

Рецензия

МОНОГРАФИЯ Е.А.КАРПОВОЙ, В.Г.МИНЕЕВА «ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В АГРОЭКОСИСТЕМЕ»

Москва: Изд-во «КДУ», 2015. – 252 с.

В 2015 г. опубликована монография Е.А.Карповой, В.Г.Минеева «Тяжелые металлы в агроэкоecosистеме». Данное издание является обобщением результатов многолетних исследований, посвященных выявлению основных закономерностей изменения состояния тяжелых металлов (ТМ), а также фтора и мышьяка в дерново-подзолистых почвах и накопления их растениями при применении агрохимических средств на основе длительных полевых опытов, проведенных в Московской области.

Монография детально исследует проблему тяжелых металлов в современной земледелии. По объему и качеству анализа экспериментальной информации она, наряду со ставшими уже известными изданиями в этой области (Ильин В.Б. «Тяжелые металлы в системе почва-растение» (Наука, 1991); М.Т.Дмитриев, Н.И.Казина, Г.А. Клименко «Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами» (МГУ, 1989); «Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкоecosистемах» (Агроэко-лас, 1994)), значительно расширяет современные представления об основных источниках загрязнения и путях трансформации тяжелых металлов в почве.

Анализ отдельных факторов, определяющих показатели состояния ТМ в почвах агроэкоecosистем: природные источники поступления (почвообразующие породы и гранулометрический состав почв), техногенные (аэротехногенные выпадения) и антропогенные, связанные с длительным применением удобрений (виды и формы применяемого удобрения), достаточно часто является предметом обсуждения в современных публикациях по данной тематике. Так, в работах В.И. Голова (Биолого-почвенный институт ДВО РАН) детально изучен круговорот микроэлементов в агроэкоecosистемах Дальнего Востока; в исследованиях О.А. Подколзина (Ставропольский ГАУ) определены источники химического загрязнения ТМ систем Центрального Предкавказья; в работах Р.Х. Рамазановой (Казахский НАУ) прослежено более чем 40-летнее влияние минеральных удобрений на изменение содержания ТМ в почве длительных опытов. Тем не менее, комплексная оценка всех перечисленных выше факторов требует методического изучения массопереноса химических элементов в агроэкоecosистеме и рассмотрения агроэкоecosистемы как иерархически организованной структуры. Подобные оценки различных компонентов агроэкоecosистемы достаточно редки даже при описании по-

ведения основных макроэлементов, а постановка и реализация подобных задач в отношении ТМ – явление единичное.

Данный структурный подход полностью реализован авторами монографии, что позволило про-анализировать основные факторы, определяющие поведение ТМ в системе почва-растение: влияние на состав элементов почвообразующей породы; физико-химические свойства почвы, определяемые приуроченностью агроэкоecosистемы к ландшафтно-геохимическим провинциям определенного класса и элементарным ландшафтам местного геохимического сопряжения; роль атмосферных выпадений; система агрохимических мероприятий по поддержанию почвенного плодородия; специфика потребления ТМ различными культурами.

Большая часть экспериментальных материалов о загрязнении почв и растений тяжелыми металлами (ТМ), опубликованных по данному вопросу, получена путем внесения водорастворимых солей металлов в ходе краткосрочных экспериментов. Гораздо сложнее проследить изменение состояния тяжелых металлов в агроэкоecosистемах в результате длительного сельскохозяйственного производства, что определяет объектом исследования длительные полевые опыты. Авторами в качестве объектов исследования выбраны длительные полевые опыты, заложенные НИУИФ – на Долгопрудной опытной станции (1933 г.), Люберецком опытном поле (1937, 1942, 1960 гг.), Раменской опытной станции (1969 и 1972 гг.), а также полевой опыт в Учебно-опытном почвенно-экологическом центре МГУ имени М. В. Ломоносова «Чашниково» (1950 г.).

