотность подразделяется на обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность – ионы H^+ Al^{3+} в поглощенном состоянии. (Актуальная + Обменная)- **рН сол.**

Гидролитическая кислотность– все ионы водорода, вытесненные гидролитически щелочной солью (Например CH_3COONa) из почвы. (Актуальная + потенциальная)

В лаборатории определяют:

рН H_2O – Актуальная кислотность.

рН сол – Обменная кислотность.

Нг – гидролитическая кислотность.

Актуальная кислотность почвы (рН H_2O) – величина неустойчивая, сильно изменяющаяся в течение вегетационного периода, поэтому наиболее целесообразно определять как рН H_2O , так и рН сол.(KCl).

Если почва обладает обменной кислотностью, то

$$pH_{H_2O} > pH_{сол}$$

Если почва не обладает обменной кислотностью, то

$$pH_{H_2O} \approx pH_{сол}$$

Избыточная кислотность почвы:

- ухудшает рост и ветвление корней;
- снижает проницаемость протоплазмы клеток, поэтому ухудшается поступление питательных веществ в растения;
- в кислой среде наблюдается низкая биологическая активность почв, подавляется развитие полезных микроорганизмов: при рН ниже 4,5 прекращается азотфиксация, подавляется жизнедеятельность эндомикозных грибов (ВАМ), мобилизующих, прежде всего, фосфор из труднодоступных для растений почвенных фосфатов, - но активно размножаются патогенные грибы;
- увеличивается растворимость токсичных соединений алюминия и марганца;



- в почве доступные для растений фосфаты образуют нерастворимые соли с железом и алюминием;
- снижается эффективность вносимых в почву удобрений, особенно минеральных

Таблица 1

Градация почв по степени кислотности

Градации	pH _{KCl}		pH _{H2O}		Гидролитическая кислотность Нг, мг-экв/100г		Потребность в известковании по pH
	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	
Очень сильноокислая	<4	<4	<5	<5	>6	>6	Очень высокая
Сильноокислая	4,1	4,5	5,1	5,5	5,1	6	Высокая
Среднеокислая	4,6	5	5,6	6,0	4,1	5	Средняя
Слабоокислая	5,1	5,5	6,1	6,5	3,1	4	Слабая
Близкая к нейтральной	5,6	6	-	-	2,1	3	Отсутствует
Нейтральная	6,1	7,1	6,6	7,3	<2	<2	Отсутствует
Слабощелочная	7,2	7,5	7,4	7,9	-	-	Отсутствует
Среднещелочная	7,6	8,5	8,0	8,5	-	-	Отсутствует
Сильнощелочная	8,6	9	8,6	9	-	-	Отсутствует
Очень щелочная	>9	>9	>9	>9	-	-	Отсутствует

Различные растения по-разному относятся к реакции среды, имеют неодинаковый интервал pH, благоприятный для их роста и развития.

Культуры можно разделить на несколько групп по чувствительности к кислотности.

Таблица 2

Чувствительность культур к кислотности

Благоприятный pH	Группа	Культуры
pH 6,5-7,2	1. Наиболее чувствительные, хорошо отзываются на известкование	Хлопчатник, Пшеница озимая, Люцерна, донник, райграс, ежа сборная, костер, смородина, клевер, сахарная, кормовая и столовая свёкла и др.
pH 5,7-7	2. Чувствительные, хорошо отзываются на известкование	Яровая пшеница, ячмень, горох, бобы, вика, соя, фасоль, кукуруза, салат, тыква, лисохвост, овсяница луговая, мятлик, слива, вишня, земляника, яблоня и др.
pH 5,3-6,0	3. Устойчивые к повышенной кислотности	Озимая рожь, овёс, просо, гречиха, редька, морковь, редис, томат, тимopheевка, груша, малина
pH 4,8-5,7	4. Устойчивые к повышенной кислотности и отрицательно реагирующие на избыток кальция, при этом снижается количество В, Mg, К целесообразно известкование только на сильно и среднекислых почвах	Лён, картофель, подсолнечник
pH 4,5-5	5. Малочувствительные	Люпин, сераделла, крыжовник, щавель, чайный куст и др.

В отдельную группу выделяют растения, чувствительные к концентрации Al. Al токсичен для растений при концентрации **2 мг/100г почвы и более**. Проявляется нарушением обмена веществ и угнетением роста на ранних стадиях.

Таблица 3

Группировка культур по чувствительности к содержанию подвижного алюминия

Группа	Культуры
1. Наиболее чувствительные	Озимые зерновые (пшеница и рожь), клевер, люцерна, сахарная и столовая свёкла
2. Чувствительные	Яровая пшеница, ячмень, гречиха, горох, фасоль, лён
3. Устойчивые	Просо, картофель, кукуруза, люпин
4. Высокоустойчивые	Овёс, тимофеевка

Главный прием по борьбе с почвенной кислотностью – известкование.

Точная оценка нуждаемости почвы в известковании проводится по параметрам, указанным в таблице 4

Таблица 4

Оценка нуждаемости в известковании почв по М. Ф. Корнилову

Почвы	Нуждаемость в известковании							
	Сильная		средняя		Слабая		Отсутствует	
	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %
Тяжело- и среднесуглинистые	<5,0	<45	5,0-5,5	45-60	5,5-6,0	60-70	>6,0	>70
	<4,5	<50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	>5,5	>75
	<4,0	<55	4,0-4,5	55-70	4,5-5,0	70-80	>5,0	>80
Легкосуглинистые	<5,0	<35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	>6,0	>65
	<4,5	<40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	>5,5	>70
	<4,0	<45	4,0-4,5	45-55	4,5-5,0	65-75	>5,0	>75
Супесчаные и песчаные	<5,0	<30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	>6,0	>55
	<4,5	<35	4,5-5,0	45-50	5,0-5,5	50-60	>5,5	>60
	<4,0	<40	4,0-4,5	40-55	4,5-5,0	55-65	>5,0	>65
Торфяные и торфяно-болотные почвы	<3,5	<35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-60	>4,8	>65

Полная норма извести рассчитывается:

$$(в тоннах CaCO_3 на 1 га) = 1,5 * Nг$$

Не все культуры одинаково хорошо относятся к кальцию, вносимому с известью, а некоторым необходима более щелочная реакция среды, поэтому норму извести необходимо корректировать согласно Таблице 5.

