

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Плодородие почв

УДК 631.87:631.811

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ГАЗОНОВ И ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ИХ СОЕДИНЕНИЙ

© 2017 г. М.А. Лебедева^{1, 4}, Т.И. Сиромля¹, О.М. Поцелуев²,
А.Н. Лебедев³, М.В. Хазов³

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

630090 Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 8/2, Россия

² Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии

630060 Новосибирск, ул. Тимакова, 2, Россия

³ Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФ НЦА РАН

630501 п. Краснообск, а/я 532, Россия

⁴ Новосибирский государственный аграрный университет

630039 Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Россия

E-mail: MarinaMyadelets@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.10.2016 г.

Исследовано валовое содержание и концентрация подвижных форм соединений химических элементов (ХЭ) в почвах старовозрастных газонов г. Новосибирска. Выявлено повсеместное превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) мышьяка, в отдельных пробах превышено ОДК Cd, Ni и Zn. Содержание подвижных форм соединений ХЭ не превышало предельно допустимые концентрации (ПДК). Экспериментально установлено, что под влиянием биопрепаратов на основе солей гуминовых и фульвовых кислот, а также микроорганизмов статистически значимо снижалось содержание подвижных форм соединений свинца, меди, никеля, железа, марганца и уменьшалась степень варьирования этого показателя (для свинца и натрия – более чем в 2 раза).

Ключевые слова: химические элементы, почвы газонов, г. Новосибирск, содержание подвижных форм элементов, биопрепараты.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы являются важным фактором экологического и санитарного состояния городов и обеспечивают возможность для произрастания зеленых насаждений. В современных больших городах растительность должна обладать высокой степенью устойчивости к техногенному загрязнению и способностью к интенсивному наращиванию вегетативной массы, для того чтобы полноценно выполнять свои экологические функции по оптимизации окружающей среды [1].

При достаточной обеспеченности городских почв основными элементами минерального питания растений лимитирующими факторами почвенного плодородия служат высокие величины рН >7.0, переуплотнение, загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими токсическими веществами [2–5].

Информация о валовом содержании химических элементов (ХЭ) в почвах дает лишь общее представление об их количестве, но не позволяет оценить их доступность растениям. Подвижные формы соединений ХЭ имеют наибольшее значение в минеральном питании растений, а также дают наиболее достоверную информацию о загрязнении [4–11].

Подходы к решению отмеченных проблем должны быть безопасны для людей и окружающих объектов. Одним из них является применение биологических препаратов нового поколения [12]. Эффективность применения биологических препаратов активно исследуют в различных аспектах почвоведения и растениеводства, их использование становится все более экономически выгодным и экологически целесообразным [13–15]. Исследователи отмечают положительное влияние биопрепаратов на экологические показатели и биологическую активность почвы [14, 16].

Цель работы – изучение и оценка по статистическим, гигиеническим и агрохимическим критериям валового содержания и концентрации подвижных форм соединений ХЭ в почвах старовозрастных газонов г. Новосибирска, исследование влияния биопрепаратов на изменение количества подвижных форм соединений ХЭ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись почвы старовозрастных газонов г. Новосибирска. Почвенные образцы отбирали в слое 0–20 см, в зоне залегания основной массы корневых систем растений и сосредоточения значительной части выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, на размеченных делянках, расположенных систематическим методом. Площадь делянок – 3 м², повторность трехкратная [17]. Варианты опыта: 1 – контроль (обработка водопроводной водой); 2 – фульвогумат «Иван Овсинский», 20 мл/3 м². Препарат содержит соли гуминовых кислот (40–60 г/л), а также фульвокислот, кремниевой кислоты и некоторое количество ХЭ. Проведенные авторами анализы показали следующее содержание ХЭ, мг/л: Са – 2800, Fe – 115, Mg – 54, Mn – 3.1, Zn – 2.6, Cu – 2.5, Ni – 1.2, Co – 0.31, Cr – 0.11, Pb – 0.03, Cd – 0.01, Hg – 0.01; 3 – биопрепарат на основе штамма бактерии *Bacillus thuringiensis* ssp. *fukuokaensis*, 250 мл/3 м². Данный штамм обладает полифункциональными свойствами: инсектицидно активен в отношении насекомых отрядов Lepidoptera и Diptera, проявляет противомикробное (подавляет рост фитопатогенных грибов и бактерий) и ростостимулирующее действие за счет синтезируемых им метаболитов. Предполагается, что разрабатываемый препарат можно применять как для обработки почвы (санации почвы), так и в различных стадиях развития растения – для обработки семян, в период вегетации и при закладке урожая на хранение; 4 – фульвогумат в сочетании с бактериальным биопрепаратом (20 мл + 250 мл)/3 м².