Отдельная глава монографии посвящена описанию относительного вклада в антропогенное поступление ТМ в агроэкоecosистемы атмосферных выпадений и агрохимических средств. Установлено, что в исследуемых агроэкоecosистемах уровень поступлений ТМ с аэрозольными выпадениями различается более чем на порядок. Выпадения играли основную роль в поступлении в агроэкоecosистемы цинка и свинца. Отечественное сырье для производства фосфорных удобрений в качестве основных примесей содержит стронций и фтор, поэтому поступление данных элементов контролируется применением фосфорных удобрений. Для остальных элементов, таких как Cd, Ni, Cr, Cu, Mn вклад поступления из атмосферных выпадений и из удобрений сопоставим. Ат-

мосферные выпадения на поверхность агроэкосистем Долгопрудной, Раменской и Люберецкой агрохимических станций находятся в пределах фоновых значений для ЕТР, на поверхность полей «Чашниково» — на уровне или выше потока ТМ на сельскохозяйственные районы Центральной Европы. В данной главе приведены также диапазоны содержания примесей в фосфатном сырье из различных стран, микроэлементов в фосфоритах и фосфорных удобрениях различных месторождений, а также уровни поступления микроэлементов с минеральными удобрениями, что может быть использовано как справочная информация.

Наиболее подробно в монографии рассматривается состояние тяжелых металлов в почвах исследуемых агроэкосистем. Полученные результаты систематизированы в нескольких разделах. Вначале обращено внимание на изменение в валовом распределении ТМ по почвенному профилю при сравнении вариантов с длительным применением удобрений и соответствующего контрольного варианта каждого опыта. Сравнительный анализ позволил выявить аккумуляцию никеля, ванадия и кобальта, более выраженную в почвах тяжелого гранулометрического состава. Накопление отдельных ТМ было связано с формой применяемых удобрений. При этом в тяжелосуглинистых почвах возрастала контрастность элювиально-иллювиального типа распределения ТМ, а в супесчаных — изменялся характер профильного распределения, принимавшего отличный, в сравнении с контрольным вариантом характер. Поскольку все варианты находились под одинаковым воздействием атмосферных выпадений, подобный анализ дал возможность провести отдельную оценку роли применения удобрений в изменении распределения валовых форм ТМ.

Более подробно авторы рассматривают роль действия и последствия длительного применения удобрений на содержание подвижных форм ТМ — наиболее важных с экологических позиций соединений. Ни азротехногенная нагрузка, ни длительное применение удобрений не привели к достижению ПДК по подвижным формам в исследуемых почвах. Количество подвижных соединений ТМ в контрольных вариантах исследуемых почв не определялось их валовым содержанием, гранулометрическим составом и атмосферными выпадениями. На накопление подвижных форм оказывала влияние гидролитическая кислотность, отражающая совместное влияние величины ЕКО и кислотности почвы. Применение физиологически кислых форм удобрений приводило к более выраженной дифференциации подвижного Mn, Sr, As, Ni, особенно заметное на легких почвах. Систематическое применение удобрений увеличивало количество кислоторастворимых соединений

Fe, As, Pb, Cd и Ni прежде всего в пахотном горизонте. Вместе с тем при интенсификации выноса микроэлементов может происходить уменьшение количества подвижных соединений, что было прослежено на примере Zn. При систематическом применении простого и двойного суперфосфата происходило увеличение содержания подвижного Sr как в пахотном горизонте, так и по почвенному профилю. Известкование не снижало, а увеличивало количество подвижных соединений Sr. В период последствия наиболее высокие концентрации Cd, Zn, Cu наблюдалось в вариантах с последствием фосфорных удобрений. Авторами прослежена связь между содержанием подвижного фосфора и кислоторастворимыми соединениями ТМ, что может являться индикатором для выбора объектов мониторинговых исследований. Значимые различия в содержании подвижного стронция проявлялись и спустя 30 лет после прекращения применения фосфорных удобрений.

