

УСТАНОВЛЕНИЕ ПДК ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЕ

К. В. ГРИГОРЯН

Ереванский государственный университет, кафедра экологии
и охраны природы

На основе изучения активности ферментов как основного диагностического показателя разработаны ПДК меди, свинца, никеля, марганца и молибдена в оросительной воде.

Հիմնված է ֆերմենտների ակտիվության ուսումնասիրության վրա, որի վրա հիմնված է օրոսիչ ջրերում պարունակվող մետաղների (մեդի, սնկի, նիկելի, մանգանի և մոլիբդենի) շեմային արժեքների որոշումը:

Making a close study of enzymes activity, as the basic diagnostical index, the MPC of copper, lead, nickel, manganese and molybdenum in irrigating water are worked out.

Вода оросительная—металлы тяжелые—ферменты.

Для контроля за уровнем загрязнения оросительных вод и разработки природоохранных мероприятий необходимо разработать предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и других техногенных агентов в них. Настоящая работа посвящена изучению этого вопроса.

Материал и методика. Исследовали воды бассейнов рек Дебед и Вохчи. В качестве основного критерия для установления ПДК тяжелых металлов в оросительной воде использовали активность ферментов почв. С этой целью использовали также градации степени загрязненности почв по активности ферментов и содержанию тяжелых металлов [3, 6]. Чувствительность растений к тяжелым металлам (металлоустойчивость) определяли фенологическими наблюдениями за ростом и развитием сельскохозяйственных культур и методом корневого теста, предложенным Уилкинсом [6]. Содержание тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным, активность ферментов—унифицированным методом [2].

Результаты и обсуждение. Установлено, что при определении поливных качеств и ирригационных свойств вод, загрязненных промышленными отходами и выбросами, уже принятыми методами получают в высшей степени удовлетворительные результаты и без специальных мер можно использовать эти воды для орошения почв. А практика орошения показывает, что воды, загрязненные отходами и выбросами промышленных предприятий, отрицательно действуют на состав и свойства почвы, на рост и развитие сельскохозяйственных культур [3]. В настоящее время уже известны многие категории промышленных сточных вод, использование которых недопустимо в орошаемом земледелии. С помощью существующих методов полностью оценить ирригационные свойства загрязненных вод не представляется возможным, так как при этом не учитывается содержание техногенных агентов в них.

Сокращения: ПДК_{тм}—предельно допустимые концентрации тяжелых металлов

При рассмотрении результатов орошения водами, загрязненными промышленными отходами, трудно выделить влияние какого-нибудь одного элемента на активность ферментов почв, так как их аккумуляция, количественное перераспределение и действие зависят от многих факторов: химического состава и ирригационных свойств оросительных вод, физических и физико-химических свойств почв, специфичных особенностей тяжелых металлов и их взаимодействия. Учитывая вышесказанное, величину В устанавливали с помощью модельных опытов.

Исследования проводили на почве с неодинаковым содержанием гумуса, химическим составом, различной буферностью и кислотностью. В чашках Петри к 100 г почвы добавляют от 1 до 10 мг тяжелых металлов, 2 мл толуола в качестве антисептика, увлажняют до 80% от полной влагоемкости. После высушивания в них определяют активности ферментов [2, 4]. Концентрации растворов соединений тяжелых металлов рассчитывают с учетом их содержания, выражаемого в кларках и уталонных (незагрязненных) почвах, и увеличивают в 5—30 раз в соответствии с уровнем загрязнения почв и нормами использования загрязненных оросительных вод. Результаты опыта подвергают математической обработке методом вариационной статистики. Каждый вариант опыта проводят в 2-кратной повторности.

Для определения величины К в листьях возделываемых сельскохозяйственных культур устанавливают те пределы содержания тяжелых металлов, при которых наблюдается их токсическое действие, проявляющееся в физиологических и морфологических изменениях—хлорозе, некрозах, морщинистости и искривленности листовых пластинок, снижении биологической продуктивности. Сотая часть установленного содержания нормируемого элемента в листьях, при котором наблюдается токсическое действие, соответствует коэффициенту чувствительности растений к тяжелым металлам.

Ориентиром служат также результаты модельных опытов по установлению ингибирующего действия тяжелых металлов на биохимическую активность почв и рост проростков различных культур [4, 6].

В водах, используемых для орошения коричневых лесных остепненных, пойменно-луговых почв и выщелоченных черноземов АрмССР, нами установлены ПДК тяжелых металлов (табл.).

Пример. В коричневых лесных остепненных почвах активность нитратазы снижается на 20% под влиянием 19 мг меди ($B = 19 \text{ мг/кг}$). Вес гектарной площади почвы составляет 2740000 кг ($D \cdot A = 0,00137 \text{ кг/см}^2 \cdot 2000000000 \text{ см}^2 = 2740000 \text{ кг}$). При содержании меди в листьях груши, равном 100 мг на кг сухого вещества, наблюдается отрицательное действие ее. Следовательно, коэффициент чувствительности К равен 100/100. Средняя оросительная норма в СССР составляет 5000 м³ ($M = 5000000 \text{ л}$). Однако с этой целью необходимо использовать оросительные нормы, установленные для конкретных почв и отдельных культур. Подставляя полученные величины в формулу определяют ПДК меди в оросительной воде:

$$\text{ПДК}_{\text{Cu}} = \frac{19 \text{ мг/кг} \cdot 0,00137 \text{ кг/см}^2 \cdot 2000000000 \text{ см}^2 \cdot 1}{5000000 \text{ л} \cdot 5} = 2,1 \text{ мг/л}.$$

В качестве основного критерия для установления ПДК тяжелых металлов в оросительной воде мы использовали показатели активности ферментов почв, при этом досконально изучив связь и взаимодействие между компонентами биогеоценоза (оросительная вода—почва—растение).