Обработку осуществляли путем однократного полива делянок рабочим раствором из расчета 10 л/3 м². Длительность полевого эксперимента составила 46 сут. Обработку биопрепаратами проводили 30 июня, отбор образцов – через 14 (14 июля) и 46 (15 августа) сут после обработки.

Содержание физической глины (частиц <0.01 мм) определяли по ГОСТ 12536-79, потенциальную кислотность (рН_{KCl}) – по ГОСТ 26483-85, подвижную форму ХЭ в почвах – по РД 52.18.289-90. Определение общего количества ХЭ проводили методом атомно-эмиссионного

спектрометрического анализа с дуговым аргонным двухструйным плазмотроном, азота – по ГОСТ 26107-84.

Калибровку приборов и контроль точности измерения концентрации химических элементов выполняли по аттестованным величинам их массовой доли в государственных стандартных образцах (ГСО): ГСО дерново-подзолистой супесчаной почвы СДПС-1 № 2498-83, ГСО чернозема типичного СЧТ-1 № 2507-83, ГСО дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы САДПП-09/3 № 18809, ГСО черноземной выщелоченной среднесуглинистой почвы САЧьП 05/2 № 28813. Относительная погрешность количественного определения элементов в пробах находилась в пределах 10%.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью пакета программ SNEDECOR (v. 4.75) [18]. Проверка нормальности распределения исследованных ХЭ была проведена по критериям Уилка–Шапиро, Колмогорова–Смирнова, омега-квадрат, Кульбака, Джири. Проверку гипотез о равенстве дисперсий в нормально распределенных выборках проводили по критериям Кокрена, Хартли, Бартлетта. При подтверждении гипотезы в дальнейшем для сравнения переменных использовали *t*-критерий для зависимых выборок. При неравных дисперсиях или аномальном распределении использовали критерий Вилкоксона для зависимых выборок. В таблицах приведены средние арифметические и ошибки среднего арифметического (при нормальном распределении), медианы, нижние и верхние квартили (при аномальном распределении), минимальные и максимальные величины показателей. При статистическом анализе критический уровень значимости *p* принимали равным 0.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Валовое содержание ХЭ. По гранулометрическому составу почвы исследованных газонов очень неоднородны, что в целом свойственно городским почвам [1, 19]. Наблюдали разновидности от супесчаной до тяжелосуглинистой с реакцией среды близкой к нейтральной. Также прослежена пространственная неоднородность концентрации ХЭ в исследованных почвах в пределах одного газона, что соответствовало литературным данным о пространственной изменчивости в пределах поля или делянки полевого опыта [20–22].

Валовое содержание исследованных ХЭ в почвах разных вариантов статистически значимо не отличалось и в целом соответствовало их фоновой концентрации в почвах Западной Сибири

[23, 24], за исключением As и Cd, повышенные концентрации которых в городских почвах обусловлены техногенным загрязнением окружающей среды (табл. 1).

