



УДК 633.111.1:633.13:633.15 (546.1)

Р.Р. Галеев,
Е.Г. Чагина

ВЛИЯНИЕ ФТОРИДОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Ключевые слова: фтор, продуктивность растений, качество, питательная ценность, яровая пшеница, овес, кукуруза.

Введение

Республика Хакасия расположена на левобережье верхнего и среднего течения Енисея, что является частью Алтайско-Саянской горной провинции. Одной из особенностей данного региона является относительно недорогая электроэнергия, вырабатываемая Саяно-Шушенской ГЭС. Данное условие формирует относительно привлекательные условия для производства цветной металлургии, обеспечивающей основную долю загрязнения земельных угодий соединениями F, Al, Na, Ca и Mg, среди которых самым опасным для почвы и растений является NaF. На территории республики расположено два алюминиевых завода – Саяногорский (САЗ) и Хакасский (ХАЗ), на долю которых приходится производство более 800 тыс. т алюминия в год.

Природными источниками фтора являются почвообразующие породы, вулканические газы и термальные воды. Загрязнением техногенного характера является алюминиевое производство наряду со сжиганием угля другой промышленности, работой двигателей внутреннего сгорания, процесса сварки и других технологических операций. Содержание фторидов в верхних слоях почвы может возрастать за счёт длительного применения фторсодержащих фосфатных удобрений, пестицидов, загрязнённых оросительных вод [1].

Даже при очень низких концентрациях этот элемент может угнетать или стимулировать ферментативные процессы и взаимодействовать с органическими и неорганическими соединениями организма, что имеет негативные последствия. Химическая активность фтора очень велика, он способен

входить в состав многочисленных соединений. Поэтому данный элемент относится к первому классу высокоопасных химических веществ и при повышенных концентрациях оказывает влияние на растения, животных и человека [2].

Накапливаясь в сельскохозяйственных культурах, фтор может приводить к загрязнению последующих звеньев пищевой цепи, обуславливая болезни скота [3]. Водорастворимые соединения фтора обладают наибольшей токсичностью, так как они полностью усваиваются организмом. В результате накопления фтора происходят деспергирование почвенной массы, изменение физико-химических свойств почвы и, как следствие, снижение плодородия [4].

Заметная биологическая активность и высокая токсичность фтора делают актуальным изучение процессов его трансформации в агроценозах. Для решения проблем, связанных с загрязнением пахотных почв фторидами, включая экологическое нормирование, необходимо комплексное изучение поведения фтористых соединений в системе почва-растение, что является крайне важной составляющей для экологически безопасного земледелия.

Целью исследований являлось изучение влияния различных доз фтора на продуктивность и качество яровой пшеницы, овса и кукурузы.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись пшеница яровая сорта Кантегирская – 89, овес Саян и гибрид кукурузы РОСС-197. Исследования проводились в течение 2007-2009 гг., на опытном участке ЗАО «Усть-Абаканское» в Уйбат-Биджинской степи Республики Хакасия. Эта территория является подпойменной территорией р. Енисей со слабоволнистым рельефом. Почва опытного участка – каштановая,

малогумусная (2,2%), слабощелочной реакцией среды (рН – 8,2). Почвообразующие породы – аллювиально-делювиальные суглинки преимущественно легкого гранулометрического состава.

Опыты проводили согласно общепринятым методикам Б.А. Доспехова, в 6-кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов [5].

Высокий уровень загрязнения фтором создавали внесением на опытные деланки фтористого натрия (NaF) в виде сухого порошка на глубину 0-20 см в дозах: 10 ПДК (100 мг/кг), 50 ПДК (500 мг/кг), 100 ПДК (1000 мг/кг).

Система ухода за посевами общепринятая для данной зоны. Внесение минеральных удобрений проводилось поверхностно с дальнейшей их заделкой. Уборку пшеницы, овса проводили в период полной спелости, кукурузу на зеленую массу – в фазу молочной спелости. Площадь листьев растений рассчитывали по формулам регрессии на основе методики профессора Н.Ф. Коняева [6].

Агрохимический анализ почвенных и растительных образцов проводился в агрохимической службе «Хакасская» по общепринятым методикам [7]. В растительных образцах фтор определялся по методике ЦИНАО [8].

