

УДК 546.16:543.2

В. І. Тригуб, канд. геогр. наук, доц.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
кафедра ґрунтознавства і географії ґрунтів
вул. Дворянська 2, Одеса-82, 65082
grunt.onu@mail.ru

ФТОР У СИСТЕМІ «ГРУНТ-РОСЛИНИ»: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

У статті подається огляд наукової літератури щодо впливу сполук фтору на ріст та розвиток рослин. Аналізується вплив антропогенного навантаження на накопичення фтору в системі «ґрунт-рослини». Встановлено, що зрошення та внесення фосфогіпсу призводить до накопичення активного фтору в чорноземах південних та сільськогосподарських рослинах, що може слугувати допоміжним джерелом його надходження для тварин і людей.

Ключові слова: фтор, чорноземи південні, рослини, екологічні аспекти.

ВСТУП

На сьогодні фтор вважають найбільш небезпечним і фітотоксичним мікрополлютантом серед інших забруднювачів повітря, води, продуктів харчування. Фітотоксичність сполук фтору визначається як екологічними так і біологічними чинниками та фізико-хімічними властивостями самого мікроелемента [10]. Незважаючи на значне розповсюдження фтору в природі, велику хімічну активність його сполук, єдиної думки щодо впливу сполук фтору на ріст і розвиток рослин не існує і дотепер. Окремі дослідники вважають, що фтор є необхідним елементом для рослин, але потреба в ньому дуже низька і визначається, перш за все, видом рослин [20]. За думкою інших [3], фтор не є елементом, необхідним для розвитку рослин. Оскільки сполуки фтору не приймають участі в обміні речовин більшості рослин, то в рослинній клітині не відбувається їх детоксикація, тому і при невеликих концентраціях сполуки фтору можуть мати значну токсичну дію на рослини [6].

Загальної думки дослідників із приводу залежності вмісту фтору в рослинах, від його вмісту в ґрунтах також не вироблено. Природний фтор є важкорозчинним і малодоступним для рослин. Сполуки фтору, які надходять в ґрунт при техногенному забрудненні, навпаки, є легкорозчинні і досить активно накопичуються рослинами [13]. Так, дослідженнями Габовича Р. Д. [4] встановлено, що вміст фтору в рослинах при внесенні в ґрунт суперфосфату 200 кг/га підвищується незначно. При внесенні в ґрунт 1000 кг/га суперфосфату вміст фтору в рослинах значно збільшується [2]. Проте, більшість дослідників вважає, що вміст фтору в рослинах не залежить від його вмісту в ґрунтах. Очевидно, цей висновок не є достатньо обґрунтованим, оскільки дослідники користують-

ся результатами визначення в ґрунтах валового фтору, який є малодоступним для рослин. З огляду на це, *актуальним* є вивчення закономірностей розподілу активного фтору в рослинах у зв'язку із вмістом його в ґрунтах, а також виявлення впливу зрошення та хімічної меліорації на вміст фтору в рослинах. *Об'єктом* вивчення слугували різні види сільськогосподарських рослин, *предметом* – вплив фтору на ріст і розвиток рослин та можливість накопичення його в системі «ґрунт-рослини» при антропогенному забрудненні.

Мета дослідження полягає в аналізі та узагальненні досліджень щодо біологічної ролі фтору та можливості накопичення його сполук в системі «ґрунт-рослини». Для досягнення мети були поставлені наступні завдання: *а)* проаналізувати ступінь вивченості проблеми; *б)* з'ясувати вплив фтору на ріст і розвиток рослин; *в)* встановити закономірності розподілу активного фтору в системі «ґрунт-рослини»; *г)* виявити вплив зрошення та хімічної меліорації на накопичення активного фтору в рослинах.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вирішення поставлених завдань були використані літературні джерела щодо виявлення біологічної ролі фтору та впливу його сполук на ріст і розвиток рослин, а також власні дослідження щодо вмісту фтору в системі «ґрунт-рослини» в умовах зрошення та внесення фосфогіпсу. Об'єктами дослідження були чорноземи південні незрошувані, зрошувані, зрошувані гіпсовані та сільськогосподарські рослини (кукурудза, горох, овес, пшениця). Усі дослідження виконувалися потенціометричним методом із застосуванням F-селективного електрода марки EF-IV.

