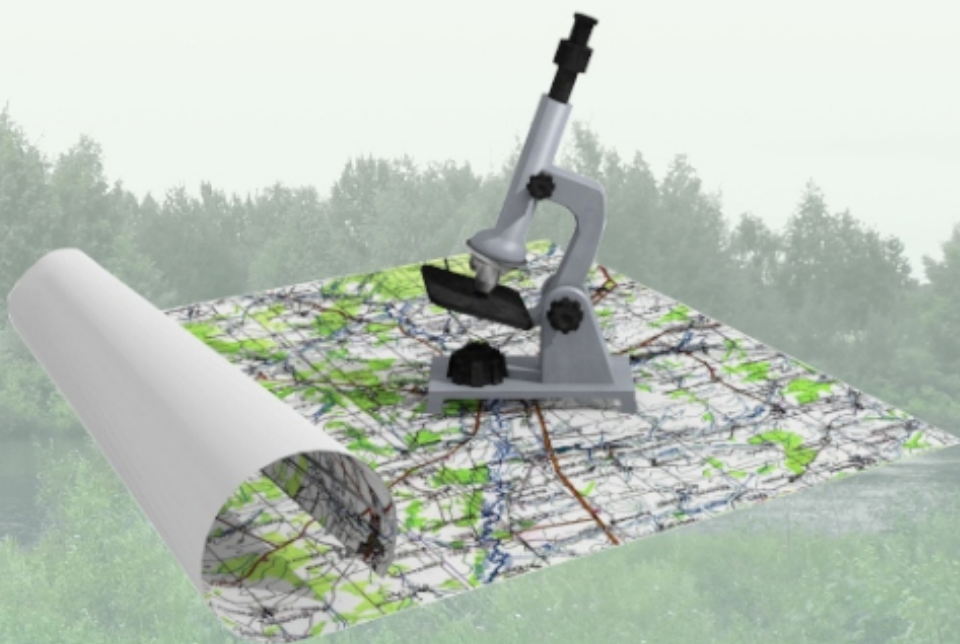




**XVIII Всероссийская научно-практическая
конференция с международным участием**

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

г. Киров, 18 ноября 2020 г.



Киров 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Федеральный экологический оператор»

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы

XVIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

г. Киров, 18 ноября 2020 г.

Киров 2020

УДК 502.1(082)
Б632

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Т. Я. Ашихмина, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

С. В. Дёгтева, д-р биол. наук, **С. Г. Литвинец**, доцент, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. биол. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. Ю. Огородникова**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, инженер, **Е. В. Рябова**, канд. биол. наук, **С. Г. Скугорева**, доцент, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **А. С. Тимонов**, н. с., **Е. В. Товстик**, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Б632 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 18 ноября 2020 г. – Киров: Вятский государственный университет, 2020. – 289 с.

ISBN 978-5-98228-234-7

В книгу вошли материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», которые посвящены изучению экологического состояния природных сред и объектов на территориях с различной техногенной нагрузкой. Особое внимание уделено методам экологического мониторинга, биодиагностики в оценке качества окружающей среды урбосистем, подвергшихся антропогенному загрязнению, в том числе вблизи размещения промышленных предприятий, полигонов хранения и захоронения отходов. В качестве контрольных (фоновых) территорий экологического мониторинга представлены результаты по исследованию природных территорий.

Материалы конференции предназначены для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Благодарим руководство Филиала «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Кирово-Чепецке за партнерство и сотрудничество.

УДК 502.1(082)

