

Глава 9. МИКРОУДОБРЕНИЯ

9.1. ЗНАЧЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ И СПОСОБЫ ИХ ВНЕСЕНИЯ

Микроудобрения содержат микроэлементы, содержащиеся в растениях в небольших количествах (от тысячных до сотых долей долей процента), но играющие важную роль в их жизни. Наиболее изучено влияние на биологию флоры таких микроэлементов, как бор, медь, цинк, марганец, молибден, кобальт, йод, селен. Они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, в образовании хлорофилла, входят в состав многих ферментов и витаминов, влияют на проницаемость клеточных мембран и поступление элементов питания в растение. Недостаток микроэлементов снижает урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции.

Потребность земледелия в микроудобрениях в последние десятилетия увеличивается. Это связано с тем, что с повышением урожайности культур из почвы больше выносятся макро- и микроэлементов и если первые стараются вернуть в почву с органическими, азотными, фосфорными и калийными удобрениями, то микроудобрений пока вносится мало, что снижает эффективность основных удобрений. Кроме того, известкование почвы уменьшает доступность для растений бора, меди, цинка и марганца, поэтому на произвесткованных почвах со слабокислой и нейтральной реакцией нужно вносить больше микроудобрений. Некоторые макроудобрения, внесенные в больших дозах, также влияют на доступность для растений микроэлементов: фосфорные — цинка и меди, азотные — меди и молибдена, калийные — бора и магния.

Принято различать общее количество микроэлементов в почве и содержание их в доступных растениям формах. Так, в дерново-подзолистых почвах подвижные (доступные растениям) формы Mn, Cu, Mo и Co занимают 10–20% от общего их количества, Zn — 2–5%, B — 1–2%. Количество доступных растений микроэлементов определяется по их содержанию в почвенном растворе (вытяжках). По данным научных учреждений Беларуси, дефицит меди испытывают свыше 60% пахотных угодий, цинка — свыше 70,

моллибдена — 90%. В табл. 9.1 приведена градация почв по содержанию подвижных форм микроэлементов.

Источниками пополнения почвы микроэлементами могут быть органические и минеральные удобрения, а также чистые химические соли. Содержание микроэлементов в органических удобрениях приведено в табл. 9.2 (по данным Литовской республиканской станции химизации). Из неорганических источников микроэлементов в ближайшие годы возрастает роль жидких микроэлементов (60–70%) относительно чистых химических элементов (30–40%). В группе комплексных удобрений особое место занимают комплексоны и комплексоносаты — более эффективные по сравнению с другими микроудобрениями.

Способы внесения микроудобрений зависят от обеспеченности почв микроэлементами. При существенном их недостатке микроудобрения вносят непосредственно в почву, на сравнительно обеспеченных почвах применяются подкормки. Учитываются также свойства удобрений. Наиболее эффективно внесение микроэлементов в составе макроудобрений: борного суперфосфата, КАС с медью и др. В этом случае эффект может проявляться спустя год-два после внесения. Один из способов обогащения почвы микроэлементами — внесение в почву чистых солей. Микроэлементы можно вносить при внекорневых подкормках (например, азотными удобрениями зерновых культур и т.п.), а также при обработке посевов средствами химической защиты.

Применяются микроудобрения прежде всего на почвах I группы по обеспеченности микроэлементами. Наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки, которые позволяют применять их в небольших дозах и в фазы развития сельскохозяйственных культур, когда в них ощущается максимальная потребность.

9.2. БОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Бор играет большую роль в жизни растений, он необходим для синтеза углеводов, увеличивает образование сахара в сахарной свекле, крахмала в картофеде, волокна в прищипленных культурах, усиливает процессы цветения и оилотообразования, что очень важно в семеноводстве. При недостатке бора задерживается развитие корневой системы

9.1. Градация почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг почвы

Группа по обеспеченности	Минеральные почвы			Торфяно-болотные почвы		
	Бор	Медь	Цинк	Бор	Медь	Цинк
I (низкая)	Менее 0,3	Менее 1,5	Менее 3,0	Менее 1,0	Менее 5,0	Менее 10,0
II (средняя)	0,31–0,7	1,6–3,0	3,1–5,0	1,1–2,0	5,1–9,0	10,1–15,0
III (высокая)	0,71–1,0	3,1–5,0	5,1–10,0	2,1–3,0	9,1–12,0	15,1–30,0
IV (избыточная)	Более 1,0	5,1–7,0	10,1–16,0	3,1–5,0	12,1–18,0	30,1–50,0

