

**УДК 631.454**

**ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ НА ДОСТУПНОСТЬ  
МИКОЭЛЕМЕНТОВ РАСТЕНИЕМ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В  
УСЛОВИЯ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА**

**Вадим Дмитриевич Титов**

студент

melkii082000@mail.ru

**Людмила Валентиновна Степанцова**

доктор биологических наук, профессор

stepanzowa@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В условиях модельного эксперимента при увеличении карбонатности черноземов от 0 до 50% наблюдается увеличение в 2-3 раза содержания подвижного Мо в почве и растениях озимой пшеницы. При содержании в почве СаСО<sub>3</sub> 10-50% в растениях озимой пшеницы содержание Zn не изменяется, Си -уменьшается на 10%, а Mn - возрастает на 20%. Увеличение карбонатности сопровождается снижением в почве на 20% содержания подвижных форм Mn и Си и увеличением на 20% содержания Zn, извлекаемых ацетатно-аммонийной вытяжкой. Содержание кислоторастворимых форм этих микроэлементов при карбонатности выше 10% уменьшается на 40-50% по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, микроэлементы, модельный эксперимент, карбонатность почвы.

Последнее десятилетие значительно повысилась урожайность сельскохозяйственных культур в агропромышленном комплексе, что неизбежно влечет за собой истощение почв элементами питания, в том числе и микроэлементами [2]. Традиционно считается, что на черноземах растения не испытывают недостатка в микроэлементах, поэтому до настоящего времени не существует даже градаций по их содержанию для этих почв. В последние годы появляются публикации опровергающие это утверждение [1, 5, 6]. Кроме истощения черноземов, наблюдается резкое их подкисление, что ведет к необходимости известкования. По традиционным представлениям повышение рН почвы сопровождается снижением подвижности и доступности микроэлементов растениям.

Настоящая работа посвящена изучению влияния содержания карбонатов в черноземах на содержание в почве подвижных форм микроэлементов и доступность их растениям озимой пшеницы. В природе трудно найти ряд почв, существенно различающихся по содержанию карбонатов поэтому мы использовали моделирование.

Объектом исследования послужил чернозем выщелоченный Мичуринского района Тамбовской области, опыт закладывался в вегетационных сосудах объемом 10 литров. Были предусмотрены следующие варианты: контроль, 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75%  $\text{CaCO}_3$ , в качестве источника  $\text{CaCO}_3$  использовался мел. Для того, чтобы растения не испытывали недостатка в основных элементах питания, в каждый сосуд вносились удобрения: 3 г - полифид 19-19-19 и 0,5 г сульфат аммония. В каждый сосуд высевалось по 200 семян озимой пшеницы (50 на каждую повторность). Повторность опыта 4-х кратная.

Опыт продолжался 2,5 месяца. После проведения опыта в почве подвижные формы Mn, Zn и Cu определяли по Крупскому и Александровой в ацетатно-аммонийном буферном растворе с рН 4.8, подвижный молибден (Mo) по Григгу, запасы доступных (кислоторастворимые формы) растениям форм цинка, меди и кобальта в 1 н азотной кислоте, запасы доступных растениям форм

марганца в вытяжке Тамма атомно-абсорбционным методом (ГОСТ Р 50686), В растениях содержание микроэлементов определяли после сжигания в азотной кислоте атомно-абсорбционным методом [3].

Результаты биометрических замеров показали, что высокая карбонатность почвы тормозит всхожесть семян озимой пшеницы. Так, через 15 дней после посева в вариантах, где содержания  $\text{CaCO}_3$  в почве составляло 15 и более %, число растений в сосудах было на 40-60 % меньше, чем в контроле (таб.1). Однако к концу опыта, разница между вариантами уменьшилась до 7-10%.

Карбонатность чернозема практически не повлияла на высоту и массу растений. В конце опыта только при содержании  $\text{CaCO}_3$  - 75% эти показатели существенно ниже, чем в контрольном варианте. В вариантах с содержанием карбонатов в почве более 15% наблюдается увеличение сухого вещества в растениях озимой пшеницы.