ISBN 978-5-98228-234-7

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Суюндуков Я. Т., Сафин Х. М., Хасанова Р. Ф., Семенова И. Н., Ильбулова Г. Р., Суюндукова М. Б. Влияние ресурсосберегающей технологии на биологическую активность и фитотоксичность почв Зауралья Республики Башкортостан	8
Лаптева Е. М., Перминова Е. М., Генрих Э. А., Далькэ И. В., Останина О. А. Влияние сукцессионной стадии развития биоценоза на микробиологические показатели подзолистых почв	13
Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Цианобактерии природных и антропогенных территорий Кировской области	18
Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Кантор Г. Я. Состояние атмосферного воздуха в районе размещения свиноводческого предприятия.....	21
Котряхова Е. В., Адамович Т. А. Состав эфирного масла пихты сибирской как индикатора загрязнения воздушной среды	24
Тизян Е. М., Скугорева С. Г. Анализ ионного состава воды из родников г. Кирова	27
Седова Д. А., Журавлев П. В., Алексанина Н. В. Санитарно-бактериологическая характеристика воды Нижнего Дона 2018–2019 гг.	31
Соловьева В. В. Флора и орнитофауна иловых прудов городских очистных канализационных сооружений г. Самары.....	33
Герасимов Ю. Л. Коловратки пруда парка Победы г. Новокуйбышевска.....	38
Рутман В. В., Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я. Применение индекса хлорофилла MCARI для определения надводной растительности и водорослей в водоемах	42
Андрянова Ю. М., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Гришина А. А. Определение природоохранной ценности особо охраняемых природных территорий Саратовской области	45
Карпенко А. Ф. Защитные меры на территории радиоактивного загрязнения Беларуси.....	49
Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Козвонин В. А., Колеватых Е. П. Влияние подкисления на численность и состав продуцентов аммиака в навозных стоках свиноферм	54
Фардеева М. Б., Макарова У. С., Сафиуллина Н. И. Оценка влияния железной дороги на растительность рекреационной зоны г. Казани.....	58
Еськов Е. К., Еськова М. Д., Штаюда Э. Н. Накопление свинца листовыми культурами, произрастающими на селитебных территориях	63

Жуйкова И. А., Ожиганов В. А. Оценка озеленения городской среды различных территорий г. Кирова	66
Чикишев С. В., Скугорева С. Г. Исследование защитных свойств стоматологического фторлака	69
Абдухалилов О. М., Скугорева С. Г., Фокина А. И., Кулаков В. Н. Оценка содержания свинца и полициклических ароматических углеводородов в образцах автомобильного топлива.....	73

СЕКЦИЯ 2 МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Хмелевцова Л. Е., Мозговая А. И., Ажогина Т. Н., Аль-Раммахи А. А. К., Сазыкин И. С. Гены антибиотикорезистентности в донных отложениях Азовского моря.....	78
Карчава Ш. К., Аль-Раммахи А. А. К., Климова М. В., Хмелевцова Л. Е., Барабахин Т. О., Сазыкина М. А. Генотоксичность воды Азовского моря	80
Попыванов Д. В. ДНК-штрихкодирование видов-биоиндикаторов: особенности и подходы.....	83
Сафонов А. И. Гистологические маркеры эмбрионального аппарата фитоиндикаторов Донбасса	86
Фесенко О. О. Палинология ревиталентов и тераты пыльцы некоторых видов растений Донбасса	89
Шайхутдинова Д. Р., Хафизова З. М., Валеева Г. Р. Фотосинтетический аппарат хвойных деревьев как индикатор состояния городской среды	92
Абуснайна М. В. Использование данных об анатомическом строении листа в экологическом мониторинге Донбасса	97
Гиматдинова Ф. И., Хуснуллин Р. Р., Авдейчева И. И., Сугаева Р. Р., Минакова Е. А. Метод флуктуирующей асимметрии в оценке территорий с различным уровнем антропогенной нагрузки.....	101
Турмухаметова Н. В., Филиппова А. А. Использование показателей флуктуирующей асимметрии <i>Betula pendula</i> Roth и <i>Pyrrhocoris apterus</i> L. в оценке качества среды обитания.....	106
Тарасов С. И., Герлинг Н. В. Моделирование зависимости надземной фитомассы пихты сибирской от диаметра.....	109
Герлинг Н. В., Тарасов С. И. Закономерности ассимиляции диоксида углерода хвоей пихты сибирской в области высоких интенсивностей фотосинтетически активной радиации.....	111
Валеева Г. Р., Бельтюкова М. А. Исследование отклика растений на стрессовые условия среды в условиях модельного опыта	116