Уровень загрязнения фтором растений оценивался согласно существующим предельно-допустимым концентрациям (ПДК) водорастворимых фторидов в зерне продовольственном – 2,5 мг/кг, зернофураже – 10, грубых и сочных кормов – 20 мг/кг [8].

Результаты и их обсуждение

Анализ результатов проведенных опытов на яровой пшенице, овсе и кукурузе показал, что значительное превышение ПДК фтора в почве влияет на показатели урожайности всех изученных культур. Наибольшие потери урожайности достоверно

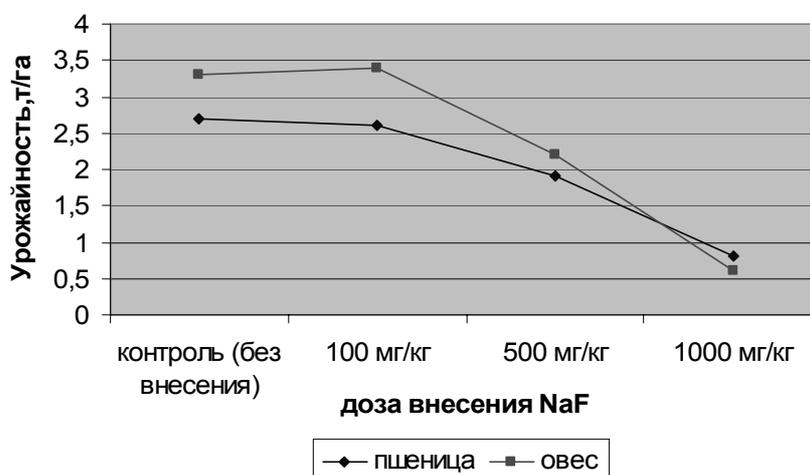
наблюдались на вариантах с дозой внесения 500 и 1000 мг/кг. При внесении в почву 100 мг/кг существенных достоверных различий не наблюдается. Величины урожайности изучаемых культур на данном варианте не превышают пределы ошибки опыта (рис. 1).

Наибольшие потери урожайности наблюдались на посевах овса, что свидетельствует о его меньшей устойчивости к фтору, в сравнении с яровой пшеницей. Потери урожая при максимальной дозе внесения составили 73,7% в сравнении с контрольным вариантом.

Влияние фтора на зеленую массу кукурузы наблюдались уже на варианте с внесением фтора 100 мг/кг, что говорит о высокой чувствительности растений на действие фтора в почве. Потери урожая при внесении 100 мг/кг составили 8,7%, 500 мг/кг – 51,4%, 1000 мг/кг – 85,8% (рис. 2).

На фоне снижения урожая культурами отмечается уменьшение размеров вегетативной массы растений ($r = 0,89-0,93$ при $t_r = 4,86$, $t_{05} = 2,43$). Средние показатели площади листьев, определенные в различные фенологические фазы роста культур, указывают на негативное влияние внесенного фтора на растения. Значительное снижение фотосинтетической поверхности листьев наблюдается при дозе внесения 500 и 1000 мг/кг NaF (рис. 3).

При внесении в почву 100 мг/кг фтора достоверного снижения площади листьев на изучаемых культурах не отмечено. Интенсивнее площадь листовой поверхности снижалась на посевах кукурузы: на контрольном варианте – 31,4 тыс. м²/га, при внесении 100 мг/кг – 28,5 тыс. м²/га, 500 мг/кг – 16,1 тыс. м²/га и 1000 мг/кг – 7,6 тыс. м²/га. Наименьшей интенсивностью снижения характеризовались посевы яровой пшеницы.



НСР₀₅ (пшеница) = 0,10 т/га; НСР₀₅ (овес) = 0,17 т/га
 Рис. 1. Урожайность зерна пшеницы и овса (среднее за 2007-2009 гг.)