*Таблица 1*

Биометрические показатели растения озимой пшеницы в модельном эксперименте

Вариант опыта	Содержание $\text{CaCO}_3$ , %	Число растений, % от посеянных			Высота растений, см	Масса растений, г		Сухое вещ-во, %
		Через 15 дней	Через 20 дней	В конце опыта		Сырая	Сухая	
Контр.	-	91,0 ± 6,6	92,5 ± 7,0	93,5 ± 7,9	36,2 ± 3,9	29,8 ± 4,5	4,10 ± 0,42	13,8 ± 0,7
1	1	86,0 ± 7,8	90,0 ± 7,5	92,0 ± 7,6	37,5 ± 4,0	30,5 ± 6,6	3,51 ± 0,89	11,5 ± 1,0
2	2,5	94,0 ± 3,6	95,5 ± 3,4	94,5 ± 7,2	34,6 ± 3,6	27,9 ± 2,9	3,18 ± 0,36	11,4 ± 0,5
3	5	79,5 ± 4,2	81,5 ± 3,8	84,5 ± 6,9	36,1 ± 3,5	29,8 ± 3,3	3,59 ± 0,47	12,0 ± 0,6
4	7,5	93,0 ± 4,2	95,0 ± 3,5	93,0 ± 8,3	35,4 ± 4,2	27,9 ± 3,4	3,25 ± 0,29	11,7 ± 0,6
5	10	91,0 ± 4,8	94,0 ± 4,9	93,0 ± 7,6	36,1 ± 3,8	37,1 ± 0,7	4,57 ± 0,22	12,3 ± 0,4



Контр.	-	6,49	5,95	0,130	С	0,5-1,0	0,2	0,250 ± 0,023	ОН/Н
1	1	7,17	6,98	0,138	С			0,326 ± 0,042	Н
2	2,5	7,56	7,36	0,146	С			0,370 ± 0,043	Н
3	5	7,65	7,37	0,148	С			0,384 ± 0,015	Н
4	7,5	7,77	7,42	0,145	С			0,451 ± 0,036	Н
5	10	7,79	7,45	0,141	С			0,438 ± 0,031	Н
6	12,5	7,91	7,47	0,150	С			0,522 ± 0,041	С
7	15	7,95	7,47	0,203	С/П			0,556 ± 0,051	С
8	25	7,98	7,48	0,192	С/П			0,788 ± 0,081	С
9	50	8,04	7,52	0,164	С			0,630 ± 0,067	С
10	75	8,09	7,54	0,167	С	0,249 ± 0,041	Н		

\*ОН-очень низкое, Н- низкое, С- среднее, П-повышенное, В- высокое, ОВ- очень высокое

Содержание подвижного Zn в почве, извлекаемого ацетатно-аммонийным буфером, практически не зависит от карбонатности почвы, наблюдается небольшое увеличение его количества при содержании в почве CaCO<sub>3</sub> выше 15%. Содержание кислоторастворимых форм Zn при увеличении карбонатности почвы, напротив, снижается от повышенного до низкого из-за образования малорастворимого карбоната Zn (таб.3). В растениях содержание Zn остается одинаково низким во всех вариантах опыта. Карбонатность почвы не влияет на доступность почвенного Zn растениям.

Таблица 3

Содержание Zn в почве, доступность его растениям озимой пшеницы в модельном опыте

Вариант опыта	Содержание CaCO <sub>3</sub> , %	pH вод	pH сол	Zn в почве, мг/кг				Zn в растениях, мг/кг			
				буфер		In HNO <sub>3</sub>		Оптим.		Критич.	
Контр.	-	6,49	5,95	0,746	ОН	8,73	С/П	20-70	10	14,16 ± 2,19	Н
1	1	7,17	6,98	0,788	ОН	8,09	С/П			12,36 ± 1,65	Н
2	2,5	7,56	7,36	0,837	ОН	7,92	С/П			13,54 ± 1,40	Н
3	5	7,65	7,37	0,783	ОН	6,50	С			13,55 ± 1,80	Н
4	7,5	7,77	7,42	0,984	ОН	5,73	С			18,65 ± 2,30	Н
5	10	7,79	7,45	0,859	ОН	4,43	С			17,28 ± 1,03	Н
6	12,5	7,91	7,47	0,954	ОН/Н	4,42	С			15,56 ± 1,25	Н
7	15	7,95	7,47	1,133	Н	4,63	С			15,16 ± 0,95	Н
8	25	7,98	7,48	1,613	Н	4,71	С			14,15 ± 1,46	Н
9	50	8,04	7,52	1,494	Н	4,10	С			16,69 ± 1,45	Н
10	75	8,09	7,54	1,581	Н	3,66	Н	10,36 ± 1,42	Н		

