
БІОЛОГІЯ ҐРУНТІВ

УДК 631.46, 539.1.04, 621.039.553.5

Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев

Ростовський державний університет

ОЦІНКА ВПЛИВУ γ -ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМА ЗВИЧАЙНОГО

Досліджено вплив γ -випромінювання дозами 1, 5, 10 та 20 КГр на біологічний стан чорнозему звичайного. Найбільший вплив γ -випромінювання здійснює на чисельність ґрунтових мікроорганізмів, у той час як показники ферментативної активності знижуються значно менше. Швидкість відновлення біологічних властивостей залежить від дози опромінення: чим менша доза, тим швидше відновлюються біологічні властивості чорнозему звичайного. Однак при високих рівнях γ -випромінювання окремі параметри біологічних властивостей не відновлюються і через 180 діб.

Ключові слова: γ -випромінювання, чорнозем звичайний, біологічні властивості.

T. V. Denisova, K. Sh. Kazeev

Rostov state university

EVALUATION OF THE γ -RADIATION INFLUENCE ON THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM

Influence of γ -radiation doses 1, 5, 10 and 20 KGy on the biological state of chernozems was investigated. The number of soil microorganisms shows most great γ -radiation dependence, though enzymatic activity indices decreasing much slower. Speed of biological properties restoration also depends on the irradiation dose: the less dose we set, the faster restoration of biological properties does chernozem have. However in the conditions of great γ -radiation, some of biological properties does not restore even after 180 days.

Keywords: γ -radiation, biological properties, chernozem.

Ионизирующие излучения – неотъемлемая часть условий внешней среды обитания организмов на протяжении всей истории существования жизни на Земле (Тихомиров, 1972; Физические факторы ..., 1998). Вместе с тем радиоактивное излучение – наиболее опасный антропогенный фактор для всех биологических объектов и почвы в частности. Источниками облучения почвы и других биообъектов являются: радиационные аварии и выбросы АЭС, подземные ядерные взрывы, могильники радиоактивных отходов и др. В связи с этим появилась особая необходимость диагностики этого вида загрязнений. Химические и физические методы для этого непригодны.

Ионизирующая радиация – один из опаснейших антропогенных факторов, в связи с чем радиэкология тесно связана с решением задач экологического мониторинга и нормирования (Действие ионизирующей ..., 1988). Биомониторинг, биодиагностика и биоиндикация приобретают все большее значение как для проведения научных исследований, так и для выполнения практических производственных меро-

© Денисова Т. В., Казеев К. Ш., 2006

приятый (Биоиндикация ..., 1988). Биологическая диагностика почв позволяет определить характер и степень антропогенного воздействия на почвенный покров. Это делает возможным оценку вероятных негативных процессов при антропогенезе и предотвращение снижения плодородия почв. Биологические индикаторы обладают рядом преимуществ по сравнению с другими (Биоиндикация ..., 1988; Казеев, 2003). Во-первых, это высокая чувствительность к внешнему воздействию, во-вторых, они позволяют диагностировать негативные процессы на ранних стадиях проявления, в-третьих, только по ним можно судить о воздействиях, не подвергающих существенному изменению вещественный состав почв (радиоактивное и биоцидное загрязнение).

Для суждения о биологической активности и эколого-биологическом состоянии почвы недостаточно какого-либо одного показателя, так как каждый из них отражает лишь какую-то одну сторону биологических и биохимических процессов в почве. В последнее время все большее внимание привлекает комплексная оценка биологических свойств почв, особенно в связи с оценкой их плодородия и антропогенных изменений. Для этого необходимо использовать широкий набор показателей состояния почвы (Казеев, 2003).

При антропогенном воздействии на почву среднее значение выбранных показателей в большинстве случаев снижается, в то время как отдельные показатели биологической активности почвы могут увеличиваться (Колесников, 2000; Казеев, 2003).

