



АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ *ZEА MAYS* L. І *PISUM SATIVUM* L. ЗА ДІЇ СПОЛУК ФТОРУ

Віталій М. Гришко

Анотація. Досліджено вплив фтору в концентраціях 5, 10, 50 і 100 мг/л на формування кореневої системи у *Zea mays* L. і *Pisum sativum* L. Встановлено істотніший вплив фтору на формування кореневої системи *P. sativum*, ніж *Z. mays* як на рівні морфологічної (довжина головного кореня, його вага, кількість бічних коренів), так і анатомічної (гістологічні елементи корової частини і центрального циліндру) будови.

Ключові слова: *Zea mays*, *Pisum sativum*, коренева система, морфологія, анатомія, фтор

Криворізький ботанічний сад НАН України, вул. Маршаків 50, 50089, Кривий Ріг, Україна; vit.grishko@mail.ru

Вступ

Надходження в навколишнє середовище різних сполук фтору останніми роками зростає. В Україні сьогодні значні кількості цього елемента потрапляють до ґрунту з повітряними емісіями підприємств по виробництву скла, алюмінію і феросплавів (Гришко 1997, 2009). Необхідно також враховувати, що сполуки фтору (зокрема HF) є доволі токсичними для рослин, а їх вплив на останні повною мірою ще не вивчений. Враховуючи важливу роль кореня в надходженні фтору в рослини, нам було важливо оцінити його дію на формування кореневої системи однодольних і дводольних рослин.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на проростках *Zea mays* L. і *Pisum sativum* L., які вирощували на поживному розчині (середовище Кнопа) який містив $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 1,0 г/л; KH_2PO_4 – 0,25 г/л; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,25 г/л; Fe_2Cl_3 – 0,025 г/л. Рослини вирощували протягом 30 днів у водній культурі у вегетаційних контейнерах при природному рівні освітлення і температурі повітря 20-25°C. Експеримент проводився в п'яти варіантах: контроль (поживне середовище Кнопа); середовище Кнопа + 5 мг F/л; середовище Кнопа + 10 мг F/л; середовище Кнопа + 50 мг F/л; середовище Кнопа + 100 мг F/л. Джерелом фтору слугував NaF. У кожному варіанті використовували по 60 рослин. Вимірювання головного кореня, сирої і сухої ваги надземної частини і кореневої системи проводили загальноприйнятим гравіметричним

методом (Третьяков *и др.* 1990). Індекс ростового інгібування (PI) розраховували як відсоток відношення різниці ваги кореневої системи контрольних проростків і ваги кореневої системи проростків за впливу токсиканта до ваги відповідного органу контрольних рослин (Leita *et al.* 1993), а кореневий індекс (KI) – як відношення довжини кореня за впливу токсиканта до його довжини в контролі (Wilkins 1978). Вивчення анатомічної будови кореня проводили загальноприйнятими методами на фіксованих препаратах з використанням мікроскопа Мікмед-2 (Барькіна *и др.* 2000).

Результати та їх обговорення

Отримані результати свідчать, що мінімальна концентрація фтору не призводить до зменшення довжини головного кореня *Z. mays*, тоді як у *P. sativum* вона знижується на 19% (Табл. 1). За концентрації 10 мг F/л відмічено зменшення довжини головного кореня у обох видів. Проте, якщо у *Z. mays* довжина кореня зменшувалась на 20% по відношенню до контролю, то у *P. sativum* – на 54%. Аналогічна закономірність характерна і при вищих концентраціях фтору. Найбільший негативний ефект зафіксований при вирощуванні рослин на поживному розчині з максимальним змістом фтору. Так, в цьому варіанті дослідів значення KI у *Z. mays* становили 0,32, тоді як у *P. sativum* – 0,24. Також у *P. sativum* зменшувалась на 44% довжина бічного кореня і в 1,8 разів їх кількість. Проте необхідно відзначити, що темпи зниження сирої і сухої ваги кореневої системи проростків *Z. mays* були більшими, ніж у *P. sativum*. Наведені результати підтверджуються

Табл. 1. Деякі морфо-анатомічні показники будови коренів за дії NaF.

Table 1. Some morpho-anatomical indexes of roots structure under NaF action.

Таблиця. Деякі морфо-анатомічні показники будови коренів за дії NaF					
Варіанти досліджу	Довжина кореня, см	Вага кореневої системи, мг с.р.	KI	IPi	Діаметр кореня, мкм
<i>Zea mays</i>					
Контроль	18,2 ± 0,4	164,3 ± 6,7	-	-	92,6 ± 0,7
5 мг F/л	17,2 ± 0,6	184,5 ± 11,5	0,95	-12,3	91,7 ± 0,6
10 мг F/л	14,7 ± 0,7*	157,8 ± 9,1	0,81	3,96	91,3 ± 0,4
50 мг F/л	11,9 ± 0,5*	131,7 ± 5,1*	0,65	19,8	91,0 ± 0,5
100 мг F/л	5,8 ± 0,3*	72,4 ± 4,8*	0,32	55,9	92,6 ± 0,4
<i>Pisum sativum</i>					
Контроль	5,4 ± 0,3	269,3 ± 12,3	-	-	200,6 ± 2,8
5 мг F/л	4,4 ± 0,3*	363,6 ± 13,1*	0,81	-35	175,4 ± 1,7*
10 мг F/л	2,5 ± 0,1*	332,3 ± 20,3*	0,46	-23,4	172,4 ± 2,2*
50 мг F/л	1,8 ± 0,1*	219,5 ± 18,7*	0,33	18,5	160,3 ± 1,0*
100 мг F/л	1,3 ± 0,1*	195,5 ± 10,1*	0,24	27,4	143,6 ± 2,5*

Примітка: * – статистично достовірна відмінність від контролю при $p < 0,05$; с.р. – сира речовина.

