

УДК 577.4:581.1

В. Н. Гришко

*Криворожський ботаничний сад НАН України*

## **ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ФТОРИДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ**

Вивчено токсичність фтористого натрію, калію та амонію на горох посівний, кукурудзу, овес та цибулю. Встановлено, що рівень токсичного впливу збільшується зі зростанням концентрації фтору у середовищі вирощування (від 5 до 100 мг F<sup>-</sup>/л). За зростанням токсичного впливу сільськогосподарські культури розташовуються в наступний ряд: овес < цибуля < кукурудза < горох. Фтористий амоній проявляє меншу токсичність, ніж фтористий калій та натрій. За низьких концентрацій сполук фтору (5 і 10 мг F<sup>-</sup>/л) лише у вівса відмічено стимулювання росту кореневої системи.

V. N. Grishko

*Kryvyi Rig Botanical Garden NAS of Ukraine*

## **EVALUATION OF TOXIC ACTION OF FLUORIDES ON AGRICULTURAL PLANTS**

The toxicity of potassium fluoride, sodium fluoride and ammonium fluoride for pea, maize, oat and onion was studied. It was found that the level of the toxic influence had grown with increase of fluoride concentration in the media of growth (from 5 to 100 mg of F<sup>-</sup>/l). By increase of the toxic influence the agricultural crops are disposed in the following row: oat < onion < maize < pea. Ammonium fluoride demonstrates lesser toxicity, than potassium and sodium fluorides. Under low concentrations of fluoride compounds (5 and 10 mg of F<sup>-</sup>/l) stimulation of roots growth is noted only for the oat.

### **Введение**

Показанные изменения интенсивности прорастания семян при действии различных соединений фтора были основанием для исследования степени толерантности растений к действию фторидов [3–5]. Одними из наиболее общих и интегральных показателей токсического влияния избыточных концентраций различных веществ (в частности тяжелых металлов) на растения являются уменьшение их биомассы и снижение интенсивности ростовых процессов [1; 8–11; 14]. К показателям, по которым предложено оценивать изменение биомассы растений, можно отнести индексы толерантности (ИТ) и ростового ингибирования (ИРИ). Влияние различных соединений на рост растений оценивают, как правило, по изменению прироста корневой системы (корневой индекс – КИ). Приведенные выше индексы эффективно применяются при определении степени толерантности растений к негативному влиянию тяжелых металлов [2; 12; 13; 15]. Однако для оценки негативного влияния фтора и устойчивости растений к действию разных его соединений эти показатели не использовались. Поэтому цель работы состояла в оценке степени токсичности соединений фтора на растения с использованием корневого индекса.

## Материал и методы исследований

Объектами исследований были семена кукурузы гибрида Днепровский 310, гороха посевного сорта Норд, овса посевного гибрида Пи-2 и лука репчатого сорта Каратальский. В лабораторном опыте семена проращивались 10 суток в пластиковых чашках Петри на растворах фтористого натрия, калия и аммония, содержащих 5, 10, 50, 80 и 100 мг  $F^-$ /л при температуре +24...+25°C. Контролем служили семена, пророщенные на дистиллированной воде. Индекс ингибирования роста корней рассчитывали как соотношение длины главного корня при действии токсиканта к его длине у контрольных растений [15]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили общепринятыми методами параметрической статистики на 95 % уровне значимости [6].

## Результаты и их обсуждение

Наименьшую толерантность среди сельскохозяйственных культур к соединениям фтора проявляет горох посевной. Он не растет на максимальной концентрации исследованных соединений фтора. При действии всех соединений фтора в концентрации 80 мг/л прирост корневой системы уменьшался практически одинаково (табл.).

Фтористый натрий в указанной выше концентрации подавлял рост на 83 %, фтористый калий и аммоний – на 85 и 80 % соответственно. Аналогичная закономерность наблюдалась и при меньшей концентрации (50 мг/л). Следовательно, горох имеет одинаковую толерантность к действию исследованных высоких концентраций соединений фтора. Наряду с этим горох имеет различную толерантность к действию низких концентраций соединений фтора. Наименьшую устойчивость проявляли проростки к фтористому калию. Значение корневого индекса в варианте опыта с использованием 10 мг/л фтористого калия составляло 0,54, тогда как в аналогичных вариантах с фтористым аммонием и натрием – 0,67 и 0,84 соответственно. Такая закономерность характерна и для минимальных концентраций соединений фтора.

Наибольший токсический эффект на лук репчатый оказывала максимальная концентрация фтористого калия: прирост главного корня уменьшался более чем на 50% (см. табл.). Вместе с этим нами не установлено влияние катиона соединений фтора на интенсивность роста корневой системы лука при действии других концентраций: значения КИ находились практически на одном уровне в аналогичных вариантах опытов. У проростков при воздействии 50 мг/л фтористого натрия, калия и аммония корневой индекс составлял соответственно 0,72, 0,76 и 0,79.

