

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA ANANASSA*)

© 2012 Н.М. Троц, С.В. Ишкова, А.В. Батманов, Д.А. Ахматов

Самарская государственная сельскохозяйственная академия

Поступила 23.09.2011

В статье приведены данные по содержанию тяжелых металлов в почве прикорневой сферы и фитомассе земляники садовой (*Fragaria ananassa*) сорта Эльсанта, выращенной на орошаемом участке ООО «Сад» Приволжского района, расположенном в степной зоне Самарского Заволжья. Дана характеристика агрохимических показателей почвы изученного объекта за 2003, 2008-2010 гг.

Ключевые слова: макроэлементы, тяжелые металлы, земляника садовая

Важной задачей современного растениеводства является получение экологически безопасной продукции. В связи с этим остро встает проблема загрязнения почвенного покрова, а именно наиболее актуальная на сегодняшний день – проблема загрязнения тяжелыми металлами (ТМ). Благодаря буферным свойствам почв, часть попадающих на их поверхность ТМ инактивируется, но большая доля остается мобильной и активно потребляется растениями. Основную роль в загрязнении ТМ растениеводческой продукции играют их подвижные соединения, доступные растениям. Растения способны накапливать металлы в тканях или на поверхности, являясь промежуточным звеном в цепи «почва – растение – животное – человек» [1, 10-12].

Кроме того, в условиях продовольственного дефицита, актуальной остается проблема интенсификации сельскохозяйственного производства для увеличения урожайности различных культур. Минеральное питание относится к факторам, посредством которых можно направленно влиять на развитие и урожайность растений. Этим объясняется неослабленное внимание к вопросам минерального питания.

Главным источником элементов питания, без которых растения не могут нормально расти и плодоносить, является почва, ее состав и свойства могут оказывать влияние на потребление элементов растениями. Обеспеченность почв элементами питания и их доступность растениям зависит от многих условий почвы и от соотношения их между собой [2, 4].

Вопрос о влиянии почвенных факторов на обеспеченность основными питательными элементами и содержание ТМ в ягодных растениях изучен недостаточно. В связи с этим при исследовании влияния экологических факторов на растительные организмы особое внимание заслуживает изучение действия физико-химических и агрохи-

мических свойств почвы на элементный состав ягодных растений.

Цель исследований – изучить содержание минеральных веществ и тяжелых металлов в почве и фитомассе растений земляники садовой.

Задачи исследований: определить агрохимические свойства почвы (содержание гумуса, легкогидролизующего азота, подвижных и валовых форм Mn, Cu, Zn, Co, Cd и Pb, pH среды), проследить динамику содержания элементов питания (N, P, K) и ТМ в почве и растениях земляники в условиях капельного орошения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами изучения являлись почва прикорневой сферы и фитомасса земляники садовой (*Fragaria ananassa*) сорта Эльсанта. Исследования проводились в 2003, 2008-2010 гг. на орошаемом участке ООО «Сад» расположенном в Приволжском районе степной зоне Самарского Заволжья. Почва участка – чернозем обыкновенный слабогумусированный среднесильный среднесуглинистый.

Образцы почв отбирались сопряженно с пробами растений в соответствии с «Методическими указаниями...» [7]. Проанализировано 150 почвенных и 75 растительных образцов.

В отобранных образцах определяли содержание гумуса по Тюрину; легкорастворимых солей в водной вытяжке; подвижного фосфора и обменного калия – по Чирикову и по Мачигину; содержание легкогидролизующего азота в кислотной (0,5N H₂SO₄) вытяжке – по Тюрину и Кононовой в модификации Кудеярова; pH солевой вытяжки; концентрацию тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии; содержания тяжелых металлов в надземной фитомассе проводили пламенным и электротермическим вариантами атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации [8]; содержание макроэлементов (P, K) в надземной фитомассе – методом

Троц Наталья Михайловна, к.б.н., доц., e-mail: troz_shi@mail.ru; Ишкова Светлана Владимировна, Батманов Андрей Владимирович, Ахматов Дмитрий Александрович, асп.

Таблица 1. Средние значения физико-химических и агрохимических показателей свойств образцов почв пахотного слоя орошаемого участка по годам обследования

№ п/п	Дата обследования	Содержание гумуса, %	рН солевой вытяжки	P ₂ O ₅	K ₂ O	легко гидролизуемого азота – NO ₃	Содержание подвижных форм, мг/кг почвы					Содержание валовых форм тяжелых металлов, мг/кг почвы						
							Mn	Cu	Zn	Co	Cd	Pb	Mn	Cu	Zn	Co	Cd	Pb
1.	2003	3,9	7,1	175	51	-	-	-	-	-	-	-	440	14	41,4	10	0,66	10,3
2.	2008*	3,6	6,6	288	256	25,7	16,2	0,15	0,34	0,06	0,27	2,8	-	-	-	-	-	-
3.	2009	2,6	7,8	68	35	21,4	16,4	0,17	0,35	0,06	0,26	3,0	-	-	-	-	-	-
4.	2010	2,5	7,5	26,9	331	34,2	9,5	0,15	1,05	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
5.		2,2	7,3	21,2	223	42,0	13,4	0,21	0,20	0,25	0,05	0,43	466	13,2	34,2	6,7	0,2	7,7
6.		7-8	5,6-6,5	100-150	150-200	30-60							1500	55	100	50	2**	30
7.							140	3	23	5	2**	6	625,1	23,8	25,1	10,2	-	4,2

Примечания.