Снижение интегрального показателя биологического состояния почвы, как правило, находится в прямой зависимости от степени воздействия антропогенного фактора. При расчете ИПБС должны использоваться не любые показатели биологической активности почв, а наиболее информативные. Показано (Колесников, 2000; Казеев, 2003), что варьирование ИПБС 5–9 % находится в пределах нормы, а снижение ИПБС более чем на 10 % по сравнению с контролем – это уже существенное негативное воздействие фактора.

Целью настоящей работы было исследование влияния γ -излучения дозами 1, 5, 10 и 20 КГр на биологические свойства чернозема обыкновенного – непосредственно после воздействия γ -излучения на почву и в модельных опытах по восстановлению облученной почвы – по изменению *интегрального показателя биологического состояния почвы* (ИПБС), *интегрального показателя биологической (ферментативной) активности* почвы (ИПБА) и *интегрального показателя биогенности* (численность микрофлоры) почвы (ИПБ).

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования был чернозем обыкновенный южно-европейской фашии, карбонатный, среднемощный, малогумусный, тяжелосуглинистый на желтобурых лессовидных суглинках. По потенциальному плодородию черноземы по праву считаются лучшими в мире (Вальков, 1977, 2002).

Почву для экспериментов отбирали из пахотного слоя (0–30 см) в учхозе ДонГАУ «Донское» Октябрьского района Ростовской области.

Свежевысушенные образцы почвы облучали тормозным излучением микротрона. Микротрон – электронный ускоритель с энергией до 22 МэВ и током пучка до 20 мкА. После набора заданной дозы облучения образец почвы убирали из пучка ускорителя. За время облучения поглощенная доза излучения (тормозного излучения) с учетом места установки образцов и времени облучения составила 1, 5, 10 и 20 КГр. Погрешность определения дозы не превышала 10 % (обусловлена вариацией тока пучка ускорителя во время облучения). Дополнительная доза облучения за счет приведенной в образцах активности не превышала 10^{-5} %. Через двое суток после облучения мощность дозы облучения от каждого образца уменьшилась до уровня фонового. Контролем служили образцы почвы, не подвергавшиеся облучению.

После воздействия γ -излучения в трехкратной повторности были заложены модельные эксперименты по изучению восстановления биологических свойств почвы. Облученные и контрольные образцы почвы инкубировали в стеклянных сосудах при температуре 20–25 °С и 60 % от полной влагоемкости в течение 3, 30, 90 и 180 суток.

После окончания срока инкубации во влажных образцах определяли численность почвенных микроорганизмов: аммонифицирующих бактерий на МПА, спорообразующих бактерий на МПА, микромицетов на среде Чапека, бактерий рода *Azotobacter* на среде Эшби. В воздушно-сухих образцах определяли активность каталазы, инвертазы, дегидрогеназы. Лабораторно-аналитические исследования выполняли по общепринятым методикам (Методы почвенной ..., 1991; Казеев, 2003).

Для объединения различных показателей была использована методика определения *интегрального показателя биологического состояния почвы* (ИПБС), разработанная на кафедре экологии и природопользования РГУ (Вальков, 1999; Колесников, 2000; Казеев, 2003). Данная методика позволяет оценить совокупность биологических показателей. Для этого при диагностике различных антропогенных воздействий за 100 % принимается значение каждого из показателей в незагрязненной почве (контроль) и по отношению к нему в процентах выражается значение этого же показателя в почве, подвергавшейся воздействию. ИПБС рассчитывают по формуле (Казеев, 2003)

$$\text{ИПБС} = (B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n)/N,$$

где B_1, B_2, B_3, B_n – значение каждого показателя, выраженного в % по отношению к этому же показателю в незагрязненной почве; N – количество показателей.

ИПБС – *интегральный показатель биологического состояния почвы* – рассчитан по 7 показателям: микробиологическим (численность аммонифицирующих бактерий, спорных бактерий, микроскопических грибов и азотфиксирующих бактерий рода *Azotobacter*) и ферментативной активности (активность каталазы, дегидрогеназы, инвертазы).

ИПБ – *интегральный показатель биогенности* – рассчитан по численности аммонифицирующих бактерий, спорных бактерий, микроскопических грибов и азотфиксирующих бактерий рода *Azotobacter*.