Таблица 5

Корректировка нормы извести

Корректировка норм извести		Примечания	
При pH 5,5-6,0		2/3 от полной нормы извести	Для культур, нуждающихся в более щелочной реакции среды (сахарная свекла, люцерна)
В севооборотах со льном, люпином, подсолнечником и картофелем	Песчаные, супесчаные почвы	2/3 от полной нормы извести	В севооборотах со льном известкование необходимо приближать к посеву культуры, если предшественником являются многолетние травы-то известь лучше вносить под покровную для них культуру. В севооборотах, где картофель занимает 30-40% и более в структуре посевных площадей-известкование приближают к посадке картофеля, что предотвращает поражение клубней паршой обыкновенной. Лучше всего в севооборотах с люпином и картофелем использовать магниесодержащие удобрения (доломитовая мука)
	Суглинистые и глинистые	3/4 от полной нормы извести	
Норма извести для всех почв не должна превышать 10 т/га			

Таблица 6

Оптимальные интервалы pH для различных культур

Культура	Оптимальный интервал pH	Культура	Оптимальный интервал pH
Рожь	5,5-7,5	Фасоль	6,4-7,1
Овес	5,0-7,7	Бобы	5,0-7,0
Пшеница	6,0-7,5	Вика	6,0-6,8
Ячмень	6,8-7,5	Люпин	4,0-6,0
Кукуруза	6,0-7,0	Чечевица	5,5-7,2
Сорго	7,0-7,5	Картофель	5,0-5,7
Просо	5,5-7,5	Турнепс	6,0-6,5
Рис	4,0-7,5	Свекла кормовая	6,2-7,5
Гречиха	4,7-7,5	Свекла сахарная	7,0-7,5
Соя	6,5-7,1	Морковь	5,5-7,0
Горох	6,0-7,0	Брюква	4,8-5,5
Сараделла	5,4-6,5	Подсолнечник	6,0-6,8
Редис	5,5-7,3	Лен	6,0-6,5
Конопля	7,0-7,5	Кенаф	6,0-7,3
Хлопчатник	5,5-7,3	Мак	6,8-7,2
Цикорий	6,8-6,5	Капуста	6,0-7,4
Помидоры	6,3-6,7	Огурцы	6,4-7,0



Салат	6,0-6,5	Лук	6,4-7,9
Люцерна	7,0-8,0	Чай	4,5-6,0
Клевер	6,0-7,0	Тимофеевка	5,0-6,5
Костер	7,0-7,5	Лисохвост	5,3-6,0



1.2. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

Органическое вещество почвы – это совокупность всех органических веществ, находящихся в форме гумуса и остатков животных и растений, т.е. важная составная часть почвы, представляющая сложный химический комплекс органических веществ биогенного происхождения.

Гумус - важный показатель потенциального плодородия почв, является одним из основных источников питания растений. В нем содержится основной запас азота (95 - 99 %), значительная часть фосфора (до 60 %) и серы (80 %), а также небольшое количество калия, кальция, магния, микроэлементов и других питательных веществ.

В почве постоянно протекают два разнонаправленных процесса: с одной стороны минерализация органического вещества и высвобождение элементов питания в минеральной форме, с другой – синтез новых гуминовых соединений. Источником пополнения органического вещества в почве являются корневые остатки и органические удобрения.

Показатель содержания гумуса, с практической точки зрения, используется для пересчета в содержание минерального азота.

Считается, что 1% гумуса содержит 23 кг/га минерального азота, поэтому эти данные можно использовать при расчете норм минеральных удобрений.

Таблица 7

Средние дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза

Культура	Примерная годовая доза т/га	Время внесения
Зерновые	35	Под основную обработку
Озимые на зерно	25	Зимой для подкормки
Картофель	40-60	Осенью, зимой и весной под весеннюю вспашку
Сахарная свекла	50-60	Осенью, зимой и весной под весеннюю обработку
Кукуруза	60-80	Осенью, зимой и весной под весеннюю обработку
Многолетние злаковые и бобово-злаковые травы на сено и на з/к	60-80	Зимой и после укосов
Пастбища	50-60	По окончании вегетации, зимой до вегетации, при удобрительных поливах после стравливания
Однолетние травы	30-40	Осенью под зябь, зимой или весной под предпосевную обработку
Рожь на з/к	25	Под вспашку или предпосевную обработ



2. МАКРОЭЛЕМЕНТЫ

2.1. АЗОТ

Составляет около 1,5% сухой массы растений.

Роль в жизни растений

- Входит в состав белков (основного строительного материала растения), ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла и других соединений.
- Определяет ростовые процессы, размеры и интенсивность синтеза белка, являющегося катализатором всех процессов в растении, в том числе фотосинтеза

Роль в почве

Минеральные формы азота (NH_4^+ , NH_2 , NO_3^- , NO_2^-)

- Все три формы соединений азота – нитратная NO_3^- , аммонийная (NH_4^+), и амидная (NH_2) могут служить растению источником азотного питания.
- Из всех поступивших в растения форм соединений азота только один **аммиак** может быть непосредственно использован для биосинтеза аминокислот. (Поэтому его называют «Быстрый» азот)
- **Нитраты и нитриты (NO_3^- , NO_2^-)** могут вовлекаться в синтез аминокислот только после их восстановления в тканях растений. Нитратный азот может накапливаться в растениях в значительных количествах, не причиняя им вреда. В то же время нитраты при обильных поливах легко вымываются из пахотного слоя в нижележащие горизонты почвы, что приводит к загрязнению окружающей среды и неэффективному использованию удобрений.
- **Аммонийный азот (NH_4^+)**, в отличие от нитратов, содержит аммиак в свободном виде и в значительных количествах без вреда не может содержаться в тканях растений. Накопление его, особенно при недостатке углеводов (источника кетокислот), ведет к аммиачному отравлению растений. Поэтому аммонийные (аммиачные) удобрения нельзя вносить большими дозами перед посевом, особенно под культуры, семена которых бедны углеводами. Нельзя вносить в поверхностный слой почвы, т.к. может необменно закрепляться при пересыхании слоя.
- **Амидная форма (NH_2)** малодоступна растениям через корневое питание, только после превращения в аммонийную или нитратную форму, в процессе аммонификации и нитрификации. Однако является хорошим источником азотного питания через лист.

Все минеральные формы азота подвергаются постоянным превращениям в почве, поэтому их определение в лаборатории наиболее целесообразно непосредственно перед посевом, а также для оценки нуждемости в подкормке (для озимых культур)

- **Общий азот (Нобц)** – показывает общее содержание азота в почве, как органического, так и минерального. Не дает четкого представления о содержании доступных форм азота растениям.

- **Легкогидролизуемый азот (Нл.г.) – для кислых почв**
- **Щелочногидролизуемый азот (Нщ.г.) – для нейтральных и щелочных почв**

Эти методы основаны на допущении, что кислоты и щелочи, используемые при анализе, извлекают (минерализуют) из почвы азотсодержащие органические соединения, легко подвергающиеся минерализации в природных условиях и благодаря этому являющиеся ближайшими источниками пополнения минеральных соединений азота, используемых растениями.

- **Нитрификационная (нитрифицирующая) способность почв –** определение нитратов, накапливающихся в почве в результате разложения азотсодержащих органических соединений, при компостировании почвы с соблюдением аэрации и оптимальных условий температуры и влажности.

Эти три формы азота служат достоверным источником данных для оценки обеспеченности почвы азотом.

