

УДК 631.454

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

Людмила Валентиновна Степанцова

доктор биологических наук, профессор

stepanzowa@mail.ru

Вадим Дмитриевич Титов

студент

melkii082000@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В условиях модельного эксперимента карбонатность черноземов практически не повлияло на усвоение растениями озимой пшеницы калия и азоты из почвы. Фосфор лучше всего усваивается при, содержание карбонатов в почве 5 и 7,5%. При содержания карбонатов более 12,5% содержание фосфор в растениях опускается до низкого. Кроме ухудшения фосфорного питания высокая карбонатность (более 12,5%) ведет к ухудшению аэрации, развитию денитрификации и снижению минерального азота.

Ключевые слова: озимая пшеница, макроэлементы, модельный эксперимент, карбонатность почвы

Карбонатные почвы широко распространены во многих регионах и занимают 30% суши. Характерные свойства таких почв – щелочная реакция и высокое содержание карбонатов и бикарбонатов кальция [3, 7]. На этих почвах у растений наблюдается нарушение питания, наблюдается карбонатных хлороз – пожелтение листьев, задержка роста и развития.

В карбонатных почвах злаки значительно устойчивее к хлорозу, чем двудольные растения, что обусловлено меньшей зависимостью их от pH среды. Однако в корнях часть поглощенных микроэлементов и железа связывается апопластом эпидермальных клеток корня. Это препятствует их транспорту в побег и может индуцировать хлороз.

Спирина и Белкина [8] установили низкое содержание подвижных форм марганца, цинка и меди и наличие карбонатных барьеров в профиле карбонатных черноземах Койбальской степи, на которых осаждаются цинк и медь, подвижность марганца в карбонатных горизонтах напротив снижается. Архипов [1] отмечает что в карбонатных почвах Алтая наблюдается карбонатно-сульфидная аккумуляция микроэлементов.

Работ посвященных изучению влияния карбонатности на поглощение микроэлементов растениями мало нам удалось найти всего несколько публикаций [2, 4, 5, 6]. Битюцкий и др. [5] изучали устойчивость злаков и двудольных растений к высокому содержанию карбоната кальция в почве в модельном эксперименте в пластиковых сосудах на субстрате – дерново-подзолистой почвы при содержании карбонатов 10 и 20 %. При содержании карбонатов 10 %, в огурце наблюдалось снижение содержания Mn, Zn и Fe на 70%. Содержание микроэлементов в кукурузе оставалось стабильным. При содержании карбонатов 20% - содержание микроэлементов в огурце снизилось на 86 %, в подсолнечнике на 26-40%, в кукурузе немного снизилось содержание Fe и Mn. Содержание Zn оставалось стабильным. Авторы полученные результаты связывают с различным механизмом адаптации двудольных и однодольных растений к высокому содержанию карбонатов. В корневых клетках

двудольных растений преобладают пектиновые вещества, которые сильно связывают микроэлементы, а в однодольных – гемицеллюлозы.

Таким образом, исследований, посвященных исследованию влиянию карбонатности черноземов на доступность макро и микроэлементов растениям недостаточно.

Ранее мы освещали тему о влиянии карбонатности на доступность растениям озимой пшеницы микроэлементов почвы [9]. Настоящая работа является продолжением и посвящена изучению влиянию содержания карбонатов в черноземах на содержание в почве макроэлементов и доступность их растениям озимой пшеницы.

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% CaCO₃, в качестве источника CaCO₃ 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.

Результаты биометрических замеров показали, что высокая карбонатность почва тормозит всхожесть семян озимой пшеницы. Так, через 15 дней после посева в вариантах, где содержания CaCO₃ 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 CaCO₃ - 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

Биометрические показатели растения озимой пшеницы в модельном эксперименте

Вариант опыта	Содержание 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
6	12,5	86,0 ± 7,1	87,5 ± 6,6	89,0 ± 7,4	34,5 ± 3,7	28,9 ± 4,5	3,68 ± 0,56	12,8 ± 0,6
7	15	55,5 ± 6,2	78,5 ± 6,3	85,0 ± 7,0	33,7 ± 3,6	24,6 ± 1,4	3,66 ± 0,35	14,9 ± 1,6
8	25	59,5 ± 6,5	63,5 ± 9,2	71,0 ± 5,7	34,0 ± 2,8	28,5 ± 8,3	4,44 ± 0,67	15,2 ± 1,1
9	50	69,0 ± 7,0	72,5 ± 5,7	80,5 ± 6,5	33,2 ± 3,3	27,6 ± 3,4	4,44 ± 0,40	16,1 ± 0,7
10	75	37,0 ± 9,8	38,5 ± 9,3	38,0 ± 16,4	26,6 ± 4,6	9,4 ± 6,4	2,70 ± 1,63	21,9 ± 2,9

Добавление в почву карбонатов привело к изменению реакции почвы от близкой к нейтральной в контроле до слабой щелочной - в вариантах с содержанием CaCO₃ более 10%.

