

УДК 631.454

**ВЛИЯНИЕ ХЛОРА УДОБРЕНИЙ НА РАСТЕНИЯ КУКУРУЗЫ НА
ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА**

Людмила Валентиновна Степанцова

доктор биологических наук, профессор

Stepanzowa@mail.ru

Вячеслав Николаевич Красин

кандидат биологических наук, доцент

krasin84@yandex.ru

Татьяна Владимировна Красина

кандидат биологических наук, ассистент

krasina06@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В условиях малоснежных зим в ЦЧЗ складывается непромывной водный режим. Хлор, входящий в состав удобрений, не вымывается из пахотного горизонта и может повлиять на рост и развитие сельскохозяйственных культур. В условиях вегетационного опыта показано, что негативное влияние хлора на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом проявляется при дозе 600-800 кг/га.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, хлорид калия, кукуруза, токсичность хлора.

Планирование высоких урожаев при современном развитии АПК предусматривает внесение значительных доз минеральных удобрений. На кафедре агрохимии и почвоведения проводятся исследования, посвященные внесению фосфорных удобрений на плодородие черноземов Тамбовской области и продуктивность сельскохозяйственных растений [1, 3-9, 11, 12].

Наиболее распространенным и доступным калийным удобрением является хлорид калия. Его традиционно вносят осенью под основную обработку. При этом предполагается что к весне хлориды вымываются из гумусового горизонта. В последние годы климата ЦЧЗ стал более контрастным. Это изменения сопровождается засушливым позднесенним периодом, малоснежными зимами и поздними сухими веснами, когда среднесуточная температура резко повышается от минусовых значений до 15-20°C. Наши наблюдения показали, что водный режим черноземов с промывного, характерного для прошлого десятилетия [13] сменился на непромывной [2]. В этих условиях возникает риск негативного влияния хлора на рост и развитие сельскохозяйственных растений.

Цель настоящих исследований: в условиях вегетационного опыта выявить токсичное влияние хлора на растения кукурузы при весеннем внесении KCl в высоких дозах на черноземах выщелоченных.

Опыт был заложен 30.03. 2021, закончен – 20.05.2021 в фазу развития 5-6 листьев. Использовались вегетационные сосуды объемом 15 л (заложено 10 кг почвы), высаживалось по 20 растений кукурузы сахарной сорт «Ранняя лакомка 121». Повторность 4-х кратная. Почва чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый Мичуринского района Тамбовской области. Варианты опыта: 1-200 кг KCl кг/га + 200 кг/га аммофос 2 -400 кг KCl кг/га + 200 кг/га аммофос 3- 800 кг KCl кг/га + 200 кг/га аммофос.

Методы исследований растений [10]: NPK из одной навески (ГОСТ 26657-97), железо- фотометрически с сульфосалициловой кислотой. микроэлементы и сера после мокрого озоления азотной кислотой: микроэлементы - атомно-абсорбционным методом, сера – турбодиметрически Методы исследований почвы [10]: гумус – по Тюрину в модификации Симакова (ГОСТ 26213-91). азот

щелочногидролизуемый – по Корнфилду (ГОСТ 26107-84), подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91), актуальная и обменная кислотность – ионометрически (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность - по Капену (ГОСТ 26212), сумма обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, степень насыщенности основаниями – расчетом. подвижная сера - турбодиметрически (ГОСТ 26490), подвижное железо в 0,1 н H₂SO₄ (ГОСТ 27395-87), водорастворимый бор - по Бергеру и Труогу (ГОСТ Р 50688), подвижные Mn, Co, Zn, Cu - по Крупскому и Александрову в ацетатно-аммонийном буферном растворе с pH 4.8 атомно-абсорбционным методом (ГОСТ Р 50686), Mo - по Григгу. общие запасы Cu, Co и Zn в 1n растворе азотной кислоты, общие запасы Mn в вытяжке Тамма, азот нитратный – ионометрически (ГОСТ 26951-86). азот аммонийный- фотометрически (ГОСТ 26489)

Результаты исследований.