Исследование развития корневой системы овса посевного при действии разных соединений фтора показало, что наибольшую токсичность проявляют высокие концентрации (80 и 100 мг/л) изученных соединений фтора. В большей мере эта закономерность характерна для фтористого калия (длина главного корня уменьшалась на 47–50%), хотя фтористый натрий в максимальной концентрации в несколько большей мере угнетает рост главного корня, чем предыдущее соединение фтора.

Вместе с этим проведенные эксперименты позволили установить, что у овса низкие концентрации соединений фтора (5 и 10 мг/л) стимулируют рост главного корня. Причем, если для фтористого калия это явление наблюдается только при действии 5 мг  $F^-$ /л, то для фтористого натрия – 5 и 10 мг/л, а фтористого аммония – 5, 10 и 50 мг/л. Однако минимальная концентрация фтористого калия в большей мере стимулирует рост главного корня овса, чем все другие соединения. Под влиянием 5 мг/л фтористого калия длина главного корня увеличивается в 2, тогда как фтористого аммония и натрия – в 1,7 раза. Аналогичная закономерность проявляется иногда при действии тяжелых

металлов, которые в низких концентрациях могут выступать в роли стимуляторов роста как надземной части растений, так и их корневой системы [7; 14].

Таблица

**Изменение длины корня и корневого индекса у проростков при действии различных соединений фтора ( $n = 85$ )**

Вариант опыта	Длина главного корня, см		КИ	Длина главного корня, см		КИ
	$M \pm m$	$t$		$M \pm m$	$t$	
	Горох посевной			Кукуруза		
Контроль	2,0±0,19	–	1,00	8,7±0,42	–	1,00
NaF 5 мг F/л	2,0±0,16	0,0	1,01	5,2±0,22	7,4	0,60
NaF 10 мг F/л	1,7±0,17	1,2	0,84	3,9±0,19	10,3	0,45
NaF 50 мг F/л	0,9±0,13	4,5	0,47	0,5±0,05	19,3	0,06
NaF 80 мг F/л	0,3±0,07	8,0	0,17	0,4±0,03	19,8	0,04
NaF 100 мг F/л	–	–	–	0,2±0,04	20,2	0,02
KF 5 мг F/л	1,5±0,14	1,8	0,78	2,0±0,15	15,0	0,23
KF 10 мг F/л	1,1±0,1	4,2	0,54	1,8±0,14	15,6	0,20
KF 50 мг F/л	0,9±0,08	5,2	0,46	0,4±0,05	19,7	0,04
KF 80 мг F/л	0,3±0,10	7,8	0,15	0,3±0,04	19,8	0,04
KF 100 мг F/л	–	–	–	0,2±0,04	20,2	0,02
NH <sub>4</sub> F 5 мг F/л	1,7±0,18	1,1	0,85	0,9±0,04	18,5	0,10
NH <sub>4</sub> F 10 мг F/л	1,3±0,11	3,0	0,67	0,7±0,04	18,8	0,09
NH <sub>4</sub> F 50 мг F/л	0,8±0,07	5,6	0,42	0,6±0,05	19,2	0,07
NH <sub>4</sub> F 80 мг F/л	0,4±0,11	7,2	0,20	0,4±0,03	19,8	0,04
NH <sub>4</sub> F 100 мг F/л	–	–	–	0,2±0,03	20,2	0,02
	Овес посевной			Лук репчатый		
Контроль	2,6±0,21	–	1,00	0,86±0,06	–	1,00
NaF 5 мг F/л	4,6±0,40	4,4	1,78	0,77±0,04	1,1	0,90
NaF 10 мг F/л	3,8±0,30	3,5	1,49	0,71±0,05	1,8	0,83
NaF 50 мг F/л	3,0±0,22	1,6	1,19	0,62±0,04	3,3	0,72
NaF 80 мг F/л	2,2±0,19	1,4	0,85	0,50±0,03	5,2	0,58
NaF 100 мг F/л	1,1±0,10	6,6	0,41	0,43±0,03	6,1	0,50
KF 5 мг F/л	5,2±0,36	6,5	2,04	0,84±0,05	0,2	0,98
KF 10 мг F/л	3,9±0,22	4,5	1,53	0,76±0,04	1,3	0,89
KF 50 мг F/л	1,7±0,11	3,8	0,65	0,65±0,05	2,7	0,76
KF 80 мг F/л	1,4±0,16	4,5	0,54	0,53±0,05	4,1	0,62
KF 100 мг F/л	1,3±0,13	5,4	0,49	0,40±0,03	6,8	0,47
NH <sub>4</sub> F 5 мг F/л	4,3±0,37	4,1	1,67	0,99±0,05	1,7	1,15
NH <sub>4</sub> F 10 мг F/л	3,5±0,31	2,5	1,36	0,84±0,06	0,2	0,98
NH <sub>4</sub> F 50 мг F/л	3,3±0,24	2,4	1,29	0,68±0,04	2,5	0,79
NH <sub>4</sub> F 80 мг F/л	1,9±0,18	2,5	0,74	0,47±0,02	5,8	0,55
NH <sub>4</sub> F 100 мг F/л	1,4±0,12	4,7	0,56	0,48±0,03	5,4	0,56

**Примечание:**  $t$  – коэффициент расхождения двух средних по Стьюденту; «–» – не растет; КИ – значения корневого индекса.