ИПБА – *интегральный показатель биологической активности* – рассчитан по показателю ферментативной активности (активность каталазы, инвертазы, дегидрогеназы).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Непосредственно после воздействия γ -излучения отмечено достоверное снижение ИПБС в зависимости от дозы на 20 % ($p < 0,05$), 47 % ($p < 0,05$), 52 % ($p < 0,01$) и 63 % ($p < 0,01$) соответственно (рис. 1). Это показывает высокую степень негативного влияния γ -излучения на биологические свойства почвы.

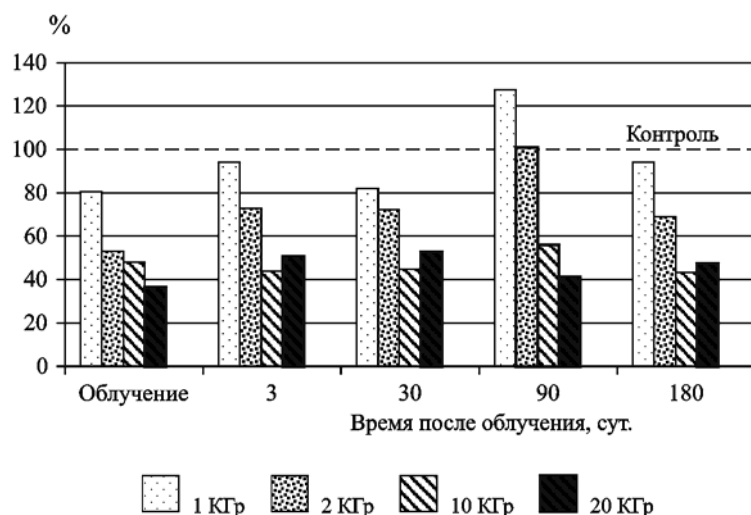


Рис. 1. Изменение ИПБС чернозема обыкновенного под влиянием γ -излучения и через 3–180 суток после воздействия, % от контроля

Через трое суток инкубирования облученных почвенных образцов происходит некоторое повышение ИПБС в вариантах с дозами 1 и 5 КГр. В вариантах с этими дозами воздействия ИПБС находится примерно на том же уровне и спустя 30 суток инкубирования – ниже контроля на 18 ($p < 0,05$) и 28 % ($p < 0,05$) соответственно. И лишь через 90 дней биологическое состояние облученных образцов чернозема достигает контрольных значений, в варианте с самой низкой из исследованных доз – 14 КГр – даже выше контроля на 27 %.

Через 180 суток ИПБС возвращается к уровню, на котором был через трое суток инкубации – на 6 % и 31 % ниже контроля соответственно.

Воздействие же высоких доз γ -излучения (10 и 20 КГр) приводит к существенному снижению ИПБС, значение которого практически не изменяется на протяжении всего срока эксперимента. Даже спустя 180 суток после облучения почва, инкубированная в оптимальных условиях, не восстановила свои биологические параметры. ИПБС остается ниже контроля на 84 % ($p < 0,001$) и 76 % ($p < 0,01$).

Для установления степени вклада показателей микробиологической и ферментативной активности в интегральный показатель биологического состояния чернозема под влиянием γ -излучения были рассчитаны ИПБ и ИПБА.

ИПБ под влиянием γ -излучения в зависимости от дозы снижается на 28 % ($p < 0,05$), 84 % ($p < 0,001$), 85 % ($p < 0,001$) и 99 % ($p < 0,001$) соответственно (рис. 2).