Для оцінки стійкості системи «ґрунт-рослини» до накопичення та транслокації фтору запропоновано використовувати показник «активного забруднення», який визначається як співвідношення кількості рухомих форм елемента у забрудненому ґрунті до кількості рухомих форм у контрольному ґрунті, а також «коефіцієнт концентрації» – співвідношення концентрації фтору в рослинах, вирощених на забрудненому і незабрудненому ґрунті. Дані показники активно використовуються при визначенні стійкості системи при забрудненні важкими металами [14]. В роботі використані також показники, запропоновані [8] для екологічної оцінки важких металів в системі «ґрунт-рослини»: ґрунтовий бар'єр – відношення показника активного забруднення до показника накопичення хімічного елемента та бар'єр системи «ґрунт-рослини» – відношення показника активного забруднення ґрунту до показника активного забруднення рослин (чи окремих їх органів).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Про фізіологічну дію фтору на ріст і розвиток рослин існує багато суперечливих даних. Так, Школьник М. [21] і Вайнштейн [23], які узагальнили ре-

зультати досліджень про роль фтору в стимулюванні росту рослин, вважають, що необхідність сполук фтору для життєдіяльності і метаболізму рослин односторонньо не визначена. Зокрема, Вайнштейн Л. зазначив, що стимулювання деяких ізоферментів (наприклад, кислої фосфатази або дегідрогенази) після фумігації рослин HF може призводити до інгібування інших ферментів. За даними Власюка П. А. [3], в біологічних дослідженнях фториди є інгібіторами ферментів: фосфоглюкомутази, фосфотази, енолази. Активність фосфоглюкомутази і кислої фосфатази зменшується навіть при досить низьких концентраціях фторидів.

Токсичну дію фтору на рослини можна пояснити інгібуванням багатьох ферментативних систем, що веде до загального розладу обміну речовин. Надлишкова кількість фтору значно зменшує вміст РНК у рослинах. Кількість РНК у кінчику кореня кукурудзи зменшується пропорційно до швидкості росту. Фтор сповільнює поділ і збільшення клітин та затримує ріст коренів. Під впливом фтору в тканинах рослин змінюється співвідношення органічних кислот, збільшується вміст лимонної, бурштинової, яблучної і щавлевої кислоти. Підвищений вміст фтору в атмосфері і ґрунті негативно позначається на транспірації і надходженні води ще до появи помітних пошкоджень. Підвищення інтенсивності загальної транспірації супроводжується поступовим збільшенням частки кутикулярної і зниженням продигової транспірації [23].

Найбільш виражений вплив фтору на метаболізм рослин проявляється в таких реакціях: 1) зменшення темпів поглинання кисню; 2) порушення респіраторної діяльності; 3) зменшення асиміляції (поживних речовин); 4) зменшення вмісту хлорофілу; 5) послаблення синтезу крохмалю; 6) послаблення функції пірофосфатази; 7) зміна метаболізму клітинних органел; 8) пошкодження клітинних мембран; 9) руйнування ДНК і РНК; 10) синтез фторацетата – найбільш токсичного сполучення фтору [10].

Реакції рослин на забруднення фтором, навіть до появи будь-яких симптомів токсичності, проявляються в ослабленні темпів росту, слабкому відтворенні та зниженні врожайності. Найбільш вираженими реакціями рослин на вплив фтору є ушкодження листя (хлоротичне і некротичне), а також плодів. Ці симптоми, так само як і підвищена чутливість поражених фтором рослин до мікробіологічних хвороб, не є специфічними тільки для фтору, вони можуть бути наслідком впливу й інших агентів [23].