5. Оптимальные показатели плодородия почвы для растений земляники;

6. ПДК содержания в почве ТМ (ГН 2.1.7.2041-06; [12]);

7. Фоновое содержание ТМ в почвах Приволжского района Самарской области ([12]);

* в числителе – почвенные образцы под здоровыми растениями, в знаменателе – под больными

** ОДК содержания в почве ТМ (ГН 2.1.7.2511-09).

мокрого озоления; содержание азота в надземной фитомассе – специальным портативным прибором N-тестер. Содержание подвижного фосфора и обменного калия получены разными методами, для сопоставимости полученные результаты лабораторных анализов по Мачигину пересчитаны по методу Чирикова.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате исследований было установлено, что в 2003 г. содержание гумуса в верхнем горизонте почвы участка равнялось 3,9%. Это существенно ниже фонового значения для южной зоны Самарской области. К 2010 г. его концентрация уменьшилась до 2,4%. Ежегодные потери органики составляли около 0,21%, что свидетельствует об интенсивной потере питательных веществ (табл. 1).

Анализы реакции почвенного раствора показали, что параметры рН в 2003 г. находились в пределах от 7,1 до 7,5. Обследования участка в 2010 г. показало, что рН на большей части участка (70%) оказался близком к нейтральным индексам (рН 6,6), а на остальной части территории (30%) сдвинуто в слабощелочную сторону (рН 7,8), что является неблагоприятным фактором для роста и развития земляники. Очевидно, данные изменения связаны с особенностью режима орошения и частичным подъемом грунтовых вод.

За исследуемый период содержание подвижного фосфора уменьшилось в 8,3 раза (со 175 до 21,2 мг/кг почвы), а обменного калия и легкогидролизуемого азота увеличилось в 4,4 раза и 1,8 раза соответственно (с 51 до 223 мг/кг и 25,7 и 42,0 мг/кг почвы). Приведенные данные свидетельствуют о несбалансированном внесении минеральных удобрений и одностороннем увеличении запаса элементов питания в почве.

Обследование почвы на содержание ТМ выявило, что концентрация их подвижных и валовых форм в почве находится ниже норм ПДК и ОДК. За период с 2003 по 2010 г. содержание в пахотном слое почвы валовых форм ТМ изменилось следующим образом: концентрация Mn увеличилась в 1,1 раза, Cu, Zn, Co, Cd, Pb – снизилась в 1,1; 1,2; 1,5; 3,3; 1,3 раза соответственно. Снижение уровня валовых форм можно объяснить переводом их в подвижные формы, вымыванием при орошении в нижележащие горизонты, поглощением растениями [1].

Анализ данных за 2008-2010 гг. по содержанию подвижных форм Cu, Co, Pb, Cd показал, что их концентрация в верхнем слое почвы уменьшилась, соответственно, в 1,3; 4,2; 5,4; и 6,7 раза.

Исследования растительных образцов, отобранных в 2008 г. выявил, что концентрация Zn и Cd в надземной фитомассе земляники ниже критической в 3,4 и 340,9 раза, а содержание Pb и Cu ниже фонового уровня по Самарской области в 2,2 и 2,6 раза (табл. 2).

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в надземной фитомассе земляники (фаза – цветения-плодоношения)

	Год обследования	Тяжелые металлы в сухом веществе растений, мг/кг					
		Mn	Fe	Pb	Zn	Cu	Cd
1	2008*	<u>5040</u> 4070	<u>4140</u> 6071	<u>0,11</u> 0,14	<u>42,0</u> 60,7	<u>8,73</u> 10,08	<u>0,021</u> 0,023
3	2009	249,8	199,7	-	28,3	4,87	-
4	Среднее содержание ТМ в надземной фитомассе <i>Fragaria vesca</i> L., произрастающих в Самарской области [11]	46,73	336,44	0,28	21,38	24,50	-
5	Критическая концентрация ТМ в воздушно-сухой фитомассе [11]	-	-	10-20	150-200	15-20	5-10
6	Фитотоксическая концентрация ТМ в воздушно-сухой фитомассе [11]	500	-	60	400	20	100

Примечание: * в числителе – показатели по здоровым растениям, в знаменателе – по больным

Содержание Mn и Fe в растительных образцах 2008 г. значительно превышало фоновое значение (в 97,5 и 15,2 раза) и фитотоксические индексы (Mn - в 9,1 раза). Средняя концентрация в надземной фитомассе всех изученных тяжелых металлов в образцах больных растений по сравнению со здоровыми выше: Fe – 1,5 раза, Pb – 1,3 раза, Zn – 1,4 раза, Cu – 1,2 раза, Cd – 1,1 раза; и Mn ниже в 1,2 раза.