9.2. Содержание микроэлементов в навозе (влажность 74–75%), г в 1 т

Навоз	Минеральные почвы					Торфяно-болотные почвы					
	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Mn	Zn	Cu	B	Mo	
Крупного рогатого скота	112,5	38,3	8,4	3,8	0,00	Конский	91,5	36,0	6,2	3,1	0,00
Свиной	102,6	68,7	12,7	3,1	0,00	Птичий	41,2	30,9	3,1	-	-

темь, отмирают точки роста, сахарная свекла заболевает "гнилью сердечка", картофель - паршой, лен - кальциевым хлорозом. Наибольшую потребность в боре испытывает *лен, свекла, клевер, капуста*.

Общее содержание бора в дерново-подзолистых почвах колеблется от 2 до 5 мг/кг, в серых лесных - 3-9, в черноземах - 9-12 мг/кг, но доступные (водорасторжимые) его формы составляют от 3 до 10% от общего. Дерново-подзолистые почвы Беларуси по содержанию доступного бора подразделяются на четыре группы: низкообеспеченные, содержание до 0,3 мг в 1 кг почвы; среднеобеспеченные - от 0,31 до 0,7 мг; с высоким содержанием бора - 0,7-1,0 мг/кг и избыточным содержанием бора - более 1,0 мг/кг. Для торфяно-болотных почв эти значения соответственно равны: менее 1 мг/кг; 1,1-2 мг/кг; 2,1-3; 3,1-5 мг/кг. На почвах с низким содержанием бора удобрения вносят в почву, на среднеобеспеченных применяют подкормки и на почвах третьей и четвертой групп по обеспеченности бором этот элемент не вносят. Рекомендуется также не применять борные удобрения, когда вносится бесподстилочный навоз в дозе 40 т/га и более. На доступность бора для растений влияет известкование. Под действием известки активизируются микроорганизмы, использующие бор при построении своего тела.

Дозы бора для основного внесения и некорневых подкормок приведены в табл. 9.3. В качестве борных удобрений используются борная кислота и комплексные удобрения.

9.3. Дозы и сроки внесения микроудобрений

Культура	Микро-элемент	Основное внесение, доза, кг/га	Некорневая подкормка	
			доза, г/га	срок применения
Озимые и яровые зерновые	Медь	0,5-1,0	20-30	Купание, выход в трубку
Зернобобовые	Бор	0,5	-	-
	Бор	0,5-0,8	25-35	3-4 настоящих листа
Сахарная свекла, кормовые корне-плоды	Лен	0,5-1,0	50-90	Фаза "елочки"
	Картофель	Цинк Бор	1,5 0,4-0,8	110-180 35-40
Крестоцветные	Медь	2,0	20-25	То же
	Бор	0,5	40-50	Бутонизация
Кукруза	Цинк	1,0-3,0	15-20	3-4 листа

182

Окончание табл.

Культура	Микро-элемент	Основное внесение, доза, кг/га	Некорневая подкормка	
			доза, г/га	срок применения
Многолетние злаковые травы	Медь Цинк	0,8-1,5 0,7-1,2	25-35 55-65	Начало цветения или после первого укоса
Многолетние бобовые травы	Медь Цинк	3,0 1,0-3,0	20-35 55-65	То же
Семенаки много-летних бобовых трав	Молбден Бор	- -	80-90 45-50	Бутонизация То же

Борная кислота (H₂BO₃) - мелкокристаллический порошок белого цвета. Содержит 17% бора, хорошо растворяется в воде. Из борсодержащих удобрений используются простой суперфосфат (0,2% бора), двойной суперфосфат (0,4% бора), аммофос и аммофосфат (1,5% цинка и 0,8% бора). Комплексные удобрения вносятся перед севом или в рядки при посеве. В первом случае дозы под зерновые и зернобобовые составляют 0,5-1 кг/га бора, под сахарную и кормовую свеклу, картофель и лен - 1,5-2 кг/га бора. При внесении в рядки доза удобрения определяется по основному элементу питания (фосфору).