За іншими дослідженнями, фтор, внесений у вигляді фтористого натрію, у поєднанні з фосфорними добривами збільшував врожай і цукристість цукрового буряка [4]. При цьому автори висловлювали припущення, що вплив фтору на рослини зумовлений мобілізацією внутрішніх запасів фосфорної кислоти в ґрунтах шляхом зв'язування півтораоксидів. У досліджах Ількана Г. М. [9] фтор, внесений у ґрунт (чорнозем) у вигляді фториду натрію і фториду кальцію, збільшував вагу коренів цукрових буряків і їхню цукристість.

З усього вищенаведеного можна зробити висновок, що необхідність фтору для життєдіяльності рослин на сьогодні остаточно не визначена. Рослини ма-

ють різну здатність переносити несприятливий вплив забруднення фтором. Зазвичай, до стійких рослин відносять спаржу, квасолю, капусту, моркву і вербу, тоді як до чутливих – ячмінь, кукурудзу, гладіолус, абрикос, сосну, модрину. Однак між сортами і генотипами деяких видів визначається значна різноманітність реакції на нагромадження фтору в тканинах, яка залежить від деяких біологічних і природних факторів. За даними Вайнштейна Л. [23], чутливі до впливу фтору рослини ушкоджуються при вмісті його в листі від 20 до 150 мг/кг сухої маси, менш чутливі можуть переносити до 200 мг/кг, а дуже стійкі – не зазнають негативного впливу при вмісті 500 мг/кг.

Розподіл фтору в рослинах вивчають з метою оцінки його небезпеки для тварин, діагнозу ушкоджень рослинності і контролю над забрудненням навколишнього середовища.

Система «грунт-рослини» складається із підсистем, між якими існують тісні ієрархічні зв'язки [7]. Чорноземи південні за геохімічними особливостями належать до кальцієвого класу водної міграції, а ґрунти до кальцій-гумусових степових. Загальновідомо, що з кальцієм фтор утворює важкорозчинні сполуки, тому в них можуть накопичуватися великі кількості фтору при низькій його активності. Проте, зрошення чорноземів півдня України і пов'язане з ним внесення фосфорних добрив, зокрема фосфогіпсу, як хімічного меліоранта зрошуваних ґрунтів, може призвести до накопичення фтору в ґрунтах та рослинній продукції, що з екологічного погляду є надзвичайно актуальною проблемою.

Про інтенсивне накопичення фтору в ґрунті, під час тривалого застосування мінеральних добрив, свідчать численні дані вегетаційних і стаціонарних польових дослідів, які засвідчують також, що збагачення ґрунтів фторвмісними мінеральними добривами веде до збільшення його вмісту у врожаї сільськогосподарських культур [1, 5, 11, 12, 15-19, 22].

Досліди, проведені нами в польових і виробничих умовах, показали, що зрошення та внесення високих доз фосфогіпсу (12 т/га) суттєво підвищують вміст водорозчинного та кислоторозчинного фтору в чорноземах південних. (табл.1).

Вміст активного фтору в соці рослин знаходиться в прямій залежності від його вмісту в ґрунті, але вирізняється індивідуальними особливостями накопичення його сполук як за видами рослин, так і окремими їх органами. Збільшення активного фтору в соці всіх досліджуваних рослин та їх органів при зрошенні та внесенні фосфогіпсу склало: у стеблах – 0,5-2 рази, у коренях – 2,5-4 рази та колосках пшениці – більш ніж у 4 рази. При внесенні гною кількість розчинних форм фтору є нижчою, що можна пояснити зв'язуванням гумусових кислот зі сполуками фтору в важкорозчинні форми.

Для детальнішої характеристики системи «грунт-рослини» нами використані відносні показники забруднення, запропоновані Ільїним В. Б та Степановою М. Д. [8], а саме: показники накопичення і активного забруднення фтору у досліджуваних ґрунтах та ґрунтовий бар'єр, активного забруднення в рослинах і їх органах та бар'єр системи «грунт-рослина».