Содержание мышьяка в отдельных пробах сильно варьировало ($V > 50\%$), однако во всех исследованных участках газонов превышало ориентировочно допустимые концентрации (ОДК)

Таблица 1. Валовое содержание химических элементов в почве, мг/кг

Химический элемент	Варианты				Новосибирский Академгородок [19]	Западная Сибирь [25]
	контроль	фульвогуматы	<i>Bacillus thuringiensis</i>	комплекс препаратов		
Al	63200 ± 4700	60600 ± 4100	69800 ± 3300	68400 ± 3900	–	–
As*	<u>15.7</u> 13.9–18.4	<u>27.6</u> 20.0–32.4	<u>18.7</u> 14.8–20.8	<u>19.0</u> 18.7–20.9	8 ± 3	13
Ba	483 ± 59	533 ± 74	555 ± 59	595 ± 34	412 ± 16	541
Be	1.71 ± 0.23	1.92 ± 0.30	1.90 ± 0.22	2.14 ± 0.12	1.1 ± 0.1	2.1
B	51.3 ± 4.8	49.6 ± 7.5	56.5 ± 3.7	64.0 ± 3.5	–	59
Ca	19400 ± 1300	23600 ± 2700	21000 ± 190	21100 ± 400	30000 ± 16000	–
Cd	0.70 ± 0.09	0.79 ± 0.08	0.67 ± 0.07	0.74 ± 0.02	0.5 ± 0.2	0.07
Co	11.1 ± 0.4	10.8 ± 0.4	11.7 ± 0.5	12.3 ± 1.0	7.0 ± 1.7	13
Cr	77.1 ± 9.7	79 ± 12	75.2 ± 5.1	94.3 ± 8.4	70 ± 6	84
Cu	35 ± 11	28.6 ± 4.9	28.9 ± 0.2	36.7 ± 6.1	23 ± 5	31
Fe	29200 ± 1200	28100 ± 1400	31900 ± 1700	32900 ± 2500	23000 ± 4300	25100
Ga	9.6 ± 0.5	10.1 ± 0.7	10.2 ± 0.3	10.4 ± 1.0	11.0 ± 1.8	10.3
La	25.3 ± 3.2	27.8 ± 4.1	28.5 ± 3.4	32.0 ± 1.2	–	32
Mg	8670 ± 430	8030 ± 590	9420 ± 390	9420 ± 410	–	–
Mn	677 ± 62	694 ± 60	736 ± 40	793 ± 46	700 ± 100	797
Mo*	<u>1.28</u> 1.22–2.04	<u>2.16</u> 1.75–2.57	<u>1.36</u> 1.25–1.45	<u>1.75</u> 1.69–2.01	1.0 ± 0.7	4.3
Na	13800 ± 410	17400 ± 2300	14700 ± 500	14600 ± 320	–	–
Ni	44.6 ± 2.9	44.6 ± 1.8	47.5 ± 1.6	48.8 ± 2.3	30.0 ± 3.8	42
Pb	17.3 ± 0.8	19.3 ± 4.3	18.9 ± 1.6	19.2 ± 1.6	21.0 ± 5.1	18
Sc	12.2 ± 1.4	12.7 ± 2.1	13.5 ± 1.3	15.0 ± 1.2	–	15
Si	298000 ± 23000	307000 ± 36000	318000 ± 20000	330000 ± 3000	–	–
Sn	4.2 ± 0.5	4.4 ± 0.5	4.6 ± 0.3	5.2 ± 0.5	3.5 ± 0.7	4.8
Sr	142 ± 17	166 ± 26	168 ± 18	188 ± 5	164 ± 8	209
Ti	3470 ± 260	3630 ± 320	4040 ± 330	4120 ± 310	3500 ± 800	3350
V	71.6 ± 0.9	72.6 ± 0.8	81.5 ± 4.1	79.4 ± 5.8	42 ± 8	87
Y	24.6 ± 2.9	24.9 ± 3.9	25.9 ± 3.1	28.3 ± 2.1	22 ± 3	27
Yb	2.77 ± 0.32	2.94 ± 0.33	2.96 ± 0.28	3.25 ± 0.22	–	4.7
Zn	70 ± 15	60.8 ± 9.2	67.6 ± 7.0	79.1 ± 2.1	124 ± 40	73
Zr	171 ± 18	200 ± 35	200 ± 26	218 ± 14	190 ± 33	265
K	15200 ± 900	16800 ± 1800	15400 ± 900	15200 ± 1200	18000 ± 2200	–
P	800 ± 100	800 ± 190	873 ± 62	975 ± 63	–	679
N,%	0.20 ± 0.01	0.20 ± 0.02	0.22 ± 0.01	0.24 ± 0.02	–	–

Примечание. Прочерк – нет данных. То же в табл. 2.