После посадки растения кукурузы быстрее взошли в 3 варианте - 800 кг/га KCl. Но потом ситуация изменилась. В первом варианте опыта (200кг/га KCl) растения кукурузы развивались более равномерно. Во 2 варианте и особенно в 3 варианте, наблюдались неравномерные всходы и разница в развитии растений. К концу срока наблюдений растения в 3 варианте начали сильно отставать в развитии от растений в 1 и 2 вариантах опыта. Биометрические измерения (табл. 1) в конце наблюдений показали: Доза удобрений не повлияла на количество взошедших растений. Высота растений в 1 и 2 вариантах опыта (200 и 400 кг/га KCl) достоверно не различается, в 3 варианте существенно ниже. Наблюдается незначительное снижение общей биомассы и биомассы 1 растения во 2 варианте опыта, по сравнению с 1 вариантом. При одинаковой высоте и количестве растения тоньше. Разница между 1 и 2 вариантами не достоверна. Существенное ухудшение показателей наблюдается только в 3 варианте опыта.

Физико-химические свойства чернозема выщелоченного не оптимальные, но допустимые для кукурузы, обычные в полевых условиях (табл. 2). Реакция почвы слабокислая сумма обменных оснований - 22-25 ммоль-экв/100 г почвы.

Биометрические показатели растений кукурузы

Показатель	1 вариант 200 кг КСl кг/га	2 вариант 400 кг КСl кг/га	3 вариант 800 кг КСl кг/га
Количество растений в сосуде	14 ± 1	14 ± 1	13 ± 1
Высота растений, см	55,5 ± 10,6	54,7 ± 13,0	41,6 ± 12,6
Общая биомасса (сырая масса), г	72,5 ± 2,7	65,8 ± 3,4	25,6 ± 0,6
Масса 1 растения, г	5,2 ± 0,1	4,5 ± 0,1	2,0 ± 0,1
Общая биомасса (сухая масса), г	5,82 ± 0,22	5,30 ± 0,62	1,90 ± 0,08

Растения кукурузы хорошо обеспечены всеми элементами питания. Содержание подвижного фосфора во всех вариантах опыта на границе среднего и повышенного, содержание щелочногидролизуемого - азота высокое. Содержание нитратов – очень высокое, обменного аммония – низкое, во всех вариантах опыта общие запасы минерального азота - очень высокие. Содержание обменного калия в почве возрастает с увеличением дозы внесенных удобрений. Причем разница между 1 и 2 вариантом невысокая, а между 2 и 3 вариантом существенная. Доза 800 кг/га КСl может существенно увеличить содержание обменного калия в почве.

Содержание подвижной серы – очень высокое, водорастворимого В – высокое, подвижного Мп повышенное, его общие запасы – на границе низкого и среднего, содержание подвижной Сu - очень низкое, его общие запасы – повышенные, содержание подвижного Zn – низкое, его общие запасы – повышенные, содержание подвижного Со – очень низкое, его общие запасы – высокие, содержание подвижного Мо – среднее.

Анализ химического состава растений кукурузы показал, что доза внесенных удобрений не повлияла на содержание в растениях калия и фосфора. Во всех вариантах опыта их содержание - оптимальное для данной фазы развития. Содержание общего и минерального азота в растениях кукурузы несмотря на отсутствие дефицита и минерального азота в почве зависит от дозы внесенного КСl. Содержание общего азота в растениях в 1 и 2 вариантах находятся на оптимальном уровне.

Таблица 2

Агрохимические показатели почвы

Показатель	Единицы измерения	1 вариант 200кг КСl кг/га		2 вариант 400кг КСl кг/га		3 вариант 800кг КСl кг/га	
		Значения	Характеристика	Значения	Характеристика	Значения	Характеристика
рН сол (обменная кислотность)	ед.рН	5,28	Сл.кисл	5,29	Сл.кисл	5,31	Сл.кисл.
Гидролитическая кислотность (Нг)	ммоль / 100 г почвы	8,0	ОВ	6,1	ОВ	6,6	В
Обменный Са		22,8	ОВ	24,5	ОВ	25,1	ОВ
Обменный Mg		5,5	ОВ	5,1	ОВ	6,0	ОВ
Сумма обменных оснований (S)		28,3	В	29,6	ОВ	33,1	ОВ
Степень насыщенности основаниями	%	78,0	П	82,8	П	82,6	П
Необходимость в известковании		Низкая		Низкая		Низкая	
Доза СаСО ₃ до рН=7	т/га	11,9		9,2		9,8	
Доза СаСО ₃ до рН=6		5,0		3,8		4,0	
Подвижный Р ₂ О ₅	мг/ 100 г почвы	9,25	С/П	8,78	С/П	9,71	С/П
Обменный К ₂ О		21,90	ОВ	27,50	ОВ	49,20	ОВ
Азот щелочногидролизующий		22,75	В	23,78	В	23,45	В
Гумус	%	5,11	С	5,80	С	5,75	С
Подвижная SO ₄	мг/кг почвы	71,3	ОВ	74,2	ОВ	85,7	ОВ
Водорастворимый В		2,34	В	2,51	В	2,58	В
Подвижный Mn		31,6	П	37,1	П	37,3	П
Общие запасы доступного Mn		372	Н	416	Н	358	Н
Подвижный Zn		0,275	ОН	0,149	ОН	0,239	ОН
Общие запасы доступного Zn		7,54	П	7,62	П	7,48	П
Подвижная Cu		0,030	ОН	0,038	ОН	0,031	ОН
Общие запасы доступной Cu		4,80	П	5,41	П	5,02	П
Подвижный Со		0,059	ОН	0,050	ОН	0,081	ОН
Общие запасы доступного Со		5,06	В	5,09	В	4,81	В
Подвижный Мо		0,121	С	0,122	С	0,191	С

