

На правах рукописи

Батманов Андрей Васильевич

**АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫМИ
СОРТАМИ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ
САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Усть-Кинельский – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

- Научный руководитель кандидат биологических наук, доцент
Троц Наталья Михайловна
- Официальные оппоненты **Прохорова Наталья Владимировна**, доктор биологических наук, профессор, ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы
- Никитин Сергей Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ», зам. директора по научной работе ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ»
- Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова»

Защита состоится «27» сентября 2017 года в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел. 8-(846-63)-46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» и на сайте www.ssaa.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2017 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Для увеличения площадей возделывания плодовых и ягодных культур в области ежегодно вводится 250-300 гектаров высокоинтенсивных садов. Окультуривание почв и повышение их плодородия напрямую связано с проблемой получения качественной продукции. Результаты исследования показали возможность загрязнения ягод земляники тяжелыми металлами (ТМ) (Беспмятников, 1985; Мотылева, 2000; Ветрова, 2015). По сравнению с другими ягодными культурами, земляника более чувствительна к загрязнению почв тяжелыми металлами, поскольку имеет неглубокую корневую систему, а основное количество токсикантов аккумулируют верхние горизонты почвы. В связи с этим разработка приемов по получению экологически качественной продукции земляники садовой, несомненно, актуальна и представляет существенную производственную значимость.

Цель диссертационной работы – выявить особенности аккумуляции тяжелых металлов перспективными сортами земляники садовой при возделывании в степной зоне Самарской области и оценить возможность агроприемов, обеспечивающих получение высококачественной и экологически чистой пищевой продукции.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Определить сезонную динамику содержания элементов питания в почве и растениях земляники садовой.
2. Провести сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в почвах и растениях производственных сортовых плантаций земляники садовой.
3. Изучить эффективность использования опал-кристобалитовой породы (опоки) в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) земляникой садовой сортов Эльсанта и Хоней.
4. Дать экономическую оценку применения агротехнических приемов, уменьшающих накопления тяжелых металлов в плодах земляники садовой.

Научная новизна. Впервые в условиях степной зоны Самарского Заволжья проведен комплексный агроэкологический анализ производственных сортовых плантаций земляники садовой сортов Эльсанта, Хоней, Мармолада возделываемых на черноземных почвах с использованием технологии капельного орошения. Определены основные агрохимические показатели почвы, на которой выращивают землянику (рН, содержание гумуса, значения NPK). Осуществлена количественная оценка уровней накопления тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu, Mn, Fe, Cr) в системе «почва – поливная вода – растения». Выявлена степень опасности и характер аккумуляции тяжелых металлов в плодах земляники. Изучена эффективность и произведена экономическая оценка использования опал-кристобалитовой породы (опоки) Балашейского месторождения в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) земляникой.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные агроэкологического состояния почв и растений на плантациях интродуцированных сортов земляники садовой могут быть использованы в исследованиях региональных особенностей аккумуляции тяжелых металлов. Возможные агроприемы по регулированию токсикантов в природных объектах рекомендованы к применению в хозяйствах, занимающихся возделыванием сезонных ягод земляники садовой. Особенности накопления тяжелых металлов новыми сортами земляники садовой могут быть использованы при обновлении сортового реестра региона.

Положения, выносимые на защиту:

1. Применение интенсивных технологий для улучшения питательного режима почвы.

2. Влияние интенсивных технологий на концентрацию валовых и подвижных форм Cd, Pb, Zn, Mn, Cu, Fe, Cr в почве промышленных плантаций для выращивания земляники садовой.

3. Сортвые особенности накопления тяжелых металлов земляникой садовой.

4. Влияние опоки на аккумуляцию тяжелых металлов растениями земляники садовой и экономическая оценка ее применения.

Апробация работы и публикации по теме исследований. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области», Самара 2011; на Всероссийской научно-практической конференции в рамках XXI международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2011» «Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе», Уфа 2011; на региональной научно-практической конференции молодых ученых «Перспективы развития АПК в работах молодых ученых», Тюмень 2014; на Международная научно-практической конференции « Вклад молодых ученых в аграрную науку», Кинель 2016; на Международной научно-практической конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК», Кинель 2016; на Международной научно-практической конференции «Результаты развития частной селекции сельскохозяйственных культур на современном этапе», посвященной 80-летию со дня рождения академика РАСХН, заслуженного деятеля науки РФ И.В.Казакова, с.Кокино, Брянская область, 2017.

По материалам исследований опубликовано 10 печатных работ, включая 5 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Достоверность результатов исследований подтверждена экспериментальными данными, полученными в сертифицированной аккредитованной лаборатории ФГБУ САС «Самарская»; использованием современных общепринятых методов исследований; математической и статистической обработкой полученных результатов.

Реализация результатов исследования. Производственная проверка результатов исследований осуществлялась в 2011-2016 году на базе ООО «Сад» Приволжского района Самарской области. На производственных плантациях

площадью 13,5 га возделывались сорта земляники садовой сортов Хоней, Мармолада, Эльсанта, испытывали использование опал-кристобалитовой породы (опоки) в сочетании с минеральными удобрениями, дозы которых которые были установлены в ходе проведения полевых опытов.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 116 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, включающий 132 источников, в том числе 15 зарубежных, содержит 27 таблиц, 6 рисунков и 4 приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Обзор литературы

Проведен анализ научно-экспериментальных работ по изучению физиологической активности тяжелых металлов, механизмов их поступления и аккумуляции в растениях, в частности в ягодных культурах. Рассмотрены биологические особенности земляники садовой. Представлены данные по изучению влияния агротехнических приемов на содержание различных форм тяжелых металлов в почвах, урожайность и качество ягодной продукции. Показана эффективность приемов по регулированию токсикантов в почве при использовании природных адсорбентов.

Методика и условия проведения исследований

Для решения поставленных задач исследования проводились в 2003 году, в периоды с 2008-2010 гг. и с 2011-2013 гг. на производственных плантациях земляники садовой площадью 13,5 га.