*Для As и Mo приведены: над чертой – медиана, под чертой – нижний–верхний квартили.

Таблица 2. Содержание подвижных форм соединений химических элементов в почве, мг/кг

Химический элемент	Варианты				г. Новосибирск** Med min-max	Новосибирский Академгородок [19] M ± s
	контроль	фульвогуматы	<i>Bacillus thuringiensis</i>	комплекс препаратов		
	июль август					
Ca	$\frac{6240 \pm 370}{7920 \pm 360}$	$\frac{7180 \pm 890}{10400 \pm 700}$	$\frac{7300 \pm 140}{8680 \pm 320}$	$\frac{7280 \pm 170}{7880 \pm 50}$	$\frac{11800}{3550-13450}$	8190 ± 2000
Cd	$\frac{0.07 \pm 0.01}{0.06 \pm 0.01}$	$\frac{0.07 \pm 0.01}{0.06 \pm 0.01}$	$\frac{0.07 \pm 0.01}{0.05 \pm 0.004}$	$\frac{0.06 \pm 0.002}{0.05 \pm 0.004}$	$\frac{0.16}{0.13-0.17}$	0.06 ± 0.09
Co	$\frac{0.24 \pm 0.01}{0.20 \pm 0.03}$	$\frac{0.23 \pm 0.05}{0.21 \pm 0.02}$	$\frac{0.21 \pm 0.04}{0.20 \pm 0.01}$	$\frac{0.22 \pm 0.02}{0.20 \pm 0.02}$	$\frac{1.33}{1.02-1.38}$	0.49 ± 0.35
Cu	$\frac{0.26 \pm 0.02}{0.24 \pm 0.01}$	$\frac{0.28 \pm 0.01}{0.22 \pm 0.01}$	$\frac{0.27 \pm 0.01}{0.23 \pm 0.01}$	$\frac{0.25 \pm 0.01}{0.21 \pm 0.01}$	$\frac{0.17}{0.17-0.23}$	0.38 ± 0.53
Fe	$\frac{2.9 \pm 0.1}{2.5 \pm 0.1}$	$\frac{3.1 \pm 0.2}{2.8 \pm 0.3}$	$\frac{2.7 \pm 0.1}{2.3 \pm 0.1}$	$\frac{2.8 \pm 0.2}{2.1 \pm 0.1}$	$\frac{14}{11-17}$	24 ± 24
K	$\frac{371 \pm 37}{360 \pm 19}$	$\frac{433 \pm 31}{410 \pm 28}$	$\frac{470 \pm 22}{448 \pm 53}$	$\frac{473 \pm 25}{416 \pm 15}$	$\frac{230}{149-264}$	103 ± 77
Mg	$\frac{272 \pm 12}{236 \pm 12}$	$\frac{298 \pm 14}{267 \pm 14}$	$\frac{308 \pm 6}{276 \pm 27}$	$\frac{324 \pm 17}{280 \pm 15}$	$\frac{280}{230-305}$	150 ± 140
Mn	$\frac{24 \pm 1}{20 \pm 1}$	$\frac{35 \pm 5}{31 \pm 3}$	$\frac{27 \pm 1}{23 \pm 1}$	$\frac{27 \pm 2}{20 \pm 1}$	$\frac{28}{25-48}$	50 ± 30
Na*	$\frac{39}{37-87}$ $\frac{106}{98-114}$	$\frac{42}{40-55}$ $\frac{110}{106-125}$	$\frac{53}{48-82}$ $\frac{114}{108-114}$	$\frac{85}{58-102}$ $\frac{106}{100-112}$	$\frac{48}{35-62}$	–
Ni	$\frac{1.1 \pm 0.1}{0.9 \pm 0.1}$	$\frac{1.0 \pm 0.2}{1.0 \pm 0.1}$	$\frac{1.2 \pm 0.1}{0.8 \pm 0.1}$	$\frac{1.3 \pm 0.1}{0.9 \pm 0.1}$	$\frac{1.3}{1.12-1.40}$	0.65 ± 0.49
Pb*	$\frac{3.3}{2.8-3.9}$ $\frac{3.0}{2.4-3.7}$	$\frac{3.1}{3.0-4.5}$ $\frac{2.3}{2.0-2.4}$	$\frac{2.9}{2.2-3.5}$ $\frac{2.3}{2.1-2.4}$	$\frac{2.7}{2.4-3.2}$ $\frac{2.1}{1.9-2.7}$	$\frac{2.1}{1.54-2.33}$	2.6 ± 7.5
Sr	$\frac{25.9 \pm 0.9}{30.1 \pm 1.1}$	$\frac{28.6 \pm 2.4}{45.2 \pm 4.8}$	$\frac{28.8 \pm 0.6}{33.1 \pm 1.8}$	$\frac{30.2 \pm 1.0}{32.8 \pm 0.6}$	$\frac{18.4}{16.5-21.8}$	–
Zn	$\frac{3.8 \pm 0.4}{3.4 \pm 0.2}$	$\frac{3.9 \pm 0.3}{3.4 \pm 0.6}$	$\frac{4.1 \pm 0.5}{3.1 \pm 0.2}$	$\frac{3.3 \pm 0.2}{3.0 \pm 0.2}$	$\frac{3.5}{2.5-6.3}$	9 ± 24