\*ОН-очень низкое, Н- низкое, С- среднее, П-повышенное, В- высокое, ОВ- очень высокое

Таблица 4

Содержание Cu в почве, доступность его растениям озимой пшеницы в модельном опыте

Вариант опыта	Содержание CaCO <sub>3</sub> , %	pH вод	pH сол	Cu в почве, мг/кг				в растениях, мг/кг			
				буфер		In HNO <sub>3</sub>		Оптим.		Критич.	
Контр.	-	6,49	5,95	0,180	Н/С	7,00	В	3-5	2	2,67 ± 0,14	Н

1	1	7,17	6,98	0,142	Н	6,48	П/В			2,54 ± 0,10	Н
2	2,5	7,56	7,36	0,125	Н	6,39	П/В			2,62 ± 0,14	Н
3	5	7,65	7,37	0,130	Н	6,16	П/В			2,70 ± 0,15	Н
4	7,5	7,77	7,42	0,148	Н	5,39	П			3,00 ± 0,12	С/Н
5	10	7,79	7,45	0,116	Н	5,16	П			2,63 ± 0,21	Н
6	12,5	7,91	7,47	0,120	Н	5,35	П			2,45 ± 0,45	Н
7	15	7,95	7,47	0,085	ОН	4,17	С			2,38 ± 0,27	Н
8	25	7,98	7,48	0,093	ОН	3,52	С			2,24 ± 0,46	Н
9	50	8,04	7,52	0,064	ОН	2,88	Н			2,44 ± 0,23	Н
10	75	8,09	7,54	0,119	Н	1,96	Н			2,72 ± 0,	Н

\*ОН-очень низкое, Н- низкое, С- среднее, П-повышенное, В- высокое, ОВ- очень высокое

Содержание подвижной Си в почве, извлекаемой ацетатно-аммонийным буфером, при увеличении карбонатности почвы снижается от средних до очень низких значений. Содержание кислоторастворимых форм Си также снижается от высокого в контрольном варианте до низкого - в вариантах с содержанием СаСО<sub>3</sub> в почве 50-75%. В растениях содержание Си остается одинаково низким во всех вариантах опыта, можно отметить незначительное снижение содержания меди на 5-10% в растениях озимой пшеницы, при содержании СаСО<sub>3</sub> в почве больше 12%. Таким образом, карбонатность почвы мало влияет на доступность почвенной Си растениям.

Таблица 5

Содержание Mn в почве, доступность его растениям озимой пшеницы в модельном опыте

Вариант опыта	Содержание СаСО <sub>3</sub> , %	рН вод	рН сол	Mn в почве, мг/кг				Mn в растениях, мг/кг			
				Буфер		вытяжка Тамма		Оптим.		Критич.	
Контр.	-	6,49	5,95	73,7	В	324,5	Н	60-80	40	56,4 ± 6,4	Н/С
1	1	7,17	6,98	72,6	В	270,0	Н			57,5 ± 9,0	Н/С
2	2,5	7,56	7,36	72,9	В	241,0	Н			61,6 ± 8,10	Н/С
3	5	7,65	7,37	77,9	В	248,0	Н			68,5 ± 5,7	С
4	7,5	7,77	7,42	75,7	В	208,5	ОН/Н			92,1 ± 12,3	В
5	10	7,79	7,45	95,3	В	238,5	Н			95,3 ± 13,7	В

6	12,5	7,91	7,47	67,0	В	221,0	Н			69,5 ± 7,7	С
7	15	7,95	7,47	69,3	В	241,0	Н			66,2 ± 5,6	С
8	25	7,98	7,48	46,7	П	289,0	Н			68,2 ± 6,5	С
9	50	8,04	7,52	58,4	В	146,5	ОН			64,4 ± 3,0	С
10	75	8,09	7,54	50,9	В	98,3	ОН			57,2 ± 2,5	Н/С

\*ОН-очень низкое, Н- низкое, С- среднее, П-повышенное, В- высокое, ОВ- очень высокое

