

В защиту нитратов и фосфатов

Доктор сельскохозяйственных наук
В.Г.Минеев,
 кандидат биологических наук
Т.Н.Большева



Существует широко распространенное мнение, будто в землю не обязательно добавлять минеральные удобрения, а самое экологичное и правильное — это только натуральная органика (навоз и проч.). Однако наука утверждает, что времена, когда это было возможно, давно ушли в прошлое. Сегодня во всем мире интенсивное земледелие, а значит, почва постоянно отдает элементы — они переходят в растения, которые забирает человек. Если необходимое не возвращать обратно в почву, то она деградирует и урожайность падает (табл. 1). Да и в растениях, вырастающих на такой почве, становится меньше нужных веществ.

В растениях при тщательном анализе можно обнаружить всю таблицу Менделеева, но для нормального протекания биохимических и физиологических процессов ему нужен строго определенный набор макроэлементов — N, P, K, Ca, Mg, S, Fe. Макро — потому что их в растениях проценты или десятые доли процентов. С микроэлементами (их меньше 0,001%) сложнее — на настоящий момент известно, что всем высшим растениям необходимы еще порядка десяти элементов (бор, медь, цинк, марганец, молибден, иод, кобальт и др.), и роль еще пяти-шести обсуждается.

Все упомянутые элементы незаменимы. Если в «рационе» растений (то есть в почве) нет хотя бы одного из них, то они начинают болеть, а иногда и погибают. Если же дефицит невелик и явно этого не видно, то существенно снижается урожай.

Скажем несколько слов о роли отдельных элементов. Без азота рост и развитие растений, не говоря уже о плодоношении, невозможны, поскольку азот входит в состав белков, а следовательно, необходим для образования всех растительных тканей. Этот элемент поступает в растение обычно в форме нитрат-ионов или ионов аммония. Первые признаки дефицита азота — бледно-зеленая окраска нижних листьев.

Следующий элемент — фосфор. Две самые важные его функции — он входит в состав нуклеиновых кислот, а также соединений, с помощью которых растение запасает и использует энергию (АТФ и ГТФ). В Нечерноземной зоне РФ почти 39 млн. га пахотных земель имеют низкое и очень низкое содержание подвижных (то есть доступных для растений) форм фосфора. При недостатке фосфора растения почти не растут, в окраске листьев начинают преобладать фиолетовые тона.

Калия в молодых, растущих листьях и стеблях растения почти столько же, сколько и азота. Этот элемент отвечает

за водообмен, транспорт сахаров и аминокислот, продуктивность фотосинтеза. При недостатке калия нарушается транспирация листьев растений, они начинают отмирать и подсыхать с периферии, появляется типичный признак дефицита калия — краевой ожог.

В России с 1965 по 1989 год калийные удобрения применяли в возрастающих количествах, но даже в это время

Таблица 1
Минеральные удобрения и урожай зерновых
 (средние показатели за 1995–1997 гг.)

Страны	Средние дозы минеральных удобрений, кг/га			Средний урожай зерновых, ц/га
	N	P	K	
Австрия	79,3	38,1	44,5	54,0
Болгария	31,6	2,7	4,2	19,6
Великобритания	221,0	64,0	79,6	73,2
Венгрия	66,7	15,3	12,8	40,2
Германия	148,5	35,1	54,6	62,8
Дания	124,0	22,83	41,3	58,6
Нидерланды	418,0	70,1	81,3	83,0
Россия	8,4	2,67	3,1	13,0
Румыния	28,9	15,1	1,8	24,3
Словакия	49,2	13,5	13,6	40,1
Украина	18,4	3,62	5,3	20,1
Финляндия	77,1	25,5	32,2	34,4
Франция	138,1	57,5	81,4	70,8
Чехия	84,6	16,3	17,8	41,9
Швеция	71,5	17,4	19,2	49,3





ся в молодые, растущие листья. Кстати, то же происходит и с азотом, о недостатке которого также можно судить по раннему пожелтению и старению листьев в нижних ярусах растения.