Условиями эксперимента было обеспечено высокое азотное питание растений озимой пшеницы, практически во всех вариантах опыта содержание общего и минерального азота очень высокое (табл. 2). Исключение составляет только 10 вариант с содержанием CaCO₃ 75%. Здесь наблюдается в растениях озимой пшеницы недостаток общего и минерального азота. Содержание аммонийного и нитратного азота в почве, в вариантах с содержанием CaCO₃ до 10% остается очень высоким, при более высоких значениях CaCO₃ в почвах ухудшается аэрация, получают развитие процесса

денитрификации и как следствие снижение содержание минерального азота в почве (табл. 3)

Таблица 2

Содержание N в растения озимой пшеницы в модельном опыте

Вариант опыта	CaCO ₃ %	рН вод	рН сол	N в растениях							
				опт мм уи	крит ичес к	N общ %		NO ₃ мг/кг			
						в опыте		опт мм уи	крит ичес к	В опыте	
Контр.	-	6,49	5,95	3.3-4	2.0	4,38±0,49	ОВ	500-700	200	2036±149	ОВ
1	1	7,17	6,98			4,73±0,34	ОВ			2152±384	ОВ
2	2,5	7,56	7,36			4,83±0,37	ОВ			1931±202	ОВ
3	5	7,65	7,37			5,25±0,92	ОВ			1534±101	ОВ
4	7,5	7,77	7,42			4,57±0,38	ОВ			1508±166	ОВ
5	10	7,79	7,45			4,68±0,65	ОВ			1658±140	ОВ
6	12,5	7,91	7,47			4,48±0,50	ОВ			2058±194	ОВ
7	15	7,95	7,47			4,64±0,75	ОВ			1716±317	ОВ
8	25	7,98	7,48			4,59±0,87	ОВ			1550±98	ОВ
9	50	8,04	7,52			4,99±0,82	ОВ			1178±112	ОВ
10	75	8,09	7,54	3,26±0,54	Н	111±33	ОН				

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

Таблица 3

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

Вариант опыта	Содержание CaCO ₃ , %	NO ₃		NH ₄		N-NO ₃		N-NH ₄	N-NO ₃ +N-NO ₄	
		мг/100 г почвы				мг/кг				
Контр.	-	15,33	ОВ	3,93	П	34,60	В	30,56	65,17	П
1	1	14,75	ОВ	3,51	П	33,31	В	27,27	60,57	П
2	2,5	17,73	ОВ	1,35	Н	40,02	В	10,49	50,51	П
3	5	27,00	ОВ	1,22	Н	60,97	В	9,49	70,46	П
	7,5	46,50	ОВ	1,35	Н	105,0	ОВ	10,49	115,4	В
5	10	30,50	ОВ	1,31	Н	68,87	В	10,19	79,06	П
6	12,5	5,20	П	1,84	С	11,74	Н	14,28	26,02	Н
7	15	4,78	П	1,45	Н	10,78	Н	11,31	22,09	Н
8	25	4,68	П	0,91	Н	10,56	Н	7,12	17,67	Н
9	50	6,65	В	0,89	Н	15,02	Н-С	6,95	21,97	Н
10	75	17,98	ОВ	0,73	Н	40,59	В	5,69	46,28	С

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

В ходе эксперимента был предусмотрен хороший уровень фосфорного питания, однако оптимальное содержания фосфора в растениях озимой пшеницы наблюдалось только в вариантах с содержанием в почве CaCO₃ 5-7,5%, в

остальных вариантах содержание фосфора в растениях на границе низкого среднего, низкое значение фосфора в растениях наблюдается при содержании CaCO₃ в почве выше 12,5%, критических значений достигает только в 10 варианте (табл. 4)

Таблица 4

Содержание P₂O₅ в почве, доступность его растениям озимой пшеницы в модельном опыте

Вариант опыта	Содержание CaCO ₃ , %	pH вод	pH сол	P ₂ O ₅ в почве, мг/100г		P ₂ O ₅ в растениях%			
						Оптимальная	Критическая	В опыте	
Контр.*	-	6,49	5,95	16,91	В	0,88-1,21	0,66	0,650±0,122	Н
1	1	7,17	6,98	5,61	В			0,877±0,098	Н/С
2	2,5	7,56	7,36	6,29	ОВ			0,784±0,078	Н/С
3	5	7,65	7,37	4,40	С			0,892±0,081	С
4	7,5	7,77	7,42	4,56	С			0,998±0,074	С
5	10	7,79	7,45	8,25	ОВ			0,881±0,050	Н
6	12,5	7,91	7,47	7,42	ОВ			0,664±0,083	Н
7	15	7,95	7,47	13,98	ОВ			0,628±0,077	Н
8	25	7,98	7,48	14,89	ОВ			0,648±0,016	Н
9	50	8,04	7,52	8,55	ОВ			0,817±0,079	С
10	75	8,09	7,54	5,99	В	0,379±0,029	ОН		

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

*Контроль по Чирикову остальные варианты по Мачигину

Внесение фосфорных удобрений обеспечило повышение уровня содержания фосфора в почве до высокого и очень высокого. Исключение составляют 4 и 5 варианты, где содержание фосфора в почве средние. Это обусловлено более интенсивным поглощением фосфора растениями.