При расчете норм удобрений стоит учитывать, что существует еще и азот атмосферы (N₂), который доступен бобовым и зернобобовым культурам за счет симбиотической азотфиксации. Примерно 2/3 своей потребности в азоте данные культуры закрывают за счет, именно, азотфиксации, поэтому нормы азотных удобрений для них, как правило, не большие (30-40 кг. д.в./га).

Таблица 8

Градация по степени обеспеченности почвы азотом

Класс почвы	Содержание	Легкогидролизуемый азот, мг /кг (по Тюрину и Кононовой)			Щелочногидролизуемый азот, мг/кг (по Корнфилду)	Нитрификационная способность мг NO ₃ ⁻ /кг	NO ₃ , мг/кг (для слоя 0-20 см)	NH ₄ , мг/кг (для слоя 0-20 см)
		pH _{KCl} < 5	pH _{KCl} 5-6	pH _{KCl} >6				
1	очень низкое	< 40	< 30	< 30	< 100	< 5,0	<10	<5
2	низкое	41-50	31-40	31-40	101-150	5, 1-8,0	10-15	5-15
3	среднее	51-70	41-60	41-50	150-200	8,1-15, 0	15-20	15-30
4	повышенное	71-100	61-80	51-70	>200	15,1-30, 0	-	-
5	высокое	101-140	81-120	71-100	-	30,1-60,0	>20	>30
6	очень высокое	>140	>120	>100	-	>60	-	-



Факторы риска дефицита

- Низкий уровень pH (кислая реакция среды);
- Внесение в почву большого количества соломы без добавления азотных удобрений (необходимо добавлять в виде минеральных удобрений 1% азота от массы соломы)
- Холодная погода (особенно рано весной).
- Недостаток влаги (необменная фиксация NH_4) или, наоборот, обильное выпадение осадков (вымывание NO_3).

При сухой и прохладной погоде в почву лучше вносить нитратные удобрения, чем аммонийные.

Симптомы дефицита

- Листья, стоящие к стеблю под острым углом вместе со стеблями и плодами имеют меньшие размеры. Они становятся мелкими, узкими, суховатыми, бледно-зелеными или даже желтоватыми, позже бурыми отмирают и опадают.
- Стебель короткий, хрупкий и твердый, ветвление у двудольных и кущение у злаков слабое.
- Хлороз начинается со старых (нижних) листьев, а затем переходит на молодые (за счет реутилизации азота).
- Сначала желтеют жилки листа (в отличие от дефицита железа, где желтеют сначала пластинки) или его кончики. Завязи рано опадают.
- Корни длинные, боковые корешки развиты плохо



Кукуруза

Табак



Недостаток азота в посеве табака

Сахарная свекла



Недостаток азота на сахарной свекле

Огурец



Недостаток азота на листьях огурца

Перец



Контроль

Недостаток азота на листьях перца



Контроль

Недостаток азота на плодах перца



Рисунок 2 - Пожелтение нижних листьев растений пшеницы



2.2. ФОСФОР

Содержание фосфора в сухой биомассе растений- от 0,2 до 1,2%.

Роль в жизни растений

- Стимулирует формирование мощной корневой системы;
- Входит в состав нуклеиновых кислот;
- Участвует в синтезе белка, крахмала, жиров;
- Участвует в формировании клеточных мембран и регулирует их проницаемость для различных веществ;
- Участвует в процессах дыхания, углеводном, азотном обменах, в процессах фотосинтеза, когда энергия солнечного света преобразуются в энергию фосфатных связей. АТФ-основной источник энергии для процессов в растении;
- Усиливает энергию прорастания семян.

Роль в почве

Фосфор-один из самых неоднозначных элементов, количество доступного фосфора составляет всего 10-20% от общих запасов в почве. Все дело в том, что фосфор фиксируется (химически закрепляется) в почве с различными ионами, что снижает его растворимость и доступность для растений. В кислых почвах образуются фосфаты железа и алюминия, в щелочных- фосфаты кальция и магния.

Таблица 9

Формы фосфора в почве

	Доступные (10-20% от всего фосфора)		Условно-доступные	Недоступные
Фосфор	Водорастворимые:	(Фосфаты одновалентных катионов (Na, K и т.д.), дигидрофосфаты кальция $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)	Фосфор первичных минералов: Фторapatиты, Гидроксилapatиты	Органические формы: фитин, фосфатиды, нуклеопротеиды, гумусовые вещества и т.д
	Кислоторастворимые:			
	Кислые почвы	Фосфаты алюминия (AlPO_4) $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$		
		Фосфаты железа (FePO_4) $\text{Fe}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$ -более основной-менее растворимый		
	Щелочные почвы	Фосфаты кальция двузамещенные (CaHPO_4 и др.)		
Валовое содержание фосфора				

Количество растворимого фосфора (в основном H_2PO_4^- и HPO_4^{2-}) в почве всегда крайне незначительно – 0,1–1,0 мг/кг пахотного слоя

Фосфор в фосфорных удобрениях находится в виде различных солей.

Растворимость фосфорных солей повышается по мере увеличения их кислотности, т.е. увеличения катионов водорода в соединении.

По степени растворимости и доступности для растений все фосфорные удобрения могут быть разделены на три группы:

Содержат в составе:

- PO_4^{3-} – растворим в минеральных кислотах-труднодоступные растениям.
- HPO_4^{2-} – растворим в почвенных кислотах-доступные растениям.
- H_2PO_4^- – растворим даже в воде-легкодоступные для растений.

Растворимость фосфорных удобрений, в том числе водорастворимых, ниже азотных и калийных.

Даже несмотря на то, что в удобрении может содержаться до 90% водорастворимого фосфора при внесении в почву по мере растворения фосфат-ион переходит в соединения, характерные для определенного типа почвы и обусловленные генетическими особенностями, физико-химическими и минералогическими свойствами, степенью окультуренности. Один из основных критериев связывания фосфатов в почве-рН, т.е. соотношение Fe,Al,H,Ca,Mg в растворе.

*Принято считать, что наименьшее связывание фосфатов и наибольшая подвижность приходится на интервал **pHсол 5,1-5,5***

Таблица 10

Соотношение недиссоциированных молекул H_3PO_4 и ее анионов при различных значениях рН среды, %

КИСЛОТА, АНИОН	рН			
	5	6	7	8
H_3PO_4	0,10	0,01	-	-
H_2PO_4^-	97,99	83,68	33,90	4,88
HPO_4^{2-}	1,91	16,32	66,10	95,12
PO_4^{3-}	-	-	-	0,01

Факторы риска дефицита

- Почвы с высокой кислотностью или щелочностью;
- Низкое содержание органического вещества;
- Избыток K,Zn, Al,Fe, Mn,Cl,NO₃,Ca,Mg;
- Почвы тяжелого гран. Состава;
- Низкие температуры почвы и воздуха;
- Засуха;
- Недостаток кислорода (избыточное увлажнение);
- Внесение высоких доз азотных и калийных удобрений при низком содержании фосфора в почве.