Note: * – statistically significant difference at the level $p < 0,05$; с.р. – damp matter.

у два рази більшими значеннями IPi для *Z. mays*.

Рослини проходять послідовні етапи онтогенезу на яких реалізується взаємодія всіх органів, що знаходить свій прояв у зміні показників росту як кореневої системи проростків, так і їх надземної частини. При вирощуванні на поживному середовищі з концентрацією токсиканта 5 і 10 мг F/л у *Z. mays* не відбувається зміни висоти надземної частини рослин і її ваги. Збільшення кількості токсиканта до 50 мг F/л призводить до зниження на 20% висоти рослин і на 25-30% – ваги їх надземної частини. Максимальна концентрація фтору найбільшою мірою інгібує формування як кореневої системи, так і надземної частини у *Z. mays* і *P. sativum*.

На проходження рослинами відповідних періодів онтогенетичного розвитку певною мірою впливають умови навколишнього середовища, які вирішальним чином позначаються як на загальних вікових змінах, так і на формуванні анатомічної будови певних органів. Проведені модельні експерименти по впливу фтору на первинну будову кореня *Z. mays* показали, що суттєві зміни відбуваються тільки в структурі деяких елементів центрального циліндра кореня. Так, діаметр кореня навіть за максимальної концентрації

фтору статистично достовірно не відрізнявся від контролю (Табл. 1). Також не зафіксовано змін діаметру центрального циліндра кореня і таких показників його гістологічних будови, як кількості ксилемних променів, елементів флоєми і їх розмірів. Встановлена лише закономірність зміни на 10% діаметру судин ксилеми.

Більш суттєві зміни анатомічної будови кореня спостерігались у *P. sativum*. Так, вже за мінімальної концентрації фтору корінь мав на 14% менший діаметр. При вирощуванні рослин на середовищі Кнопа з концентрацією токсиканта 100 мг F/л діаметр кореня знижується на 20% (Табл. 1). В усіх варіантах досліджу у коренів проростків формувалася перидерма з одного шару клітин, проте їх розміри зменшувались на 13%. Ширина корової частини кореня *P. sativum* за максимальної концентрації фтору зменшувалась на 29%.

Висновки

Отримані дані дозволяють зробити припущення, що фтор пригнічує метаболічну активність кореня дводольних рослин більшою мірою, ніж однодольних рослин. Адже через клітини корової паренхіми відбувається активний і пасивний транспорт

до центрального циліндру кореня речовин, поглинутих ризодермою з ґрунту, а також у них утворюються і накопичуються запасні поживні речовини. Істотні зміни відбуваються і в будові центрального циліндра кореня *P. sativum*, в якому формується три колатеральні відкриті пучки. Так, розміри ділянок склеренхіми, розташованої над провідними пучками у контрольних рослин однакові, тоді як під впливом фтору формується одна або дві ділянки склеренхіми з меншими розмірами, а розмір крупних судин ксилеми зменшується в 1,4 рази.

Отже виконані дослідження дозволяють зробити висновок про істотніший вплив фтору на формування кореневої системи *P. sativum*, ніж *Z. mays* як на рівні морфологічної, так і анатомічної будови.

Робота частково виконана за проектом № 36-11 «Транслокація важких металів і фтору в системі «ґрунт-рослина» та підвищення стійкості рослин за дії абіотичних факторів» цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища.

Використані джерела

- БАРЫКИНА Р.П., ВЕСЕЛОВА Т.Д., ДЕВЯТОВ А.Г. 2000. Основы микротехнических исследований в ботанике. Справочное руководство. Изд-во МГУ, Москва.
- Гришко В.Н. 1997. Фториды в почвах геохимической техногенной аномалии. *Доповіді Національної академії наук України* 10: 132–137.
- Гришко В.М. 2009. Рівень толерантності рослин до сполук фтору та вміст низькомолекулярних антиоксидантів. В: МОРГУН В.В. (ред.). *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. 2: 283–290. Логос, Київ.
- ТРЕТЬЯКОВ Н.Н., КАРНАУХОВА Т.В., ПАНИЧКИН Л.А. 1990. Практикум по физиологии растений. Агропромиздат, Москва.
- LEITA L., NOBILI M.D., MONDINI C. & GARCIA M.T.B. 1993. Response of Leguminosae to cadmium exposure. *J. Plant Nutr.* 16: 2001–2012.
- WILKINS D.A. 1978. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. *New Phytol.* 80: 62–633.

ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF *ZEA MAYS L.* AND *PISUM SATIVUM L.* ROOT SYSTEM FORMING UNDER ACTION OF FLUORINE COMPOUNDS

VITALIY M. GRYSHKO

Abstract. It has studied the fluorine influence in concentrations 5; 10; 50 і 100 mg/l on the forming of *Zea mays L.* and *Pisum sativum L.* root system. It has well-proven the greater influence of fluorine on forming of *P. sativum* and *Z. mays* root system both at the morphological level (length of main root, its weight, amount of lateral roots) and anatomical (histological elements of bark part and central cylinder) structure.

Key words: *Zea mays*, *Pisum sativum*, root system, morphology, anatomy, fluorine

Kryvyi Rig Botanical Garden NAS of Ukraine, Marshaka Str., 50, Kryvyi Rig, 50089, Ukraine; vit.grishko@rambler.ru