



**МАТЕРИАЛЫ
Всероссийской
научной конференции**

**«ХИМИЧЕСКОЕ
И БИОЛОГИЧЕСКОЕ
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ»**

Пушино * 2018

Российская академия наук
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина
Общество почвоведов имени В.В. Докучаева

МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ХИМИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ»
(Пушино, 18–22 июня 2018 г.)

Пушино
2018

УДК 631.4
ББК 20.18
Х46

Материалы Всероссийской научной конференции «ХИМИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ» / Товарищество научных изданий КМК. – Пушкино: 2018. – 272 с.

Сборник «Химическое и биологическое загрязнение почв» содержит материалы одноименной Всероссийской конференции, организованной в г. Пушкино 18-22 июня 2018 г. в рамках деятельности Комиссии по химии почв Общества почвоведения им. В.В. Докучаева и в соответствии с действующей государственной программой Российской Федерации "Охрана окружающей среды".

В сборнике представлены материалы по важнейшим проблемам антропогенного загрязнения почв: источникам загрязняющих веществ, их природе, локализации, трансформации и миграция в почвах и сопредельных средах; почвенному экологическому мониторингу и нормированию загрязняющих веществ в почвах; ремедиации и использованию и загрязненных почв; влиянию поллютантов на химические, физические и биологические свойства почв и методам их исследования. Сборник будет полезен широкому кругу ученых и практиков, связанных с охраной окружающей среды, а также студентам, аспирантам и преподавателям естественно-научных специальностей высших учебных заведений.



*Публикация осуществлена при поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (грант № 18-04-20027)*

Рекомендовано к изданию Ученым советом ИФХиБПП РАН

Ответственные редакторы
чл.-корр. РАН А.О. Алексеев
д.б.н., проф. Д.Л. Пинский

Редакционная коллегия
проф. В.Н. Башкин, к.б.н. Т.В. Алексеева, к.б.н. Г.К. Васильева,
к.б.н. Т.В. Пампура, к.г.н. И.В. Припутина, к.б.н. С.Н. Удальцов

ISBN 978-5-907099-10-4

© Институт физико-химических и биологических
проблем почвоведения РАН, 2018
© KMK Scientific Press Ltd., 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проблема охраны биосферы от загрязнения различными поллютантами в последние десятилетия остаётся одной из наиболее актуальных. Постоянно возрастает внимание к загрязнению почв, так как почва является незаменимым компонентом биосферы и играет ключевую роль в перераспределении вещества и энергии между основными геосферами, образующими биосферу. В биосфере почва выполняет множество функций. Одной из них является протекторная функция. Ее значение постоянно возрастает в связи с прогрессивно растущим загрязнением окружающей среды антропогенными выбросами. Около 95% загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду из антропогенных источников, аккумулируется почвой, где они трансформируются в малоподвижные и малотоксичные формы или разлагаются до простых соединений. Помимо поддержания ресурсов плодородия и органического углерода почва контролирует качество водных ресурсов, являясь природным фильтром, осуществляет трансформацию форм биогенных элементов, обеспечивает биоразнообразие животного, растительного и микробного мира и регулирует эмиссию и сток парниковых газов в атмосферу. Все эти критически необходимые для жизни биосферы функции осуществляются в тончайшем почвенном слое и испытывают возрастающее воздействие от антропогенных нагрузок. Для России почва является важнейшим и богатейшим ничем невозполнимым природным ресурсом, который может и должен полностью обеспечивать ее продовольственную и сырьевую потребность. Учитывая, что с почвой связано 99% всей биомассы Земли и более 92% известных генетически разных видов живых существ, защита почв от химического и биологического загрязнения имеет прямую связь с сохранением биоразнообразия на Земле, а значит, устойчивого развития экосистем и биосферы в целом.

Деградация земельных ресурсов, в том числе от загрязнения, которую иногда называют «тихой смертью» планеты, приводит к снижению биосферных функций почвы. Она теряет плодородие и становится токсичной, а прогрессивно нарастающее загрязнение почв не только нарушает естественный круговорот вещества и энергии, но разрушает защитные свойства самой почвы. Поэтому важнейшей задачей является снижение негативного эффекта, возникающего в результате антропогенного загрязнения почвы. В России в настоящее время отсутствует тотальное техногенное загрязнение территории. Однако локальное загрязнение импактных зон достигает очень высоких значений и требует принятия серьезных мер по их ремедиации.