Высокие дозы бора опасны для растений. Особенно чувствительны к передозировке зерновые культуры, они заболывают уже при содержании подвижного бора 0,7-0,8 мг в 1 кг почвы. При содержании более 30 мг/кг заболывают не только растения, но и животные. Высокие дозы бора вызывают у растений токсикоз, при этом бор в первую очередь накапливается в листьях. При избытке бора происходит ожог нижних листьев, появляется кровавой некроз, листья желтеют, отмирают и опадают.

9.3. МЕДНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Медь входит в состав окислительных ферментов, например такой фермент, как *полифенолоксидаза*, которая входит также в состав хлорофилла, делающего устойчивым и усиливает фотосинтез. Содержащий медь *белок пластоцианин* обнаружен в хлоропластах листьев бобовых. Медь участвует в водном *балансе растений* - улучшает тургор, усиливает восстановление NO₃, так как входит в состав нитрипредуктазы и других редуктаз оксида азота.

183

Наиболее требовательны к меди злаковые. У зерновых при *недостатке меди* листья белеют — появляется "белезнь обработок" или "белая чума". Чаще заболеливают посевы на торфяных почвах, особенно ячмень, яровая и озимая пшеница. У полевых растений поводится хлороз (нарушение образования хлорофилла и снижение фотосинтеза), на плодовых — суховеришинность.

Общее содержание меди в почве может колебаться от 1 до 100 мг/кг. Наиболее богаты медью красноземы, самые бедные — торфяники. Дерново-подзолистые почвы по содержанию подвижных форм меди делятся на четыре группы (табл. 9.1): с содержанием до 1,5 мг/кг почвы (низкое), 1,6–3,0 (средняя обеспеченность), 3,1–5,0 (высокая) и 5,1–7,0 мг/кг (избыточная). Дозы меди для основного внесения и корневых подкормок приведены в табл. 9.3.

В качестве медного удобрения наиболее широко используется сульфат меди.

Сульфат меди (медный купорос, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) содержит 23–25% Cu; вносится при обработке почвы под зерновые и многолетние травы. После известкования, а также на торфяных почвах используют максимальные значения рекомендуемых доз. По данным НИУИФ, применение медьсодержащих удобрений увеличивает урожайность зерновых на 3–5 ц/га, картофеля — на 30–55, выход сена — на 5–7 ц/га.

Химической промышленностью респубблики производится также азотное удобрение КАС с медью (28% азота и 0,5% Cu), которое можно вносить при обработке в почву, а также использовать для подкормки полевых и луговых культур.

9.4. ЦИНКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цинк играет большую роль в жизни растений. Он содержится более чем в 30 ферментах, в том числе в ферменте *карбосенцидраза*, которая участвует в процессе дыхания. Цинк принимает участие в *белковом, липидном, углеводном, фосфорном обмене*, в синтезе *аскорбиновой кислоты, тиамина и ростовых веществ* — ауксинов, повышает водоудерживающую силу растений. При недостатке цинка задерживается превращение регулирующих сахаров в сахарозу, образование органических фосфатов из минеральных.

Наиболее чувствительны к *недостатку цинка* плодовые и бобовые культуры, кукуруза, соя, лен. Цинковое голодание чаще проявляется на карбонатных почвах, богатых известью, а также переизвесткованных дерново-подзолистых. При внесении высоких доз фосфора в почве могут образовываться труднодоступные растениям соединения цинка.

Больше всего содержится цинка в тундровых почвах — 53–76 мг/кг почвы, меньше в дерново-подзолистых — 20–67, лесостепных — 28–65, черноземах — 24–60 мг/кг. В Беларуси по обеспеченности цинком дерново-подзолистые почвы делятся на четыре группы: менее 3 мг/кг (низкая обеспеченность); 3,1–5,0 (средняя); 5,1–10,0 (высокая) и более 10 мг/кг (избыточная); торфяно-болотные соответственно: менее 10 мг/кг; 10,1–15,0; 15,1–30,0; 30,1–50,0 мг/кг (табл. 9.1).

Наиболее распространенным цинковым удобрением является *сернокислый цинк* ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Это кристаллический порошок белого цвета, хорошо растворимый в воде, содержит 21,8% Zn. Дозы цинка для основного внесения и корневых подкормок приведены в табл. 9.3. Новые удобрения аммофосфат и аммофос содержат 1,5% цинка и 0,8% бора, их вносят при обработке почвы.

