

УДК 631.41; 631.095.337; 546.47:633.11

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

А.Н. Аристархов, д.б.н., А.В. Волков, Т.А. Яковлева, ВНИИА

Изучена эффективность применения цинковых микроудобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Центрального Нечерноземья. Установлено, что продуктивность культуры на фоне полного NPK удобрения зависит от формы цинковых удобрений, способов и доз их применения и агрохимических свойств почвы. Цинк способствует увеличению поступления в растения основных элементов питания, кустистости, размера колоса, массы 1000 зерен и получению дополнительного урожая зерна на фоне NPK. Окупаемость традиционных минеральных удобрений зерном в условиях опытов возрастала под влиянием цинковых удобрений с 7,2 (без цинка) до 10,9 (с цинком) кг/кг.

Ключевые слова: цинковые микроудобрения, формы, способы, дозы, комплексоны, урожайность, окупаемость удобрений.

Цинк – один из важнейших остро востребуемых современным земледелием (с учетом уровня плодородия почв) элементов питания растений. Он является неотъемлемой частью многих ферментов, играет незаменимую роль в регуляции ростовых процессов. Впервые необходимость цинка для растительных организмов отметил в своей работе К.А.Тимирязев [12] в 1872 г. и именно этот период считается началом его практического применения в сельском хозяйстве [14]. К настоящему времени накоплен значительный теоретический и практический материал о высокой эффективности использования цинковых удобрений [1-16 и др.]. Особенно ценны работы обобщающего характера, освещающие многие аспекты проблемы цинка в земледелии [1-5, 7-10, 12-16 и др.]. В них четко показано, что на фоне полного минерального удобрения применение цинка может обеспечивать прибавки урожая зерна кукурузы, пшеницы и сои до 10 ц/га. При этом отмечается улучшение качества растительной продукции: повышается содержание белка, крахмала, сырой клейковины, оптимизируется фракционный состав белка зерновых и других культур. С учетом изложенного, в ряде развитых стран применению цинковых удобрений придается приоритетное значение. Так, в США в конце прошлого столетия оно превысило 33 тыс.т [6, 16], что сопоставимо с минимальной потребностью отечественного земледелия [11] и показывает

возможность оптимального решения проблемы цинка в условиях нашей страны.

Особо следует подчеркнуть, что в отдельных работах утверждается, что прибавки урожая зерна от цинковых удобрений сопоставимы с таковыми от азотных [10], а из всех способов их применения наиболее эффективно основное их использование (внесение в почву) [1, 2, 10]. Вместе с тем, эффективность различных форм цинковых удобрений и способов их применения с учетом влияния агрохимических свойств почв изучена крайне недостаточно. Практически не исследовано влияние цинка на продуктивность растений с учетом их сортовых особенностей, в том числе и объекта наших исследований – яровой пшеницы.

Цель исследований – установить влияние различных форм, способов и доз цинковых удобрений с учетом агрохимических свойств почвы на величину прибавки урожая зерна яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья.

**Методика.** Для решения поставленных задач было проведено на ЦОС ВНИИА «Барыбино» (Московская обл., Домодедовский р-н) три микрополевых опыта с яровой пшеницей сорта Злата по 14-вариантной схеме в 4-кратной повторности, размер делянок 12 м<sup>2</sup>. Посев проводили семенами высоких посевных кондиций в начале мая, а уборку урожая – в первой декаде августа.

Норма высева семян – 2,3-2,4 ц/га. Погодные условия 2012 г. оценивались как благоприятные для роста и развития растений, а 2013 г. был избыточно влажный, особенно в мае и в период созревания зерна. Агрохимические анализы почв и растений проведены по принятым методам. В опытах изучали две формы цинкового удобрения – сульфат цинка и комплексонат цинка на основе ЭДТА – Солу микро Zn15. Схема опытов приведена в таблице 2. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Характеризуется низким содержанием гумуса, средним – фосфора и калия (по Кирсанову), низким – подвижного цинка и повышенным – других микроэлементов (по Крупскому-Александровой) и разным уровнем кислотности (табл.1).

1. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв на опытных участках

№ опыта, год исследования	Гумус, %	pH <sub>сол.</sub>	Нг, мг-экв/100 г почвы	Обменные основания, мг-экв/100 г почвы		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	Cu	Mn	Co
				Ca	Mg						
Опыт 1, 2012 г.	1,6	6,0	1,2	9,7	4,1	72	112	2,1	4,8	36,5	1,5
Опыт 2:											
2012 г.	1,5	5,3	1,8	9,6	3,5	83	144	2,1	4,7	28,6	1,3
2013 г.	1,8	4,7	3,8	7,8	1,6	51	81	1,8	3,2	86,9	0,6

## 2. Влияние различных форм, способов и доз цинковых удобрений на урожайность яровой пшеницы сорта Злата (2012-2013 гг.)

Вариант опыта	Опыт 1			Опыт 2		
	урожайность, ц/га	прибавка урожайности относительно фона		урожайность, ц/га (среднее за 2 года)	прибавка урожайности относительно фона	
		ц/га	%		ц/га	%
1. Контроль	15,8	-	-	13,8	-	-
2. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> - Фон	33,1	-	-	29,7	-	-
<i>Внесение Zn в почву, кг/га элемента</i>						
3. Фон + комплексонат Zn <sub>1,5</sub>	35,8	2,7	8,2	32,0	2,3	7,7
4. Фон + комплексонат Zn 3	40,9	7,8	23,6	36,0	6,3	21,2
5. Фон + комплексонат Zn 5	42,0	8,9	26,9	37,1	7,4	24,9
6. Фон + сульфат цинка 1,5	34,8	1,7	5,1	31,6	1,9	6,4
7. Фон + сульфат цинка 3	38,0	4,9	14,8	34,3	4,6	15,5
8. Фон + сульфат цинка 5	39,7	6,6	19,9	34,7	5,0	16,8
<i>Некорневые подкормки Zn, г/га препарата</i>						
9. Фон + комплексонат Zn 100	34,3	1,2	3,6	29,8	0,1	0,3
10. Фон + комплексонат Zn 150	35,7	2,6	7,9	31,1	1,4	4,7
11. Фон + комплексонат Zn 250	38,7	5,6	16,9	31,1	4,1	13,8
12. Фон + сульфат цинка 100	33,7	0,6	1,8	29,9	0,2	0,7
13. Фон + сульфат цинка 150	35,3	2,2	6,6	30,9	1,2	4,0
14. Фон + сульфат цинка 250	36,7	3,6	10,9	32,2	2,5	8,4
НСР <sub>05</sub> : 2012 г. 2013 г.	А-2,0; В-1,9; С-1,7		А-1,6; В-1,4; С-1,1 А-1,1; В-0,7; С-0,8			

Примечание. А- почва, В – способы внесения, С – доза внесения.

**Результаты и их обсуждение.** Полученные данные (табл. 2) сравнительной эффективности применения комплексоната цинка и традиционной минеральной соли – сульфата цинка выявили, что при основном внесении цинка (в почву) в первом опыте уровень прибавок урожая зерна относительно фона N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (33,1 ц/га) достигал в зависимости от доз его применения (1,5; 3,0 и 5,0 кг/га Zn): 2,7-8,9 ц/га (8,2-26,9%) при использовании комплексоната цинка и 1,7-6,6 ц/га (5,1-19,9%) его минеральной соли, т.е. разница в урожаях соста-

вила 1,0-2,4 ц/га в пользу комплексоната цинка. Аналогичные данные отмечены и во втором опыте, но с меньшим уровнем прибавок зерна от всех изучаемых видов, способов и доз цинка. Установленное преимущество комплексоната цинка над минеральной солью при основном его внесении проявилось и при проведении некорневой подкормки. Уровень прибавок урожая зерна в первом опыте в этом случае колебался в пределах, соответственно, по первой и второй формам удобрения – 1,2-5,6 ц/га (3,6-16,9%) и 0,6-3,6 ц/га (1,8-10,9%), т.е. разница полученных урожаев составила 0,6-2,0 ц/га. Установлено также, что под яровую пшеницу цинковые удобрения как и традиционные (NPK), наиболее эффективны на почвах с реакцией, близкой к нейтральной по сравнению с подкисленными. Сравнение данных урожая в опыте №1 (рН почвы 6,0; Нг 1,2) с данными в опыте №2 (рН почвы 4,7-5,3; Нг 1,8-3,8) выявило следующую разницу в урожайности яровой пшеницы по вариантам опыта (ц/га):