Белолипов И. В., Хужаев П. Ю., Исламов А. М., Усманов Б. Х. <i>Helianthus tuberosus</i> L. и <i>Cynara scolymus</i> L. в условиях интродукции в Узбекистане	121
Плотникова О. М., Подберезных А. Е. Биохимические показатели крови лабораторных мышей для оценки влияния ионов цинка в воде.....	124
Старобор Н. Н., Раскоша О. В. Морфометрические показатели сперматозоидов у полевок-экономов, обитающих в условиях повышенного радиационного фона	127
Мельникова А. В. Оценка состояния качества вод Нижнекамского водохранилища по показателям зообентоса.....	131

СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Холбоев А. Х., Абдураимов О. С. Биоэкологические особенности <i>Rosa canina</i> L., распространенного на территории Ташкентской области (Узбекистан)	137
Белолипов И. В., Хужаев П. Ю., Усманов Б. Х. Природная флора – как один из источников роста экспортного потенциала Узбекистана	139
Абдураимов О. С., Тешаев М. И. Редкие и исчезающие виды растений Принуратинских останцовых гор (Узбекистан)	143
Целищева Л. Г. Неккера перистая (<i>Neckera pennata</i> Hedw.) в заповеднике «Нургуш».....	145
Кондрухова С. В. Находка <i>Mutinus ravenelii</i> (Berk. et M. A. Curtis) E. Fisch. на территории Кировской области.....	151
Душина Е. Э., Савиных Н. П. О счетных единицах при изучении ценопопуляций <i>Convallaria majalis</i> L. в сосняках Медведского бора	153
Булышева О. В., Пересторонина О. Н. Липовые сообщества памятника природы «Медведский бор»	158
Агафонова Е. И., Пересторонина О. Н. Разнообразие сосновых лесов памятника природы «Медведский бор»	162
Шабалкина С. В., Меркучева О. Н. Оценка состава подроста в одновозрастных и разновозрастных сосняках Медведского бора (Кировская область).....	166
Негодина В. С., Пересторонина О. Н. Флористический комплекс памятника природы «Пилинский лог» (Кировская область)	170
Домнина Е. А. Состояние растительности особо охраняемой природной территории «Заречный парк» г. Кирова	175
Татьянкина Е. А., Рябова Е. В. Экологическое состояние зеленых насаждений общего пользования некоторых микрорайонов г. Кирова	177

Егорова Н. Ю., Пестрикова Е. С. Оценка эколого-ценотических параметров различных типов местообитаний <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в пределах южно-таежных лесных экосистем (Кировская область).....	180
Овчинникова Ю. А., Шабалкина С. В. Эколого-фитоценотическая характеристика местообитаний <i>Iris sibirica</i> L. в Кировской области	184
Лийман В. В., Пересторонина О. Н. Флора Александровского сада г. Кирова	189
Стреблянская Е. В. Генеративная стратегия некоторых растений в экотопах Донбасса	194
Бондарь Е. Н. Локальные данные о бриобионтах в городах центрального Донбасса	197
Шихова Т. Г. Об аномалиях сезонного развития растений и животных в 2019 г.	200
Поляшов А. А., Рябова Е. В. Влияние высоты снежного покрова на развитие почек возобновления <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	204
Тетерин А. А., Савиных Н. П. Опыт выращивания лиственницы сибирской в Дендропарке лесоводов Кировской области	205
Котряхова Е. В., Герасимова М. Р., Адамович Т. А. Изучение пластидных пигментов пихты сибирской (<i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	210
Симонова О. А. Влияние марганца на содержание низкомолекулярных антиоксидантов в листьях ячменя.....	212
Шабалкина С. В., Огородникова С. Ю. Особенности роста и дифференцировки клеток корня под действием метилфосфоновой кислоты	216
Емелев С. А. Влияние биопрепаратов на урожайность ярового ячменя сорта Белгородский 100	219
Черемисинов М. В., Тагакова Л. А. Влияние гербицидов на растения ячменя сорта Изумруд во втором поколении	223
Шитова А. С., Петренко Д. Б. Оценка влияния концентраций фтора в почвах на морфологические признаки и биохимические параметры растений (по данным модельных экспериментов на клевере и пшенице).....	227
Верзилин В. В., Закабунина Е. Н., Верзилина Н. Д., Тимофеев А. Н., Гончаров А. В., Бутенко В. А., Хаустова Н. А. Агроэкологическая роль способов основной обработки почвы в формировании условий роста и развития сахарной свёклы на черноземах ЦЧР	232
Щеклеина Л. М. Устойчивый к грибным болезням генофонд озимой ржи в агроэкологических условиях Кировской области.....	239
Загоскин М. А., Гущина П. И., Благодатских Я. Ю., Огородникова С. Ю. Влияние микромицета рода <i>Fusarium</i> на биохимические показатели Melissa лекарственной	244