Обеспеченность почвы элементами питания: ОВ- очень высокая, В-высокая, П-повышенная, С- средняя, Н-низкая, ОН-очень низкая.

Таблица 3

Содержание минерального азота в почве

№ варианта	NO ₃		Обменный NH ₄		N-NO ₃		N-NH ₄	N-NO ₃ +N-NO ₄		Влажность, %
	мг/100 г почвы				мг/кг почвы					
1	33,8	ОВ	1,09	Н	76,3	ОВ	8,5	84,7	В	22,3
2	43,6	ОВ	1,03	Н	98,4	ОВ	8,0	106,4	ОВ	23,9
3	55,5	ОВ	1,15	Н	125	ОВ	8,9	134,2	ОВ	26,7

В 3 варианте (800 кг/га KCl) содержание общего азота ниже оптимального, содержание нитратного азота снижается в 1,5 раз по сравнению с 1 и 2 вариантами опыта. Доза внесенных удобрений не повлияло на содержание в растениях кукурузы кальция, магния и железа (их содержание - оптимальное). Несмотря на отсутствие дефицита серы в почве в растениях наблюдается снижение ее содержания с увеличением дозы внесенного хлорида калия. Даже в 1 варианте опыта содержание хлора несколько выше допустимого, с увеличением дозы внесенного KCl содержание хлора в растениях кукурузы возрастает, но незначительно.

Доза внесенных удобрений не повлияла на содержание микроэлементов в растениях кукурузы. В растениях наблюдается высокое содержание бора, оптимальное цинка и марганца дефицит меди и молибдена. Дефицит меди обусловлен ее дефицитом в почве, молибден на этой стадии развития еще существенно не накапливается (он нежен на стадии цветения).

Таблица 4

Химический состав растений кукурузы

Показатель	Оптимальное содержание	Единицы измерения	1 вариант 200кг KCl кг/га		2 вариант 400кг KCl кг/га		3 вариант 800кг KCl кг/га	
			значение	уровень	значение	уровень	значение	уровень
Общий азот (N)	3,0-4,5	% от сухой массы	4,72	В	3,82	С	2,94	Н/С
Общий калий (K ₂ O)	> 4,0		6,38	С	5,97	С	6,18	С
Общий фосфор (P ₂ O ₅)	0,70- 1,4		1,49	С/В	1,25	С	1,38	С
Общая сера (S)	0,08-0,20		0,105	С	0,089	Н/С	0,031	Н

Показатель	Оптимальное содержание	Единицы измерения	1 вариант 200кг КСl кг/га		2 вариант 400кг КСl кг/га		3 вариант 800кг КСl кг/га	
			значение	уровень	значение	уровень	значение	уровень
Кальций (Ca)	0,3-0,7		0,537	С	0,533	С	0,600	С
Магний (Mg)	0,3-0,5		0,426	С	0,416	С	0,396	С
Cl	1,5-2		2,84	П	3,24	П	3,64	П
Азот нитрато в N-NO ₃	3000-3500	мг/кг сырой массы	1013	Н	1054	Н	669	ОН
Марганец (Mn)	20-220	мг/кг сухой массы	77,4	С	111,2	С	64,7	С
Железо (Fe)	80-200		574	В	661	В	810	В
Медь (Cu)	5-20		2,03	Н	2,23	Н	2,48	Н
Цинк (Zn)	15-30		19,5	С	22,1	С	27,3	С
Бор (В)	4-8		17,5	В	16,7	В	20,3	В
Молибден (Mo)	0,6-1,0		0,131	Н	0,216	Н	0,179	Н