Установлено, что активность ферментов почв зависит от их биогенности, содержания органического вещества, физических и физико-химических свойств. Обнаружена положительная корреляция между активностью инвертазы, фосфатазы и содержанием гумуса, питательными элементами и урожаем сельскохозяйственных культур [1]. Причем активность инвертазы и фосфатазы закономерно меняется в зависимости от рельефа, угодий, применяемых агротехнических мероприятий. Активность указанных ферментов является характерным показателем генетических типов почв, степени их плодородия, эродированности, засоленности, солонцеватости и загрязненности.

На основании сравнительного изучения биологической активности орошаемых почв выявлено, что активность ферментов в значительной степени зависит от химического состава и ирригационных свойств оросительных вод. Все это дает основание рассматривать активность ферментов орошаемых почв в качестве диагностического показателя степени загрязненности вод и соответственно основания для установления ПДК тяжелых металлов в них.

Результаты многочисленных полевых и лабораторных исследований и статистическая обработка полученных данных позволили разработать градацию степени загрязненности орошаемых почв тяжелыми металлами по активности инвертазы и фосфатазы [3, 5]. Согласно этой градации, к слабозагрязненным отнесены почвы, в которых активность фосфатазы по сравнению с незагрязненным уменьшается на 25%, инвертазы — на 20%, к среднезагрязненным соответственно на 25—45% и 20—50%, к сильнозагрязненным — более чем на 45 и 50%.

Учитывая, что в загрязненных почвах под влиянием тяжелых металлов, содержащихся в оросительной воде, активность ферментов снижается, концентрацию нормируемого вещества, приводящую к снижению активности фосфатазы на 25% и инвертазы на 20%, следует считать подпороговой, т. е. предельно допустимой концентрацией. Следовательно, при определении ПДК тяжелых металлов в оросительной воде в первую очередь необходимо учитывать в ней их содержание, приводящее к снижению активности инвертазы почв на 20%, или фосфатазы на 25% в течение 5 лет.

ПДК_м в мг/л вычисляют по формуле:
$$ПДК_{м} = \frac{В \cdot Д \cdot А \cdot К}{М \cdot 5}$$

В—содержание тяжелого металла, приводящее к снижению активности инвертазы на 25% или фосфатазы на 20% и поступающее в почву в течение 5 лет (мг/кг), Д—объемный вес почвы (кг/см³), А—объем гектарной площади почвы на глубине 20 см (см³), К—коэффициент чувствительности растений по отношению к тяжелым металлам, М—оросительная норма (л). Д·А—вес гектарной площади почвы (кг).

ПДК тяжелых металлов в оросительной воде

Почва	Культура	Cu	Pb	Ni	Mn	Mo
Коричневая лесная остепененная	Груша	2.1	1.6	1.8	3.1	1.2
	Яблоня	4.2	0.6	2.4	5.6	0.9
	Персик	3.2	1.3	2.2	3.6	1.4
	Виноград	4.2	1.0	2.6	3.9	1.7
	Перец	1.3	0.8	1.0	2.0	0.8
	Томаты	2.5	1.2	2.4	7.0	1.2
	Баклажан	2.1	1.9	1.5	6.2	0.0
Помещно-луговая	Груша	1.5	0.9	1.4	2.4	0.8
	Яблоня	3.0	0.9	1.8	4.4	0.9
	Персик	2.3	0.8	1.6	2.9	0.6
	Виноград	3.0	0.6	2.0	3.1	0.8
	Перец	0.9	0.5	0.7	1.5	0.5
	Томаты	1.8	0.7	1.7	5.5	0.6
	Баклажан	1.5	1.2	1.1	4.8	0.7
Чернозем выщелоченный	Груша	2.7	2.2	2.1	4.0	1.9
	Яблоня	5.4	0.0	2.8	7.7	1.5
	Персик	4.1	2.0	2.5	4.7	1.5
	Виноград	5.4	1.5	3.1	5.1	1.2
	Перец	1.0	1.3	1.1	2.5	1.2
	Томаты	3.2	1.8	2.7	9.4	1.9
	Баклажан	2.7	2.0	1.7	7.9	1.4

Аналогично определяют ПДК других тяжелых металлов в оросительной воде.

Разработанные ПДК тяжелых металлов можно широко применять в практике орошения для контроля за состоянием загрязненных промышленными отходами оросительных вод и разработки природоохранных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почвы Армении. Ереван, 1974.
2. Галстян А. Ш. Почвоведение, 2, 1978.
3. Григорян К. В., Галстян А. Ш. Почвоведение, 3, 1979.
4. Григорян К. В. Биолог. ж. Армении, 35, 8, 1982.
5. Григорян К. В., Галстян А. Ш. Почвоведение, 8, 1986.
6. Григорян К. В., Каракещян Г. М. Биолог. ж. Армении, 41, 1, 1988.

Поступило 20.1 1989 г.