*Для Na и Pb над чертой – медиана, под чертой – верхний–нижний квартили.

**По данным авторов (n = 35).

по ГН 2.1.7.2511-09 – даже самое высокое количество (10 мг/кг), допустимое для близких к нейтральным и нейтральных суглинистых и глинистых почв.

Вместе с тем необходимо отметить, что для почв исследованного региона характерны высокие фоновые содержания данного элемента (среднее арифметическое – 13 мг/кг, пределы колебаний – 1–90 мг/кг [23, 26]), которым вполне соответствовали полученные результаты (10.6–37.2 мг As/кг).

Содержание кадмия в исследованных почвах было примерно в 2 раза больше, чем на территориях Новосибирского Академгородка [19], и практически на порядок больше, чем на фоновых

территориях юга Западной Сибири [25]. Оценить его по ГН 2.1.7.2511-09 было затруднительно из-за отмеченной ранее значительной неоднородности гранулометрического состава опытных площадок: для песчаных и супесчаных почв нормативы (0.5 мг As/кг) превышены, но соответствуют суглинистым и глинистым почвам (2 мг As/кг). Аналогичные сложности возникали и при гигиенической оценке содержания в почвах никеля и цинка, что уже отмечено ранее [27, 28]. Кроме того, в России в концепции ОДК, основанной на суммарном содержании тяжелого металла/металлоида в почве, не различают доли природного (в основном инертного) и техногенного (в основном биологически

Таблица 3. Уровень статистической значимости p при сравнении содержания подвижных форм ХЭ в почве в зависимости от срока отбора проб

Химический элемент	Варианты			
	контроль	фульвогуматы	<i>Bacillus thuringiensis</i>	комплекс препаратов
Ca	0.000	0.034	0.003	0.015
Na	0.046	0.028	0.028	0.028
Sr	0.003	0.045	0.011	0.036
Cu	0.207	0.010	0.020	0.010
Pb	0.173	0.046	0.046	0.028
Fe	0.068	0.339	0.002	0.010
Mn	0.069	0.441	0.039	0.004
Ni	0.463	0.906	0.005	0.035

Примечания. 1. Для Cd, Co, K, Mg, Mn во всех вариантах опыта $p > 0.05$. 2. Для Na и Pb использовали критерий Вилкоксона, для других ХЭ – t -критерий для зависимых выборок.