Симптомы дефицита

- Проявляется сначала на нижних, более старых листьях, потом переходит на молодые
- Замедляется прирост биомассы листья приобретают сначала на жилках, а потом по всей поверхности сизо-зеленую (серо-зеленую), пурпурную или красно-фиолетовую окраску
- Наблюдается малый размер молодых листьев. Образование на листьях фиолетовых, красноватых, бурых пятен, с последующим отмиранием пораженных тканей.
- Корневая система плохо развита, малоразветвленная. В кислых почвах нижняя часть корня обесцвечивается и высыхает



Сахарная свекла



Недостаток фосфора на листьях сахарной свеклы

Пшеница



Недостаток фосфора на листьях озимой пшеницы

Томаты



Характерные признаки недостатка фосфора на листе томата

Огурец



Недостаток фосфора на листе огурца (слева - обычный лист)





2.3. КАЛИЙ

Содержание калия в растениях- от 0,7 до 1,4% сухой биомассы

Роль в жизни растений

- Влияет на физиологическое состояние коллоидов в цитоплазме, их обводненность (задерживает влагу в растении), а, соответственно, повышает устойчивость к засухе;
- Влияет на интенсивность фотосинтеза, углеводного и азотного обменов;
- Повышает содержание сахаров в растении в целом;
- Усиливает отток углеводов из листьев в другие органы;
- Повышает морозоустойчивость растений, в связи с увеличением количества сахаров и осмотического давления в клетках;

Роль в почве

Между формами калия установлено динамическое равновесие и если растение потребляет водорастворимый калий, то его количество восполняется за счет обменного, а обменный калий через какое-то время будет компенсирован необменным гидролизуемым (фиксированным) калием, а также за счет необменного калия первичных минералов.

Из-за такой динамики калия в почве находится больше, чем азота в 5-50 раз, а фосфора 8-40 раз.

Таблица 11

Формы калия в почве

Водорастворимый (1/5-1/10 часть от обменных форм)	-	Представлен различными солями растворенным в почвенной влаге (нитраты, фосфаты, сульфаты и т.д.) которые непосредственно усваиваются растениями. Содержится его в почве обычно немного, т.к. он сразу потребляется растениями.
Обменный (т 1-3 % от валового)	=Подвижный - водорастворимый	это калий, поглощенный почвенными коллоидами . Ему принадлежит основная роль в питании растений. Он доступен растениям. Кроме того он способен на обмен с другими катионами переходить в раствор в котором он усваивается растениями.
Подвижный	=Обменный+ водорастворимый	
Необменный гидролизуемый (Фиксированный)	=Кислоторастворимый - подвижный	Трудно обменный, фиксированный на поверхности почвенных частиц калий, являющийся потенциальным источником калия для растений.
Кислоторастворимый	=подвижного + необменный гидрол.	
Необменный	=Валовой-кислоторастворимый	это калий минералов почвы (алюмосиликатов) который является потенциально доступным за счет выветривания пород
Валовый		Весь калий почвы



Выделена группа так называемых калиелюбивых культур: сахарная свекла, кормовые корнеплоды, овощные культуры, кукуруза, картофель, большая потребность в калии у крыжовника.

Факторы риска дефицита

- Почвы легкого гран. Состав, торфяные почвы;
- Карбонатные и известкованные почвы (высокое содержание Ca и Mg);
- Жаркая и сухая погода

Симптомы дефицита

- Признаки недостатка калия проявляются в середине вегетативного роста;
- Наблюдается замедление роста, окраска листьев голубовато-зеленая, тусклая, часто с бронзовым оттенком.
 - Пожелтение, а в дальнейшем побурение и отмирание кончиков и краев листьев «Краевой ожог».
 - Междоузлия укороченные. Развивается бурая пятнистость, особенно ближе к краям
 - Морщинистость, края листьев закручиваются, при этом жилки кажутся погруженными в ткань листа.
 - Корни длинные слизистые пожелтелые, с малым количеством боковых корешков.
- Стебель тонкий, рыхлый полегающий.
- Недостаток калия вызывает задержку роста, а также развития зачаточных бутонов и соцветий



Листья кукурузы





Как выбрать метод определения фосфора и калия в почве?

Правильный выбор метода определения — это залог реального понимания содержания данных элементов в почве.

При неверном выборе метода определения, содержание фосфора и калия (особенно фосфора) может быть слишком занижено или завышено.

При выборе метода определения фосфора и калия рекомендуется руководствоваться 3 факторами:

- **География расположения** (геоботаническая зона) – дает представление о преобладающем типе почв в местности отбора пробы, в свою очередь, методы определения фосфора и калия, разработаны как раз с учетом определенных типов (подтипов) почв конкретной зоны.

- **рН почвы** – как говорилось ранее, подвижность фосфора во много определяется рН среды, поэтому важно подобрать такой метод определения, который в наибольшей степени будет отражать реакцию почвенного раствора в реальных условиях и покажет достоверную картину содержания фосфора

- **Вскипание от HCl (соляной кислоты)** – используется для определения наличия карбонатов в почве. При взаимодействии с соляной кислотой карбонаты почвы начинают «кипеть».

Основные методы определения Фосфора и Калия в почве – по **Чирикову, Кирсанову и Мачигину**, также могут использоваться методы по **Олсену и Брею**. В таблице 11 указаны рекомендации по выбору метода определения в зависимости от географии, рН и наличия карбонатов в почве.

Таблица 12

Рекомендуемые методы определения фосфора и калия в почве

Типы почв	рН		Минералы	Методы
Подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные почвы. Не распространяется на карбонатные почвы (Лесная, Таежно-лесная почвенная зона).	Кислая	< 5,1	Al-P, Fe-P, and Mn-P	Bray 1,2, Кирсанов
Черноземы, серые лесные и другие почвы, степной и лесостепной зон. Не распространяется на карбонатные почвы	От слабокислой до слабощелочной	5,1 - 7.1	Al-P, Fe-P, Mn-P, Mg-P, and Ca-P	Bray 1,2, Olsen, Чириков
Сероземы, серо-бурые, бурые, каштановые, черноземы и другие почвы пустынной, полупустынной, сухостепной и степной зон, а также карбонатные почвы других зон.	Щелочная, известкованная почва	> 7.1	Ca-P and Mg-P	Olsen, Мачигин



Стоит отметить, что все методы анализа предусматривают определение именно ПОДВИЖНЫХ (водорастворимые + обменные) форм фосфора и калия, то есть непосредственно доступных растениям.