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бабина В. А., Масленникова О. В. Результаты летних учетов орнитофауны устья р. Столбовая и нижнего течения Подкаменной Тунгуски	247
Бекетова М. С., Рябов В. М. Оценка водной среды обитания по стабильности развития некоторых видов рыб Пермского края.....	251
Борняков Г. А., Масленникова О. В. Видовая структура фауны микромаммалий заповедника «Центральносибирский» и сопредельных территорий	254
Зиновьев В. В., Пестов С. В., Герасимова М. Р. Повреждаемость листьев интродуцированных древесных растений вредителями и болезнями в парковых насаждениях г. Кирова.....	257
Култышева К. А., Букина Л. А. Сезонная динамика в питании стерляди (<i>Acipenser rutheni</i> , 1758) среднего течения р. Вятки.....	261
Намозов С. М. Морфологическая характеристика аральской плотвы (<i>Rutilus rutilus aralensis</i>) из оз. Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер Узбекистана.....	265
Панюкова Е. В., Тертица Т. К. Экологические связи кровососущих комаров с растениями	268
Пестов С. В. Разнообразие беспозвоночных на территории Кировской области	272
Пьянкова А. С., Рябов В. М. Новые места обитания позвоночных животных, занесённых в Красную книгу Вологодской области на территории Великоустюгского района.....	275
Сидорова О. П., Масленникова О. В. Половозрастная структура ихтиофауны р. Енисей.....	277
Сурнина Т. А., Аринина А. В. Оценка влияния антропогенной нагрузки на сообщества птиц в различных по степени урбанизации биотопах	281
Сиргалина Д. Р. Динамика <i>Hirundo rustica</i> и <i>Delichon urbicum</i> в г. Казани, г. Орске и Карачаево-Черкесии	286

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФТОРА В ПОЧВАХ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ (ПО ДАННЫМ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА КЛЕВЕРЕ И ПШЕНИЦЕ)

А. С. Шитова¹, Д. Б. Петренко^{1, 2}

¹ Московский государственный областной университет,
grisc.alena@gmail.com

² Геологический институт Российской академии наук

В модельном эксперименте изучено влияние концентраций фтора в почвах на морфологические признаки и биохимические параметры растений на примере клевера (*Trifolium*) и пшеницы (*Triticum*). Установлено, что при увеличении концентрации фтора в почвах от 100 до 10100 происходит закономерное снижение всхожести, биомассы, длины листовой пластины изученных растений. Изменение морфометрических показателей растений становится заметным только при концентрациях фтора в почвах, существенно превышающих предельно допустимые, что делает актуальным поиск биохимических критериев влияния фтора на растения. В качестве одного из перспективных биохимических критериев для оценки воздействия фторидов на растительные организмы рассмотрена возможность использования кислой фосфатазы.

Ключевые слова: фтор, растение, модельный эксперимент, кислая фосфатаза, хлорофилл.

Проблема поведения фтора в окружающей среде и его влияние на элементы биосферы является весьма актуальной в большинстве стран мира. Целый ряд промышленных предприятий являются источниками поступления фторсодержащих соединений в окружающую среду [1, 2]. Соединения фтора оказывают токсическое воздействие на растения, животных и человека, нарушают устойчивость экологических систем [3].

Вопрос о потребности фтора для растительных организмов все еще остается слабоизученным. Вместе с тем, выявлено, что низкие концентрации фтора способны оказывать положительное влияние на рост и развитие растений [4]. В избыточных концентрациях фтор вызывает негативные изменения физиологических, биохимических и морфологических параметров растительных организмов.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния концентраций фтора в почвах на морфологические признаки и биохимические параметры растений в модельном эксперименте на примере клевера (*Trifolium*) и пшеницы (*Triticum*). Они были выбраны в качестве модельных образцов для эксперимента, поскольку являются достаточно типичными для территории Московской области, а также легко доступны в виде семенного материала.