В 2003 году на участке было выполнено полевое почвенное обследование. В качестве фонового принято содержание валовых форм тяжелых металлов, установленное ранее для почв Приволжского района Самарской области.

В 2008 году были отобраны образцы надземной фитомассы земляники и образцы почвы прикорневой сферы соответствующих растений для выявления причин их различного состояния. В 2009 году был проанализирован химический состав надземной фитомассы земляники и почвенных образцов с ягодной плантации.

В 2010 года были отобраны образцы почв с описываемого участка и проведен их агрохимический и химический анализ. В 2010 были заложены плантации рассадой «фриго» стандарт А (диаметр рожка 8-12 мм). Применялась четырехстрочная система выращивания на мульчирующей пленке с плотностью посадки 80 тыс. растений на гектаре в сочетании с капельным поливом.

В 2011-2013 гг. были заложены пробные площадки на сортовых участках земляники.

Параллельно в 2011-2013 гг. проводился эксперимент по изучению эффективности использования опал-кристобалитовой породы (опоки) в

сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, хрома, железа) земляникой садовой сортов Хоней и Эльсанта. Изучение эффективности опоки и ее смеси с минеральными подкормками проводилось в трехкратной повторности по схеме: I-контроль, II-минеральные подкормки «Абиго-Пик», «Феррелин», «Brexil Zn», «Brexil Mn», III-минеральные подкормки «Абиго-Пик», «Феррелин», «Brexil Zn», «Brexil Mn» + опока. Опока вносилась в количестве 50 кг/га однократно при предпосевной обработке почвы, согласно рекомендациям И.А. Тойгильдиной, 2006, М.С. Бодня, 2011.

Растительные и почвенные образцы для анализа отбирали с использованием общепринятых методов.

Почвенные и растительные образцы доставляли в лабораторию ФГБУ «Станция агрохимической службы «Самарская», имеющую аттестат аккредитации испытательной лаборатории № РОСС RU. 0001.510565 .

Определение валовых форм тяжелых металлов в почвах и растительных образцах проводилось с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации при 575⁰С. Подвижные формы соединений извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 (ААБ). Конечное определение элементов проводили пламенным и электротермическим вариантами с применением атомно - абсорбционного спектрофотометра «Спектр 5 - 4» в пламени ацетилен - воздух.

Помимо содержания тяжелых металлов в почвах определяли:

- содержание гумуса по методу И.В.Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26213-91;
- рН солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии ГОСТ 26483-83;
- содержание подвижного фосфора и обменного калия в нейтральных почвах по Ф.В. Чирикову (ГОСТ 26204-91), в карбонатных почвах по Б.П. Мачигину (ГОСТ 26205-91);
- содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5Н Н₂SO₄) вытяжке по Ю.В. Тюрину и М.М. Кононовой в модификации В.Н. Кудеярова;
- содержание тяжелых металлов в почвенных образцах проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии;
- содержания тяжелых металлов в надземной фитомассе растений проводили пламенным и электротермическим вариантами атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации.

Содержание подвижного фосфора и обменного калия получены разными методами, для сопоставимости полученные результаты лабораторных анализов по Б.П. Мачигину пересчитаны по методу Ф.В. Чирикова.

В качестве фоновых значений тяжелых металлов использовались данные полученные Н.В. Прохоровой 1998,2000,2006.

Средние значения из повторений и стандартные отклонения вычисляли с помощью программы Excel. Наименьшую существенную разность средних значений рассчитывали по Доспехову, используя пакет анализа программы Excel .

Данные учета урожайности подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985) при помощи компьютерной программы для расчета НСР₀₅, разработанной в Мордовском ГУ (1992).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Особенности накопления тяжелых металлов в почвах и растениях производственных плантаций земляники садовой

1.1. Агрохимические показатели почв производственных плантаций сортовых участков земляники садовой

На исследуемых участках возделывание земляники началось с 2007 года, до начала возделывания более 5 лет поле находилось под черным паром. Почва под участками возделывания земляники садовой - чернозем обыкновенный остаточно-луговатый карбонатный слабогумусированный среднесуглинистый. По результатам обследования почвы, применению коэффициентов использования и усвоения питательных веществ расчетные дозы составили N₆₀P₈₀K₁₂₀.

Обследование верхнего пахотного горизонта почвы корневой сферы земляники выявило изменения в составе и неравномерное распределение питательных элементов (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почв участков возделывания земляники садовой

Год исследования	рН (КСl)	Гумус, %	Содержание подвижных форм, мг/кг		NO ₃ ⁻ , мг\кг
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
2003	7,1	3,9	175	51	-
2008	6,6	3,6	288	256	25,7
2009	7,5	2,5	26,9	331	34,2
2010	7,3	2,2	21,2	223	42,0
2011	6,9	3,5	212,5	161	12,6
2012	6,8	3,8	143,0	182	25,7
2013	6,8	2,9	248,5	185	26,9
Оптимальное значение	5,6 – 6,5	7 - 8	100 - 150	150 - 200	30 - 60

Исследованиями установлено, что в 2003 г. содержание гумуса в верхнем слое почвы участка составляло 3,9%, ниже фонового значения для южной зоны Самарской области. За период 2003-2013 гг. произошло понижение содержания гумуса в пахотном слое до 2,9 %, что составляет ежегодную потерю гумуса 0,2%.

Анализы реакции среды почвенного раствора показали, что параметры в 2003 г находились в пределах 7,1 - 7,5. В 2009 - 2010 гг. значения рН на участках (70%) оказались близки к нейтральным индексам - 6,6, на 30% территории сдвинуты в слабощелочную сторону - 7,8, что является неблагоприятным фактором для роста и развития земляники и приводит к снижению урожая.

