

УДК 631.95

АГРОГЕОХИМИЯ И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Б. А. ЯГОДИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ обстановка, сложившаяся под воздействием как естественных (фоновое содержание, природные потоки), так и антропогенных (загрязнение промышленными предприятиями, транспортом, применение органических и минеральных удобрений, компостов, системы орошения) факторов обуславливает необходимость изучения элементного состава природных объектов.

На территории нашей страны насчитывается более 130 биогеохимических естественных провинций, что накладывает свой отпечаток на элементный состав сельскохозяйственной продукции, полученной в их пределах. Не меньшее воздействие на ее качество оказывает техногенное поступление химических элементов в биосферу.

Агрогеохимические условия возделывания культурных растений весьма неоднородны, и это проявляется в вариабельности элементного состава растений.

Флора, фауна и вода отдельных местностей обуславливают традиционные рационы автохтонного населения, которые характеризуются определенным химически сбалансированным составом, к которому местное население адаптировалось. Дисбаланс макро- и микроэлементов в питании, вызванный появлением непривычной пищи в результате миграций населения, получения привозных продуктов, техно-

генных, антропогенных загрязнений, вызывает микроэлементозы, осложненные заболеваниями другой этиологии.

Известно, что потребности человека в минеральном питании определяются в основном генетическими и экологическими факторами. В разные периоды жизни у представителей различных полов потребности в минеральном питании неодинаковы. Кроме того, возникновение заболеваний также вызывает необходимость изменения питания.

Все изложенное выше свидетельствует о важности комплексного изучения круговорота элементов в системе человек — окружающая среда в различных биогеохимических провинциях и агроэкологических районах.

Несбалансированность содержания химических элементов в пищевых продуктах и рационах и, как следствие, нарушенный минеральный обмен являются основной причиной и стартовым механизмом возникновения и развития многих заболеваний у человека и животных, в том числе сердечно-сосудистых и раковых. В настоящее время разработаны теоретические положения учения о микроэлементозах — заболеваниях, синдромах и состояниях организма, вызванных дефицитом, избытком или разбалансированностью микроэлементов. Например, известно, что дефицит цинка приводит к врожденному уродству

плода, уменьшению массы головного мозга, низкорослости, нарушению иммунитета [8]. Литий оказывает антиопухольное действие, нормализуя концентрацию железа, меди и цинка в крови, а глутамат лития используется для лечения маниакально-депрессивных психозов [3, 5]. Хром, цинк, марганец и ванадий благоприятно воздействуют на липидный обмен и препятствуют развитию атеросклероза, а медь вызывает атерогенное действие, ускоряя окисление липидов до перекисных соединений [4].

«Пищевая цепь» начинается с воды и растительной пищи, состав которых обусловлен составом почв, подстилающих минеральных пород и применяемыми удобрениями. Повсеместный контроль поступления в организм человека всех основных элементов питания, а в дальнейшем и усвоения минеральных элементов, которое определяется компонентами пищи и метаболическими особенностями организма, является важной задачей современности биологической науки.

Поддержание гомеостаза и коррекция процессов обмена веществ в организме человека могут быть осуществлены при наличии информации об элементном составе пищи и знаний оптимального рациона. В ряде европейских стран и США потребителя информируют о качестве пищи (дается элементный состав на этикетках). Мы до сих пор не уделяем должного внимания содержанию микроэлементов в продуктах питания, хотя известно, что организм человека в зависимости от возраста и физиологического состояния нуждается в различных количествах необходимых элементов. Контроль за сбалансированностью содержания микроэлементов в рационах человека должен стать правилом.

В организме животных проис-

ходит слабая трансформация большинства микроэлементов в продукты питания (молоко, мясо, яйца), поэтому такой путь обогащения последних микроэлементами в большинстве случаев неэффективен.

Приведем примеры дисбаланса элементов в животноводстве. Так, в Амурской области повышенное содержание йода в кормах вызывает снижение воспроизводительной функции и продуктивности животных. На Южном Урале у животных наблюдаются замена костной ткани фиброзной, деформация копыт, дистрофия печени, почек, мышц сердца, легких, образование тромбов и изменение стенок сосудов, что связано с повышенным содержанием никеля в почве и недостаточным кобальта и марганца [2]. В Тувинской АССР при избытке селена в почвах и растениях у животных возникает тяжело протекающая болезнь (так называемая щелочная болезнь), которая сопровождается анемией, общим истощением, выпадением волос, наблюдаются также деформация копыт и даже их сбрасывание. В регионах с избыточным содержанием никеля в почвах (Северный Казахстан, Кольский полуостров) у животных отмечают изъязвление роговицы (никелевая слепота), изменение углеводного и белкового обмена в печени, пятнистость зубов, нарушение процессов окостенения скелета, особенно у ягнят и телят [6].

