

Из истории науки

УДК 63:54

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АГРОХИМИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ В ТРУДАХ В.М.КЛЕЧКОВСКОГО

Ольга Анатольевна Амелянчик¹, Екатерина Викторовна Морачевская²

¹ – к. б. н., с. н. с. каф. агрохимии и биохимии растений; e-mail: lago5@mail.ru

² – к. б. н., вед. н. с. каф. агрохимии и биохимии растений; e-mail: agrosoil@mail.ru

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, ф-т почвоведения
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12*

Статья знакомит с работами В.М. Клечковского, видного разностороннего отечественного ученого, внесшего весомый вклад в развитие агрохимии, радиоэкологии и теорию периодической системы элементов. В.М. Клечковский ввел изотопный метод в агрохимические исследования и изучил поведение радиоактивных изотопов стронция, иттрия, цезия, рутения, циркония и др. в почвах и закономерности их поглощения растениями. Использование радиоактивных изотопов позволило оценить коэффициенты поглощения элементов питания в зависимости от условий произрастания культур, достоверно оценить процессы миграции и трансформации элементов питания в системе почва–удобрения–растения. Организовал биофизическую сельскохозяйственную лабораторию в ТСХА, в которой проводились комплексные радиологические исследования действия малых доз ионизирующих излучений на живые организмы и круговорот веществ в биосфере, заложившие основы отечественной школы радиоэкологии.

Ключевые слова: агрохимия, радиоэкология, радиоактивные изотопы, меченые атомы, теория питания растений.



Всеволод Маврикиевич Клечковский (1900–1972 гг.), доктор химических наук, профессор, академик ВАСХНИЛ, основоположник нового раздела науки – агрохимии продуктов деления, ученый, нашедший применение изотопной методики в сельскохозяйственных исследованиях.

Всеволод Маврикиевич окончил Тимирязевскую сельскохозяйственную академию. Вся его творческая жизнь (от аспиранта до заведующего кафедрой) была связана с кафедрой агрохимии, открытой по инициативе Д.Н. Прянишникова в 1927 г.

Первые работы В.М.Клечковского были посвящены изучению количественных закономерностей действия доз удобрений. Предметом споров того времени был выдвинутый Э. Митчерлихом тезис о постоянстве коэффициентов действия удобрений. Совместно с П.А. Железновым В.М. Клечковскому удалось доказать изменчивость коэффициентов действия азота, фосфора и калия в зависимости от факторов фона. Эта зависимость может быть выражена математически и носит «компенсационный» характер, т.е. сохраняется высокая степень приближения экспериментальных данных к общей формуле, которая выражает действие возрастающих доз удобрений. При этом один из параметров этой формулы – величина коэффициента действия, зависит от ряда факторов. Применение новых математических методов позволило вычислять коэффициент действия удобрений независимо от изменения соотношений доз удобрений. Были проведены исследования, способствовавшие установлению зависимости между оптимальным соотношением элементов питания растений и общим суммарным уровнем доз удобрений.

Фосфатное питание растений и применение фосфорных удобрений – еще один вопрос, интересовавший Всеволода Маврикиевича. Он изучил роль группового состава почвенных коллоидов в связывании фосфорной кислоты в почвах и доступности растениям поглощенных почвами фосфатов.