9.5. МОЛИБДЕНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Молибден входит в состав *нитратредуктазы* и *нитрогеназы* (фермента, участвующего в фиксации азота воздуха бобовыми культурами), участвует в *восстановлении нитратов в нитриты*. При *недостатке молибдена* в растениях накапливаются нитраты, которые могут превращаться в нитриты, затем в нитрозаминны. Молибден входит также в состав *хлоридлаз*, участвует в биосинтезе *нуклеиновых кислот, фотосинтезе, дыхания*, образовании *пигментов, витаминов* и т.д.

Наиболее чувствительны к недостатку молибдена бобовые, корнеплоды, рапс, капуста, салат. В семенах бобовых его может содержаться от 0,5 до 20 мг/кг, злаковых — от 0,2 до 1,0 мг/кг сухого вещества. Содержание более 1 мг молибдена в 1 кг сухого вещества растений вредно для животных и человека.

В различных почвах общее содержание молибдена колеблется от 0,2 до 2,2 мг/кг, а его подвижных форм — от

0,1 до 0,27 мг/кг почвы. Наиболее бедны молибденом легкие дерново-подзолистые почвы, больше его в черноземях. В кислых почвах молибден образует труднодоступные для растений соединения с алюминием, железом и марганцем, поэтому известкование создает лучшие условия для молибденового питания растений. По содержанию доступных форм молибдена дерново-подзолистые почвы делятся на четыре группы: меньше 0,1 мг/кг (низкое); 0,1–0,2 (среднее); 0,21–0,4 (высокое) и более 0,4 мг/кг (избыточное); торфяно-болотные соответственно: менее 0,6; 0,6–0,9 и более 0,9 мг/кг.

В качестве молибденовых удобрений применяются молибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, содержащий 50–52% Mo, молибдат аммония-натрия (36%) и отходы электроламповой промышленности (12% Mo). Дозы молибдена для основного внесения и некорневых подкормок приведены в табл. 9.3.

Для некорневой подкормки зернобобовых во время цветения расходуется 100–200 г молибдата аммония на 1 га. Содержащие молибден аммофос и аммофосфат (1,4% Mo) вносятся при обработке почвы или в рядки во время сева, дозы устанавливаются по фосфору.

9.6. КОБАЛЬТОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Кобальт — элемент, необходимый для растительных и животных организмов. Он входит в состав *витамина В₁₂*. Кобальт усиливает деятельность *клубеньковых бактерий*, входит в состав многих ферментов. При *недостатке кобальта* нарушается обмен веществ у человека — снижается образование гемоглобина, белков, нуклеиновых кислот. При содержании в кормах Co менее 0,07 мг/кг сухого вещества животные заболевают акобальтозом.

Наиболее бедны кобальтом дерново-подзолистые легкие почвы. После известкования потребность в кобальте возрастает. Низким считается содержание в 1 кг почвы 1,0 мг/кг, средним — от 1,1 до 2,5, высоким — от 2,6 до 3,0 и избыточным — более 3,0 мг/кг почвы.

Основными кобальтовыми удобрениями являются *сернокислый кобальт* $(\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$, содержащий 20–21% Co, и *хлористый кобальт* (CoCl_2) — 46–47%. Наиболее требовательны к содержанию в почве кобальта сахарная свекла, люпин, картофель, зернобобовые и многолетние тра-

вы. Вносятся эти удобрения при обработке почвы (300–500 г/га соли). Некорневую подкормку посевов гороха проводят в фазе 6–7 листьев 0,05%-ным раствором кобальта; сахарной свеклы — 0,02%-ным раствором при смыкании рядков.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие и сколько микроэлементов содержат почвы Беларуси?
2. Раскажите о значении бора для растений.
3. На какие группы принято делить почвы в зависимости от содержания подвижного бора?
4. Назовите формы борных удобрений, дозы и способы их внесения.
5. Роль меди в жизни растений.
6. Как подразделяются почвы по содержанию подвижной меди?
7. Назовите формы медных удобрений, дозы и способы их внесения.
8. Какую роль играет цинк в растениеводстве?
9. Как делится почва по содержанию подвижного цинка?
10. Назовите формы, дозы и способы внесения цинковых удобрений.
11. Значение молибдена для растений и группировка почв по содержанию его подвижных форм.
12. На каких почвах и под какие культуры прежде всего вносятся молибденовые удобрения?
13. Назовите формы, дозы и способы внесения молибденовых удобрений.