Ассортимент загрязняющих почву веществ чрезвычайно широк. Это соединения тяжелых металлов и металлоидов, нефть и нефтепродукты, биоциды различного назначения и химические удобрения, радиоактивные изотопы и разнообразные промышленные химические соединения. Наибольшее беспокойство, конечно, вызывают соединения тяжелых металлов, радиоактивных веществ и стойкие органические поллютанты, включая нефть и нефтепродукты.

Основные направления научных исследований, связанных с проблемой загрязнения почв, включают: почвенный экологический мониторинг загрязненных территорий, нормирование загрязняющих веществ в почвах, миграция загрязняющих веществ в почвах и из почв в сопредельные среды, снижение токсичности и ремедиация загрязненных почв, методы исследования загрязненных почв. Все эти исследования проводятся в нашей стране и за рубежом. Однако в них зачастую отсутствует системность и внутренняя координация, что снижает совокупный эффект проводимых исследований.

Настоящая конференция в значительной степени продолжает и возрождает традиции II и III Международных конференций «Современные проблемы загрязнения почв», успешно проводившихся в МГУ им. М.В. Ломоносова в 2007 и 2010 годах. Одной из целей настоящей конференции является знакомство участников с реальным состоянием современных исследований в области антропогенного загрязнения почв, выявление наиболее «горячих» вопросов, координация усилий по решению выявленных проблем.

Оргкомитет выражает благодарность ФАНО России, а также Российскому фонду фундаментальных исследований (грант №18-04-20027) за финансовую поддержку конференции «Химическое и биологическое загрязнение почв».

д.б.н., профессор Д.Л. Пинский,
чл.-корр. РАН А.О. Алексеев

**EFFECT OF POLLUTED WATER ON MICROORGANISMS
IN THE SOIL UNDER RED CLOVER (*Trifolium pretense* L.)****Đukić A.D.*, Mandić G.L.*, Semjonov M.A.**, Vesković S.***, Mašković P.*, Stanojković Sebić A.******

*University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Čačak, Serbia; lekamg@kg.ac.rs

**Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

***Institute for Meat Hygiene and Technology, Belgrade, Serbia

****Institute of Soil Science, Belgrade, Serbia

Abstract. This research was conducted to evaluate the effect of polluted irrigation water on total microbial count and Azotobacter cell numbers in an alluvial soil and a vertisol under red clover. A greenhouse pot experiment in five replications on the two soils was laid out at the Faculty of Agronomy, Čačak. Two soil treatments were used: soil irrigation with river water sampled 200 m downstream of the main industrial and municipal wastewater collector in the Town of Čačak, and clean water provided through the public supply system.

During the growing season, total microbial count and Azotobacter cell numbers increased in both soils, most notably in the alluvial soil. The soil biogenic potential, expressed through total microbial count and Azotobacter numbers, was somewhat lower in soils treated with polluted water. At the end of the growing season, there was a decrease in the depressing effect of polluted water, particularly for Azotobacter.

Keywords: clover, microorganisms, polluted water, soil.

Introduction. The intensification of industrial activities, urbanization, transport and chemical use in agriculture increases the rate of pollution of the biogeosphere, including the pedosphere and the hydrosphere, and leads to intensified desertification, thus causing a reduction in agricultural land area and an increase in protein deficiency ($15 \cdot 10^6$ /year) and famine in the world (1/4–1/3 of the world's population is starving), as well as hydric epidemics (26,000 people die each day) – Đukić and Jemcev (2003), Đukić et al. (2007).