Еще будучи студентом, В.М. Ключковский заинтересовался применением изотопов. В 1925 г. он выступил на заседании научного семинара с докладом по книге Ф. Астона «Изотопы». И когда появилась возможность получать искусственные радиоактивные изотопы, Всеволод Маркович, получив поддержку Д.Н. Прянишникова, начал внедрять метод меченых атомов в агрохимические исследования. Вместе с профессором-физиком Д.Д. Иваненко в 1946 г. была организована работа с применением радиоактивных изотопов в Тимирязевской академии. Первые опыты были посвящены изучению поступления меченого фосфора в растения и его распределения в растениях. Благодаря этим исследованиям вопросы питания растений и применения удобрений вышли на новый уровень. Стало возможным определить, сколько фосфора поступает в растение из почвы (не меченого) и сколько из удобрения (меченого). Изотопный метод позволил более точно установить, какое количество фосфора усваивается из удобрений. Выяснилось, что коэффициент использования фосфора удобрениями растениями не всегда мал, как полагали ранее. Оказалось, что количество фосфора, усваиваемого из удобрения и из почвы, зависит от формы удобрения и способа его внесения в почву и изменяется в течение вегетации. По данным В.М. Ключковского в начале вегетации растения оказываются очень чувствительными к частоте расположения гранул и из малых гранул усваивают больше фосфора. Впоследствии наблюдается лучшее усвоение фосфора из более крупных гранул. Из этого был сделан вывод, что для рядкового удобрения фосфором предпочтительнее оказываются гранулированные удобрения с малым размером гранул, а более крупные гранулы эффективны в случае основного удобрения. Использование изотопного метода при исследовании совместного действия фосфатов с органическими удобрениями и известью позволило установить ряд важных фактов. Были получены данные о положительном влиянии совместного внесения суперфосфата с перегноем на усвоение фосфора удобрениями растениями. Также было подтверждено, что сочетание основного внесения удобрения при вспашке и местного внесения в рядки при посеве – наилучший способ обеспечения растений фосфором.

В 1947 г. в Тимирязевской академии под руководством В.М. Ключковского начинает работать первая в Советском Союзе биофизическая сельскохозяйственная лаборатория. Это было связано с поручением академика И.В. Курчатова о необходимости оценки последствий ядерных испытаний, особенно в сфере агропромышленного комплекса. В лаборатории занимались исследованием действия ядерных излучений на растения.

Важным оказался вопрос определения пределов индикаторных доз, которые можно использо-

вать в опытах с мечеными удобрениями. Удельная радиоактивность меченого удобрения не должна влиять на поступление меченого элемента в корни или листья, но в то же время ее уровень должен быть достаточно высок, чтобы обеспечить точное измерение количества меченого атома. В.М. Ключковский указывал на необходимость дифференцированного подхода к определению индикаторных, толерантных и повреждающих доз, которые могут различаться в зависимости от вида растения и от его возраста. Так, в ранние фазы роста растения наименее устойчивы к повреждающему действию радиации. Также было установлено, что чувствительность растений к повреждающему действию радиоактивных веществ зависит от условий питания растений и других внешних факторов.

Совместно с В.Н. Столетовым и Т.П. Евдокимовой В.М. Ключковский с помощью изотопной метки изучает обмен веществ между привоем и подвоем привитых растений, питание плодовых деревьев, взаимосвязь между различными частями корневой системы и кроны. В опытах с привитыми растениями исследования перераспределения меченых веществ между привоем и подвоем показали, что интенсивность и преобладающее направление подобного рода процессов находится в зависимости от природы компонентов привитого растения и от условий их питания.

Начиная с 1948 г. В.М. Ключковский много внимания уделяет изучению поведения в почвах и растениях радиоактивных продуктов деления тяжелых ядер, долгоживущих нуклидов, образующихся в относительно больших количествах: стронция, иттрия, цезия, церия, рутения, циркония, ниобия и др. Продукты деления присутствуют в среде в следовых концентрациях, но их поведение в системе почва-растение может сильно различаться. Одни из продуктов деления способны с легкостью проникать в надземные органы растения через корни (Sr, Cs), а в отношении других корневая система проявляет барьерные функции – препятствует поступлению их в надземные органы (Ru, Zr, Ce).

В.М. Ключковскому совместно с коллегами удалось выполнить ряд работ, которые пролили свет на поведение радиоактивных продуктов деления в почвах и растениях.

Всеволод Маврикиевич установил, что сорбция радиоактивных продуктов деления происходит по типу обменного поглощения. Наряду с ионно-обменной адсорбцией в поглощении продуктов деления принимают участие процессы соосаждения и гидролиза с образованием радиоколлоидов, а также факторы, связанные с ядерными превращениями.

Интересные данные были получены при изучении корневого поступления радиотория в растения. Было установлено, что радиоактивность надземных органов обусловлена не материнским

изотопом, который почти полностью задерживается корневой системой, а дочерними продуктами распада (торий X и торий В). В то же время, при корневом поступлении стронция-90 материнский нуклид передвигается из корней в листья быстрее дочернего – иттрия. При некорневом введении наблюдается обратная закономерность: дочерний нуклид опережает материнский.