Высадку растений произвели в пластиковые емкости с грунтом, в которые предварительно вносили фторид натрия (NaF). В пересчете на фторид-ион концентрации фтора составили 100, 600, 1100, 2100, 5100, 7600, 10100 мг/кг. За экспериментальными растениями наблюдали в течение 2 месяцев, полив производили дистиллированной водой ежедневно. Для ускорения прорастания и лучшего роста растений использовали их облучение при помощи светодиодных ламп. Все исследования биохимических параметров производили за две недели до сбора экспериментальных растений.

Оценивали количество проросших семян через 10 дней, а также количество растений, погибших в течение первых трех недель после начала эксперимента, и количество оставшихся растений. Оценивали длину и толщину листовых пластинок, наличие хлорозов (табл.).

Таблица

Биометрические показатели растений пшеницы озимой и клевера розового ($n = 5$; $P = 0,95$)

Концентрация фтора в почве (мг/кг)	Кол-во проростков (шт)	Длина листовой пластины (мм)	Толщина листовой пластины (мм)	Кол-во погибших растений (шт)	Кол-во растений с хлорозами (шт)
Пшеница					
10100	30	88,8	0,19	27	–
7600	67	112,5	0,19	25	17
5100	78	133,8	0,20	5	25
2100	87	176,3	0,21	2	10
1100	96	215,5	0,28	2	6
600	91	218,3	0,28	1	8
100	93	221,3	0,31	–	20
Клевер					
10100	37	5,3	0,13	37	–
7600	42	5,7	0,13	27	–
5100	73	6,8	0,14	30	5
2100	84	7,5	0,13	–	–
1100	88	7,6	0,14	–	–
600	87	8,2	0,16	–	–
100	90	8,2	0,14	–	–

Из данных таблицы видна зависимость между повышением концентраций фторид-иона в почве и всхожестью семян и снижением биомассы. Максимальное снижение всхожести относительно контроля отмечено при наибольшем уровне загрязнения фторидами, как для пшеницы, так и для клевера, и составляет 68 и 59% соответственно. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с данными работы [5], в которой на примере пшеницы показано, что повышение концентраций фторидов в почвах до 22 ПДК (2200 мг/кг) вызывает незначительное снижение всхожести семян, а в диапазоне концентраций фтора в почве 22–55 ПДК (2200–5500 мг/кг) происходит существенное снижение всхожести.

Через месяц после начала эксперимента у особей, произрастающих на почвах с концентрацией фторид иона 2100–10100 мг/кг, прослеживалось появление светло-бурых пятен – хлорозов.

Изменение морфометрических показателей как пшеницы, так и клевера становится заметным только при концентрациях фтора в почвах, существенно превышающих предельно допустимые, что делает актуальным поиск биохимических критериев для оценки воздействия фторидов на растения.

Нами исследована зависимость активности кислой фосфатазы (рис. 1) как фермента, наиболее подверженного воздействию фторидов [6, 7], а также концентраций хлорофиллов в листьях (рис. 2, 3).