Обеспеченность растений элементами питания: ОВ- очень высокая, В-высокая, П-повышенная, С- средняя, Н-низкая, ОН-очень низкая

Таким образом, на выщелоченных тяжелосуглинистых черноземах негативное влияние хлора на растения кукурузы проявляются только при весеннем внесении высоких доз хлорида калия (600-800 кг/га). Дозы 200 и 400 кг/га не оказывают негативного влияния на рост и развитие растений кукурузы. Вредное воздействие хлора проявляется в блокировке поступления в растения азота и серы из почвы. Данное утверждение применимо только для выщелоченных незасоленных тяжелосуглинистых гумуссированных почв. Для более легких или менее выщелоченных почв предельно допустимые дозы удобрений могут быть существенно ниже.

Список литературы:

1. Бобрович Л.В., Арзыбов В.А., Мацнев И.Н. Фосфор в почвах лесостепной зоны европейской части России // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 6-13.

2. Влияние рельефа и водного режима чернозема выщелоченного и серой лесной почвы Липецкой области на урожайность сахарной свеклы / Л.В. Степанцова, В.Н. Красин, Е.В. Хованова, Т.В. Красина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2019. № 2 (12). С. 102-115.
3. Зайцева Г.А., Ряскова О.М. Фосфор - как основной элемент в развитии растений полевого севооборота // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 158.
4. Мацнев И.Н. Влияние известкования и минеральных удобрений на свойства выщелоченного чернозема и урожайность ячменя в вегетационном опыте // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 301.
5. Невзоров А.И. Влияние различных доз и способов внесения минеральных удобрений на рост и развитие растений кукурузы на силос // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 335.
6. Невзоров М.А., Невзоров А.И. Минеральные и органические удобрения как фактор повышения плодородия почв при выращивании кукурузы на силос // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 308.
7. Невзоров М.А., Невзоров А.И. Роль различных доз и способов внесения минеральных удобрений на урожайность и качество кукурузы на силос // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 299.
8. Оценка различных методов определения доступного растениям фосфора на переувлажненных лугово-черноземных почвах Тамбовской равнины/ С.Б. Сафронов, Л.В. Степанцова, Е.И. Лелекова, В.Н. Красин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2006. № 1. С. 82-86.
9. Подвижные формы соединений фосфора и железа в черноземовидных почвах севера Тамбовской равнины / А.С. Никифорова, Л.В. Степанцова, В.Н. Красин, С.Б. Сафронов // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2012. № 2. С. 41-53.
10. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

11. Степанцова Л.В., Мацнев И.Н. Агрохимический анализ почвы и расчет доз удобрений под запланированную урожайность // Инновационные проекты Мичуринского государственного аграрного университета: каталог инновационных проектов. Мичуринск, 2021. С. 80.

12. Степанцова Л.В., Сафронов С.Б., Красин В.Н. К характеристике фосфатного состояния черноземовидных почв замкнутых депрессии водоразделов // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 8. С. 12-15.

13. Zaidel'man F.R., Nikiforova A.S., Stepantsova L.V. Ecological-hydrological features of leached chernozems and meadow-chernozemic soils in the northern part of the Tambov plain // Eurasian Soil Science. 2002. Т. 35. № 9. С. 978-989.

UDC 631.454

**INFLUENCE OF CHLORINE FERTILIZERS ON CORN PLANTS ON
LEACHED CHERNOZEM UNDER MODEL EXPERIMENTAL
CONDITIONS**

Lyudmila V. Stepantsova

Doctor of Biological Sciences, Professor

Stepanzowa@mail.ru

Vyacheslav N. Krasin

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

krasin84@yandex.ru

Tatyana V. Krasina

Candidate of Biological Sciences, Assistant

krasina06@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. In the conditions of winters with little snow, a non-flush water regime develops in the CCR. Chlorine, which is part of fertilizers, is not washed out from the arable horizon and can affect the growth and development of crops. Under the conditions of the growing experiment, it was shown that the negative effect of chlorine on leached heavy loamy chernozem is manifested at a dose of 600-800 kg / ha.

Key words: leached chernozem, potassium chloride, corn, chlorine toxicity.