Таблиця 1

Вміст фтору в ґрунтах і клітинному соці рослин

Варіант досліджу	Вміст фтору в ґрунті (мг/кг)			Фтор в рослинах (мг/л)			
	валовий	кислото-розчинний	водо-розчинний	кукурудза стебло коріння	горох, стебло	овес стебло коріння	пшениця, колоски
Зрошення, контроль Норн. Н	319,2 345,8	13,78 16,63	1,33 1,19	0,06 0,12	0,14	0,11 0,20	0,16
Зрошення+фосфогіпс (12 т/га) Норн. Н	334,4 345,8	19,95 13,54	2,23 2,95	0,12 0,48	0,18	0,15 0,48	0,74
Зрошення+фосфогіпс (12 т/га)+гній (60 т/га) Норн. Н	-	16,07 12,83	1,43 1,38	0,16 0,36	0,15	0,12 0,42	0,29

Показник накопичення фтору на всіх досліджуваних варіантах є нижчим одиниці, що свідчить про незначний вплив валових форм фтору на можливість накопичення його в рослинах (табл.2).

Таблиця 2

Показники накопичення, активного забруднення фтору та ґрунтовий бар'єр системи «чорноземи південні рослини»

Горизонт	Накопичення	Активне забруднення		Ґрунтовий бар'єр	
		1	2	1	2
Зрошення, контроль					
Норн.	0,84	1,90	2,43	2,26	2,89
Н	0,83	1,16	2,74	1,40	3,30
Зрошення, гіпсування (12 т/га)					
Норн.	0,88	3,19	3,52	3,63	4,00
Н	0,83	2,86	2,23	3,45	2,69
Зрошення, гіпсування (12 т/га)+гній (60 т/га)					
Норн.	-	2,04	2,83	-	-
Н	-	1,34	2,11	-	-

Примітка: 1 – водорозчинний фтор, 2 – кислоторозчинний фтор.

Показник активного забруднення ґрунтів розрахований нами для двох рухливих форм фтору: водорозчинного і кислоторозчинного і є вищими одиниці у всіх варіантах (табл. 2). Особливо високими значеннями характеризується орний горизонт на ділянках, де вносився фосфогіпс (3,19-3,25), що свідчить про накопичення в ґрунті сполук фтору, які можуть надходити в харчовий ланцюг.

Показник захисних можливостей ґрунтів (ґрунтовий бар'єр) використовують для порівняння здатності різних ґрунтів зберігати елементи-забруднювачі, які надходять в малорухливій формі або переводити їх у таку форму [8].

Чорноземи південні, насамперед завдяки гумусу і глинистим мінералам, вирізняються значною буферністю, яка певною мірою гальмуватиме рух фтору з ґрунту в рослини. Проте, ґрунт відрізняється від рослинних організмів тим, що він позбавлений здатності повного самовідновлення і самоочищення. А в міру накопичення сполук фтору його властивості, а отже і буферна здатність можуть поступово погіршуватися. Як наведено в таблиці 2, на всіх досліджених варіантах як для водо-, так і кислоторозчинного фтору ґрунтовий бар'єр у кількісному вираженні змінюється від 1,40 до 3,30 при зрошенні та 2,69 – 4,00 при внесенні фосфогіпсу. Внесення фосфогіпсу сприяло значному накопиченню фтору в рослинах, вирощених на удобрених варіантах

Оскільки показник активного забруднення для всіх досліджуваних рослин вищий за одиницю, то кількість фтору, внесеного в ґрунт, може спричинити пригнічення цих рослин, про що особливо свідчать показники активного забруднення кореня кукурудзи і колосся пшениці (4,0 і 4,63 відповідно) та показники активного забруднення стебел – 1,36-2,00 (табл.3).