It has been estimated that 60% of the world's population will suffer from water scarcity by 2025 (Qadir et al., 2007). Therefore, polluted waters are expected to be increasingly used for irrigation purposes in agriculture, as also, inter alia, dictated by economic reasons. This will have a negative effect on the soil ecological status and crop yield and quality, as well as on livestock and human health (Butt et al., 2005; Munir et al., 2007; Dragović et al., 2008; Fernandez et al., 2009). The severity of the effect will depend on a range of factors, such as the type and origin of wastewaters, rate of irrigation, date of irrigation, type of soil, type of crop and type of production (Zdenek et al., 1999). Given their marked sensitivity to the presence of pollutants, some groups of soil microorganisms have been increasingly used as reliable indicators of the degree of soil pollution and potential soil toxicity to other biological components (Đukić and Mandić, 2000). The microbiological indication of the effect of polluted waters and their pollutants is based on changes in total microbial count, numbers of some physiological groups of microorganisms, amount of microbial biomass, biochemical activity, morphological traits, species composition, etc. (Guzev and Levin, 2001; Đukić et al., 2007; Wang et al., 2007; Đukić et al., 2013). In Serbian agriculture, irrigation is not substantially used for red clover and other legumes. However, to increase the number of cuttings, red clover is often irrigated with waters of unsuitable quality.

Given that such waters can lead to changes in the quantitative and qualitative composition of microorganisms, as well as to changes in soil fertility (Andrijuk and Iutinska, 1974; Kolling et al., 1976; Semenov et al., 1979; Guzev et al., 2001; Semenov and Đukić, 2017), the objective of this research was to evaluate the effects of polluted irrigation water on total microbial count and Azotobacter cell numbers in soils under red clover, and then act accordingly using the research results.

Material and methods. The experiment was set up under greenhouse conditions at the Faculty of Agronomy, Čačak, in five replications in a randomized block design, using 15 dm³ pots containing alluvial soil and vertisol (factor B). Red clover cv. 'Kruševačka K 32' seeds were planted at a spacing of 5–7 cm, and at a depth of 1 cm. Every 5–7 days, the pots were irrigated with 300 cm³ of polluted water sampled 200 m downstream of the main industrial and municipal wastewater collector in the Town of Čačak (trial batch), and 300 cm³ clean water from the public supply system (control batch) – factor A.

Soil samples for microbiological analysis were collected three times during the growing season (factor C), i.e. during the 2/3-leaf stage (stage I), intensive growth stage (stage II), and budding stage (stage III). Total microbial count was determined on a soil agar plated with 0.5 cm³ of 10⁻⁶ dilution, and Azotobacter numbers were counted on Fedorov's medium by adding 0.2 cm³ of 10⁻² dilution micropipetted into 50 drops. Incubation was at 28°C (48h for Azotobacter and 5 days for total microbial count).

The results were subjected to a three-factor analysis of variance, and the significance of differences was assessed by the LSD test (Statistica SPSS 5).

Results and discussion. The analysis of the chemical parameters of the polluted water used for soil irrigation showed organic matter degradation (NH₃ – 0.156 mg/l; NO₃ – 65 mg/l; NO₂ – 0.0775 mg/l; PO₄ –

0.314 mg/l; SO_4 – 71.70 mg/l), oxidation and reduction of organic and inorganic compounds (БПК₅ – 3.57 mg/l; НПК – 2.99 mg/l; KMnO_4 consumption – 340 mg/l; O_2 – 1.46 mg/l), and the presence of toxic substances (Cr – $30 \cdot 10^{-3}$ mg/l; Pb – $31 \cdot 10^{-3}$ mg/l; Hg – $1.8 \cdot 10^{-3}$ mg/l; mineral oils – $170 \cdot 10^{-3}$ mg/l; detergents – 0.09 mg/l, etc.), often in concentrations exceeding the MPCs for irrigation waters.

As shown by the microbiological analysis of native soils (alluvial soil and vertisol), the total microbial count ($146 \cdot 10^6$; $120 \cdot 10^6$) and Azotobacter cell count (30; 0) were rather low, which was in agreement with their physicochemical and textural status (uncultivated soil). The data were consistent with the findings of Rahno (1987), Jemcev and Đukić (2000), and Đukić et al. (2007).