Следует иметь в виду, что симптомы начинающегося ухудшения состояния здоровья из-за отравления тяжелыми металлами неспецифичны, поэтому они распознаются с трудом.

Из 15 млрд га земной суши 1,5 млрд га распаханно, что сказывается на экологии планеты. Эти площади дополнительно загрязняются при неразумном применении

средств химизации. В удобрениях часто содержится примеси мышьяка, кадмия, свинца, хрома, никеля, хлора и других элементов, которые накапливаются в почве и загрязняют биопroduкцию. Например, в 1 т суперфосфата содержится примерно 160 кг фтора, в 1 кг удобрения — 20 км меди, 100 — цинка, 300 — мышьяка, до 10 мг кадмия, а в фосфоритной муке — до 20 мг свинца. На 1 кг кальциевой селитры и хлористого калия в среднем приходится 2—7 мг кадмия. Применение 100 кг азота в виде кальциевой селитры на 1 га практически соответствует внесению 4,2 г кадмия и 5,9 г свинца [10]. При интенсивном использовании фосфорных удобрений можно говорить о предстоящем существенном повышении содержания в почвах мышьяка, свинца, ртути, кадмия, молибдена, ванадия, меди и цинка.

Навоз, навозная жижа, птичий помет, будучи источником основных элементов питания, снабжают поле, на которое внесены, и тяжелыми металлами. Например, в навозной жиже из свинарника может содержаться (мг на 1 кг сухого вещества): цинк — 450—2500, кадмий — 0,6—1,7, никель — 9—34, хром — 1,5—14,6, марганец — 300—750, медь — 350—1000, свинец — 5,5—18, ртуть — 0,04—0,3, кобальт — 4,1—10,8 [9].

Если проблема урожайности культур в мировой практике сельскохозяйственного производства решена, то проблема качества урожая все время осложняется. Недостаточно разработаны вопросы экологической устойчивости агроэкосистем и способы их очистки. Химическая промышленность должна создавать новые формы удобрений, не действующие негативно на биоту. Это можно сделать, но нужны дорогие фундаментальные исследования.

Большое распространение получают антропогенные аномалии. Повышенные концентрации тяжелых металлов в почве, водных источниках, воздухе связаны с выбросами, отходами предприятий, промышленными стоками, работой транспорта.

Региональные проблемы превращаются в глобальные. Экологическое неблагополучие того или иного региона и тем более 1/6 части суши мира приобрело международное измерение. По продолжительности жизни СССР занимает недостойное развитого государства место — в конце 4-го десятка стран мира, а по детской смертности — в конце 5-го десятка. Беда давно в нашем доме. Это и Чернобыль, и Черновцы, и Уфа, и Астрахань.

В районе любой крупной ТЭЦ, работающей на угле, можно выявить интенсивную аномалию пылевых выпадений. В ряде случаев в центре такой аномалии площадью 6 км² ежегодно выпадает свыше 900 кг пыли на 1 км². Поглощение химических элементов организмом при их поступлении через респираторный тракт значительно выше, чем через желудочно-кишечный [1]. Свинец, содержащийся в воздухе, адсорбируется в организме в количестве 20—60 %, из воды — 10, из пищи — 5 %. Через легкие поступает 40 % кадмия, через кишечник — 4—7 %.

Способность почвы поддерживать жизнь растений за счет накопления элементов питания катастрофически уменьшается. Антропогенное влияние разнообразно. Кислотные дожди вымывают из почвы ряд нужных элементов, например магний, вызывая повреждение лесов и другой растительности. В кислотных дождях кроме серы и азота обычно содержатся медь, цинк и мышьяк.

Естественный теоретический уровень свинца в растениях состав-

ляет 1 мг/кг; ПДК в фураже — 10 мг/кг. В ФРГ у обочин дорог зафиксировано 7000 мг свинца на 1 кг. В придорожных зонах содержание свинца в зерне пшеницы и ячменя в 5—8 раз превышало фоновый уровень, в капусте и моркови — в 4—6 раз. Обнаружено, что количество свинца в почве вблизи Ленинградского шоссе на расстоянии до 50 м достигает 200 мг/кг при фоне 9 мг/кг, а в клубнях картофеля и зерне пшеницы оно соответственно в 20 и 5—8 раз выше, чем в контрольных образцах (3 км от шоссе). Концентрация свинца в почве 10 мг/кг вызывает отравление сельскохозяйственных животных вследствие накопления его в кормах.