Таблиця 3

Показники активного забруднення рослин фтором та бар'єр системи ґрунт-рослина

Частина (орган рослини)	Активне забруднення	Бар'єр системи ґрунт – рослина		Активне забруднення	Бар'єр системи ґрунт – рослина	
		1	2		1	2
	Зрошення, гіпсування (12 т/га)			Зрошення, гіпсування (12 т/га)+гній (60 т/га)		
Кукурудза						
стебло	2,0	1,52	1,44	2,67	1,52	1,44
коріння	4,0	0,76	0,72	3,0	0,76	0,72
Горох, стебло	1,29	2,47	2,73	1,07	2,35	2,22
Овес						
стебло	1,36	2,35	2,59	1,09	2,23	2,11
коріння	2,4	1,33	1,47	2,1	1,26	1,20
Пшениця, колоски	4,63	0,69	0,76	1,81	0,65	0,62

Примітка: 1 – водорозчинний фтор, 2 – кислоторозчинний

Показник «бар'єр системи ґрунт-рослина» тісно пов'язаний з буферною здатністю ґрунту і захисними можливостями рослин. Захисні можливості рослин постійні для кожного виду і відновлюються зі зміною генерації. Цей показник сприяє оцінці умов, які виникають у ґрунті та першій ланці харчового ланцюга внаслідок накопичення елемента-забруднювача. Рослинному організму потрібно прикласти більше зусиль, щоб захистити себе від вторгнення небажаного елемента-забруднювача, якщо ґрунт має слабку буферну здатність [8].

Як видно з даних таблиці 3, бар'єр системи ґрунт-рослина, розрахований для водо- і кислоторозчинного фтору, свідчить про різну здатність системи ґрунт-рослина (орган) протистояти забрудненню харчового ланцюга. Вищі можливості таких органів рослин, як стебло, оскільки бар'єр системи для цих органів вищий (1,44–2,67), ніж для коріння – 0,72-1,47 та колосків – 0,62-0,76, що вказує на мінімальну здатність (можливо і нездатність), особливо стебел, протистояти забрудненню фтором.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження засвідчують, що:

1 – незважаючи на значне розповсюдження фтору в природі, велику хімічну активність його сполук, необхідність мікроелементу для життєдіяльності рослин однозначно не визначена;

2 – зрошення та внесення фосфогіпсу призводить до накопичення активного фтору в системі «чорноземи південні-рослини». Вміст активного фтору в соці рослин залежить від його вмісту розчинних форм у ґрунті. В рослинах спостерігається більш інтенсивне накопичення фтору, ніж у ґрунті;

3 – досліджені сільськогосподарські рослини та їх органи мають різну здатність протистояти забрудненню харчового ланцюга.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барановский А. З. Накопление фтора в биологических объектах при длительном применении фосфорных удобрений на торфяно-болотных почвах [Текст] / А. З. Барановский, Л. И. Панкратская // *Агрохимия*. – 1992. – № 12. – С. 27-34.
2. Виноградов А. П. Микроэлементы в жизни растений и животных [Текст] / А. П. Виноградов. – М.: Наука, 1952. – 80 с.
3. Власюк П. А. Биологические элементы жизнедеятельности растений [Текст] / П. А. Власюк. – К.: Наукова думка, 1969. – 516 с.
4. Власюк П. А. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине [Текст] // П. А. Власюк, В. Н. Мишко. – К.: Наукова думка, 1967. – 420 с.
5. Гоголев И. Н. Накопление фтора в почвах и растениях на юго-западе Украины [Текст] / И. Н. Гоголев, В. И. Тригуб // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 1992. – № 1. – С. 28-29.
6. Гришко В. Н. Функционирование глутатионзависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора [Текст] / В. Н. Гришко, Д. В. Сыщиков. – НПП «Издательство» Наукова Думка» НАН Украины. – 2012. – 239 с.
7. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина [Текст] / За редакцією Фатєєва А. І., Самохвалової В. Л. – Харків: КП «Міськдрук». – 2012. – 146 с.
8. Ильин В. Б. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение [Текст] / В. Б. Ильин, М. Д. Степанова // *Почвоведение*. – 1979. – № 11. – С. 61-67.