Фракционирование тяжелых металлов в почвах длительных опытов позволяет определить направленность трансформации соединений металлов при длительном применении удобрений и других агрохимических средств, прогнозировать уровни накопления ТМ растениеводческой продукцией. Доминирующими формами нахождения ТМ в дерново-подзолистых почвах являются соединения, связанные с (гидр)оксидами железа и марганца, а также с силикатной частью. Между тем, специфичность поведения ТМ связана с соотношением наиболее подвижных форм металлов — обменной, специфически сорбированной и связанной с органическим веществом. В монографии проанализировано влияние длительного применения удобрений на соотношение данных трех форм. Количественные изменения в этих фракциях коснулись нескольких элементов. Длительное применение навоза способствовало возрастанию фракции Cu, связанной с органическим веществом. Длительное применение простого суперфосфата и аммофоса способствовало увеличению содержания обменных и специфически связанных соединений Pb. Самые значительные изменения относятся к Sr. Все количество металла, поступающего с простым суперфосфатом (за период проведения опыта было внесено 225,2 кг Sr/га), обогащает ППК, а также специфически связывается с активными компонентами почвы (количество обменного и специфически сорбированного Sr в пахотном горизонте возросло в 2 раза по сравнению с контролем и вариантами внесения аммофоса и диаммофоса). Содержание Sr в других фракциях не изменилось.

Подвижность металлов в почвах — основной фактор, определяющий накопление металлов растениями. В связи с этим Е.А.Карповой,

В.Г.Минеевым в главе «Поступление ТМ в сельскохозяйственные растения в условиях длительного применения удобрений» детально проанализирован характер накопления ТМ сельскохозяйственными культурами в зависимости от форм и доз удобрений; соотношения ТМ и элементов питания; аэротехногенной нагрузки, погодных условий вегетационного периода, а также биологических особенностей растений. Все зерновые культуры, выращенные без применения удобрений на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава с различным, но в пределах ПДК (ОДК) содержанием ТМ (как валовым, так и подвижных соединений), и неодинаковой аэротехногенной нагрузкой, имеют относительно низкую (значительно ниже ПДК и ВМДУ) концентрацию ТМ. Содержание ТМ в кормовых культурах и соломе зерновых культур зависело от количества подвижных соединений металлов в почвах, суммарного количества атмосферных выпадений и биологических особенностей вида.

Наибольшее влияние оказывают балластные наиболее кислые удобрения, при систематическом внесении которых в большинстве культур возрастает содержание зольных элементов, в том числе и ТМ. Для зерна зерновых культур и в этом случае уровень ПДК ТМ не достигается.

В заключении авторы монографии формулируют концепцию состояния ТМ в агроценозах на дерново-подзолистых почвах при длительном применении разных форм удобрений. Разработанная концепция учитывает, что длительное применение удобрений вызывает достоверное нако-

пление многих ТМ и неметаллов в пахотном слое почвы, что зависит от применяемых форм удобрения и более четко проявляется на тяжелосуглинистых почвах. Накопление изменяет фракционный состав соединений ТМ, повышая ближний резерв ТМ в почвах. Для некоторых кормовых культур применение балластных удобрений на дерново-подзолистых почвах Московского региона может приводить к возрастанию концентрации Ni и Cr до уровня ВМДУ и выше. При этом возрастание накопления ТМ растениями в этих случаях происходило на почвах с относительно низким содержанием подвижных соединений Cr и Ni, что свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга безопасности продукции культур с индикаторным типом накопления ТМ, особенно на почвах с высоким валовым содержанием ТМ. При близком к среднему уровню обеспеченности растений подвижным фосфором при несбалансированном питании растений рекомендовано обязательно контролировать концентрацию кадмия в озимой ржи и никеля в зеленой массе овса.

Выпуск данной монографии, в которой подробный анализ результатов по накоплению ТМ в дерново-подзолистых почвах и растениях в условиях длительных полевых опытов в Московском регионе удачно сочетается с анализом закономерностей изменения состояния ТМ в зависимости от природных и антропогенных факторов, безусловно, представляет интерес для исследователей в области агрохимии, почвоведения, биогеохимии и специалистов, занимающихся проблемами устойчивого и экологически безопасного земледелия.

Д. б. н., вед. н. с. каф. агрохимии и биохимии
растений МГУ имени М.В.Ломоносова
В.А.Романенков