Таблица 13

Градация по степени обеспеченности почвы

Степень обеспеченности	P ₂ O ₅ , Мг/кг					K ₂ O, Мг/кг		
	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	Брей1	Олсен	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину
Очень низкое	<25	<20	<10	0-8	1-5	<40	<20	< 100
Низкое	26-50	21-50	11-15	9-15	6-9	41-80	21-40	101-200
Среднее	51-100	51-100	16-30	16-20	10-13	81-120	41-80	201-300
Повышенное	101-150	101-150	31-45	-	-	121-170	81-120	301-400
Высокое	151-250	151-200	46-60	21-35	14-19	171-250	121-180	401-600
Очень высокое	>250	>200	>60	>36	>20	> 250	> 180	>600



3. МЕЗОЭЛЕМЕНТЫ

3.1. КАЛЬЦИЙ

В сухой биомассе растений содержится 0,2% кальция

Роль в жизни растений

- Поддерживает обводненность клетки и сопротивление неблагоприятным факторам среды;
- Входит в состав клеточных стенок и поддерживает ее структуру;
- Обеспечивает мембранный потенциал и поступление катионов в клетку;
- Активирует около 20-ти ферментных систем.

Роль в почве

- Регулирует реакцию почвенного раствора;
- Улучшает структуру почвы, повышает ее водопрочность;
- Коагулирует почвенные коллоиды;
- Улучшает воздушный, водный режимы;
- Уменьшает возможность образования корки и облегчается обработка тяжелых почв.
- Снижает содержание в почве подвижных соединений алюминия, они переходят в неактивное состояние и не оказывают вредного влияния на растения.

Кальций в почве представлен в виде водорастворимых солей, обменно-поглощенных ионов, а также кальцием, входящим в состав кристаллической решетки минералов и органического вещества почвы.

Факторы риска дефицита

- Сильнокислые почвы;
- Песчаные почвы;
- Высокая концентрация K, NH₄, Al, Na, Mg;
- Засуха;
- Недостаток данного элемента следует ожидать, если его содержание в почве меньше 20% от ЕКО.

Наибольшую потребность в кальции испытывают капуста, люцерна и клевер

Симптомы дефицита

- Недостаток отражается на развитии самых молодых органов;
- Первые признаки голодания - побеление верхушечной почки молодых листьев, кончики которых загибаются;
- Хлоротичная пятнистость (мраморность) листьев, по краям образуются белые полосы. Образующиеся листья мелкие искривленные, неправильной формы .
- На плодах наблюдаются некрозы (вершинная гниль томатов, горькая ямчатость яблони). Отмирание плодов начинается с чашечки к низу (как крюк) а края закручиваются кверху.
- Отмирание точек роста на центральных и боковых побегах, а также кончиков корней;
- На сохранившихся корнях образуются шарообразные вздутия;
- Корневые волоски отсутствуют;
- Корни ослизняются, загнивают;
- В период засухи- «надламывание побегов» (из-за снижения транспирации).

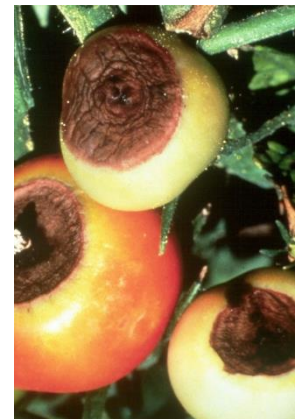
Отсутствие этого элемента подавляет мобилизацию запасных питательных веществ (крахмала, белков), что может привести к гибели растения еще на этапе прорастания. На корнях перестают образовываться корневые волоски, через которые поступает в растение основная масса питательных веществ.



Сахарная свекла



Горькая ямчатость яблони



Гниль томатов



Капуста



Пшеница





3.2. МАГНИЙ

В составе сухой биомассы растений – около 0,2% магния.

Роль в жизни растений

- Центральный компонент хлорофилла (компонент формирования пластид);
- Участвует в углеводном обмене и окислительно-восстановительных процессах;
- Поддерживает структуру клетки;
- Входит в состав рибосом и фитина (источник фосфорной кислоты при прорастании семян).

Роль в почве

- Влияет на физические свойства и биологическую активность почвы.
- Под воздействием магния существенно активизируется жизнедеятельность гнилостных бактерий, увеличивается заселенность почвы грибами и актиномицетами, повышается численность нитрификаторов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов. (свидетельствует о повышении интенсивности распада органических остатков, а, следовательно, и улучшении питания растений)

Основным источником питания растений этим элементом считаются водорастворимая и обменная формы.

Даже при высоком содержании магния в почве, растения все равно могут испытывать его недостаток если соотношение в почвенного растворе Ca:Mg более 11. Также, стоит отметить, что магний легко вымывается из почвы, особенно из кислых.

Факторы риска дефицита

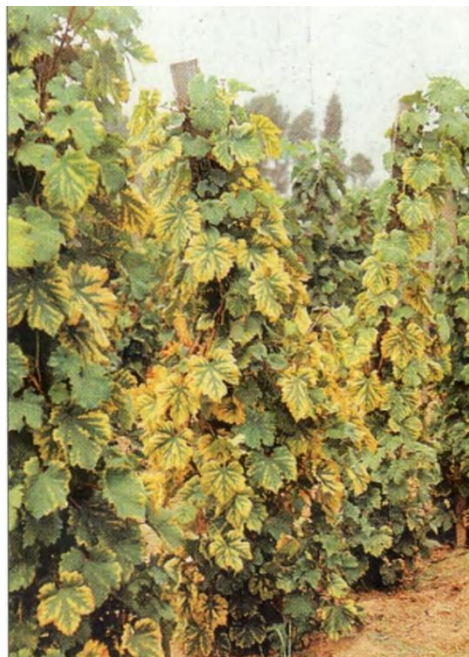
- Торфянистые почвы;
- Кислые почвы;
- Почвы легкого гран. Состава;
- Известкованные почвы с большим количеством Ca;
- При избытке K, N, NH₄, Ca, Mn, Na, Al;

На песчаных и супесчаных почвах, а также на красноземах, кислых почвах магниевые удобрения должны обязательно включаться в систему удобрения, причем ежегодно.

Высокая потребность в магнии наблюдается у кормовой и сахарной свеклы, картофеля, зернобобовых, овощных, яблони, крыжовника, смородины.

Симптомы дефицита

- Хлороз при дефиците всегда начинается с нижних листьев;
- Хлороз листьев, проявляющийся с краев и между жилками листа, тогда как жилки и прилегающие к ним ткани имеют ярко-зеленую окраску (поскольку отток магния к молодым листьям проходит по жилкам);
- Между жилками зеленая окраска сменяется на желтую, в дальнейшем проявляются пятна отмирания тканей;
- При его недостатке сильно задерживается цветение;



Виноград



Пшеница

Недостаток магния на листьях пшеницы

Кукуруза

Недостаток магния на листьях кукурузы

Свекла

Недостаток магния на листьях свеклы

Картофель



Недостаток магния на листьях картофеля

Сахарная свекла



Недостаток магния на листьях сахарной свеклы



Картофель



«Бусы» на листьях пшеницы



Подсолнечник



Рисунок 125 - Листья огурца

Таблица 14

Градация по обеспеченности почвы подвижными Са и Mg

Степень обеспеченности	Са, мг/кг, подвижные формы		Mg мг/кг, подвижные формы	
	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний
Очень низкая	<400	<400	<60	<60
Низкая	401	800	61	90
Средняя	801	1200	91	150
Повышенная	1201	1600	151	300
Высокая	1601	2000	301	450
Очень высокая	>2000	>2000	>450	>450

3.3. СЕРА

Содержание серы в сухой биомассе растений 0,2-1%.