Практически любой химический элемент в зависимости от концентрации, а точнее от поступившей в организм человека дозы может оказать и положительное, и отрицательное влияние на здоровье человека. Даже такой элемент, как калий, при потреблении в сутки в количестве 1 г может привести к летальному исходу, тогда как доза 100 мг является нормой. Доза кобальта, хрома, селена, серебра 0,001 мг в сутки достаточна для нормального развития организма, а кобальта и хрома 100 мг, селена и серебра 10 мг — токсичны для людей. Медь в дозе 0,1 мг в сутки необходима, а в количестве 100 мг — смертельна [7].

Нормирование загрязнителей в продуктах питания — процесс трудоемкий и длительный. Так, в США обоснование допустимой суточной дозы одного химического вещества проводится в течение 3—5 лет, при этом затраты составляют 300—600 тыс. долларов.

Сейчас в нашей стране сложилось стойкое, но, к счастью, неверное представление о снижении качества продукции при увеличении урожая.

Действительно, негативных примеров много: уменьшение сахаристости сахарной свеклы, содержания крахмала в картофеле, сроков хранения плодов и овощей. Применение микроудобрений положительно сказывается на качестве сельскохозяйственной продукции. Например, при использовании молибдена в виде молибденовокислого аммония в мелкоделяночных и полевых опытах кафедры агрономической и биологической химии ТСХА содержание нитратов в корнеплодах столовой свеклы снизилось в 2 раза, в корнеплодах моркови — в 1,5 раза; предпосевное замачивание семян редиса в растворе CuSO_4 также привело к уменьшению содержания нитратов в продукции.

На начало 1988 г. в нашей стране было обследовано с целью определения содержания подвижных форм 5 микроэлементов 15 % всей площади пашни. Почвы с недостаточным содержанием молибдена, цинка и кобальта составляют 53—68 %, с высоким — 11—14 %. Примерно 1/3 обследованных почв испытывает недостаток или избыток меди. Половина обследованных почв высоко обеспечена бором. Вряд ли существуют на земном шаре такие естественные ландшафты, где все необходимые для жизнедеятельности человека элементы содержались бы в идеальных концентрациях и соотношениях.

После всего сказанного вполне закономерно постановка вопроса об оптимальном содержании химических элементов в разных компонентах ландшафта (почве, воде, воздухе, растениях и животных), которое наилучшим образом обеспечивало бы потребности человека. Этим бы решалась отчасти и проблема долгодетия.

В настоящее время назрела необходимость создания перспективного плана специализации сельскохо-

зяйственного производства по зонам страны и различным биогеохимическим провинциям с учетом последних достижений науки. Разработанные и уже внедряемые в практику зональные системы земледелия дают определенный положительный эффект. Однако, по нашему мнению, применяя средства химизации в таких системах, следует более строго учитывать особенности отдельных биогеохимических районов и провинций. При таком подходе мы будем знать весь спектр химических элементов на протяжении истории формирования культурного растения. Сопоставляя полученные данные с учетом сложившейся в практике специфики обеспечения сельскохозяйственных растений того или иного сорта питательными элементами, можно будет внести коррективы.

Реальность и возможность эффекта от успешного взаимодействия сорта и удобрения во многом зависят от скорейшего осуществления научных исследований химического состава почв в тех зонах, в которых формировался данный сорт, и глубокого теоретического обобщения полученных сведений. Это позволит уточнить потребности в минеральном питании растений в ходе их эволюции.

Имеющиеся научные и практические результаты позволяют сегодня говорить о необходимости развития агрогеохимии, предусматривающее тщательное изучение и учет в сельскохозяйственном производстве различных биогеохимических провинций.

Весьма перспективно подходить к оптимизации минерального питания растений с учетом генетики питания. Потребность растений в элементах питания можно уточнить на основании данных о содержании макро- и микроэлементов в почве в зонах происхождения и последую-

щего формирования того или иного вида и сорта растения.

Создание агрогеохимии предполагает необходимость подробного изучения вопросов элементного состава почв и подстилающих пород в каждой зоне. Проведение исследований в этом направлении позволит не только повысить уровень сельскохозяйственного производства и качество продукции, но и улучшить естественные ландшафты, вырастить полноценную растительность там, где сегодня она практически отсутствует. Основной задачей агрогеохимии является улучшение круговорота всех биогенных элементов и на этой основе совершенствование имеющихся форм жизни на нашей планете.