Больше всего кальция и магния вымывается из почвы с атмосферными осадками и при таянии снега. Но какая-то часть отчуждается с растениями (уходит в плоды, листья и может надолго оставаться, например, в деревьях). В среднем в год общая их потеря из почвы составляет 300–500 кг/га. Единственный пока способ борьбы с этим — известкование кислых почв, причем для известкования нужно использовать магнийсодержащие материалы (доломитовую муку), чтобы одновременно восполнять и потери магния. Ведь он так же, как и Са, вымывается из почвы, поэтому если вносить только известь, то из-за антагонизма ионов растения еще раньше начнут страдать из-за дефицита магния.

Вы скажете — а как же наша Земля тысячелетиями зеленеет каждую весну и не просит ни азота, ни фосфора? В природе, не тронутой человеком, происходит массовый обмен химических элементов и естественная экосистема регулирует себя сама. Агроэкосистемы, которые создал человек, неустойчивы и без его постоянного контроля не могут долго существовать. Это происходит потому, что из них постоянно отчуждаются элементы минерального питания растений (ведь человек собирает урожай) и система оказывается разомкнутой. В последние два десятилетия на российских землях вынос питательных макро- и микроэлементов с урожаем превышает почти в пять раз их возврат в почву (табл. 2), и это может привести к необратимым последствиям.

Конечно, на разных землях описанный процесс может проходить по-разному. Например, черноземье продержится дольше — там нужна минимальная компенсация со стороны человека. Но таких почв очень немного, и их деградация все равно происходит, в основном из-за интенсивного перепахивания сельскохозяйственной техникой и эрозии. Что касается других почв, то они, если не компенсировать потери, деградируют катастрофически быстро. Восполнить же недостаток элементов невозможно без использования минеральных удобрений.

Сразу надо сказать про органические удобрения — навоз, торф и проч. В них, конечно, есть обширный набор полезных элементов. Но во-первых, не факт, что их ровно столько и в том соотношении, сколько надо этой конкретной почве. Во-вторых, если мы говорим о навозе, то хранить и применять его надо правильно, иначе в нем может и не оказаться, например, азота в доступной форме. Кстати, в некоторых регионах навоза просто нет из-за отсутствия животноводства, а его транспортировка нерентабельна. Кроме того, при его избытке или неправильном применении он может стать источником повышенной экологической опасности (ведь не известно, какую траву ели коровы и какие лекарства и пищевые добавки им давали). Из-за бесконтрольного применения жидких навозных стоков с нарушением всех допустимых доз зафиксировано

баланс калия в почве в целом был дефицитным. Сегодня им особенно бедны, как, впрочем, и всеми основными элементами, почвы Северо-Запада России. Здесь около 40% пахотных почв относятся к слабокультуренным и выпашанным, а 45% плохо обеспечены обменным калием. (Обменный калий — доступный для растений.) Его запасы пополняются за счет прочно связанного калия, высвобождающегося из кристаллических решеток почвенных минералов, которые разрушаются под действием почвенных микроорганизмов и различных органических и неорганических кислот.

Очень важные элементы кальций и магний. Магний входит в состав молекул хлорофилла — зеленого пигмента, необходимого для фотосинтеза. При недостатке магния старые листья желтеют, поскольку элемент перемещает-

Таблица 2
Динамика применения удобрений в России

Потребление удобрений, кг/га	1986–1990	1991	1993	1995	1997
Внесено в почву,	147	110	53	24	22
из них:					
с минеральными удобрениями	100	78	29	12	14
с органическими удобрениями	47	32	24	12	8
Вынос, всего,	138	123	139	116	126
в том числе:					
с урожаем	113	90	106	74	78
с сорняками	25	33	33	42	46
Баланс ±	+9	-13	-86	-92	-104



довольно много очагов загрязнения почв в несколько тысяч гектаров вокруг животноводческих комплексов. В почвах накапливаются хлор, сульфаты, тяжелые металлы, а сами почвы теряют агрономически ценную структуру. Правда, в целом традиционные органические удобрения (навоз, птичий помет и компосты этих типов навоза с торфом) приводят к положительному балансу многих макро- и микроэлементов (цинка, меди, бора, молибдена, кобальта и др.) и улучшают структуру почвы. Наверное, самым полезным и одновременно безопасным в этом плане можно считать низинный торф.