Содержание подвижного Мп в почве, извлекаемого ацетатно-аммонийным буфером, остается высоким во всех вариантах опыта, но с увеличением карбонатности почвы до 12% содержание подвижного Мп достоверно снижается на 20% по сравнению с контролем. Содержание кислоторастворимых форм Мп так же снижается от низкого до очень низкого из-за образования малорастворимого карбоната Мп (таб.5). В растениях максимальное содержание Мп в растениях озимой пшеницы наблюдается в вариантах с содержанием СаСО<sub>3</sub> в почве 10-12% и даже в вариантах с большим содержанием СаСО<sub>3</sub> в почве среднее содержание Мп в растениях выше, чем контрольном варианте, хотя разница не достоверна. Более высокая доступность Мп растениям в вариантах с высоким содержанием СаСО<sub>3</sub> обусловлена тем, что подвижность Мп зависит не только от рН среды, но в большей степени от окислительно-восстановительных условий в почве. При содержании карбонатов выше 10% ухудшается аэрация черноземов, получают развитие восстановительные процессы, соответственно возрастает подвижность и доступность почвенного Мп растениям.

### Выводы

1. При увеличении карбонатности черноземов наблюдается пропорциональное в 2-3 раза увеличение содержания подвижного Мо в почве и его доступность растениям озимой пшеницы.

2. На доступность растениям Zn, Мп и Си карбонатность чернозема влияет очень слабо. Это подтверждается не только небольшими различиями в содержании данных микроэлементов в растениях, но одинаковыми биометрическими показателями (высота и масса растений).

3. При содержании в почве  $\text{CaCO}_3$  10-50% в растениях озимой пшеницы содержание Zn не изменяется, Cu уменьшается на 10%, а Mn возрастает на 20%. Увеличение доступности Mn растениям обусловлено ухудшением аэрации и развитием восстановительных процессов.

4. Увеличение карбонатности чернозема сопровождается снижением на 20% содержания подвижных форм Mn и Cu и увеличением на 20% содержания подвижных форм Zn, извлекаемых ацетатно-аммонийной вытяжкой. Содержание кислоторастворимых форм этих микроэлементов при карбонатности выше 10% уменьшается на 40-50% по сравнению с контролем.

#### **Список литературы:**

1. Калугин Д.В., Цховребов В.С., Фаизова В.И., Кукушкина В.В., Чебаненко Д.С. Влияние внесения известняка-ракушечника и апатита на содержание макро и микроэлементов на черноземе выщелоченном//Матер. конф. Эволюция и деградация почвенного покрова, Ставрополь, 2017 с. 27-29

2. Митрохина О.А. Микроэлементы в почвах и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур в ЦЧР// Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков. Минск, 2022, с. 214-217.

3. Практикум по Агрохимии 2-е издание, переработанное и дополненное (под ред. В.Г. Минеева) Ид-во МГУ, 2001- 689 с.

4. Церлинг В.В. Справочник. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. М. :Агропромиздат,, Москва, 296с.

5. Шелковников В.В., Мацнев И.Н., Бобрович Л.В., Тарова З.Н. Особенности накопления тяжелых металлов в системе "почва-растение" садовых агроценозов.// Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 36-39.

6. Kuzin A., Pugachev G.N., Stepantsova L.V. Effects of fertigation on tree performance and nutrient availability in apple orchards of Central Russia. Acta Horticulturae. 2021. T. 1314. С. 511-519.

**UDC 631.454**

**THE EFFECT OF SOIL CARBONATE IN CHERNOZEM ON THE  
AVAILABILITY OF MYCOELEMENTS BY A WINTER WHEAT  
PLANT IN THE CONDITIONS OF A MODEL EXPERIMENT**

**Vadim D. Titov**

student

melkii082000@mail.ru

**Lyudmila V. Stepantsova**

Doctor of Biological Sciences, Professor

stepanzowa@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Abstract.** Under the conditions of a model experiment, with an increase in CaCO<sub>3</sub> in chernozem from 0 to 50%, an increase of 2-3 times in the content of mobile Mo in the soil and in winter wheat plants is observed. When the CaCO<sub>3</sub> content in the soil is 10-50% in winter wheat plants, the Zn content does not change, Cu decreases by 10%, and Mn increases by 20%. An increase in the content of CaCO<sub>3</sub> in chernozem is accompanied by a 20% decrease in the content of mobile forms of Mn and Cu and a 20% increase in the content of Zn extracted by an acetate-ammonium extract. The content of acid-soluble forms of these trace elements with a CaCO<sub>3</sub> content above 10% decreases by 40-50% compared to the control.

**Key words:** winter wheat, trace elements, model experiment, soil carbonate.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.