Роль в жизни растений

- Входит в состав важнейших аминокислот;
- Участвует в азотном, углеводном обмене;
- Важнейший элемент фотосинтеза;
- Вместе с азотом входит в состав белков, когда Соотношение N:S более 15-растение страдает от недостатка серы;
- Участвует в синтезе ферментов, витаминов и масел (у крестоцветных).

Роль в почве

Сера в почвах представлена как органическими, так и неорганическими соединениями.

Неорганическая сера в почве представлена сульфатами почвенного раствора, адсорбированными сульфатами, сульфидами и серой минералов. Сульфаты почвенного раствора доступны для растений.

Основным источником серы, поступающей в почвенный раствор, является органическое вещество, в процессе минерализации которого высвобождается данный элемент

В почву сера поступает из атмосферы в составе осадков, пыли и путем адсорбции непосредственно из воздуха, а также за счет высокоминерализованных грунтовых вод и гипса.

Общее содержание серы в почве колеблется от 0,001 до 0,5 %.



Факторы риска дефицита

- Избыточные дозы азотных и фосфорных удобрений;
- Высокая концентрация Селена;
- Низкая температура;
- Почвы легкого гран. Состава;
- Малогумусные почвы;

Наибольшая потребность в сере наблюдается у крестоцветных (рапс) масличных, зернобобовых, бобовые, пасленовых, подсолнечника, меньше у зерновых.

Таблица 15

Градации по обеспеченности почвы подвижной серой

Пределы	Сера, мг/кг	
	Нижний	Верхний
Очень низкая	<3	<3
Низкая	3	6
Средняя	6	9
Повышенная	9	12
Высокая	12	15
Очень высокая	>15	>15

Симптомы дефицита

- В отличие от азотного голодания при серном желтеют верхние листья растения, которые не опадают, хотя и имеют бледную окраску.
- Самые молодые листья – светло-желтые, жилки бледнее, чем окружающая ткань;
- Стебли перестают расти в толщину, становятся деревянистыми, твердыми;
- Корни белые сильно разветвленные, их кончики отмирают.



Листья капусты



Кукуруза



Рапс масличный



Сахарная свекла



4. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

4.1. ЖЕЛЕЗО

Содержание железа в растениях – 0,08%.

Роль в жизни растений

- Участвует в окислительно-восстановительных процессах;
- Принимает участие в образовании хлорофилла (в его состав оно не входит);
- Является составной частью ферментов.

Факторы риска дефицита

- Карбонатные почвы, из-за избытка кальция;
- Кислые почвы с избытком марганца и меди;
- Известкованные почвы;
- Очень низкая или очень высокая температура;
- Обилие фосфора и недостаток калия;
- Переувлажнение и плохая аэрация;
- Высокое содержание органического вещества.

Культуры с наибольшей потребностью

Плодовые-яблоня, вишня, груша, виноград, иногда овощные и полевые культуры.

Симптомы дефицита

- Бледно-зеленая или желтая окраска верхушечных молодых листьев с четкой сеткой зеленых жилок, но нижние листья остаются без изменений;
- Окраска листьев сначала бледно-зеленая, а затем светло-желтая, вплоть до белой;
- При длительном голодании отмирают верхушечные побеги;
- В отличие от нехватки азота, сначала страдают более молодые, верхние листья.



Яблоня



Виноград



Сахарная свекла



4.2. БОР

Содержание бора в растении 0,0001%

Роль в растении

- Регулирует деятельность репродуктивных органов (опыление и оплодотворение, увеличивает количество цветков и плодов, способствует созреванию семян);
- Повышает устойчивость клеточных стенок;
- Нейтрализует токсическое действие фенолов, которые замедляют ростовые процессы;
- Участвует в синтезе нуклеиновых кислот и белков;
- Отвечает за отток углеводов из листьев в корни;
- Улучшает снабжение корневой системы кислородом;
- Способствует усвоению кальция (оптимум Ca:B для сахарной свеклы – 100, сои-500);

Факторы риска дефицита

- Засуха (растворимость бора уменьшается);
- Избыточная влажность (соли бора вымываются из почвы);
- Известкованные, сильно щелочные и кислые почвы;
- Изобилие N и K;

Культуры с высокой потребностью

Сахарная и кормовая свекла, подсолнечник, лен, картофель, бобовые и зернобобовые, рапс, кукуруза, пшеница, ячмень, овес, плодовые и овощные культуры.

Симптомы дефицита

- Бор не реутилизуется (не может передвигаться из старых листьев в молодые), поэтому в первую очередь страдают точки роста;
- Прекращается доминирующее развитие центрального побега;
- Ненормально разрастаются боковые побеги, проявляется кустовидность, разетчатость;
- Опадают завязи;
- Цветков и плодов мало или нет совсем;
- Пустозерность;
- Поражение сухой гнилью и дуплистостью у корнеплодов, бобовые желтеют, лен поражается бактериозом, у подсолнечника отмирает точка роста, листья коричневеют;



Клубни картофеля



«Мягкие ткани» у подсолнечника



«Сердцевинная гниль» сахарной свеклы





4.3. МЕДЬ

Среднее содержание меди в растениях **0,0002%** или **2 мг** на 1 кг массы.

Роль в растении

- Входит в состав ферментов, участвующих в фотосинтезе, образовании белков, углеводов, лигнина, ростовых веществ-ауксинов;
- Повышает засухо и морозоустойчивость культур;
- Повышает устойчивость к грибным и бактериальным болезням, к полеганию;
- Входит в состав ферментов, участвующих в азотфиксации клубеньковыми бактериями.
- Повышает количество зерен в колосе.

Факторы риска дефицита

- Известкованные почвы (особенно при внесении полной дозы извести);
- Высокое содержание органического вещества и карбонатов;
- Кислые и песчаные почвы, торфяники;
- Высокие концентрации NH_4 , P, Zn и закисного железа (FeO);
- Жаркая погода;
- Высокое содержание тяжелых металлов.

Культуры с наибольшей потребностью

Зерновые, плодовые, корнеплоды, бобовые, овощные



Симптомы дефицита

- У двудольных- свертывание молодых листьев (картофель, свекла, гречиха, подсолнечник соя и др);
- Замедление роста, хлороз;
- Цветение задерживается;
- Потеря тургора, увядание;
- У злаков – усиление кущения и бледно-зелёная окраска, побледнение кончиков («белая чума»);
- У плодовых- суховершинность.