Проведенный агрохимический анализ почвы в 2011-2013 гг. исследуемого участка показал, что рН почвенной вытяжки находится в пределах 6,8, что незначительно выше оптимального значения для растений земляники.

За исследуемый период с 2003 по 2010 гг. уменьшилось содержание подвижного фосфора в 8,3 раза (с 175 до 21,2 мг/кг), в 2011 году значение подвижного фосфора превышало норму в 1,4 раза, в 2012 году показатели соответствовали норме, а в 2013 превышение составило 1,7 раза. Значения обменного калия увеличилось в 5,0 раза, и было выше нормы до 2011 года.

С 2011 года произошло снижение содержания азота в почве под растениями земляники в 2,4 раза в сравнении с оптимальными значениями.

Полученные результаты за период исследования свидетельствуют о несбалансированном внесении минеральных удобрений и одностороннем изменении запаса элементов питания в почве.

1.2. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве производственных сортовых участков земляники садовой

Обследование почвы на содержание ТМ выявило, что концентрация их подвижных и валовых форм в почве находится ниже норм ПДК и ОДК (табл. 2). За период с 2003 по 2010 г. содержание в пахотном слое почвы валовых форм ТМ изменилось следующим образом: концентрация Мп увеличилась в 1,1 раза, Cu, Zn, Cd, Pb – снизилась в 1,1; 1,2; 3,3; 1,3 раза соответственно. Так, суммарный показатель загрязнения почвы Zс на 2003 год равен 2,34, на 2010 год – 1,14; т.е. снизился в 2,1 раза. Снижение уровня валовых форм можно объяснить переводом их в подвижные формы, вымыванием при орошении в нижележащие горизонты, поглощением растениями.

Таблица 2 - Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве

Почва	Тяжелые металлы, мг/кг						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
<i>под производственными плантациями</i>							
2003 г	0,660	10,3	14,0	41,4	440,0	-	-
2010 г	0,200	7,7	13,2	34,2	466,0	-	-
<i>под сортами 2011-2013 гг.</i>							
Хоней	0,309	9,92	16,5	36,1	329,0	16413	8,97
Мармолада	0,289	10,20	17,1	36,2	353,0	15739	9,96
Эльсанта	0,229	9,50	14,7	35,7	342,5	14953	11,25
ФОН	0,295	9,13	16,3	35,1	343,0	14807	10,60
ПДК	2,000	130	132	220	1500	-	100

Наблюдаются некоторые превышения фоновых значений на участке возделывания сорта Хоней: меди в 1,01 раза, цинка в 1,03 раза, железа 1,11 раз. Почва под сортом Эльсанта содержит повышенное количество железа и хрома, превышающее ФОН в 1,01 и 1,12 раз соответственно. В почве под сортом Мармолада выявлено превышение фонового значения по свинцу в 1,11 раза, по меди в 1,04 раза, по цинку в 1,03 раза, по марганцу в 1,03 раза, по железу в 1,06 раза. В средних показателях на исследуемых плантациях обнаруживается превышение по содержанию железа в 1,06 раза по сравнению с ФОНом.

С целью оценки изменения распределения ТМ по почвенному профилю были пройдены шурфы до 150 см. При анализе распределения тяжелых металлов в почвенном профиле (табл. 3) участка превышение ПДК не выявлено.

Таблица 3 - Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвенных горизонтах

Глубина отбора, см	Тяжелые металлы, мг/кг						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
0-30	0,313	10,9	15,3	36,1	405	20496	13,6
30-60	0,328	11,0	12,9	36,5	378	15378	9,47
60-90	0,318	10,3	11,6	35,3	362	17304	14,5
90-120	0,395	12,3	9,77	33,4	368	13069	9,27
120-150	0,425	12,9	10,1	33,5	356	11745	7,96
Среднее	0,356	11,5	11,9	35,0	373,8	15598,4	11,0
ФОН	0,308	11,6	14,8	35,7	403	16756	11,4
ПДК	2,0	130	132	220	1500	-	100

Максимальные значения тяжелых металлов, превышающие фоновые концентрации, выявлены в почвенных горизонтах: кадмий (120-150 см) в 1,38 раза, свинец (90-120 см) в 1,06 раза, медь (0-30 см) в 1,03 раза, цинк (0-30 см) в 1,01 раза, (30-60 см) в 1,02 раза, марганец (0-30 см) в 1,04 раза, железо (0-30 см) в 1,22 раза, хром (0-30 см) в 1,19 раза.

По приведенным данным можно заключить, что активно мигрируют в нижележащие слои валовые формы кадмия и свинца, а накопление меди, цинка, марганца, железа и хрома происходит в верхнем пахотном горизонте почвы.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах участка находится в пределах норм ПДК (табл. 4).

Процент подвижности изученных элементов составил: кадмий - 18,1%, свинец - 4,44%, медь - 1,05%, цинк - 11,65%, марганец - 11,65%, хром - 1,2%. Анализ данных за 2008-2010 гг. содержания подвижных форм Pb, Cd, Zn, Mn показал, что их концентрация в верхнем слое почвы уменьшилась, соответственно, в 5,4;6,7;1,7;1,2 раза. Увеличились значения Cu в 1,4 раза. В период 2011-2013 гг. произошло повышение в почвах Mn в среднем в 2,5 раза, Zn в 1,9 раза концентрации других изученных металлов изменялись

незначительно. Высокие значения марганца объясняются переходом в подвижные соединения.