The total microbial count in the alluvial soil and vertisol during the growing season increased, as the result of the ability of microorganisms to gradually transform toxicants present in the irrigation water into inactive forms (Semenova et al., 1992; Jemcev and Đukić, 2000; Đukić et al., 2007; Đukić et al., 2013) to be used as sources of energy or electron acceptors during respiration. Moreover, during the growing season, the soil structure was improved and, hence, the water and air relationships became balanced (Uhrecky et al., 1956; Jemcev and Đukić, 2000; Đukić et al., 2012), leading to an increased rate of organic matter decomposition and a consequential increase in total microbial count. However, the polluted irrigation water (compared to the control) had a depressing effect, which was in compliance with the results of Kermen and Pinkiewicz (1976) and Đukić et al. (2007, 2013, 2015), who found evidence of suppressed biological activity (reductions in total microbial count and numbers of Azotobacter, ammonifiers, fungi etc.) in soils treated with wastewaters.

The smaller difference in total microbial count between the experimental batch and the control batch in both soils at the end of the growing season, as compared to the previous two dates, was attributed to the partial degradation of active toxicants originating from the irrigation water (Đukić, 1992; Đukić et al., 2015).

The significant variation in Azotobacter cell count in the alluvial soil and vertisol under clover is a function of soil type and sampling date. The native alluvium and vertisol samples contained a very small number of Azotobacter cells, which was in agreement with their cultivation status, structure and nutrient potential (Rahno, 1978; Milošević, 1989; Jemcev and Đukić, 2000; Đukić et al., 2007). The same authors also found that uncultivated soils may contain no Azotobacter chroococcum, even at favorable pH levels, which was also testified by this experiment (vertisol).

The results on seasonal microbiological analyses showed large differences in Azotobacter colony-forming units between the experimental batch and control batch at the first two dates (in the alluvial soil – 50 and 150 at the first date, and 500 and 750 at the second date, respectively; in the vertisol – 0 and 50 at the first date, and 150 and 500 at the second date, respectively). The higher decrease in Azotobacter cell numbers in experimental soils was due to the presence of higher concentrations of heavy metals, detergents, phenols, mineral oils and other toxicants in the irrigation water. This finding was also confirmed elsewhere (Kermen and Pinkiewicz, 1976; Ismailov, 1983; Letunova et al., 1984; Guzev et al., 1985; Đukić, 1992; Ubavić et al., 1993; Đukić et al., 2003, 2015).

It is noteworthy that, at the end of the growing season, both batches of soil samples became equalized for Azotobacter cell numbers (1000 cells per batch in the alluvial soil, and 500 cells per batch in the vertisol). This phenomenon was also related to the partial detoxification over time. Similar findings were reported by Albright and Wilson (1974) and Đukić et al. (2003, 2013, 2015), who stressed the ability of a large number of microorganisms to actively transport heavy metals within the cell. Lower concentrations of heavy metals can be chemically modified by microorganisms and thus made atoxic.

The considerably lower number of Azotobacter cells in the vertisol than in the alluvial soil can also be associated with the fact that the oxidation/reduction potential of the vertisol, given its high clay content, is much more unfavorable (Čirić, 1986; Jemcev and Đukić, 2000; Đukić et al., 2007), as particularly reflected by the number and activity of aerobic microorganisms (Jemcev and Đukić, 2000; Jemcev and Mišustin, 2005; Đukić et al., 2007).

Conclusions. The research results on the effect of polluted irrigation water on total microbial count and Azotobacter cell numbers in an alluvial soil and a vertisol under red clover showed the following:

- during the growing season, there was an increase in total microbial count and Azotobacter cell numbers in both soils, the increase being slighter towards the end of the growing season;
- total microbial count and Azotobacter cell numbers were higher in the alluvial soil than in the vertisol at all dates during the growing season;
- the soil biogenic potential, expressed through total microbial count and Azotobacter cell numbers, was somewhat lower in soils treated with polluted water than in those irrigated with clean water;
- polluted water had a more depressing effect at the beginning of the growing season than at the end of the season, particularly for Azotobacter.

**Материалы
Всероссийской научной конференции**

**ХИМИЧЕСКОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ**

Научное издание

Товарищество научных изданий КМК

Отпечатано в типографии ООО "Галлея-Принт "

Подписано в печать 31.05.2018
Печать цифровая
Формат 60×84 / 8 Усл. печ. л. 31,6 Заказ № 348
Тираж 150 экз.