Таблица 5

Содержание K₂O в почве, доступность его растениям озимой пшеницы в модельном опыте

Вариант опыта	Содержание CaCO ₃ , %	pH вод	pH сол	K ₂ O в почве, мг/100г		K ₂ O в растениях%			
						Оптимальная	Критическая	В опыте	
Контр.*	-	6,49	5,95	26,9	ОВ	4,2-5,04	3	4,03 ± 0,53	Н/С
1	1	7,17	6,98	17,4	Н			4,33 ± 1,09	С
2	2,5	7,56	7,36	16,3	Н			4,48 ± 0,49	С
3	5	7,65	7,37	11,2	Н			4,79 ± 0,06	С
4	7,5	7,77	7,42	14,0	Н			3,76 ± 0,22	Н
5	10	7,79	7,45	11,1	Н			4,63 ± 0,36	С
6	12,5	7,91	7,47	12,9	Н			4,01 ± 0,22	Н/С
7	15	7,95	7,47	14,7	Н			3,72 ± 0,62	Н
8	25	7,98	7,48	12,5	Н			4,40 ± 0,85	С
9	50	8,04	7,52	8,2	ОН			3,72 ± 0,57	Н
10	75	8,09	7,54	5,5	ОН	2,16 ± 0,13	ОН		

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

*Контроль по Чирикову остальные варианты по Мачигину

Схемой эксперимента было предусмотрено хорошее калийное питание растений, результаты анализа растений показали, что карбонатность практически не повлияло на содержание К в озимой пшеницы, во всех вариантах опыта содержание К в растениях на границе низкого и оптимального, различия не достоверны, исключение же составляет только 10 вариант, в контрольном варианте содержание К в почве характеризуется как высокое. Для определения К в без карбонатных черноземах используется метод Чирикова (кислая вытяжка), а для карбонатных метод Мачигина (слабощелочная вытяжка), добавление карбонатов по видимому не привело к переходу из одних форм в другие, по этому по методу Мачигина содержание К в вариантах 2-10 становится низким (табл. 5)

Таким образом, карбонатность почвы практически не повлияло на усвоение растениями озимой пшеницы калия и азоты из почвы. Фосфор лучше всего усваивается при содержании карбонатов в почве 5 и 7,5%. При содержании карбонатов в почве более 12,5%, содержание фосфор в растениях опускается до низкого. Кроме ухудшения фосфорного питания высокая карбонатность (более 12,5%) ведет к ухудшению аэрации, развитию денитрификации и снижению минерального азота.

Выводы

1. Карбонатность почвы практически не повлияло на усвоение растениями озимой пшеницы калия и азоты из почвы.

2. Фосфор лучше всего усваивается при, содержании карбонатов в почве 5 и 7,5%. При содержания карбонатов более 12,5% содержание фосфор в растениях опускается до низкого.

3. Кроме ухудшения фосфорного питания высокая карбонатность (более 12,5%) ведет к ухудшению аэрации, развитию денитрификации и снижению минерального азота.

Список литературы:

1. Архипов И. А. Биогеохимические особенности, определяющие ландшафтно-геохимическое поведение микроэлементов в почвах Алтая // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2019. № 2. С. 62-67.
2. Битюцкий Н.П., Якконен К.Л., Орлова Е.В., Злотина М.М., Давидовская Е.Н., Соловьева А.Н. Устойчивость злаков и двудольных растений к высокому содержанию карбоната кальция в почве // Агрехимия. 2008. № 2 С. 70-76.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 259 с.
4. Жуйков Д.В., Мониторинг содержания железа и бора в почвах лесостепи на примере Белгородской области // АГРОЭКОИНФО. 2019. № 4. С. 339-343.
5. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания марганца, цинка и кобальта в черноземе обыкновенном // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в европейской России и на сопредельных территориях. 2021. № 10. С. 339-343.
6. Лукин С.В., Жуйков Д.В. Мониторинг содержания марганца, цинка и меди в почвах и растениях Центрально-Черноземного района России // Почвоведение. 2021. № 1. С. 60-69
7. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа. 1975. 342 с.
8. Спирина В.З., Белкина Т.Н. Содержание микроэлементов в черноземах Койбальской степи // Материалы международной конференции: Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении Барнаул. 16–21 августа 2022 года. 2022. С.122-125.

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**

Lyudmila V. Stepantsova

Doctor of Biological Sciences, Professor

stepanzowa@mail.ru

Vadim D. Titov

student

melkii082000@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. In the conditions of the model experiment, with an increase in the carbonate content of chernozems practically did not affect the assimilation of potassium and nitrogen from the soil by winter wheat plants. Phosphorus is best absorbed when the content of carbonates in the soil is 5 and 7.5%. When the content of carbonates is more than 12.5%, the phosphorus content in plants drops to low. In addition to the deterioration of phosphorus nutrition, high carbonate content (more than 12.5%) leads to a deterioration of aeration, the development of denitrification and a decrease in mineral nitrogen.

Keywords: winter wheat, macronutrients, model experiment, soil carbonate content

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.