9. Илькун Г. М. Накопление и передвижение фтористых соединений в почвах [Текст] / Г. М. Илькун, В. В. Мотрук // Растения и промышленная среда. – Киев. – 1976. – С. 72-85.
10. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас: Пер. с англ. – М.: Мир. – 1989. – С. 306-316.
11. Крейдман Ж. Е Фтор в почвах Молдовы [Текст] / Ж. Е. Крейдман. – Кишинев: Штиинца. 1992. – 160 с.
12. Кудзин Ю. К. О содержании фтора в почве и растениях при длительном применении удобрений [Текст] / Ю. К. Кудзин, В. Г. Пашова // Почвоведение. – 1970. – № 2. – С. 30-35.
13. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст]: учеб. пособие для хим., хим.-технол. и биол. спец. вузов / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – М.: Высш. Шк. – 2002. – 334 с.
14. Оцінка стійкості агроландшафтів і ґрунтів до впливу зрошення [Текст]: рекомендації / С. А. Балюк, В. Я. Ладних, Л. І. Воротинцева, О. А. Недоцюк, Г. А. Верніченко. – Харків. – 2013. – 48 с.
15. Пашова В. Т. Накопление фтора в почве и сельскохозяйственных растениях при длительном применении суперфосфата [Текст] / В. Т. Пашова // Интенсификация сельскохозяйственного производства и проблемы защиты окружающей среды. – М.: Наука. – 1980. – С. 84-90.
16. Потатуева Ю. А. Поступление фтора из удобрений в растения и влияние его на урожай [Текст] / Ю. А. Потатуева, М. Н. Капаева // Химия в сельском хозяйстве. – 1978. – Т. 16. – № 9. – С. 40-47.
17. Семендяева Н. В. Влияние фтора и фосфора на урожай и химический состав овса возделываемого на солонцах [Текст] / Н. В. Семендяева, Л. А. Жеронкина // Агрехимия. – 1988. – № 4. – С. 57-63.
18. Танделов Ю. П. Фтор в системе почва-растение [Текст] / Ю. П. Танделов – М.: МГУ. – 1997. – 78 с.
19. Тригуб В. І. Фтор у чорноземах південного заходу України [Текст]: монографія / В. І. Тригуб, С. П. Пожняк. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. – 2008. – 148 с.
20. Фтор и фториды. Гигиенические критерии состояния окружающей среды [Текст]. – М.: Медицина. – 1989. – 114 с.
21. Школьник Н. Я. Микроэлементы в жизни растений [Текст] / Н. Я. Школьник. Л.: Наука. – 1974. – 323 с.
22. Thompson L. K. Fluoride accumulations in soil and vegetation in the vicinity of a phosphorus plant / L. K. Thompson, S. S. Sidhu, B. A. Roberts // Environmental. Pollution. – 1979. – Vol. 18. – N 3. – P. 221-234.
23. Weinstein L. H. Fluoride and plant life. / L. H. Weinstein // Journal of Occupational Health Medicine. – 1977. – Vol. 19. – N 4. – P. 147-162.