Низкую толерантность к соединениям фтора проявляет и кукуруза, на которую они в максимальной концентрации производят одинаковый токсический эффект. Длина главного корня в соответствующих вариантах опыта уменьшается более чем на 90 % (см. табл.). Представленные в таблице данные свидетельствуют, что в незначительных концентрациях соединения фтора проявляют различную токсичность. Максимальную токсичность имеет фтористый аммоний. Длина главного корня при действии минимальной концентрации уменьшается практически на 90 %, тогда как при использовании фтористого натрия и калия – на 40 и 78 % соответственно. Полученные результаты хорошо согласуются со значениями КИ.

## Выводы

Наименьшую толерантность к исследованным соединениям фтора имеет горох. Относительно высокую устойчивость к фторидам проявляют лук репчатый и овес посевной, тогда как кукуруза значительно менее устойчива. Установлено, что фтористый аммоний обладает меньшим токсическим эффектом, чем фтористый калий и натрий. Наряду с этим практически для всех видов различное влияние катиона вносимой соли более четко проявляется при действии низких концентраций фтора (от 5 до 50 мг/л). Для овса в этих вариантах опытов показано наличие стимуляции роста главного корня.

## Библиографические ссылки

1. **Булгаков Н. Г.** Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов // *Успехи совр. биол.* – 2002. – Т. 122, № 2. – С. 105–113.
2. **Гришко В. Н.** Толерантность кукурузы к различным солям кадмия и никеля и содержание антиоксидантов / В. Н. Гришко, Д. В. Сыщиков // *Доповіді НАН України.* – 2002. – № 11. – С. 171–175.
3. **Гришко В. Н.** Влияние различных соединений фтора на прорастание семян некоторых древесных пород / *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку.* Матер. IV Міжнар. конф. – Донецьк: Лебідь, 2003. – С. 104–106.
4. **Гришко В. Н.** Проростання насіння деяких квітничково-декоративних рослин за дії сполук фтору // *Вісник Львів. ун-ту. Сер. біологічна.* – Львів: ЛНУ, 2000. – Вип. 36. – С. 169–174.
5. **Гришко В. Н.** Влияние соединений фтора на прорастание семян сельскохозяйственных культур // *Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія.* – Д.: ДНУ, 2004. – Т. 1. – С. 24–28.
6. **Доспехов Б. А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 531 с.
7. **Ильин В. Б.** Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
8. **Литвинович А. В.** Фтор в системе почва – растение при применении в сельском хозяйстве средств химизации и загрязнении объектов природной среды техногенными выбросами / А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова // *Агрохимия.* – 2001. – № 2. – С. 74–78.
9. **Помазкина Л. В.** Мониторинг загрязнения пахотных почв и полевых культур в зоне выбросов Иркутского алюминиевого завода / Л. В. Помазкина, Е. В. Лубнина // *Агрохимия.* – 2002. – № 2. – С. 59–65.
10. **Помазкина Л. В.** Устойчивость агроэкосистем к загрязнению фторидами / Л. В. Котова, Е. В. Лубнина, С. Ю. Зорина, А. С. Лаврентьева. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. – 225 с.
11. **Помазкина Л. В.** Новый интегральный подход к оценке режимов функционирования агроэкосистем и экологическому нормированию антропогенной нагрузки, включая техногенное загрязнение почв // *Успехи совр. биол.* – 2004. – Т. 124, № 1. – С. 66–76.
12. **Сищиков Д. В.** Глутатіонзалежна антиоксидантна система і толерантність проростків кукурудзи, сої й гороху за дії кадмію та нікелю: Автореф. дис. ... канд. біол. наук.: 03.00.12 / Ін-т фізіології рослин і генетики НАН України. – К., 2004. – 18 с.
13. **Яковлева С. О.** Біологія інтродукованих квітничково-декоративних однорічних рослин різних систематичних груп в умовах забруднення оточуючого середовища хромом: Автореф. дис. ... канд. біол. наук.: 03.00.05 / Держ. Нікітський ботанічний сад. – Ялта, 2000. – 17 с.
14. **Kabata-Pendias A.** Trace elements in soils and plants / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. – Boca Raton: CRC Press, 2001. – 432 p.
15. **Wilkinson D. A.** The measurement of tolerance to edafic factors by means of root growth // *New Phytol.* – 1978. – Vol. 80, N 3. – P. 623–633.

*Надійшла до редколегії 02.03.2007*