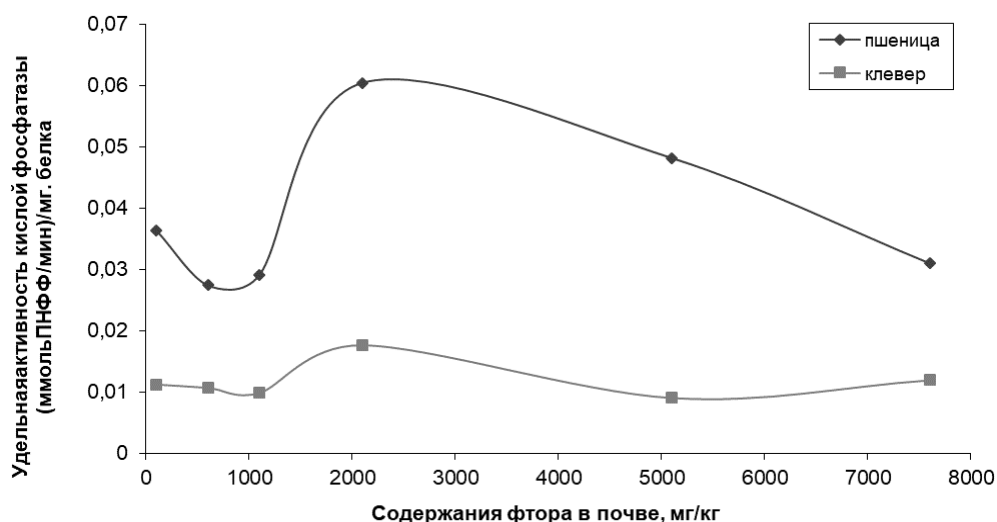


Рис. 1. Зависимость активности кислой фосфатазы от концентрации фтора в почве

Из представленных данных видно, что с ростом концентрации фтора в почве от 100 до 2100 мг/кг активность кислой фосфатазы возрастает, а затем начинает снижаться. Характер полученной зависимости можно объяснить тем, что фториды могут образовывать прочные комплексы с металлами, а в частности с алюминием, находящемся в почвенном растворе, которые являются активаторами ферментной активности [8], поступление фторидов в свободном виде напротив приводит к ингибированию фосфатаз [9]. По всей вероятности, при концентрациях фтора в почве меньше 2000 мг/кг подвижного алюминия достаточно для образования комплекса, а при более высоких концентрациях фторид поступает в растения уже преимущественно в свободном виде.

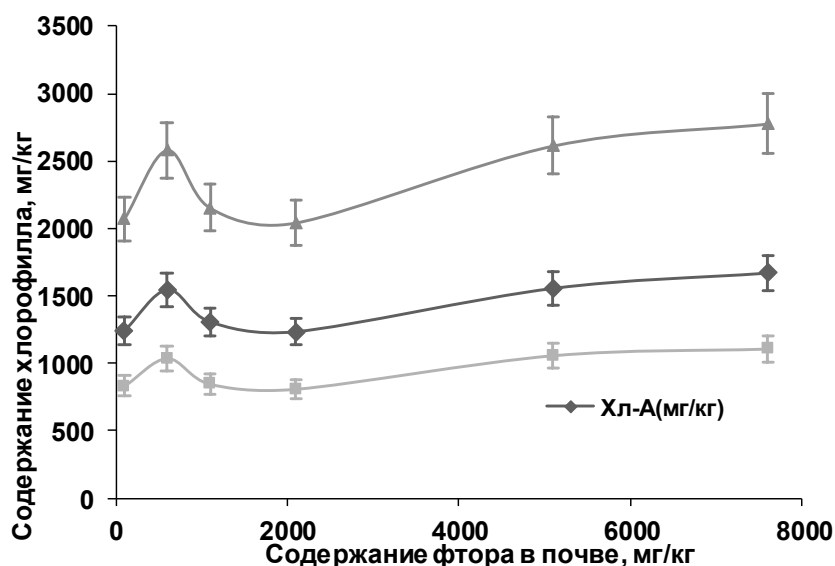


Рис. 2. Содержание хлорофилла в растениях пшеницы при разных концентрациях фтора в почве

Для растений пшеницы не было отмечено существенных изменений в содержании хлорофилла под воздействием фторидного стресса.