REFERENCES

1. Baranovskiy, A.Z., Pankrutskaya, L.I. (1992), «Accumulation of fluorine in biological objects with prolonged use of phosphate fertilizers on peat soils» [Nakoplenie flora v biologicheskikh ob'ektakh pri dlitelnom primenenii fosfornykh udobreniy na torfyano-bolotnykh pochvakh], *Agricultural Chemistry*, No. 12, pp. 27-34.
2. Vinogradov, A.P. (1952), *Microelements in plants and animals life* [Mikroelementy v zhyzni rasteniy i zhyvotnykh], Nauka, Moscow, 80 p.
3. Vlasyuk, P.A. (1969), *Biological elements of plants life* [Biologicheskkiye elementy zhyznedeyatel'nosti rastiniy], Scientific thought, Kiev, 516 p.
4. Vlasyuk, P.A., Mitsko, V.N. (1967), *Microelements in agriculture and medicine* [Mikroelementy v sel'skom khozyaystve i meditsyne], Scientific thought, Kiev, 420 p.
5. Gogolev, I.N., Trigub, V.I. (1992), «Accumulation of fluorine in soils and plants in south-west Ukraine» [Nakopleniye flora v pochvakh i rasteniyakh na yugo-zapade Ukrainy], *Irrigation and Water Management*, No. 1, pp. 28-29.
6. Grishko, V.N., Syshchikov, D.V. (2012), *Funktioning of glutathione-depent antioxidant system and the resistance of plants under the influence of heavy metals and fluorine* [Funksyonirovaniye glutationzavisimoy antioksidantnoy sistemy i ustoychivost' rasteniy pri deystvii tyazholykh metallov i flora], NPP «Publishing office «Scientific thought» NAS of Ukraine», Kiev, 239 p.
7. Fateev, A.I., Samokhvalova, V.L. (2012), *Diagnostics of the chemical elements of the soil-plant system* [Dignostyka stanu khimichnykh elementiv systemy grunt-roslyna], KP «Miskdruk», Kharkiv, 146 p.
8. Il'in, V.B., Stepanova, M.D. (1979), «Relative indicators of pollution in soil-plant system» [Otnositel'nye pokazateli zagryazneniya v sisteme pochva-rasteniye], *Soil Science*, No. 11, pp. 61-67.
9. Il'kun, G.M., Motruk, V.V. (1976), «Accumulation and movement of fluorine compounds in soil» [Nakopleniye i prodvizheniye floristykh soedineniy v pochvakh], *Plants and industrial environment*, pp.72-85.
10. Kabata-Pendias, A., Pendias, Kh. (1989), «Microelements in soils and plants» Trans. from Eng. [Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh]. Per. s angl., Mir, Moscow, pp. 306-316.
11. Kreydman, Zh. E. (1992), *Fluorine in soils of Moldova* [Ftor v pochvakh Moldovy], Shtiintsa, Kishinev, 160 p.

12. Kudzin, Yu. K., Pashova, V.G. (1970), «About content of fluorine in soil and plants with prolonged use of fertilizers» [O sodержanii flora v pochve i rasteniyakh pri dlitel'nom primenenii udobreniy], *Soil Science*, No. 2, pp. 30-35.
13. Orlov, D.S., Sadovnikova, L.K., Lozanovskaya I. N. (2002), *Ecology and biosphere protection at chemical pollution [Ekologiya i okhrana biosfery pri khimicheskoy zagryaznenii: uchebnoye posobiye dlya khim., khim.-tekhmol. i biolog. spetsvuzov]*, Higher School, Moscow, 334 p.
14. Baluk, S.A., Ladnykh, V.YA., Vorotyntseva, L.I., Nedotsuk, O.A., Vernichenko, G.A. (2013), *Resistance rating of agricultural landscapes and soils to the influence of irrigation [Otsinka stiykosti agrolandshaftiv i gruntiv do vplyvu zroshenya. Rekomendatsii]*, Kharkiv, 48 p.
15. Pashova, V.T. (1980), «Accumulation of fluorine in soil and agricultural plants while prolonged application of superphosphate» [Nakopleniye flora v pochve i sel'skokhozyaystvennykh rasteniyakh pri dlitel'nom primenenii superfosfata], *Intensification of agricultural production and environmental problems*, Nauka, Moscow, pp. 84-90.
16. Potatueva, Yu.A., Kapaeva, M.N. (1978), «Intake of fluorine from fertilizer in plants and its influence on crop» [Postupleniye flora iz udobreniy v rasteniya i vliyaniye ego na urozhay] *Chemicals in agriculture*, V.16, No. 9, pp. 40-47.
17. Semendyaeva, N.V., Zheronkina, L.A., (1988) «Influence of fluorine and phosphorus on harvest and chemical composition of oats cultivated in solonchetses » [Vliyaniye flora i fosfora na urozhay i khimicheskii sostav ovsa vozdeleyvaemogo na solonchaksakh], *Agricultural chemistry*, No. 4, pp.57-63.
18. Tandelov, Yu.P., (1997), *Fluorine in system soil-plant [Ftor v sisteme pochva-rasteniye]*, MSU, Moscow, 78 p.
19. Trigub, V.I., Poznyak, S.P. (2008), *Fluorine in black soils of south-west Ukraine [Ftor u chornozemakh pivdenogo zakhodu Ukrainy: Monografiya]*, Publishing Center of L'viv national University named after Ivan Franko, L'viv, 148 p.
20. *Fluorine and fluorides. Hygiene criteria of environment* (1989), [Ftor i floriidy. Gigienicheskiye kriterii sostoyaniya okruzhayushchey sredy], Medicine, Moscow, 114 p.
21. Shkol'nik, N. Ya., (1974), *Microelements in plants life [Mikroelementy v zhyzni rasteniy]*, Nauka, Leningrad, 323 p.
22. Thompson, L.K., Sidhu, S.S., Roberts, B.A. (1979), «Fluoride accumulations in soil and vegetation in the vicinity of a phosphorus plant», *Environmental. Pollution*, Vol. 18, No. 3, pp. 221-234.
23. Weinstein, L.H. (1977), «Fluoride and plant life», *Journal of Occupational Health Medicine*, V. 19, No. 4, pp. 147-162.