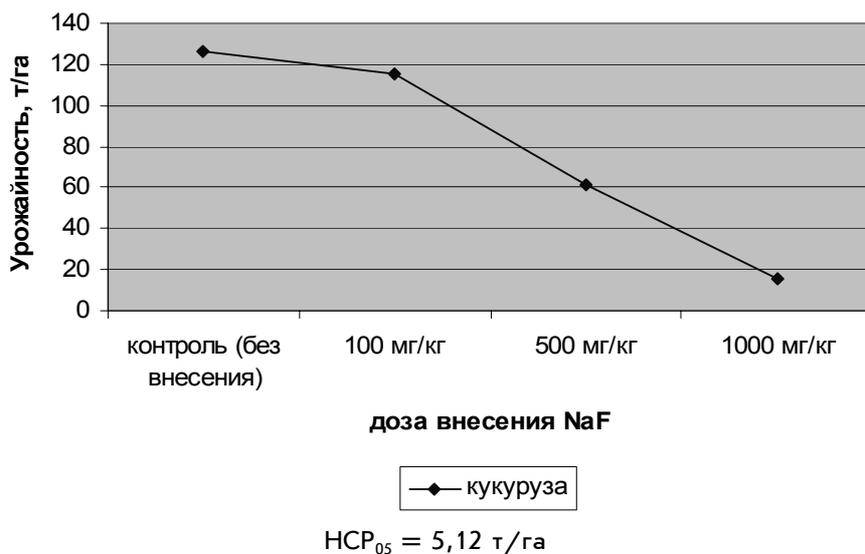


Рис. 2. Урожайность зеленой массы кукурузы (среднее за 2007-2009 гг.)

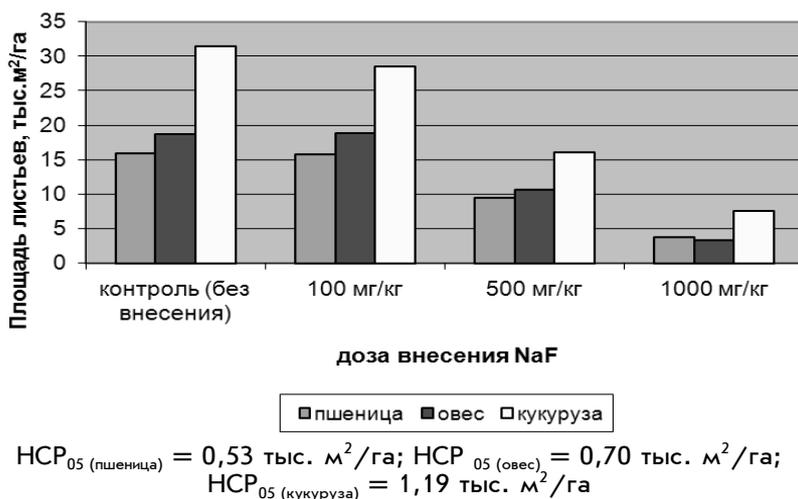


Рис. 3. Площадь листьев сельскохозяйственных культур (ср. за 2007-2009 гг.)

Анализ данных питательной ценности культур показал, что наличие фтора в почве в различных концентрациях по-разному оказывает влияние на изучаемые культуры (табл. 1).

Процент содержания сырого и переваримого протеина снижается в вариантах с высокими дозами фтора (500 и 1000 мг/кг), при этом отмечается увеличение содержания клетчатки в изучаемых образцах. На показатели содержания сухого вещества и кормовых единиц четкой тенденции влияния фтора не выявлено.

Полученные результаты влияния различных доз фтора на аккумуляцию его в сельскохозяйственных растениях свидетельствуют о том, что содержание его в основной и

побочной продукции в независимости от дозы внесения токсиканта находится в пределах предельно допустимой концентрации (табл. 2).

Данные опыта свидетельствуют, что аккумуляция фтора зерном и соломой происходит неодинаково. Больше его количество накапливается в соломе. В целом растения пшеницы показали большую устойчивость к накоплению фтора в сравнении с растениями овса, аккумуляция которого проходила значительно заметнее. Наибольшее количество фтора накапливала зеленая масса кукурузы. Максимальные значения были выявлены на варианте 1000 мг/кг – 6,61 мг/кг, однако данный показатель находился в пределах ПДК.

Таблица 1
Питательная ценность сельскохозяйственных культур (среднее за 2007-2009 гг.)