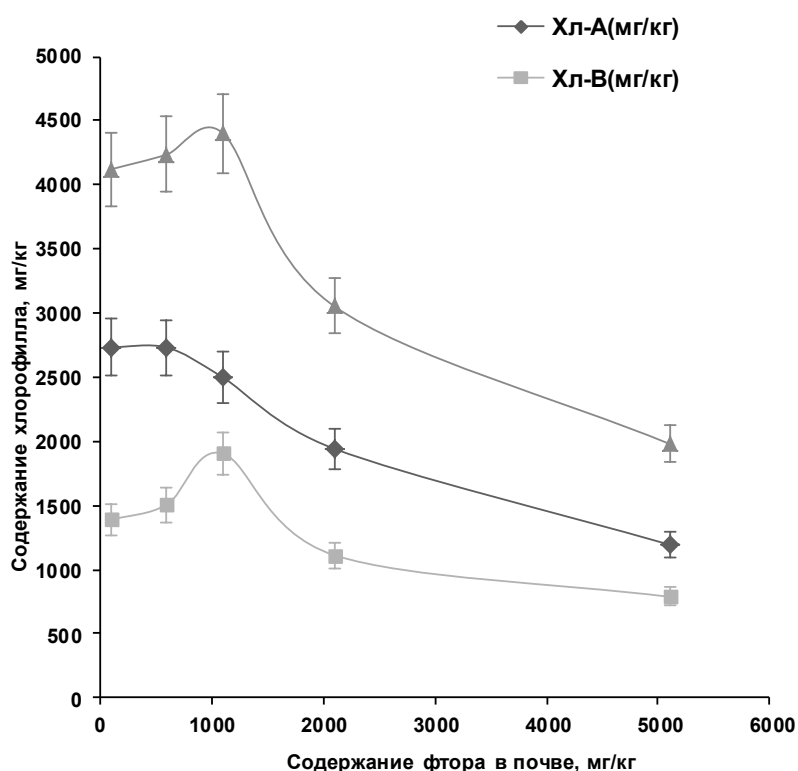


Рис. 3. Содержание хлорофилла в растениях клевера при разных концентрациях фтора в почве

Для растений клевера, увеличение концентраций фторид-иона в почве от 100 до 1100 мг/кг практически не влияет на содержание хлорофилла в рас-

тительных тканях, при дальнейшем увеличении концентраций фторид-иона в почве до 5000 мг/кг наблюдается закономерное снижение хлорофиллов А и В.

Таким образом, в модельном эксперименте на примере пшеницы и клевера установлено, что фторид-ион в почвах с концентрациями 600–10100 мг/кг вызывает угнетающее влияние на прорастание и вегетацию растений. При увеличении концентрации фтора в почвах происходит закономерное снижение всхожести растений, биомассы, длины листовой пластины, а в случае клевера снижение содержания хлорофилла в листьях.

Библиографический список

1. Танделов Ю. П. Фтор в системе почва–растение. Красноярск, 2012. 146 с.
2. Васильев Н. В., Петренко Д. Б. Делокализация фтора в связи с реализацией Монреальского протокола по озонобезопасным фреонам // Вестн. МГОУ. Сер. Естественные науки. 2013. № 5. С. 54–58.
3. Malayeri B. E., Noori M., Jafari M. Using the pollen viability and morphology for fluoride pollution biomonitoring // Biol Trace Elem Res. 2012. Vol. 147. P. 315–319.
4. Изменение эколого-биологических свойств почв юга России при загрязнении фтором / С. И. Колесников, А. А. Попович, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Агрохимия. 2008. № 1. С. 76–82.
5. Соколова Л. Г., Помазкина Л. В. Фитотоксичность агросерой загрязненной фторидами алюминиевого производства почвы и продуктивность яровой пшеницы // Агрохимия. 2014. № 1. С. 75–81.
6. Mondal Naba Kumar Effect of fluoride on photosynthesis, growth and accumulation of four widely cultivated rice (*Oryza sativa* L.) varieties in India // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2017. Vol. 144. P. 48–54.
7. Pinkse W. H., Maarten Merckx, Averill B. A. Fluoride Inhibition of Bovine Spleen Purple Acid Phosphatase: Characterization of a Ternary Enzyme-Phosphate-Fluoride Complex as a Model for the Active Enzyme-Substrate-Hydroxide Complex Martijn // Biochemistry. 1999. Vol. 38. P. 9926–9936.
8. Braig K., Menz R. I., Montgomery M. G. Structure of bovine mitochondrial F(1)-ATPase inhibited by Mg^{2+} ADP and aluminium fluoride // Structure. 2000. Vol. 8. P. 567–573.
9. Schenk G., Elliott T. W., Leung E. Crystal structures of a purple acid phosphatase, representing different steps of this enzymes catalytic cycle // BMC Struct Biol. 2008. C. 8–6.