

Рис. 1.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. А. ДРОБКОВ

**РАДИОФОТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ
РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ**

(Представлено академиком А. И. Опарным 1 VII 1949)

В биогеохимической лаборатории Академии наук СССР было установлено, что естественные радиоактивные элементы радий, уран и торий являются одними из наиболее распространенных элементов в природе. Они постоянно содержатся во всех почвах, во всех природных водах, во всех растительных и животных организмах. И больше того, растения в процессе своего развития концентрируют радиоактивные элементы в десятки и сотни раз больше, чем содержание этих элементов в окружающей среде.

Тщательно проведенные физиологические опыты показали, что при полном исключении радия, урана и тория из питательной смеси растения резко отстают в росте и не дают цветов. Это означает, что радиоактивные элементы нужны растениям для нормального развития в такой же степени, как и другие питательные вещества. Если же удастся выращивать нормальные растения без внесения радиоактивных элементов, то это объясняется исключительно постоянным их присутствием в питательной среде.

Радиоактивные элементы необходимы растениям в ничтожно малых количествах. При внесении радиоактивных элементов дополнительно к основным питательным веществам увеличивается урожай, повышается плодоношение у растений, ускоряется созревание, в корнях сахарной свеклы, овощных и других растениях увеличивается содержание сахара. У кок-сагыза действие радиоактивных элементов сказывается в повышении урожая корней и в увеличении содержания в них каучука. В отсутствие радиоактивных элементов клубеньки на корнях бобовых растений не образуются, и усвоение молекулярного азота не происходит.

Но радиоактивные элементы не являются универсальными удобрениями. Как показали наши опыты, они не заменяют других питательных веществ и оказывают положительное действие только в тех случаях, когда растения полностью обеспечены всеми необходимыми питательными веществами и влагой.

По данным наших опытов, наиболее благоприятными дозами для развития растений являются 10^{-12} — 10^{-13} % радия и 10^{-6} — 10^{-7} % урана и тория в питательной смеси. Но растения без вреда переносят и более высокие (в 10 и 100 раз) концентрации этих элементов.

Более углубленное изучение этих вопросов сильно тормозилось из-за отсутствия методики, которая позволяла бы изучать поступление и распределение ничтожно малых количеств радиоактивных элементов в отдельных органах растения, без повреждения тканей растений. В резуль-

тате многолетней работы этот пробел был пополнен благодаря разработке нами нового количественного радиографического метода.

Радиоактивные α -, β - и γ -излучения действуют на фотографическую пластинку подобно видимому свету. Этим способом была открыта радиоактивность Беккерелем. Впоследствии он широко применялся для наблюдения следов α -излучений в камере Вильсона, в работах по учету радиоактивных излучений и космических лучей с помощью фотографических пластинок, покрытых толстым эмульсионным слоем, и т. п.

Разработанный нами количественный радиографический метод для изучения поступления и распределения естественных и искусственных



Рис. 2

радиоактивных элементов в растениях основан на том же самом принципе, а именно: растения, предварительно выращенные на полной питательной смеси, содержащей определенные радиоактивные элементы, после соответствующей подготовки плотно накладываются в темноте на фотографическую пластинку и в таком состоянии оставляются на известное время. Радиоактивные излучения, выделяемые содержащимися в растениях радиоактивными элементами, действуют на фотографическую пластинку в соответствии с их концентрацией в отдельных органах. При проявлении на фотопластинке получается изображение растений. При этом на фотопластинке будет получаться более интенсивное изображение тех органов растения, где содержится больше радиоактивных элементов. Органы с малым содержанием радиоактивных элементов или совсем не зафиксируются на снимке или их изображение будет менее заметным.

Резкость изображения и чувствительность метода зависят, с одной стороны, от количественного содержания радиоактивных элементов в растениях, с другой стороны, от чувствительности фотопластинок и от контакта отдельных частей растения с фотопластинкой.

Экспозиция, необходимая для получения четкого изображения на фотопластинке, предварительно устанавливается при помощи электронного счетчика, путем измерения интенсивности выделения радиоактивных излучений отдельными органами растений: ли-

стьями, стеблями и корнями. Она колеблется от 20 до 100 час. и больше. Пропуская через негатив постоянный луч света, на пути которого находится фотоэлемент, можно при помощи высокочувствительного гальванометра или электрометра в отдельных местах определить степень прозрачности негатива. В мало прозрачных местах, соответствующих более высокому количественному содержанию радиоактивных эле-

ментов, показание гальванометра будет наименьшим, а в более прозрачных местах, наоборот, оно будет наибольшим.

По эталону мы простым вычислением находим количественное содержание радиоактивных элементов в отдельных органах и точках растений.