активного) содержания элемента [29]. Современные ОДК не учитывают геохимические особенности регионов [27, 30]. Помимо этого, в список опасных ХЭ попадают элементы, совершенно необходимые для существования растений: Zn, Mo, Cu, Ni [31]. Еще один недостаток ОДК – нормативы одинаковы для почв сельскохозяйственных угодий, рекреационных зон, транспортных магистралей и т.п., несмотря на то, что по МУ 2.1.7.730-99 контроль необходимо проводить с учетом функциональных зон.

Агрохимическая оценка валового содержания микроэлементов по [32] показала среднее и повышенное количество Mn, высокое – Co, высокое и очень высокое – Cu и Zn; содержание Mo изменилось от среднего до высокого.

Содержание подвижных форм ХЭ. Содержание подвижных форм соединений ХЭ (табл. 2) не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК), нормируемых ГН 2.1.7.2041-06. Согласно агрохимическим нормам [32], в исследованных почвах было высокое содержание подвижной формы марганца, среднее – кобальта, цинка и меди. Однако необходимо обратить внимание, что шкала обеспеченности почв микроэлементами, разработанная в европейском Нечерноземье, требует корректировки для почв Сибири [25].

Количество подвижных форм соединений ХЭ в исследованных образцах газонных почв в целом соответствовало концентрации в почвах г. Новосибирска, за исключением кобальта, железа и калия.

Содержание подвижных форм соединений свинца и натрия сильно изменялось даже в пределах отдельного опытного участка ($V > 50\%$). При применении биопрепаратов отмечено уменьшение степени варьирования этого показателя более чем в 2 раза. Подобное выравнивание концентрации доступных растениям форм ХЭ может

положительно сказаться на стабильности биомассы и химического состава газонных растений [33].

Количество подвижных форм соединений кальция, стронция и натрия статистически значимо увеличивалось с июля по август как в контроле, так и в опытных вариантах (табл. 3). Можно предположить, что в данном случае проявлялось не действие внесенных препаратов, а влияние климатических условий, времени отбора проб либо неучтенных в эксперименте факторов, на которые указывали и другие авторы [34].

Содержание подвижных форм соединений свинца и меди статистически значимо снижалось во всех вариантах с внесением биопрепаратов – на 21–26 и 15–22% соответственно. Эти ХЭ имеют высокое родство к органическому веществу и входят в состав почвенных соединений в основном в виде фракции, связанной с органическим веществом [35–37], что было характерно и для антропогенно преобразованных почв г. Новосибирска [38]. В вариантах с применением бактериального препарата и сочетания 2-х биопрепаратов снижалась подвижность железа и марганца (на $\approx 25\%$), а также никеля (на 30–34%). Синергетический эффект от воздействия смеси препаратов на подвижность вышеуказанных ХЭ не проявился.

ВЫВОДЫ

1. В почвах всех исследованных участков газона отмечено превышение ориентировочно допустимых концентраций мышьяка, в отдельных пробах превышено содержание кадмия, никеля и цинка. Содержание подвижных форм соединений химических элементов не превышало предельно допустимые концентрации. Следует отметить, что существующие нормативы ОДК и ПДК

не учитывают региональных особенностей почв и функционального зонирования территорий.

2. Оценка общего содержания химических элементов и их подвижных форм в почвах газонов г. Новосибирска по агрохимическим критериям показала различную обеспеченность — от средней до очень высокой. При этом необходимо отметить, что данные градации, разработанные для почв европейского Нечерноземья, могут давать некорректные результаты при оценке почв Сибири.

3. Количество подвижных форм соединений кальция, стронция и натрия статистически значимо увеличивалось с июля по август в почвах газона как контрольных, так и опытных участков. Вероятно, в данном случае проявлялось влияние погодных условий, времени отбора проб, исходной влажности почвы и т.п.

4. При применении биопрепаратов уменьшалась степень варьирования содержания подвижных форм соединений химических элементов в пределах отдельных опытных участков (для свинца и натрия — более чем в 2 раза), что может оказывать положительное влияние на стабильность биомассы и химического состава растений.