Таблица 4 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве
(экстрагент ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8)

Почва	Тяжелые металлы, мг/кг					
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe
<i>под производственными плантациями</i>						
2010	0,05	0,43	0,21	0,20	13,4	-
2009	-	-	0,15	1,05	9,5	-
2008	0,27	2,8	0,15	0,34	16,2	-
<i>под сортами 2011-2013 гг.</i>						
Хоней	0,037	0,39	0,19	0,55	42,1	0,12
Мармолада	0,059	0,31	0,17	0,60	39,5	0,14
Эльсанта	0,054	0,61	0,16	0,79	37,8	0,10
ФОН	0,037	0,43	0,13	0,40	35,0	0,09
ПДК	-	6,0	3,0	23,0	100,0	6,0

Накопление элементов в сравнении с фоновыми значениями представляется коэффициентами концентрации (Кк), которые рассчитывались по формуле: $K_k = K_c / K_f$, где K_c – среднее содержание в почве участка, K_f – фоновое значение. В этих значениях ТМ образуют следующий убывающий ряд:

$Zn (1.62) < Cd (1.35) < Cr (1.33) < Cu (1.30) < Mn (1.14) < Pb (1.02)$

По интенсивности поступления элементов в растение (I_a) изученные элементы образуют следующий убывающий ряд:

$Cu (135.6) < Zn (53.8) < Cr (4.50) < Mn (2.48) < Pb (1.22) < Cd (1.00)$.

Максимальное превышение в сравнении с фоновым значением наблюдается в содержании свинца на участке под сортом Эльсанта ($K_c = 1,38$).

По суммарному накоплению тяжелых металлов изученные сорта располагаются убывающим рядом:

Мармолада (258) > Хоней (209.1) > Эльсанта (128.84).

Анализ поливной воды показал (табл. 5), что дополнительное внесение возможно по свинцу (1,4 ПДК) и железу (1,5 ПДК). Остальные изученные элементы в поливной воде находятся в пределах допустимых норм.

Таблица 5 - Содержание тяжелых металлов в поливной воде, мг/дм³

Кадмий	Свинец	Медь	Цинк	Марганец	Железо	Хром
0,0006	0,014	0,006	0,228	0,016	0,443	0,097
ПДК						
0,001	0,01	1,0	1,0	1500	0,3	0,5

Миграция подвижных форм ТМ по почвенному горизонту (табл. 6) показывает, что максимальная концентрации Cd, Pb, Cu, Mn, обнаруживаются в нижних слоях (120-150 см).

Таблица 6 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвенных горизонтах орошаемых участков

Глубина отбора, см	Тяжелые металлы, мг/кг					
	Кадмий	Свинец	Медь	Цинк	Марганец	Хром
0-30	0,048	0,49	0,15	0,32	25,8	0,23
30-60	0,038	0,30	0,14	0,22	13,6	0,48
60-90	0,046	0,46	0,13	0,13	6,25	0,17
90-120	0,067	0,65	0,40	0,16	21,6	0,09
120-150	0,055	0,71	0,72	0,24	28,3	н\обн
Среднее значение	0,051	0,52	0,31	0,21	19,1	0,19
ФОН	0,037	0,43	0,13	0,40	35,0	0,09
ПДК		6,0	3,0	23,0	100,0	6,0

Содержание цинка наиболее высокое в верхнем пахотном горизонте почвы, присутствует его мобильность в нижние слои.

Особенностью поведения хрома в почвенном профиле является отсутствие миграции в нижние горизонты и высокая аккумуляция в пахотном слое почвы

1.3. Сортовые особенности аккумуляция тяжелых металлов в растениях земляники садовой

Исследования растительных образцов земляники, отобранных в 2008 г. выявили, что концентрация Zn и Cd в надземной фитомассе земляники ниже критической в 3,4 и 340,9 раза соответственно, а содержание Pb и Cu ниже фонового уровня по Самарской области в 2,2 и 2,6 раза. Содержание Mn и Fe в растительных образцах значительно превышало фоновое значение в 97,5 и 15,2 раза и фитотоксические индексы. На плантациях обнаруживались растения, которые заметно отставали в развитии. 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.

Среднее значение коэффициентов биоаккумуляции Ia (табл. 7) 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.

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 в образцах растений 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.

Таблица 7 - Коэффициент биоаккумуляции (I_a) элементов в почве и надземной фитомассе земляники

Год	Тяжелые металлы, мг/кг							
	N	P	K	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb
2008*	<u>762,65</u>	<u>14,58</u>	<u>87,50</u>	<u>311,11</u>	<u>58,20</u>	<u>123,53</u>	<u>0,08</u>	<u>0,04</u>
	761,68	44,12	40,00	248,17	59,29	173,43	0,09	0,05
2009	663,74	107,81	61,03	26,29	32,47	26,95	-	-

* в числителе – показатели по здоровым растениями, в знаменателе – под больными

Результаты исследований 2011-2013 г.г. показали, что концентрирование ТМ в землянике садовой зависит от сорта и органа растения (табл.8).

Таблица 8 - Содержание тяжелых металлов в растениях земляники садовой, мг/кг на сухое вещество, 2011-2013 г.г.

Сорт	Тяжелые металлы, мг/кг						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
Корень							
Хоней	0,093	1,20	35,9	54,8	136,9	1101,5	0,71
Мармолада	0,080	0,96	81,9	83,3	176,8	1092,0	0,56
Эльсанта	0,035	0,56	23,0	37,4	83,5	615,9	0,66
Кс	2,30	3,20	1,90	2,73	2,83	0,39	3,2
Листья							
Хоней	0,052	0,31	40,2	35,1	209,4	197,8	0,47
Мармолада	0,024	0,29	18,8	17,7	118,8	364,4	0,46
Эльсанта	0,023	0,30	21,4	20,5	125,4	157,9	0,25
Фоновое значение	-	0,28	24,5	21,38	46,73	336,44	-
Кс	1,11	1,07	1,09	1,14	3,23	0,71	1,95

Органы растений земляники накапливают ТМ в соответствии с убывающим рядом: корни (1175,9) > листья (443,2) > ягоды (87,7).

В ягодах изученных сортов содержание Cd, Zn, Cu, Mn, не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) (табл. 9).

На уровне ПДК находится концентрация свинца в ягодах сорта Мармолада, тогда как в ягодах сортов Хоней и Эльсанта значения Pb ниже ПДК в 3,0 и 2,4 раза соответственно. Ягоды сорта Мармолада характеризуются повышенным содержанием Fe, превышающим уровень допустимой нормы в 1,4 раза.