при внесении в почву – на контроле (без удобрений) 15,8 и 13,8 (разница 2,0 ц/га); на фоне NPK – 33,1 и 29,7 (разница 3,4 ц/га); от доз комплексоната цинка – 1,5; 3,0 и 5,0 кг/га, соответственно, 2,7 и 2,3; 7,8 и 6,3; 8,3; и 7,4 (разница 0,4-1,5 ц/га); от цинка в составе минеральной соли, соответственно по дозам: 1,7 и 1,9; 4,9 и 4,6; 6,6; 5,0 (разница 0,9-1,6 ц/га);

при подкормке комплексонатом цинка в дозах 100, 150 и 250 г/га прибавка составила 1,2 и 0,1; 2,6 и 1,4; 5,6; 4,1 (разница 1,1-1,5 ц/га), а при подкормке минеральной солью в аналогичных дозах 0,6 и 0,2; 2,2 и 1,2; 3,6 и 2,5 (разница 0,4; 1,0; 1,1 ц/га).

По материалам исследований также установлено, что в условиях опытов наиболее эффективным было основное внесение цинка (в почву): как комплексоната, так и сульфата в дозах 3-5 кг/га. Внесение в почву комплексоната цинка обеспечило в первом опыте прибавку 7,8-8,9 ц/га, а во втором – 6,3-7,4 ц/га, тогда как подкормки препаратами, соответственно по опытам, – 2,6-5,6 и 1,4-4,1 ц/га. Аналогичные данные получены и при использовании сульфата цинка: первый способ обеспечил прибавку урожайности 4,9-6,6 и 4,6-5,0, а второй – 2,2-3,6 и 1,2-2,5 ц/га.

Изучение биометрических показателей растений яровой пшеницы показало, что прирост урожайности от цинковых удобрений происходил на фоне лучшего развития растений. Так, в условиях 2012 г. увеличивались: высота растений с 75-78 до 80-86 см; размер колоса – с 6,0-7,1 до 7,0-8,0 см; число зерен в колосе – с 26-28 до 28-32; масса 1000 зерен – с 41,3-42,4 до 42,5-46,3 г; продуктивная кустистость растений – с 1,1-1,2 до 1,6-1,8. Аналогичные тенденции отмечены и в 2013 г., но с более низкими показателями (табл. 3).

## 3. Биометрические показатели яровой пшеницы сорта Злата

Вариант опыта	Высота растений, см			Продуктивная кустистость			Размер колоса, см			Масса 1000 зерен, г		
	Опыт 1	Опыт 2		Опыт 1	Опыт 2		Опыт 1	Опыт 2		Опыт 1	Опыт 2	
		1	2		1	2		1	2		1	2
1	40	45	30	1,1	1,2	1,0	5,0	5,5	7,0	35,3	33,4	28,9
2	75	78	60	1,4	1,5	1,3	6,5	6,0	5,5	12,4	41,3	34,5
3	78	73	68	1,6	1,4	1,4	7,0	7,5	6,5	45,3	42,5	35,7
4	77	79	72	1,9	1,5	1,6	8,5	8,0	7,0	48,4	47,8	36,7
5	85	86	75	2,2	2,0	1,7	8,0	8,0	7,5	43,8	47,4	38,0
6	73	74	60	1,8	1,6	1,6	7,5	8,0	7,0	40,1	42,9	36,5
7	80	85	64	1,9	1,7	1,6	7,0	7,5	6,5	45,6	43,4	35,8
8	82	81	69	1,7	1,8	1,5	8,0	8,0	7,0	41,7	42,1	35,9
9	72	67	58	1,4	1,7	1,2	6,5	6,0	5,5	39,3	37,3	35,2
10	75	77	63	1,5	1,3	1,4	7,5	7,5	5,5	41,1	42,7	36,0
11	71	72	63	1,6	1,5	1,3	8,0	7,5	6,5	40,5	40,6	36,3
12	82	84	68	1,6	1,6	1,3	7,0	6,5	6,0	42,0	40,2	34,7
13	80	86	57	1,4	1,9	1,2	7,5	7,0	5,5	39,3	41,8	37,2
14	79	82	70	1,7	1,5	1,4	6,5	8,0	6,0	43,6	40,9	36,1

Примечание. 1 – 2012 г., 2 – 2013 г.

Следовательно, совокупность этих показателей свидетельствует о том, что оптимизация питания яровой пшеницы оказывает положительный эффект на рост и развитие растений, способствуя повышению урожайности данной культуры не только благодаря более сбалансированному питанию цинком, но и мобилизации основных элементов питания почвы и удобрений. При химическом анализе зерна и соломы по вариантам опыта с цинковыми удобрениями выявлено увеличение

в основной и побочной продукции содержания N и K, а также тенденция к повышению поступления фосфора (табл. 4).