Отдельно надо упомянуть еще одну субстанцию, которую сейчас тоже называют органическим удобрением: осадки коммунальных стоков. Часто их даже продают как чернозем. А между тем это не только смывы с улиц и из канализации, но также сливы из больниц, предприятий — отовсюду. Конечно, совершенно неразумно использовать эти осадки в сельском хозяйстве. Понятно, что девать их особенно некуда, но можно, например, как в развитых странах, удобрять ими почву перед озеленением. Все-таки цветочки и газонную траву мы не едим.

Итак, правильно и сбалансированно компенсировать не достачу элементов можно только минеральными удобрениями. Но здесь первое и самое важное — поставить правильный диагноз почве. Это значит — сделать ее подробный и хороший анализ по методикам, стандартизованным для данного вида почв (что у нас не всегда есть), а хорошо бы еще сделать анализ и самих растений. Потому что о дефиците определенных элементов в почве часто можно судить только по растению.

В России почти двадцать последних лет ситуация с анализом почв, минеральными удобрениями и соответственно с плодородием совсем плохая. Удобрений в сельском хозяйстве стали использовать в 10 раз меньше, а фосфорных удобрений почти в 23 раза меньше (кстати, 85% наших фосфорных удобрений идет на экспорт).

Так на территории постсоветского пространства было не всегда — до развала СССР существовали государственные программы известкования, фосфоритования почв и многие другие. Положительный эффект от этих мероприятий ощущается до сих пор на многих еще незаброшенных и используемых в сельском хозяйстве почвах Нечерноземной зоны.

Так, с 1970 по 1985 год дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений, которые добавляли в почву, выросли почти в три раза (с 46,8 до 113,2 кг/га), потом они продолжали расти до 1988 года, а к 1995 году резко упали до 9 кг/га. Уменьшилось и количество органических удобрений (навоз, торф, сапропель и пр.), а также — примерно в пять раз — объем известкуемых кислых почв и фосфоритируемых земель. Надо сказать, что в развитых странах, наоборот, количество удобрений растет (она там в 2–4 раза выше, чем среднемировое) и их почвы чувствуют себя существенно лучше (табл. 1). Те немногочисленные агрохимические исследования, которые сегодня еще проводятся, говорят о том, что пахотным землям России, особенно в Нечерноземье, сильно не хватает: азота, фосфора, калия, кальция, магния, микроэлементов.

В почве все взаимосвязано, поэтому после анализа почвы «лечить» ее надо очень грамотно. Ведь все то, что мы внесли в нее, может влиять на поведение элементов, уже присутствующих там. Добавки могут пополнять запасы того или иного элемента или менять их подвижность (а следовательно, доступность растениям).

В почвах многих регионов страны не хватает и микроэлементов (табл. 3). Восполнить не достачу можно с помощью органических и минеральных удобрений. Кстати, в 1985 году была принята программа «Микроэлемен-

ты». Почвы предполагалось обследовать на содержание последних, а промышленность должна была обеспечить Россию к 2001 году разнообразными удобрениями с микроэлементами. Однако впоследствии о программе забыли. Только сейчас наметились кое-какие изменения — на рынке появились удобрения Буйского химического комбината (различные марки «Акварина»), которые улучшают питание растений не только макро-, но и микроэлементами. Микроэлементы как примеси входят и в калийные удобрения «Калимаг». Что же касается органических природных добавок, то, используя их, надо всегда помнить, что содержание микроэлементов в них сильно варьирует.