В ягодах изученных сортов отмечается повышенное содержание хрома, превышающее ПДК: сорт Хоней в 2,7 раза, Мармолада в 3,8 раза, Эльсанта в 2,8 раза.

Отмечено превышение средних концентраций в растении в плодоножках ягод земляники биогенных элементов: Cu – в 2,13 раза, Zn – в 4 раза, Mn – в 6,9 раз, Fe – в 1,8 раза. Концентрация меди и цинка в плодоножках превышает ПДК в 1,5 и 2,0 раза соответственно.

Таблица 9 - Содержание тяжелых металлов в ягодах перспективных сортов земляники садовой

Сорта (n=18)	Тяжелые металлы, мг/кг						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr
Хоней	0.011 ± 0.0007	0.134 ± 0.006	4.03 ± 0.072	6.05 ± 0.037	33.5 ± 0.37	38.5 ± 0.34	0.54 ± 0.04
	0.010 – 0.0125	0.125 – 0.148	3.90 – 4.15	5.98 – 6.11	32.9 – 34.2	37.9 – 39.1	0.51 – 0.57
Мармолада	0.012 ± 0.0007	0.436 ± 0.012	3.75 ± 0.037	6.31 ± 0.127	15.5 ± 0.31	69.2 ± 0.49	0.76 ± 0.09
	0.011 – 0.0135	0.42 – 0.46	3.68 – 3.81	6.10 – 6.54	15.0 – 16.1	68.4 – 70.1	0.73 – 0.79
Эльсанта	0.0059 ± 0.0005	0.170 ± 0.005	2.97 ± 0.072	5.62 ± 0.095	30.5 ± 0.60	42.9 ± 0.95	0.56 ± 0.06
	0.0050 – 0.0070	0.16 – 0.18	2.85 – 3.10	5.45 – 5.78	29.4 – 31.5	40.6 – 43.8	0.53 – 0.60
НСР 0.5	0.0018	0.018	0.023	0.062	0.054	0.058	0.032
ПДК [4]	0.03	0.4	5.0	10	500	50	0,2

Примечание: n – количество проб; в числителе - $\bar{X} \pm m(x)$; в знаменателе - min-max

По значениям в изученных сортах растений элементы образуют следующие убывающие ряды (мг/кг):

Сорт Хоней: $Cu (140,58) > Zn (58,2) > Cr (4,78) > Mn (3,0) > Pb, Cd (1,4)$

Сорт Мармолада: $Cu (204,8) > Zn (59,6) > Cr (4,2) > Mn (2,6) > Pb (1,8) > Cd (0,7)$

Сорт Эльсанта: $Cu (200,0) > Zn (26,8) > Cr (4,9) > Mn (2,1) > Pb (0,6) > Cd (0,5)$

В сравнении с ФОНом накопление изученных ТМ характеризуется зависимостью Кк (коэффициент концентрации):

$Mn (30.3) < Pb (2.13) < Cu (1.49) < Zn (1.93) < Fe (0.55)$

Коэффициент опасности элементов представляется следующим убывающим рядом: $Cr (3.1) < Fe (2.0) < Cu (0.71) < Pb (0.60) < Zn (0.49) < Cd (0.32)$

По суммарному накоплению ТМ:

Хоней: $Cd_{0.36} + Pb_{0.32} + Cu_{0.21} + Zn_{0.6} + Mn_{0.053} + Fe_{0.11} + Cr_{3.1} = 4,753$

Мармолада: $Cd_{0.4} + Pb_{1.08} + Cu_{0.75} + Zn_{0.63} + Mn_{0.03} + Fe_{0.20} + Cr_{3.8} = 6,886$

Эльсанта: $Cd_{0.19} + Pb_{0.425} + Cu_{0.59} + Zn_{0.562} + Mn_{0.061} + Fe_{0.12} + Cr_{2.8} = 4,746$.

4. Эффективность использования минеральных удобрений и опал-кристабалитовой породы (опоки) на аккумуляцию тяжелых металлов земляникой садовой

4.1 Фенологические наблюдения вегетационного периода земляники садовой

Характерными особенностями климата района исследований является преобладание в течение года ясных и малооблачных дней, холодная и малоснежная зима, короткая весна, жаркое и сухое лето, непродолжительная осень, сравнительно большая вероятность весенних и осенних заморозков. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0° происходит по всей области в первой декаде апреля.

Почти ежегодно наблюдаются засушливые и суховейные периоды. В теплый период года максимум ветреных дней (больше 15 м/с) приходится на конец апреля начало мая. В марте месяце средняя месячная температура достигает $-3,2^{\circ}$, а в конце апреле при средней месячной температуре $11,4^{\circ}$ земляника хорошо растет, обильно цветет, и завязываются ягоды. Наиболее благоприятным зимний период был в 2011 году с суммой осадков 37,9 мм. В 2012 и 2013 г.г. этот показатель был 29,5 и 19,8 мм соответственно.

По срокам фенологического развития средним является сорт Эльсанта, развитие растений сорта Хоней происходила на 5-7 дней раньше, а у сорта Мармолада, плодоношение растений наступало на 7-10 дней позже. Количество ягоды у сорта Хоней достигает 400 г с куста, Эльсанта – 400-700 г, Мармолады до 600 г.

Сорт Мармолада отличается более высокой урожайностью (табл. 10). Контролем служили рекомендованные для промышленных насаждений районированные для Среднего Поволжья сорта земляники садовой: раннего срока созревания Фея, среднего Фестивальная, позднего Зенга Зенгана.