«Белая чума» на зерновых



Деформация листьев сои и их хлороз



Деформация листьев картофеля



Хлороз листьев плодовых



4.4. ЦИНК

Содержание цинка в растениях составляет 15–60 мг/кг сухой массы

Роль в растении

- Активирует около 13 окислительно-восстановительных ферментов;
- Участвует в синтезе хлорофилла, РНК, белка, ауксинов и углеводов;
- Усиливает азотный и белковый обмен;
- Повышает синтез сахаров, сухого вещества и аскорбиновой кислоты;
- Повышает водоудерживающую способность клеток и повышает их засухо- и холодоустойчивость;
- Регулирует фосфорный обмен;
- Влияет на скорость деления клеток.
- Повышает зернообразование.

Факторы риска дефицита

- Нейтральные и карбонатные почвы (рН 5,5-7,5 соли цинка наименее растворимы);
- Почвы легкого гран. Составы;
- Низкое содержание органического вещества;
- Торфяные почвы;
- Высокое содержание фосфора (а также при внесении более 120 кг.дв. фосфорных удобрений);
- Избыток меди;
- Низкая и высокая температура;
- Уплотненные почвы.

Культуры с наибольшей потребностью

Очень чувствительные: Кукуруза, плодовые (особенно цитрусовые), виноград, хмель

Средне чувствительные : зерновые, подсолнечник, фасоль, люцерна, соя, гречиха, свекла, картофель, клевер), ягодные, картофель

Симптомы дефицита

- Резко тормозится формирование побегов;
- Уменьшается содержание сахарозы и крахмала;
- Хлоротичные пятна на краях листьев, которые распространяются к жилке, при усилении недостаточности- весь лист становится желтым или белым, признаки быстро распространяются;
- Голодание сильно выражено после распускания листьев;
- Растения вегетируют, но не плодоносят;
- Укороченные междоузлия, розетчатость, мелколистность;
- Листья и черешки бывают скрученные.



Подсолнечник



Хлороз листьев кукурузы (параллельно главной жилке)



Розетчатость яблони



4.5. МАРГАНЕЦ

Среднее содержание Mn в растениях составляет 0,001%, или 10 мг на 1 кг массы.

В основном сосредоточен в листьях и хлоропластах.

Роль в растении

- Активирует ферменты Цикла Кребса (белки жиры углеводы превращает в CO₂, а воду в энергию);
- Поддерживает структуру хлоропластов (без него хлорофилл разрушается на свету);
- Способствует оттоку сахаров из листьев;
- Участвует в восстановлении нитратов до аммиака;
- Способствует накоплению витамина С;
- Способствует устойчивости растения к неблагоприятным факторам среды;

Факторы риска дефицита

- Нейтральные, карбонатные, известкованные почвы (pH_{сол}>5,8) (переводится в труднодоступную форму);
- Почвы с высоким содержанием органического вещества, торфяные почвы;
- Низкая интенсивность освещения;
- Высокое содержание P, Fe, Cu, Zn в почве (антагонизм).

Культуры с высоким потреблением

Зерновые, кукуруза, бобовые, подсолнечник, картофель, столовые и кормовые корнеплоды, плодово-ягодные и цитрусовые, капуста.

Достаточное содержание марганца в почве – Не менее 50 мг/кг

Симптомы дефицита

- Проявляются на молодых листьях, т.к. малоподвижен;
- У двудольных культур - точечных хлороз листьев, между жилками молодых верхушечных листьев проявляются желтые пятна, но жилки остаются зелеными, крапинки переходят в некрозы, коричневеют и отмирают, листья опадают, рост задерживается, но точка роста (как при нехватке бора) не отмирает;
- У однодольных культур (злаки) - молодые листья становятся светло-зелеными, в нижней части листа появляются серые, серо-зеленые или бурые пятна с темным окаймлением (чего нет при дефиците железа) («серая пятнистость», «бурый вилт»);



Кукуруза



Сахарная свекла



«Серая пятнистость» на зерновых



4.6. МОЛИБДЕН

Содержание Мо в растениях может варьировать в интервале **0,1–300 мг** на 1 кг сухой массы.

Роль в растении

- Принимает участие в фиксации атмосферного азота в клубеньках бобовых;
- Входит в состав фермента нитратредуктазы, которая восстанавливает нитраты в нитриты (предотвращает их накопление в тканях растений);
- Участвует в азотном, фосфорном и углеводном обмене;
- Регулирует процессы фотосинтеза и образования нуклеиновых кислот;

Факторы риска дефицита

- Кислые почвы (наибольшая доступность молибдена при pH 5,5-7,5)
- Внесение высоких доз физиологически кислых удобрений и нитратного азота;
- Почвы легкого гран. Состава;
- Высокое содержание органического вещества, избыток Mn,Cu,Fe,SO₄.

Культуры с высокой потребностью

- Зернобобовые;
- Бобовые;
- Многолетние злаковые травы;
- Капуста, томаты;
- Цитрусовые.

Оптимальное содержание молибдена в почве – не менее 0,25 мг/кг

Единственный элемент, доступность которого при известковании только повышается и нуждаемость во внесении молибденовых удобрений при известковании отсутствует.

Симптомы дефицита

- Ухудшение развития клубеньков, они развиваются слабо и имеют желтый или серый цвет (нормальный цвет-красный);
- Нарушение азотного и водного обмена;
- Симптомы схожи с дефицитом азота, но проявляются на верхних листьях.
- Появление расплывчатых желтых пятен, посветление окраски молодых листьев, особенно у центральной жилки;
- Снижение тургора краев листьев, посветление и в дальнейшем их некроз, искривление листовых пластинок;
- Нарушается формирование цветков – они мельчают, не раскрываются, деформируются и становятся рыхлыми;
- Возможно отмирание точек роста
- Иногда листовая пластина отсутствует совсем-остается только центральная жилка (симптом «хлыста»);
- Азот плохо поступает к репродуктивным органам-снижается урожай.
-



Некроз листьев огурца



Сахарная свекла



«Симптом хлыста» на рапсе масличном



Клевер



4.7. КОБАЛЬТ

Содержание Co в растениях в среднем составляет **0,00002%** и колеблется от **0,021 до 11,6** мг на 1 кг сухой массы.

Роль в растении

- Входит в состав витамина B12, который положительно влияет на клубеньки бобовых и азотфиксацию;
- Повышает активность ферментов, участвующих в азотном обмене;
- Способствует насыщению листа хлоропластами, повышает устойчивость хлорофилла;
- Способствует раннему цветению и сокращению вегетационного периода растений;
- Связан с гормональным балансом клетки в звене ауксин-этилен (гормон роста);
- Способствует эффективному поглощению N,P,K,Mn;
- Повышает содержание аскорбиновой кислоты, сахаров, жира, белка с гектара.