Надійшла 05.08.2014

В. И. Тригуб, канд. геогр. наук, доцент
Одесский нац. университет им. И. И. Мечникова,
ул. Дворянская 2, Одеса-82, 65082
grunt.onu@mail.ru

ФТОР В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЯ» : ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Резюме

В статье представлен обзор научной литературы относительно влияния соединений фтора на рост и развитие растений. Анализируется влияние антропогенного фактора на накопление фтора в системе «почва-растения». Установлено, что орошение и внесение фосфогипса способствует накоплению активного фтора в черноземах южных и сельскохозяйственных растениях, что может служить дополнительным источником его поступления для животных и людей.

Ключові слова: фтор, черноземы южные, растения, экологические аспекты.

Valentine I. Trigub

Odessa I. I. Mechnikov National University,
Department of Soil science and Geography of soils,
Dvorianskaya st., 2, Odessa-82, 65082, Ukraine
grunt.onu@mail.ru

**FLUORINE IN THE «SOIL-PLANTS» SYSTEM:
ECOLOGICAL ASPECTS**

Abstract

Despite the significant distribution of fluorine in nature, great chemical activity of its compounds, the need for micronutrients to plant life is not determined uniquely. Does not exist also general views of researchers about the dependence of the fluorine content in the plants from its contents in the soil. In view of this very actual is the study of patterns of distribution of the fluorine in plants due to its content in the soil, and identifying the impact of irrigation and chemical reclamation on fluorine content in the «soil-plant» system. The object of the study were a different species of plants, the subject – the impact of fluorine on the growth and development of plants and the possibility of accumulation of microelement in the «soil-plant» system under anthropogenic pollution. The aim of the article – to summarize scientific sources on the biological role of fluorine and its compounds possibility of accumulation in the «soil-plant» system. To achieve the aim were posed next tasks: a) to analyze the degree of knowledge of the problem; b) clarify the impact of fluorine on the growth and development of plants; c) establish the patterns of distribution of the fluorine in the «soil-plant» system; d) identify the impact of irrigation and chemical reclamation on active fluorine accumulation in plants. Conducted studies found that irrigation and putting of phosphogypsum leads to the accumulation of active fluorine in Southern chernozems and agricultural plants that can serve as an auxiliary source of income for animals and humans that from ecological point of view is extremely urgent problem.

Keywords: fluorine, Southern chernozems, plants, ecological aspects.