Значения урожайности были ниже контрольных значений в годы исследований у изученных сортов – Хоней в 1,9 раза, Эльсанта в 1,7 раза,

Мармолада в 1,5 раза. Более урожайный 2011 год сорт Хоней показывал более высокую урожайность, но она была ниже Эльсанты и Мармолады. Благоприятные условия 2011 года были связаны с меньшим вымерзанием растений вследствие выпадения большего количества осадков в зимний период и создания высокого снежного покрова.

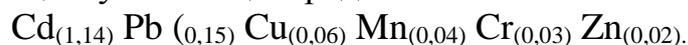
Таблица 10 - Урожайность перспективных сортов земляники садовой, т/га

Сорт (срок созревания)	Годы исследований				Среднее	Контроль
	2010	2011	2012	2013		
Хоней (ранний)	4,7	12,0	9,9	10,8	9,35	16,7-18,9
Эльсанта (средний)	4,9	13,5	11,5	10,9	10,2	15,1-19,2
Мармолада (поздний)	6,3	14,2	12,8	12,0	11,3	15,5-18,4

Таким образом, возделывание сортов разного срока созревания позволяет продлить период получения ягодной продукции. Преимущество выращивания в степной зоне Заволжья имеет поздний сорт Мармолада, так как в период цветения не испытывает действия заморозков, в отличие от раннего сорта Хоней.

4.2 Влияние минеральных удобрений и опоки на содержание валовой и подвижной формы тяжелых металлов в почвах опытного участка

По результатам наших исследований значения валовой и подвижной формы тяжелых металлов в почве находится ниже установленных ПДК. Превышение фоновых значений в 1,12 раза выявлено по высокотоксичному свинцу на контрольном варианте опыта, снижение в 1,30 раза в сравнении с контролем происходит при внесении минеральной подкормки, добавление к удобрениям опоки способствует уменьшению токсиканта в 1,68 раза. По рассчитанным значениям коэффициентов концентрации (Кс) подвижной формы в почве изученные металлы представлены следующим убывающим рядом:



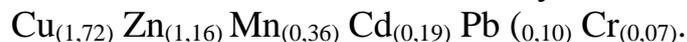
Процент подвижности элементов увеличивается при внесении в почву минеральной подкормки в сравнении с контрольным вариантом: Cu – в 1,0 раза, Mn – в 1,1 раза, Cr – в 1,7 раза; при добавлении опоки Cd – в 1,24 раза, Pb – в 1,52 раза, Zn – в 1,22 раза. В почве участков под сортом Хоней активно накапливается кадмий (Кк=2,33). Коэффициент накопления показывает, что близко к фоновому уровню содержание свинца (Кс=1,03).

Расчет корреляционной зависимости показал положительную зависимость между содержанием валовой и подвижной формами элементов. Наибольшая связь ($r = 0,766$) выявлена у меди. Подвижная форма связана с содержанием в растении также у меди ($r = 0,972$), положительную корреляцию имеет свинец, остальные элементы находятся в обратной зависимости.

4.3 Влияние минеральных удобрений и опоки на накопления тяжелых металлов сортовыми растениями земляники садовой

Для оценки способности избирательного поглощения и накопления химических элементов земляникой садовой были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (КПБ), показывающие во сколько раз содержание элемента в золе растения больше или меньше, чем в почве, на которой произрастает растение.

Ряд интенсивности для земляники садовой имеет следующий вид:



Представленный ряд демонстрирует, что растения земляники садовой интенсивнее всего поглощают: Zn, Cu, и Mn, в то время, как потребность в Cd, Pb, Cr минимальна. Высокий КПБ Cu и Zn позволяют отнести их к элементам биологического накопления, остальные являются элементами биологического захвата.

Отмечено накопление Cd и Zn сортом Эльсанта на варианте с минеральными удобрениями в фазу 3-4 настоящих листьев. Накопление Zn происходит на всех фазах развития растений, особенно интенсивно при внесении опоки. Растениями сорта Эльсанта накапливается медь при внесении в почву опоки. Хоней накапливает Cd в фазу плодоношения на контрольном варианте и при внесении минеральных удобрений. Для растений сорта Хоней характерно накопление в большей степени меди на варианте с внесением опоки. КПБ меди снижается на контрольном варианте в фазы цветения и плодоношения. У растений этого сорта происходит накопление цинка на всех вариантах опыта при внесении минеральных удобрений, на контроле элемент накапливается в фазу бутонизации, при добавлении опоки КПБ снижается в фазу плодоношения.

Способствовать накоплению Cu и Zn как катионогенных элементов могут образующиеся растворимые комплексы в почве с карбонатами и бикарбонатами. Обработка урожайных данных (табл. 11) показала, что лучшим вариантом для получения высокого урожая ягод земляники сорта Эльсанта является применение минеральной подкормки растений. В сравнении с контролем добавление опоки способствует увеличению продукции на 1,8 %, минеральной подкормки на 7,0%, что на 5,2 % ниже.

Таблица 11 - Урожайность земляники садовой сорта Эльсанта при применении минеральных удобрений и опоки, т/га

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее значение	Отклонение от контроля	
					т/га	%
контроль	13,52	11,50	11,11	12,04	-	-
+ минеральные удобрения	14,17	12,28	12,21	12,89	+ 0,85	+ 7,0
+ минеральные удобрения + опока	13,60	11,79	11,38	12,26	+ 0,22	+ 1,8
НСР 0.5	0,41	0,44	0,11			

Урожайность сорта Хоней на всех опытных вариантах была ниже сорта Эльсанта в среднем на 1,3 т/га (табл.12). Максимальные значения урожая отмечались на варианте с внесением минеральных удобрений, без внесения опоки урожайность сорта была на 1,3% выше.