5. Под действием биопрепаратов статистически значимо снижалось содержание подвижных форм соединений следующих химических элементов: свинца и меди — на 21–26 и 15–22% (во всех вариантах опыта), никеля — на 30–34% (в опытах с *Bacillus thuringiensis* ssp. *fukuokaensis* и при комплексном использовании биопрепаратов), железа и марганца — на 23–27% (при комплексном использовании биопрепаратов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалева Г.В., Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Назаркина А.В., Майорова Л.П., Матвеевко Т.И., Семаль В.А., Морозова Г.Ю. Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах: Монография. Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2012. 159 с.
2. Soils in the urban environments / Eds Bullock P., Gregory P.J. Oxford: Blakwell Scientific Publications, 1991. 174 p.
3. Strampf T., Pestemer W. Total and plant available contents of nutrient and noxious elements in urban soils and their transfer rates to plants // Mitt. Inst. Seefisch. Bundesforschungsanst. Fisch. Hamburg. 2003. № 394. P. 289–290.
4. Шафран С.А. Развитие исследований по диагностике минерального питания растений (обзор публикаций в журнале «Агрохимия» за 50 лет) // Агрохимия. 2014. № 3. С. 3–11.
5. Водяницкий Ю.Н. Современные тенденции загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия. 2013. № 9. С. 88–96.
6. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва—растение—удобрение. М.: Высш. шк., 1997. 290 с.
7. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений. Рига: Зинатне, 1972. 355 с.
8. Сиromля Т.И., Сысо А.И. К вопросу об экстрагентах для определения доступности химических элементов растениям // Пробл. биохим. и геохим. экол. 2008. № 1. С. 26–32.
9. Сиromля Т.И. К вопросу о подвижных формах соединений химических элементов в почвах // Сибир. экол. журн. 2009. № 2. С. 307–318.
10. Минкина Т.М., Назаренко О.Г., Мотузова Г.В., Манджиева С.С., Бурачевская М.В. Групповой состав соединений тяжелых металлов в почвах агроценозов, загрязненных аэрозольными выбросами Новочеркасской ГРЭС // Агрохимия. 2011. № 6. С. 68–77.
11. Ильин В.Б. Оценка существующих экологических нормативов содержания тяжелых металлов в почве // Агрохимия. 2000. № 9. С. 74–79.
12. Чердакова А.С., Гальченко С.В. Результаты экспериментальной оценки влияния гуминовых препаратов на содержание подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной серой лесной почве // Фунд. исслед-я. 2015. № 2–3. С. 504–508.
13. Шамин Д.В. Влияние биопрепаратов на экологическое состояние темно-серых лесных почв и продуктивность пивоваренного ячменя в условиях Центрального Черноземья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Курск, 2008. 19 с.
14. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Современные представления о биостимуляторах // Агрохимия. 2014. № 7. С. 85–90.
15. Завалин А.А., Чернова Л.С., Гаврилова А.Ю., Чеботарь В.К. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом бисолбифит, на урожай ярового ячменя // Агрохимия. 2015. № 4. С. 21–33.
16. Кондратьева Т.Д. Эколого-биогеохимическая оценка влияния микробиологических препаратов, содержащих *Bacillus subtilis*, на систему почва—растение: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2015. 141 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
18. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. 222 с.
19. Динамика экосистем Новосибирского Академгородка / Под ред. Жимулева И.Ф. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 438 с.
20. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств на примере дерново-подзолистых почв. М.: ЛКИ, 2008. 160 с.
21. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г., Черников Е.А. Пространственная неоднородность почв садовых ценозов в условиях локального применения удобрений и водных мелиораций // Агрохимия. 2015. № 2. С. 13–22.