Комплексные радиологические исследования изучения действия малых доз ионизирующих излучений на живые организмы и круговорот веществ в биосфере заложили основы отечественной школы радиоэкологии. Можно с уверенностью сказать, что Всеволод Маврикиевич сформулировал основные положения сельскохозяйственной радиоэкологии, связанные с принципами проведения защитных мероприятий в агропромышленном производстве, направленных на уменьшение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции на загрязненных территориях.

Проведенные опыты показали, что свойства почвы (механический состав, кислотность, степень насыщенности основаниями, содержание кальция карбонатов) влияют на поступление продуктов деления в растения. Минеральные удобрения также оказывают действие на эти процессы: азотные удобрения усиливают поступление стронция и цезия, а калийные – снижают поступление и накопление цезия в вегетативных и в генеративных органах. При внесении извести в почву в растения поступало значительно меньшее количество не только стронция (аналог кальция), но других радионуклидов.

В.М.Клечковский показал, что важнейшим способом ограничения накопления радионуклидов в продукции растениеводства является повышение плодородия почвы, оптимизация минерального питания растений, научная система применения удобрений.

Агрохимические и биофизические исследования радиоактивных продуктов деления позволили

В.М. Клечковскому углубиться в общие теоретические вопросы химии и атомной физики, связанные с особенностями строения электронной оболочки атомов элементов середины периодической системы Д.И.Менделеева, внести вклад в ее развитие. В.М.Клечковским было впервые дано определение совокупности квантовых уровней, заполняемых электронами на протяжении одного периода системы Д.И.Менделеева. На этой основе было получено рациональное теоретическое решение задачи о начале и окончании периода и о числе элементов в периоде как функции номера периода в системе.

Всеволод Маврикиевич – автор многочисленных работ по агрохимии. В 1952 г. за научные работы с радиоактивными изотопами он был удостоен Сталинской премии. В его работах отчетливо проявляется преемственность созданной Д.Н.Прянишниковым агрохимической школы. Для него были характерны энциклопедичность знаний, широта научных интересов, смелость и дальновидность в исследовательской работе. За свою работу он награжден двумя орденами Ленина, орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета».

Литература:

1. *Минеев В.Г.* История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. Кн. 2 : Развитие агрохимии в XX столетии. – М., 2006 – 794 с.
2. *Клечковский В.М.* Изотопы в современной агрохимии. – М.: Изд. Минсельхоза СССР, 1957. – 21 с.
3. Агрохимия / Соавт.: А.В. Петербургский и др., – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1967. – 583 с.
4. *Клечковский В.М., Архинов Н.П., Егоров А.В.* К оценке размеров поступления стронция-90 из почвы в растения и его накопление в урожае. – М.: Агропромиздат, 1969. – 7 с.
5. *Плешков Б.П.* Жизнь и деятельность В.М. Клечковского. – М., 1960. – 47 с.

Amelyanchik O.A., Morachevskaya E.V.,

THE DEVELOPMENT OF AGROCHEMISTRY AND RADIOECOLOGY IN THE WORKS BY V.M.KLECHKOVSKIY

The article acquaints with the activity of V.M.Klechkovskiy, a prominent many-sided Russian scientist, who brought an important contribution to development of agrochemistry, radioecology and periodic system of elements theory. V.M.Klechkovskiy introduced isotope method into agrochemical investigations and studied the behavior of strontium, itrium, caerium, ruthenium, cyrconium and other isotopes in the soil and the patterns of their adsorbsion by the plants. Using of radioactive isotopes made possible the assesment of nutrient elements adsorbsion factors in different growing conditions, precisely trace the migration and transformation of nutrient elements in the soil- fertilizers-plant system. V.M.Klechkovskiy organized the biophysical laboratory in Timiryazev agricultural academy, where complex radiobiological investigations of small dozes of ionizing irradiation effect on organised organisms and cycles in biosphere were carried out, that to laid the foundation of Russian radioecology school.

Keywords: agrochemistry, radioecology, radioactive isotopes, labelled atoms, plant nutrition theory.