Таблица 12 - Урожайность земляники садовой сорта Хоней при применении минеральных удобрений и опоки, т/га

Вариант опыта	2011	2012	2013	Среднее значение	Отклонение от контроля	
					т/га	%
контроль	4,7	12,0	9,9	9,35	-	-
+ минеральные удобрения	5,1	12,4	10,6	9,90	+ 0,55	+ 5,9
+ минеральные удобрения + опока	4,8	12,3	10,6	9,78	+ 0,43	+ 4,6
НСР 0.5	0,42	0,45	0,15			

5 Оценка экономической эффективности использования минеральных удобрений и опал-кристобалитовой породы (опоки) для получения экологически безопасной продукции земляники садовой

Урожайность сортов увеличивалась при внесении минеральных удобрений (табл.13).

Таблица 13 - Экономическая эффективность сортов земляники садовой

Сорт/вариант	Средняя урожайность за 3 года, т/га	Стоимость реализации и урожая, с 1 га, тыс. руб.	Производственные затраты на 1 га, тыс.руб.	Прибыль с 1 га, руб	Рентабельность, %
контроль					
Эльсанта	12,0	1380,0	850	530,0	62
Хоней	10,9	1253,5	724	529,5	73
Мармолада	13,0	1495,0	877	618,0	70
+ минеральные удобрения					
Эльсанта	12,8	1472,0	880	592,0	67
Хоней	11,5	1322,5	754	568,5	75
Мармолада	15,4	1771,0	907	864,0	95
+ минеральные удобрения +опока					
Эльсанта	12,2	1403,0	872	531,0	61
Хоней	11,4	1311,0	750	561,0	75
Мармолада	14,3	1644,5	883	761,5	86

При внесении минеральной подкормки происходило увеличение урожая на 2,4 т/га у сорта Мармолада, на 0,8 т/га у сорта Эльсанта и на 0,6 т/га у сорта Хоней.

Таким образом, наименьшие потери в урожае при внесении опoки у сорта Хоней, большую чувствительность проявили растения сорта Мармолада.

Рентабельность возделывания земляники на всех вариантах опыта не превышала 100%. Показатели экономической эффективности для сорта Эльсанта увеличивались с внесением минеральных удобрений на 5 % и снижались при внесении опoки на 1% в сравнении с контролем. У растений сорта Хоней рентабельность увеличилась на 2 % относительно контрольных показателей, как при внесении минеральных удобрений, так и при внесении опoки. Уровень экономической эффективности у сорта Мармолада повышается при использовании минеральных удобрений и опoки соответственно на 25% и 16%. Данный сорт оказался наиболее отзывчивым на минеральные удобрения и опoку, поскольку урожайность увеличилась в большей степени, чем по другим сортам.

Максимальный доход от урожая растений изученных сортов получается при внесении минеральных удобрений, при внесении опoки экономическая эффективность оказывается ниже, но значительно превышает контрольные значения.

Следует отметить, что дополнительные затраты по предлагаемой нами технологии полностью покрываются за счет увеличения урожайности и качества изучаемых растений и способствуют повышению экономической эффективности их возделывания

Заключение

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Динамика основных агрохимических показателей черноземов обыкновенных при внесении минеральной подкормки для выращиваемой на них земляники садовой в расчетной дозе $N_{60}P_{80}K_{120}$ проявилась в снижении уровня рН (7,1-6,8); уменьшении содержания гумуса с ежегодной потерей 0,2%; разнонаправленными колебаниями в содержании подвижного фосфора, в оптимизации уровня подвижного калия; в снижении содержания легкогидролизуемого азота с четвертого года возделывания.

2. В период исследований валовое содержание изученных тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, хрома, марганца, железа) в почве промышленной плантации земляники садовой не превышало ПДК и региональные фоновые концентрации, но не оставалось неизменным: снизилось содержание марганца в 1,29 раза, цинка – в 1,15 раза, кадмия – в 2,4 раза, свинца – в 1,04 раза от исходного; содержание меди возросло в 1,15 раза, что свидетельствует о ее слабом техногенном привнесении. В целом суммарный показатель загрязнения почвы валовой формой тяжелых металлов (Zс) снизился в 2,1 раза.

3. В изученных почвах наиболее подвижными элементами являются кадмий (18,1%) и цинк (11,65%), наименее подвижными – медь (1,05%) и хром (1,2%) при

уровне их содержания, не превышающем ПДК. Выше фоновых концентраций присутствуют подвижные формы кадмия (в 1,35 раза), меди (в 1,30 раза), цинка (в 1,6 раза) и марганца (в 1,14 раза), содержание подвижного свинца соответствует фону. За период эксплуатации производственного участка в его почве значительно снизились уровни накопления подвижных форм свинца (в 6,4) и кадмия (в 5,4), возросли марганца (в 2,5), цинка (в 1,9), меди (в 1,13).

4. Аккумуляция валовых и подвижных форм тяжелых металлов происходит не в гумусовом, а в ниже лежащих почвенных горизонтах с максимальными концентрациями на глубине 120-150 см, что свидетельствует о высокой миграционной способности меди, цинка, свинца, кадмия, марганца, железа и преобладании нисходящих миграционных потоков. Исключением является хром, который накапливается в верхнем почвенном горизонте.

5. В условиях южной зоны Самарской области, изучаемые сорта земляники садовой по срокам созревания урожая распределяются следующим образом: Хоней - ранний, Эльсанта - средний, Мармолада - поздний. Наиболее высокоурожайным среди них является сорт Мармолада (13,0 т/га), несколько ниже урожайность у сортов Эльсанта (11,9 т/га) и Хоней (10,9 т/га).

6. В период с 2008 по 2013 гг. снизились концентрации тяжелых металлов в надземной фитомассе земляники садовой: цинка в 1,55 раз, марганца в 40,9 раз, железа в 12,5 раз, увеличилось содержание свинца в 3,7 раза, меди в 2,5 раза, кадмия в 1,9 раза. Более устойчивыми к избыточному накоплению тяжелых металлов является сорт земляники Эльсанта, что подтверждает убывающий ряд, построенный по их суммарному накоплению: Мармолада (258 мг/кг) > Хоней (209,1 мг/кг) > Эльсанта (128,84 мг/кг). Элементом биологического накопления земляники садовой является Си.