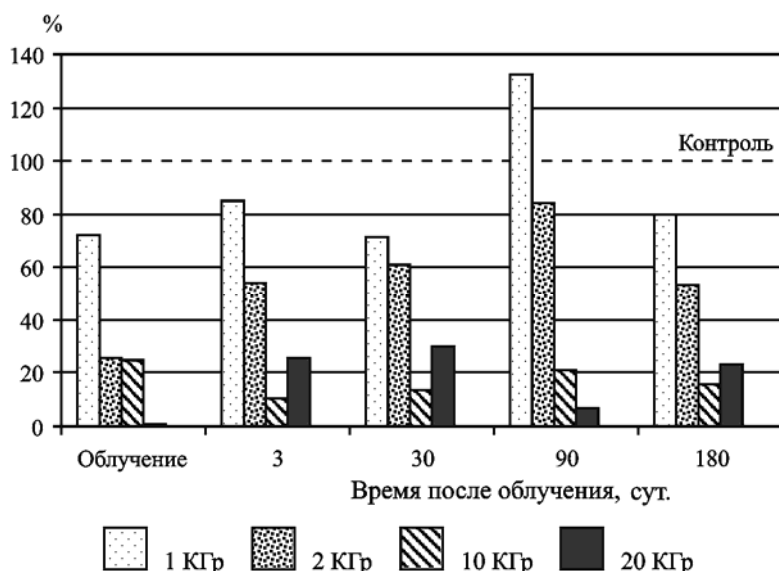


Рис. 2. Изменение ИПБ чернозема обыкновенного под влиянием γ -излучения и через 3–180 суток после воздействия, % от контроля

Через трое суток инкубирования значение ИПБ при воздействии дозами 1 и 5 КГр несколько повышается, но остается на 15 и 46 % ниже контроля соответственно. Спустя 30 и 180 суток после воздействия γ -излучения ИПБ находится примерно на этом же уровне, а в варианте с дозой 1 КГр через 90 суток инкубации даже превышает контроль на 17 %. Интегральный показатель биогенности при сильных дозах воздействия (10 и 20 КГр) находится в подавленном состоянии – ниже контроля на 70–90 % во всех сроках инкубации и через 180 суток не восстанавливается.

ИПБА под влиянием γ -излучения с увеличением дозы 1–10 КГр снижается на 9 % ($p < 0,05$), 10 % ($p < 0,05$) и 21 % ($p < 0,05$) соответственно (рис. 3). При воздействии дозой 20 КГр ИПБА ниже контроля на 16 %, хотя отличия от контроля не достоверны. Это вызвано тем, что показатель инвертазной активности отличается значительным варьированием (Денисова, 2004) и при воздействии дозой 20 КГр находится на уровне контрольных значений.

Уже на третьи сутки инкубации ИПБА при слабых дозах воздействия достигает контрольных значений. Интересно отметить, что на 3, 30, 90 и 180-е сутки после воздействия γ -излучения значения ИПБА ни в одном из вариантов достоверно не отличаются от контроля, хотя наблюдается некоторая динамика изменения ИПБС, особенно на слабых дозах. Например, через 90 суток ИПБА на 20–23 % даже выше контроля. Значение ИПБА при воздействии самой сильной из исследованных доз 20 КГр как при облучении, так на всех сроках инкубации находится практически на одном уровне – ниже контроля на 12–20 % ниже.

Следовательно, показатели ферментативной активности сами по себе не отражают степени воздействия γ -излучения на биологические свойства почвы, а основной вклад в оценку воздействия вносят показатели микробиологической активности.

Таким образом, наибольшее воздействие γ -излучение оказывает на численность почвенных микроорганизмов, в то время как показатели ферментативной активности снижаются значительно меньше.