Радиофотографическим методом нам удалось решить вопрос о том, где в растении концентрируются естественные радиоактивные элементы — радий, уран и торий. Концентрируются ли они как необходимые питательные ультрамикрорезлементы в тех органах растений, где наиболее интенсивно протекает жизнь, а именно: в молодых точках роста, в верхних молодых листьях, органах плодоношения и т. д., или же они, являясь второстепенными элементами, концентрируются в менее ответ-

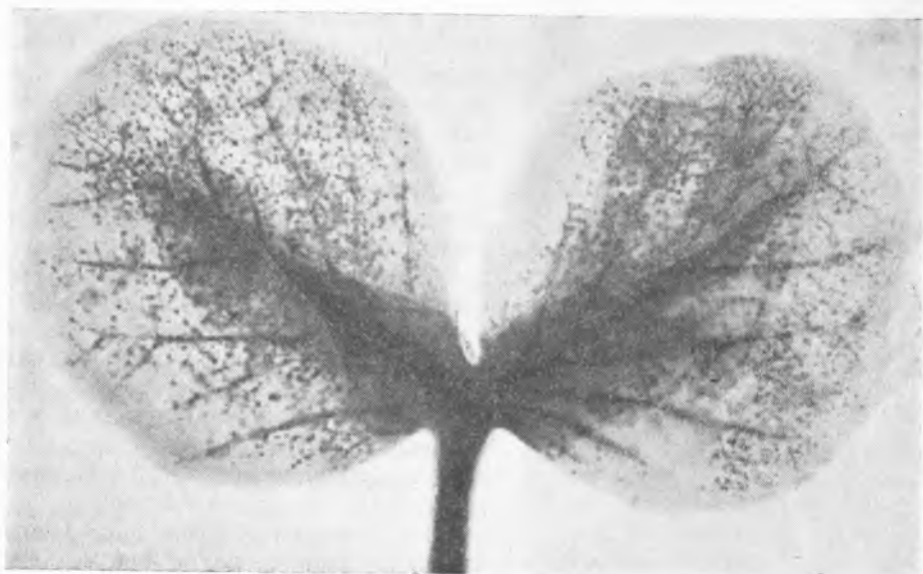


Рис. 3

ственных органах растений, например в нижних, более старых листьях, которые раньше всего отмирают. Этот вопрос уместно поставить еще и потому, что в растениях постоянно содержится естественный слабо радиоактивный элемент — калий, без которого растения не могут развиваться.

При помощи радиофотографического метода мы провели много исследований, которые дали вполне точный ответ на этот вопрос; радий и другие радиоэлементы, поступившие в растение через корни, распределяются по всем без исключения органам, но концентрируются больше всего там, где наиболее интенсивно протекает жизнь, а именно: в верхних молодых точках роста, в верхних молодых, наиболее интенсивно развивающихся листьях и в органах плодоношения. В старых, нижних листьях содержится очень мало радиоактивных элементов. Это особенно наглядно выражено на воспроизводимых здесь радиофотографиях.

На радиофотографии рис. 1 представлено молодое растение томата (*Solanum lycopersicum*) в возрасте 45 дней, сорт «Спаркс Эрлиана». Как и все другие растения, оно было выращено в водных культурах, на полной питательной смеси, содержащей $1,45 \cdot 10^{-11}$ % радия. Как видно, помидоры в молодом возрасте очень интенсивно усваивают из питательной смеси радий, который, поступив в растение через корни, распределяется потом по всем без исключения органам. Однако больше всего

содержится его в самых крайних частях листовой пластинки, где происходит наиболее интенсивный рост растения. В средней части листа радия значительно меньше.

Корни растения содержат так много радия, что при данной экспозиции теряются все детали. Как показал химический анализ, в корнях содержится примерно в 30—40 раз больше радия, чем в надземных органах растения.



Рис. 4

На радиофотографии рис. 2 представлен клевер (*Trifolium pratense*), сорт одноукосный «Ярославский» в стадии интенсивного образования цветков и начала цветения. Как мы видим, в данный период развития растения среди надземных органов больше всего содержится радия в цветках, которые на фотографии выделяются в виде ярких белых пятен. В стеблях и листьях радия значительно меньше.

На том же снимке отчетливо отражена еще одна характерная особенность растений — их способность концентрировать радий в междоузлиях, которые всюду запечатлены в виде ярких точек. Аналогичную картину наблюдаем мы и у других растений.

На радиофотографии рис. 3 отчетливо видна концентрация радия в отдельных клетках листьев гороха (*Pisum sativum*), сорт «Карлик сахарный».

На радиофотографии рис. 4 представлено распределение искусственно радиоактивного элемента, радиофосфора, в горохе (*Pisum sativum*).

Следует отметить, что его распределение в растениях очень сходно с распределением естественных радиоактивных элементов.

Таким образом, радиофотографический метод дает точный ответ о сравнительном количественном содержании радиоактивных элементов в отдельных точках растений и приводит нас к более глубокому пониманию физиологической роли этих элементов. Он открывает новые закономерности в поступлении и распределении питательных элементов в растениях, которые не могут быть вскрыты ни одним из ранее применявшихся самых точных химических и физических методов, открывая этим самым новые возможности в познании скрытых явлений жизни. Этот метод с успехом может быть применен и для изучения поступления и распределения радиоактивных элементов в различных органах животных организмов.

Поступило
4 VI 1949