Конечно, нельзя не сказать о важнейшей составляющей земледелия — известковании почв. В 1991 году одна треть всех сельскохозяйственных угодий России приходилась на кислые почвы (рН меньше 5). С тех пор подробными исследованиями на эту тему никто не занимался и систематическое обследование не проводил. Поэтому сегодня трудно оценить реальные площади кислых земель. Это очень неприятное свойство, которое приводит к ухудшению ее физических и биохимических свойств. Особенно опасна повышенная кислотность на глинистых почвах. В них подкисление приводит к высвобождению из почвенных алюмосиликатов большого количества алюминия и марганца, которые в высоких концентрациях вредны для растений. Из-за них отмирает корневая система и растения сохнут при полной насыщенности почвы водой!

Количество кислых почв растет не только потому, что в них перестали добавлять известь. Дело в том, что минеральные удобрения зачастую бездумно применяют в физиологически кислой форме. Например, при добавлении аммонийных удобрений (аммиачной селитры, сульфата аммония), значение рН в прикорневой зоне может уменьшаться на 0,5–1,5 единицы за сезон, а кальциевая, калийная и натриевая селитры, напротив, могут увеличивать рН почвенного раствора. В результате физиологически кислые удобрения не работают, а сама почва становится еще кислее.

Есть еще один тонкий химический механизм, который редко учитывают. Опять-таки речь о кислых почвах — и о добавлении в них аммиачной селитры и сульфата аммония. Помимо дополнительного закисления, эти удобрения вытесняют из почвенно-поглощающего комплекса хлористый кальций и магний. Результат — еще большее закисление и разрушение структуры. Почвенно-поглощающий комплекс — это тончайшие коллоидные органико-минеральные частицы, на которых происходит большинство важ-

Таблица 3
Потребность земледелия РФ в микроудобрениях на 2000–2005 гг. (т., в пересчете на элемент)

Экономические районы	B	Mo	Cu	Zn	Mn	Co
В целом по РФ	7537	1558	4974	1710	2766	212
В том числе:						
Северо-Западный	319	675	343	2	2,5	12,7
Центральный	826	181	995	490	261	66
Волго-Вятский	407	117	398	—	—	24
Центрально-Черноземный	358	124	482	354	764	18
Поволжский	1694	289	689	448	1098	22
Северо-Кавказский	1131	160	423	393	640	17
Уральский	834	191	539	—	—	16
Западно-Сибирский	725	203	445	—	—	15
Восточно-Сибирский	390	140	366	22	—	14
Дальневосточный	252	853	290	—	—	10

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в удобрениях и мелиорантах, мг/кг

Удобрения	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr
Аммиачная селитра	0,3	0,5	1,0	0,3	0,9	0,6
Сульфат аммония	0,6	0,4	1,0	0,9	4,3	0,6
Мочевина	1,3	6,0	0,8	0,25	7,5	–
Суперфосфат двойной	38,0	14,2	13,0	2,5	17,0	41,0
Суперфосфат простой	42,5	19,3	14,3	3,5	24,8	10,0
Хлористый калий	12,5	12,3	4,5	4,3	19,3	0,5
Азофоска	10,5	31,1	20,0	1,3	11,0	3,2
Нитрофоска	5,0	7,6	10,8	1,0	4,3	3,2
Фосфоритная мука	30,0	81,0	45,0	1,3	73,6	40,0
Известняковая мука	37,5	21,0	5,8	5,5	30,0	37,0
Навоз	11,5	48,5	9,5	4,5	35,0	37,0

Таблица 5

Тяжелые металлы в отходах, используемых в сельском хозяйстве, мг/кг

Удобрения	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr	As	Hg
Зола ТЭЦ	0,1	675,0	862,0	0,0	108,0	80,0	57,0	0,1
Меловые отходы	45,0	80,0	60,0	2,0	10,0	46,0	63,0	130,0
Фосфогипс	42,0	67,0	49,0	5,0	9,0	69,0	130,0	17,0
Зола углей	77,0	342,0	60,0	16,0	320,0	31,0	880,0	103,0
Пиритные огарки	4500	10000	4000	–	–	–	1500	–

нейших химических реакций. Они регулируют поступление в почвенный раствор питательных элементов, до 70% которых растения потребляют именно оттуда. Главные катионы в этом комплексе — кальций и магний. Эти элементы во многом отвечают за комковатую структуру почвы, то есть вместе с гумусом склеивают почвенные частицы (они улучшают фильтрацию воды, при этом корни обеспечиваются достаточным количеством кислорода). Когда кальция и магния в почвенно-поглощающем комплексе мало, да еще и гумуса не хватает, почвенная структура становится непрочной и разваливается под действием воды и дождевых капель. На поверхности образуется корка, семена плохо прорастают, а корни плохо функционируют из-за недостатка воздуха. Наверное, как раз такие неудачные применения удобрений добавили нелестной славы «химии».