За период между обследованиями 2008-2009 гг. содержание в надземной фитомассе земляники Zn, Cu, Mn и Fe снизилось в 18,2; 25,6; 1,8 и 1,9 раза соответственно, что предположительно связано с поглощением этих элементов растениями предыдущих генераций и улучшением качества поливной воды. Так, в образцах растений, выращенных в 2009 г., содержание Mn превышает фоновое в 5,3 раза, но не достигает фитотоксического значения (в 2,0 раза ниже), Fe и Cu – ниже фоновых показателей в 1,7 и 5,0 раз, а Zn – выше фонового показателя в 1,3 раза.

На основании полученных данных рассчитаны коэффициенты биоаккумуляции подвижных элементов больными и здоровыми растениями земляники (табл. 3) по формуле $I_a = I_x / n_x$, где I_x – содержание элементов в золе растений, n_x – содержание элементов в почве.

Среднее значение коэффициента биоаккумуляции тяжелых металлов уменьшается в ряду Mn > Zn > Cu > Cd > Pb, минеральных элементов – N > K > P. Для кадмия и свинца коэффициенты биоаккумуляции меньше 1, что означает их слабое поглощение из почвы.

Таблица 3. Коэффициент биоаккумуляции элементов в почве и надземной фитомассе земляники

	Год обследования	Значение коэффициента биоаккумуляции (I_a)							
		N	P	K	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb
1	2008*	762,65	14,58	87,50	311,11	58,20	123,53	0,08	0,04
		761,68	44,12	40,00	248,17	59,29	173,43	0,09	0,05
2	2009	663,74	107,81	61,03	26,29	32,47	26,95	-	-

Прмечание: * в числителе – показатели по здоровым растениям, в знаменателе – по больным.

ВЫВОДЫ

1. Обследованный участок характеризуется невысоким уровнем содержания гумуса и его быстрой потерей в пахотном слое почвы, недостаточной обеспеченностью подвижным фосфором и избыточной концентрацией обменного калия, что свидетельствует о нерациональном использовании естественного плодородия почв и несбалансированности доз вносимых минеральных удобрений.

2. С целью оптимизации значений рН и создания благоприятных условий для роста и развития растений земляники необходимо спланировать мероприятия по уменьшению содержания солей в верхнем горизонте почвы и точнее рассчитывать оросительные нормы.

3. Содержание изученных тяжелых металлов Mn, Fe, Pb, Zn, Cu, Cd (как валовых, так и подвижных форм) в почве обследованного участка ниже норм ПДК и ОДК, а также фоновых значений. Однако концентрация в фитомассе земляники в отдельные годы может значительно превышать допустимые значения, что требует дальнейшего изучения их миграции и аккумуляции в системе «почва-растение».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. Лен. отд., 1987. 142 с.
 2. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. М., 1952. С. 7-20.

3. Говорова Г.Ф. Ягодные культуры. Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 1966 с.232 + 5 илл.

4. Лапин А.Г., Усов М.А. Основы агрономии. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 488 с.

5. Манторова Г.Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения // XXI АГРО, ООО «Издательство Агрорус», 2010, № 1-3. С. 52-54.

6. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. Государственный комитет санэпиднадзора РФ. М., 1992. 35 с.

7. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами: Утверждены заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 13.03.1987 г. № 4266-87.

8. Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства.ЦИНАО.Изд.2-е,переработанное и дополненное.,М.,1992.62 с.

9. Мотылёва С.М. Особенности содержания тяжёлых металлов (Pb, Ni, Zn, Fe, Cu) в плодах, ягодах и атмосферных осадках в связи с оценкой сортов для использования в селекции // Автореф. дис...канд. с.-х. наук. СПб., 2000. 23 с.

10. Прохорова Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье; М-во высш. и проф. образования РФ, Самар. гос. ун-т. Самара: Изд-во Самар. ун-та, 1998. 131с.: ил.

11. Прохорова Н.В. Распределение тяжелых металлов в посевах важнейших сельскохозяйственных культур в Самарской области: монография; Самар. гос. ун-т. Самара: Самар. ун-т, 2006. 141 с.: ил.

12. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2000. Т. 2, № 2. С. 306-310.

THE PECULIARITIES OF MACROELEMENTS' AND HEAVY METALS ACCUMULATION IN THE SOIL AND PINE STRAWBERRY (*FRAGARIA ANANASSA*)

© 2012 N.M. Troz, S.V. Ishkova, A.V. Batmanov, D.A. Akhmatov

Samara State Agricultural Academy

There are data about the heavy metals content in the soil of root sphere and in the phytomass of pine strawberry (*Fragaria ananassa*) Elsanta variety grown on the irrigated area of Ltd. «Sad», Privolzhskiy region, situated in the steppe zone of Samarskoye Zavolzhje. The agrochemical indicators description of the soil on the examined object during 2003 and from 2008 up to 2010 is given.

Key words: macroelements, heavy metals, pine strawberry.