Правильная организация жизни современного общества невозможна без глубокого знания биогеохимической, агрохимической и медико-географической характеристик территории. И хотя одна из первых мировых карт болезней была опубликована в Англии еще в 1856 г., многое в этом направлении еще предстоит сделать.

Интенсивное загрязнение окружающей среды токсичными химическими элементами, возникновение экстремальных ситуаций в 1988 г. в Смоленске и Черновцах и позднее во многих других городах обусловили необходимость создания системы биомониторинга химических элементов в организме человека с оценкой суммарной дозы элемента, поступившей в организм с пищей, водой, воздухом. Необходим мониторинг содержания химических элементов в поливной и питьевой воде, почве, воздухе, растениях, животных. Обязательно также создание банка данных по природным геохимическим провинциям и областям антропогенного загрязнения.

Важно располагать более подробными данными об элементном соста-

ве диеты человека. При этом следует учитывать, что количество элементов в организме человека в разные возрастные периоды различно. Так, кадмий отсутствует в теле ребенка при рождении и накапливается к 50 годам до 5—20 мг, причем в Европе эта величина составляет около 10 мг (5—7 мг у некурящих и 8—13 мг у курящих), в Японии — до 20 мг и более. Эти различия обусловлены неодинаковым поступлением кадмия с пищей и водой, они также связаны с курением.

Все изложенное выше позволяет сформулировать задачи, стоящие перед наукой на современном этапе. Они заключаются в следующем:

— изучение гетерогенности биосферы в интересах геохимической экологии человека, животных, растений, исследование локальных и глобальных загрязнений биосферы;

— изучение сбалансированного питания растений, животных и людей;

— исследование регуляторных функций микроэлементов и их роли в повышении адаптивных свойств растений; определение механизмов поступления микроэлементов, их влияния на проницаемость мембран;

— оптимизация микроэлементного питания животных;

— изучение физиологии гомеостаза микроэлементов у человека в различные возрастные периоды.

Решение этих проблем предполагает создание большой информационной базы, которая, в свою очередь, требует наличия постоянного территориально развитого мониторинга. В систему мониторинга наряду с традиционными объектами

должны включаться удобрения, компосты и воды, используемые для орошения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грушко Я. М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу.— Л.: Химия, 1987.— 2. Кабыш А. А. Влияние на организм животных недостатка и избытка микроэлементов в условиях Южного Урала.— Материалы Всес. симпозиума: Микроэлементозы человека. М.: Наука, 1989, с. 134.— 3. Ковальский В. В., Ездакова Л. А. Литий в животном организме.— Тр. биогеохимической лаборатории. М.: Наука, 1978, т. XV, с. 156—174.— 4. Ноздрюхина Л. Р. Микроэлементы и сердечно-сосудистые заболевания.— Тез. докл. VII Всес. совещ.: Биологическая роль и практическое применение микроэлементов. Рига: Зинатне, 1975, т. 2, с. 115—116.— 5. Павлюк В. М. Влияние изотопов лития на злокачественный рост в эксперименте.— Тез. докл. VII Всес. совещ.: Биологическая роль и практическое применение микроэлементов. Рига: Зинатне, 1975, т. 2, с. 161—162.— 6. Сомохин В. Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных.— М.: Колос, 1981.— 7. Торшин С. П., Удельнова Т. М., Ягодин Б. А. Микроэлементы, экология и здоровье человека.— Успехи современной биологии, 1990, т. 109, вып. 2, с. 279—292.— 8. Mertz W. Trace elements in human and animal nutrition. N. Y. London, 1986.— 9. L'accumulation de métaux lourds dans les légumes.— Agricontact. Environnement. 1988, 197, juillet-avut, p. 10 — 10. Richtlijn betreffende bescherming van het milieu, in het bijzonder de bodem bij het gebruik van zuiveringsslib in de landbouw.— Publicatiéblad van de Europese Gemeenschap. 1986. Nr L 181, p. 6—10.

Статья поступила 30 апреля 1990 г.

SUMMARY

Ecological situation that has been formed under the effect of both natural (background content, natural flows) and anthropogenic (pollution by industrial enterprises and transport, application of organic and mineral fertilizers, compost, irrigation systems) factors causes the necessity to study elemental composition of natural objects.