6. В фитомассе исследуемых сортов земляники садовой превышены нормальные концентрации меди и цинка: Хоней в 3,2 и в 2,2 раза; Мармолада в 4,2 и в 2,5 раза; Эльсанта в 1,85 и в 1,4 раза. Максимальное содержание элементов накапливается в корнях растений (суммарно по изученным металлам 1175,9 мг/кг) и листьях (суммарно 443,2 мг/кг), минимальное в ягодах (87,7 мг/кг). В ягодах изученных сортов отмечается повышенное содержание хрома, превышающее ПДК: сорт Хоней в 2,7 раза, Мармолада в 3,8 раза, Эльсанта в 2,8 раза. Концентрации кадмия, свинца, меди, цинка, марганца, железа в плодах сортов Эльсанта и Хоней не превышают ПДК и фоновых значений. В плодах сорта Мармолада концентрация свинца установлена на уровне ПДК, а содержание Fe превышено в 1,4 раза.

7. Максимальная аккумуляция кадмия, свинца, марганца и хрома происходит на стадии бутонизации земляники садовой; меди, свинца, цинка и железа - в период плодоношения и преимущественно в корнях растений. Действие минеральной подкормки увеличивает поступление хрома в ягоды в сравнении с ПДК у сорта Хоней в 2,9 раза, у сорта Эльсанта в 2,7 раза, добавление опоки у сорта Хоней в 2,1 раза, сорта Эльсанта в 2,0 раза. Внесение опоки в сочетании с минеральными подкормками способствует снижению содержания в ягодах сорта Эльсанта кадмия, марганца, хрома, повышению цинка, меди, свинца; в ягодах сорта Хоней понижается уровень кадмия, свинца, цинка, марганца, хрома, железа; повышается содержание меди.

Предложения производству

В условиях засушливого континентального климата степной зоны Самарского Заволжья на черноземах обыкновенных для промышленного возделывания в системе капельного полива и применения минеральных удобрений рекомендуем выращивать урожайные, экологически устойчивые сорта Эльсанта, Хоней, Мармолада.

В условиях применения интенсивных технологий возделывания и увеличении риска техногенного загрязнения ягодной продукции земляники садовой однократно вносить в качестве средства мелиорации загрязненных почв опал-кристобалитовую высококремнистую породу (опоку) Балашейского месторождения Сызранского района Самарской области в дозе 50 кг/га.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшая разработка темы имеет хорошие перспективы, как в научном, так и в практическом отношении. Большой научный интерес представляют вопросы изучения региональных особенностей накопления тяжелых металлов в почвах и растениях, агроприемов по регулированию токсикантов в природных объектах. Кроме того, данные особенностей фенологии растений, урожайности изучаемых сортов земляники садовой могут быть использованы при обновлении сортового реестра региона, что имеет большое практическое и научное значение.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований

1. **Батманов, А.В.** Особенности аккумуляции макроэлементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (*Fragaria ananassa*) / Н.М. Троц, С.В. Ишкова, А.В. Батманов, Д.А. Ахматов // Известия Самарского научного центра РАН. - 2012, том 14 - № 1. - С. 249-252.
2. **Батманов, А.В.** Влияние природных адсорбентов на накопление тяжелых металлов земляникой садовой / Н.М. Троц, А.В. Батманов // Аграрная Россия. - 2017. - № 3 - С.10-16.
3. **Батманов, А.В.** Биоэкологическая оценка возделывания перспективных сортов земляники садовой / Н.М. Троц, А.В. Батманов // Известия Самарской ГСХА - 2017. - № 2 - С.7-10.
4. **Батманов, А.В.** Экологическая оценка возделывания перспективных сортов земляники садовой в степной зоне Самарской области / А.В. Батманов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. - том 48.ч.2. – С. 33-37.
5. **Батманов, А.В.** Экологическая устойчивость в посевах основных групп сельскохозяйственных культур в Самарской области / Н.М. Троц, Г.И. Чернякова, С.В. Ишкова, А.В. Батманов // Аграрная Россия. – 2017. - №5 - С.38-44.

Публикации в других журналах и изданиях

6. **Батманов, А.В.** Аккумуляция тяжелых металлов в системе «почва-растения» на примере земляники садовой (*FRAGARIA ANANASSA*) / Н.М. Троц, А.В. Батманов

// Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области: материалы Междунар. науч. - практ. конф. – Самара: РИЦ ГСХА, 2011. - С. 3-6.

7. **Батманов, А.В.** Особенности минеральных элементов и тяжелых металлов в почве и растениях земляники садовой (FRAGARIA ANANASSA)/ Н.М. Троц, С.В. Ишкова, А.В. Батманов, Д.А. Ахматов // Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе: материалы Междунар. науч. - практ. конф. – Уфа, 2011. – С. 30-34.

8. **Батманов, А.В.** Агроэкологический анализ плантаций земляники садовой, возделываемой в условиях капельного орошения / А.В. Батманов, М.Н. Скворцова // Перспективы развития АПК в работах молодых ученых: материалы региональной науч. - практ. конф. – Тюмень: ГАУСЗ, 2014. – С. 24-30.

9. **Батманов, А.В.** Влияние природных адсорбентов на накопление цинка земляникой садовой / А.В. Батманов // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области: материалы Междунар. науч. - практ. конф. – Самара: РИЦ ГСХА, 2016. – С. 77-79.

10. **Батманов, А.В.** Экологическая устойчивость растений земляники садовой /А.В. Батманов, Н.М. Троц // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов. – Кинель: РИО СГСХА, 2017. –С. 196-199.

ЛР №020444 от 10.03.98 г.
Подписано в печать 07.07.2017
Формат 60×84 1/16. Печ.л.1
Заказ №___ Тираж 100 экз.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский,
ул. Учебная, 2
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47 Факс 46-2-44, E-mail: ssaariz@mail.ru