22. Белоусов В.С., Есипенко Л.П., Зыкова Г.П., Пачкин А.А. Влияние неоднородности свойств почв на многолетние насаждения // *Агрохимия*. 2016. № 1. С. 38–43.
23. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
24. Ильин В.Б., Сысо А.И., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири // *Почвоведение*. 2003. № 5. С. 550–556.
25. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 227 с.
26. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 220 с.
27. Сысо А.И. Российские гигиенические нормативы экологической оценки почв, их научная обоснованность и проблемы использования // *Тр. IX Международ. биогеохим. шк.* Т. 1. Барнаул, 2015. С. 39–42.
28. Мяделец М.А., Сиромля Т.И. Особенности экологического состояния почвенно-растительного покрова вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска // *Совр. пробл. науки и образования*. 2015. № 5. URL: www.science-education.ru/128-22706 (дата обращения: 19.11.2015).
29. Водяницкий Ю.Н. Концепция гибкого подхода к оценке ориентировочно допустимой концентрации тяжелых металлов и металлоидов в почве // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. 2011. Вып. 67. С. 49–66.
30. Водяницкий Ю.Н. Учет геохимических особенностей территории и погодных условий при нормировании тяжелых металлов в почвах // *Агрохимия*. 2014. № 2. С. 66–72.
31. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. *Агрохимия* / Под ред. Ягодина Б.А. М.: Колос, 1982. 574 с.
32. Методические рекомендации по определению нормативов соотношений макро- и микроэлементов в растениях по системе ИСОД. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1989. 80 с.
33. Витковская С.Е., Изосимова А.А., Шилдовская Т.П. Пространственная изменчивость биомассы и химического состава растений пшеницы в пределах делянки полевого опыта // *Агрохимия*. 2010. № 12. С. 29–36.
34. Водяницкий Ю.Н., Смагин А.В., Яковлев А.С. Факторы изменчивости содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве // *Экол. вестн. Север. Кавказа*. 2016. № 1. С. 27–38.
35. Karpukhin M.M., Ladonin D.V. Effect of soil components on the adsorption of heavy metals under technogenic contamination Eurasian // *Euras. Soil Sci.* 2008. V. 41. № 11. P. 1228–1237.
36. Ponizovskii A.A., Mironenko E.V. Mechanisms of lead (II) sorption in soils // *Euras. Soil Sci.* 2001. № 4. P. 371–381.
37. Plyaskina O.V., Ladonin D.V. Heavy metal pollution of urban soils // *Euras. Soil Sci.* 2009. V. 42. № 7. P. 816–823.
38. Сиромля Т.И. Соединения тяжелых металлов в почвах г. Новосибирска как показатель их экологического состояния // *Мат-лы V Международ. научн. конф. «Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове»*. Томск: ТГУ, 2015. С. 368–372.

The Chemical Elements Content in Lawn Soils and Change in Concentrations of Their Mobile Forms after the Biopreparations Application

M.A. Lebedeva^{1, 4}, T.I. Syromlya¹, O.M. Potseluev², A.N. Lebedev³, M.V. Khazov³

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, prosp. Academician Lavrentyev 8/2, Novosibirsk 630090, Russia

²Research Institute of Experimental Clinical Lymphology ul. Timakova 2, Novosibirsk 630060, Russia

³Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology RAS Siberian research Institute of Fodder Krasnoobsk p.o. box 532, Novosibirsk region 630501, Russia

⁴Novosibirsk State Agrarian University, ul. Dobrolyubova 160, Novosibirsk, 630039 Russia

E-mail: MarinaMyadelets@yandex.ru

The total content and concentration of mobile forms of chemical elements (CE) were examined in old lawns of Novosibirsk (Russia). At all the sites studied As concentration was found to exceed the relative permissible concentration limits while Cd, Ni and Zn concentrations exceeded those only in some samples. The mobile CE content was always lower than the maximal permissible concentrations in soils. The experiments demonstrated that application of biological preparations based on fulvic and humic acids, as well as on microorganisms, reduced significantly soil concentrations of mobile Pb, Cu, Ni, Fe and Mn, and decreased their variability, e.g. for Pb and Na more than twofold.

Key words: chemical elements, lawn soils, Novosibirsk city, the content of mobile forms of elements, biological preparations.