Культура	Показатели	Варианты							
		контроль (без внесения фтора)		100 мг/кг		500 мг/кг		1000 мг/кг	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Пшеница	Сухое вещество, %	90,5	81,2	90,8	83,1	89,5	84,0	90,3	83,6
	Сырой протеин, %	16,6	5,43	15,8	4,80	14,1	4,10	12,7	3,79
	Клетчатка, %	3,71	39,6	4,23	40,3	4,74	42,4	5,28	43,1
	Перевар. протеин, %	12,9	1,93	12,4	1,54	11,7	1,61	11,3	1,27
	Корм. ед.	1,20	0,20	1,20	0,20	1,21	0,22	1,22	0,21
Овес	Сухое вещество, %	90,3	84,4	90,5	82,3	90,6	83,2	90,2	83,6
	Сырой протеин, %	15,7	4,21	14,3	3,95	13,6	3,34	12,8	3,26
	Клетчатка, %	12,4	32,9	12,7	35,7	13,8	39,4	14,5	41,2
	Перевар. протеин, %	9,7	2,52	9,4	2,23	8,6	1,92	8,2	1,83
	Корм. ед.	0,95	0,30	0,94	0,31	0,94	0,35	0,93	0,33
Кукуруза	Сухое вещество, %	20,2		22,3		21,3		22,4	
	Сырой протеин, %	13,1		12,7		12,1		11,4	
	Клетчатка, %	22,7		23,4		24,9		25,7	
	Перевар. протеин, %	8,19		8,03		7,78		7,52	
	Корм. ед.	0,58		0,61		0,57		0,59	

Примечание. 1 – зерно; 2 – солома.

Таблица 2
Содержание фтора в растениях при натуральной влажности (среднее за 2007-2009 гг.)

Культура	Вид продукции	Содержание фтора, мг/кг			
		контроль (без внесения фтора)	100 мг/кг	500 мг/кг	1000 мг/кг
Пшеница	зерно	0,63±0,03	0,72±0,06	1,63±0,11	2,46±0,13
	солома	0,87±0,07	0,96±0,09	2,04±0,23	3,81±0,18
Овес	зерно	0,83±0,06	1,00±0,07	1,86±0,18	2,83±0,10
	солома	1,24±0,09	1,21±0,16	2,99±0,15	4,24±0,13
Кукуруза	зеленая масса	0,42±0,16	1,26±0,25	4,52±0,20	6,61±0,23

Заключение

Полученные результаты опытов, проведенные на яровой пшенице, овсе и кукурузе, свидетельствуют о существенной фитотоксичности NaF на продуктивность растений. Снижение урожайности и площади фотосинтетической поверхности листьев отмечается при дозах 500 мг/кг (50 ПДК) и 1000 мг/кг (100 ПДК).

Искусственное внесение в почву NaF в пределах изучаемых концентраций выявило влияние его на повышение содержание клетчатки и снижение сырого и переваримого протеина в растениях.

Наличие фтора в растениях при различных концентрациях его в почве находилось на уровне ниже ПДК в получаемой основной и побочной продукции.

Наибольшей устойчивостью растений к внесенному фториду среди изучаемых культур в условиях степной зоны Республики Хакасия характеризуется яровая пшеница, наименьшей – овес и кукуруза.

Библиографический список

1. Орлов Д.С., Малинина М.С. Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справочник. – М.: Агропромиздат, 1991. – 518 с.

2. Гапонюк Э.И. и др. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы и серозема под влияние фтора // Почвоведение. – 1982. – № 4. – С. 148-154.

3. Пашова В.Т. Содержание фтора в почве и растениях // Агрохимия. – 1980. – № 10. – С. 165-171.

4. Антонов И.С., Градобоева Н.А., Сараева Л.А. и др. Алюминиевая промышленность и проблемы загрязнения растительного покрова в Республике Хакасия. – Абакан, 1997. – 209 с.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

6. Коняев Н.Ф. Математический метод определения площади листьев растений // Доклады ВАСХНИЛ. – 1970. – № 9. – С. 43-46.

7. Плешков В.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1976. – 256 с.

8. Санитарные нормы допустимых концентраций токсических веществ в почве. СанПин 42-126-4433-87. Методы определения загрязняющих веществ в почве. – М., 1988.

9. Танделов Ю.П. Фтор в системе почва – растение. – М., 2004. – 106 с.