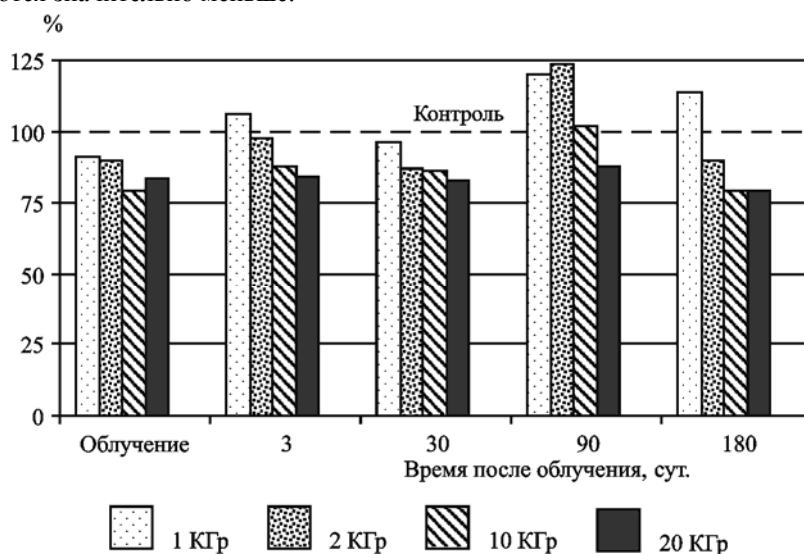


Рис. 3. Изменение ИПБА чернозема обыкновенного под влиянием γ -излучения и через 3–180 суток после воздействия, % от контроля

Интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС) при воздействии γ -излучения максимально снижается на 63 % под влиянием дозы 20 КГр. В модельных экспериментах по восстановлению облученной почвы максимально ниже контроля на 59 % под влиянием этой же дозы в варианте 90 суток после облучения.

Интегральный показатель биогенности (ИПБ) при воздействии γ -излучения максимально снижается на 99 % под влиянием дозы 20 КГр. В модельных опытах по восстановлению облученной почвы максимально снижается на 93 % под влиянием этой же дозы в варианте 90 суток после облучения. Дозы 10 и 20 КГр привели к необратимым изменениям ИПБС и ИПБ. Это связано, прежде всего, с изменением численности почвенной микрофлоры, которая существенно подавлялась под влиянием γ -излучения, несмотря на то, что, по литературным данным (Тихомиров, 1972), восстановление численности почвенных микроорганизмов происходит довольно быстро, даже при условии сохранения жизнеспособности незначительной части микрофлоры.

Активность ферментов чернозема обыкновенного устойчивее к воздействию γ -излучения, чем микрофлоры. Интегральный показатель биологической активности (ИПБА) при воздействии γ -излучения максимально снижается на 21 % под влиянием дозы 10 КГр. В модельных опытах по восстановлению облученной почвы активность ферментов максимально снижается на 17 % в варианте с дозой 20 КГр через 30 суток после облучения.

С течением времени можно констатировать тенденцию восстановления биологических свойств чернозема обыкновенного после воздействия γ -излучения. Скорость восстановления биологических свойств зависит от дозы облучения: чем меньше доза, тем быстрее восстанавливаются биологические свойства чернозема обыкновенного. Однако при высоких уровнях воздействия γ -излучения отдельные параметры биологических свойств не восстанавливаются и спустя 180 суток. Выявлена большая применимость микробиологических показателей по сравнению с биохимическими, в то время как, например, для оценки загрязнения почвы тяжелыми металлами показана (Колесников, 2000) большая применимость биохимических показателей по сравнению с микробиологическими.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Биоиндикация** загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988.
- Вальков В. Ф.** Генезис почв Северного Кавказа. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1977. – 159 с.
- Вальков В. Ф.** Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников // Научная мысль Кавказа. – 1999. – № 1. – С. 32-37.
- Вальков В. Ф.** Почвы юга России: классификация и диагностика / В. Ф. Вальков, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 168 с.
- Действие** ионизирующей радиации на биогеоценоз / Д. А. Криволуцкий, Ф. А. Тихомиров, Е. А. Федоров, А. Д. Покаржевский, А. И. Таскаев. Отв. ред. М. С. Гиляров, Р. М. Алексин. – М.: Наука, 1988. – 240 с.
- Денисова Т. В.** Влияние электромагнитного загрязнения на биологические свойства чернозема обыкновенного: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д, 2004. – 24 с.
- Казеев К. Ш.** Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.
- Колесников С. И.** Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – 232 с.
- Методы** почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
- Тихомиров Ф. А.** Действие ионизирующих излучений на экологические системы. – М.: Атомиздат, 1972. – 176 с.
- Физические** факторы в растениеводстве / М. Ф. Трифонова, О. В. Бляндур, А. М. Соловьев и др. – М.: Колос, 1998. – 352 с.

Надійшла до редколегії 17.04.05