Кроме того, в закисление почв вносят вклад кислотные дожди, причина которых — промышленные выбросы в атмосферу оксидов серы и азота. В результате в Центрально-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском, Восточно-Сибирском районах, в Курганской и Челябинской областях намного увеличилось количество кислых земель.

С известкованием тоже важно не переборщить. Дозу надо рассчитывать для каждой почвы отдельно, так как переизвесткование ухудшает питание растений фосфором, калием и микроэлементами.

Вы спросите: а где же гумус? Он, безусловно, образуется в агроэкосистеме, где остатки растений запахивают в почву (собственно, гумус и есть продукт их микробиологического разложения). Гумус — это не только природный запас питательных элементов, но и клей, который, склеивая минеральные частицы, оструктурирует почвы. Особо плохая ситуация с гумусом в Нечерноземной зоне России. Как пример можно привести сравнительно благополучную Московскую область, где в некоторых районах за последние 15 лет доля почв с низкой обеспеченностью гумусом выросла в два-три раза. Причина — опять же резкое снижение применения органических удобрений и практи-



PESYPCY

чески полное прекращение известкования. Дело в том, что в кислых неизвесткованных почвах гумус становится более подвижным и вымывается из корнеобитаемого слоя. Конечно, надо обязательно, помимо известкования, максимально использовать с учетом особенностей каждой местности все виды органических удобрений: навоз, навозные стоки, торф и компосты на его основе, солому и прочее.

Специалисты знают, что почвы — это саморегулируемые системы, обладающие определенной буферностью (то есть способностью нейтрализовать вредное действие каких-то веществ). Первый сигнал, свидетельствующий о нарушении их нормальной работы, — это превышение содержания естественного уровня химических элементов, в том числе тяжелых металлов. Избыток микроэлементов может попадать в почву как нежелательная примесь из не прошедших санитарно-гигиенический контроль органических, минеральных удобрений и мелиорантов. Очень много тяжелых металлов содержится в промышленных отходах — пиритных огарках, сланцевой золе, осадках сточных вод коммунального хозяйства (табл. 4, 5), которые, как уже говорилось, сейчас применяют в качестве удобрений. Имеется много данных о том, что если неконтролируемо применять осадки сточных вод, то загрязнение тяжелыми металлами может быть очень длительным и иметь трудно предсказуемый характер.

Есть способы борьбы с тяжелыми металлами. Например, известкование и органические удобрения уменьшают их подвижность в почве. Компоненты удобрений могут адсорбировать металлы, вступать с ними в реакции ионного обмена, комплексообразования, не исключено даже осаждение гидроксидов металлов с компонентами удобрений. В такой связанной форме растения уже не могут их поглотить, и очаг загрязнения оказывается локализован. Поэтому удобрения и мелиоранты, помимо всего прочего, — очень важный фактор защиты почв.

Итак, подведем итоги. Химия — дело тонкое. Для того чтобы грамотно удобрять землю, надо очень хорошо представлять, какие процессы там происходят. А удобрять обязательно надо, ведь только так можно остановить стремительную деградацию почвенного плодородия. Она связана со снижением запасов питательных макро- и микроэлементов, гумуса, а также естественным подкислением почв. Причина этому — несбалансированное применение минеральных и органических удобрений. А часто вместо них и наряду с ними бесконтрольно используют отходы промышленности и коммунального хозяйства. В общем, пора бы расстаться с научно не обоснованным предубеждением к «химии на полях», пока наша безсхозяйственность не привела к необратимым последствиям.