Факторы риска дефицита

- Известкованные почвы;
- Торфяники и дерновые почвы;
- Супесчаные и песчаные почвы;
- При содержании гумуса менее 2%.

Культуры с высокой потребностью

- Бобовые;
- Зернобобовые;
- Рапс;
- Ячмень;
- Овощные.

Наиболее выгодный прием-предпосевная обработка семян

При содержании кобальта в кормах менее 0,07 мг на 1 кг сухого сена животные испытывают авитаминоз и заболевают

Симптомы дефицита

- Симптомы сходны с недостатком азота, но проявляются на верхних листьях;
- Внешние признаки в основном проявляются на бобовых растениях;
- Межилковый хлороз листьев;
- Высокая стерильность цветков и низкая продуктивность растений.



Листья томата

Таблица 16

Градации по обеспеченности почвы микроэлементами

Степень обеспеченности растений	Цинк, мг/кг		Бор, мг/кг		Медь, мг/кг		Железо, мг/кг		Марганец, мг/кг		Молибден, мг/кг		Кобальт, мг/кг	
	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний
Очень низкая	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2	1	4	1	3	0	0,55	-	-
Низкая	0,6	0,8	0,3	0,6	0,3	0,9	5	9	4	6	0,55	1,8	0	0,15
Средняя	0,9	2,9	0,7	1,1	1	2	10	15	7	12	1,8	3,5	0,16	0,3
Повышенная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5	5,2	-	-
Высокая	3	5,9	1,2	1,9	2,1	2,4	16	24	13	29	5,2	6,9	>0,3	>0,3
Очень высокая	>6	>6	>2	>2	>2,5	>2,5	>25	>25	>30	>30	6,9	50	-	-
Критически высокая (Выше ПДК)	>23	>23			>3	>3								



4.8. КРЕМНИЙ

Среднее содержание его в растениях составляет 0,5 %

Роль в жизни растений

- Повышает устойчивость растений к полеганию;
- Нейтрализует токсическое действие тяжелых металлов;
- Повышает доступность фосфатов почвы и удобрений;
- Предохраняет растение от излишнего испарения, тем самым снижает интенсивность транспирации;
- Увеличивает устойчивость растений к засолению.

Кремний -элемент, который ежегодно и безвозвратно отчуждается с урожаем.

Причем вынос кремния растениями больше, чем других элементов:

- для картофеля эта величина колеблется от 50 до 70 кг/га.
- для зерновых – от 100 до 300 кг/га.
- сахарным тростником – до 700 кг/га.

Растения с высокой потребностью

В основном рис, зерновые, сахарный тростник, картофель.

Таблица 17

Группировка рисовых почв по содержанию доступного растения кремния

Обеспеченность почвы	Содержание кремния		Ожидаемая эффективность кремниевых удобрений
	В почве, мг/кг	В соломе, %	
Низкая	<105	<11	Высокая
Средняя	105-130	11-13	Средняя
Высокая	>130	>13	Не эффективно



5. ЕКО (ЕМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА)

Емкость катионного обмена почв (ЕКО) – максимальное количество катионов, способное удерживаться твердой фазой почвы и обмениваться на катионы раствора (мг-экв на 100 г почвы).

ЕКО зависит от типа почвы, минералогического, гранулометрического состава, количества гумуса и реакции среды. Чем больше в почве глинистых минералов и гумуса, чем ближе к нейтральной реакция почвы, тем больше ЕКО.

Общее содержание всех обменных катионов (К, Са, Mg и др.), кроме H^+ и Al^{3+} , называют суммой обменных оснований (S). В зависимости от наличия поглощенного H^+ и Al^{3+} почвы подразделяют на насыщенных и ненасыщенных основаниях.

6. СТЕПЕНЬ НАСЫЩЕННОСТИ ОСНОВАНИЯМИ

Степень насыщенности основаниями (V, %) отражает соотношение ионов H^+ и Al^{3+} , с одной стороны, и всех других катионов, которые находятся в ППК. Сумма ионов H^+ и Al^{3+} измеряется величиной гидролитической кислотности ($Hг$)

Степень насыщенности основаниями рассчитывается по формуле:

$$V = S / (Hг + S) \cdot 100 \%$$

Соотношение $Hг$ и S в разных почвах не одинаково. Например, в кислых почвах в ППК преобладает $Hг$, а в нейтральных –S. В нейтральных и щелочных почвах степень насыщенности основаниями составляет 100 %. В сильнокислых почвах $V < 50$ %, в слабокислых около 80 %

Поэтому принято считать что в щелочных и нейтральных почвах

$$ЕКО=S, \text{ в кислых } S+Hг$$

Таблица 18

Градации по химическим свойствам почвы

Свойство	ЕКО, мг-экв/100 г		V,% степень насыщенности основаниями		Сумма поглощенных оснований, ммоль/100г почвы	
	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний	Нижний	Верхний
Степень обеспеченности						
Очень низкая			<30	<30	0	5
Низкая	<10	<10	30,1	50	5,1	10
Средняя	10	20	50,1	70	10,1	15
Повышенная	-	-	70,1	90	15,1	20
Высокая	20	40	>90	>90	20,1	30
Очень высокая	>40	>40	-	-	>30	>30

Таблица 19

Оценка соотношения Mg:K

Mg:K	Оценка	Следствие
<2	Несбалансированное применение калия	Резкий дефицит магния
2-5	Оптимальное	Оптимум
5	Несбалансированное применение магния	Резкий дефицит калия

Оптимум Ca:Mg-5:1

7. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Гранулометрический состав почвы-относительное содержание в почве механических фракций разных размеров.

- Все частицы крупнее 0,01 мм – физический песок.
- Все частицы менее 0,01 мм- физическая глина.

Основное название почвы по гранулометрическому составу дается по содержанию

физической глины.

Таблица 20

Классификация почв по гранулометрическому составу (по Н.А.Качинскому)

Название почвы по Гран. составу	Физическая глина, %	
	Подзолистый тип почвообразования	Степной тип почвообразования
Песок рыхлый	0-5	0-5
Песок связный	5-10	5-10
Супесь	10-20	10-20
Суглинок легкий	20-30	20-30
Суглинок средний	30-40	30-45
Суглинок тяжелый	40-50	45-60
Глина легкая	50-65	60-75
Глина средняя	65-80	75-85
Глина тяжелая	>80	>85

На что влияет гранулометрический состав почвы?

- Влагоудерживающая способность почвы;
- Тепловой режим почвы;
- Воздушный режим почвы;
- Содержание органического вещества;
- Усвоение питательных элементов из удобрений растениями;
- Подверженность ветровой эрозии;
- Плотность почвы.

Подготовила
Агроконсультант ООО «Агроплем»
Бабаева Ксения Сергеевна
Тел.- 8-977-519-93-03
e-mail: kbabaeva@agroplem.ru