#### 4. Содержание элементов питания в зерне и соломе яровой пшеницы сорта Злата (в среднем за 2 года)

Вариант опыта	Яровой типичный сорта элата (в среднем за 2 года)						Zn, мг/кг сух. в-ва	
	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O			
	%							
	Опыт1	Опыт2	Опыт1	Опыт2	Опыт1	Опыт2	Опыт1	Опыт2
Зерно								
1	2,00	1,97	0,40	0,41	0,98	1,03	27,6	30,3
2	2,52	2,29	0,35	0,39	0,89	0,96	26,9	32,3
3	2,70	2,28	0,35	0,40	1,01	0,98	26,5	32,2
4	2,68	2,36	0,34	0,38	0,87	1,02	30,8	31,3
5	2,59	2,28	0,38	0,39	0,82	0,96	25,2	33,9
6	2,69	2,57	0,36	0,35	1,07	0,97	27,7	30,0
7	2,44	2,53	0,38	0,39	0,80	0,93	29,2	36,7
8	2,48	2,34	0,36	0,39	0,94	0,89	26,3	39,2
9	2,54	2,57	0,33	0,38	0,92	0,98	26,8	27,3
10	2,61	2,71	0,31	0,34	0,82	0,97	23,2	28,3
11	2,42	2,45	0,35	0,38	0,95	0,92	24,7	26,7
12	2,48	2,59	0,35	0,38	1,02	1,04	25,4	31,2
13	2,76	2,99	0,38	0,35	0,97	1,02	25,2	32,4
14	2,46	2,51	0,35	0,38	1,02	0,86	31,5	31,7
Солома								
1	0,56	0,53	0,09	0,05	1,31	0,692	9,7	8,7
2	0,67	0,60	0,05	0,05	0,86	0,85	9,5	9,3
3	0,70	0,60	0,07	0,05	0,90	0,65	7,8	7,3
4	0,77	0,63	0,05	0,05	1,33	0,80	8,7	10,8
5	0,77	0,70	0,05	0,05	1,52	0,53	8,4	11,8
6	0,74	0,60	0,05	0,05	1,18	0,75	8,1	9,2
7	0,74	0,70	0,08	0,05	1,03	0,67	7,2	8,0
8	0,74	0,70	0,08	0,05	1,37	0,73	10,1	12,2
9	0,74	0,63	0,05	0,05	1,38	0,76	6,0	8,8
10	0,63	0,58	0,07	0,07	1,19	0,73	6,3	8,1
11	0,74	0,74	0,07	0,05	1,13	0,65	8,2	8,0
12	0,63	0,60	0,05	0,05	1,01	0,74	9,9	7,9
13	0,79	0,63	0,07	0,05	1,03	0,67	7,5	9,3
14	0,70	0,63	0,05	0,05	0,69	0,84	7,8	12,7

#### 5. Окупаемость макро- и микроудобрений (Zn) урожаями зерна яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья

Вариант опыта	Опыт 1				Опыт 2			
	Прибавки от NPK + Zn, ц/га	Окупаемость NPK, кг/кг	Прибавки от Zn, ц/га	Окупаемость Zn, кг/кг	Прибавки от NPK + Zn, ц/га	Окупаемость NPK, кг/кг	Прибавки от Zn, ц/га	Окупаемость Zn, кг/кг
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	17,3	7,2	-	-	17,2	7,2	-	-
3	20,0	8,3	2,7	160	19,3	8,0	2,1	140
4	25,1	10,5	7,8	230	24,3	10,1	7,1	237
5	26,2	10,9	8,9	178	25,6	10,7	8,4	168
6	19,0	7,9	1,7	113	18,7	7,8	1,5	100
7	22,2	9,3	4,9	163	22,2	9,3	5,0	167
8	23,9	10,0	6,6	132	22,7	9,5	5,5	110
9	18,5	7,7	1,2	1200*	11,3	7,2	0,1	100*
10	19,9	8,3	2,6	1733*	19,1	8,0	1,9	1267*
11	22,9	9,5	5,6	2240*	22,2	9,3	5,0	2000*
12	17,8	7,4	0,6	600*	17,5	7,3	0,3	300*
13	19,5	8,1	2,2	1467*	18,8	7,8	1,6	1067*
14	20,9	8,7	3,6	1440*	19,9	8,3	2,7	1080*

\*Окупаемость 1 кг препарата.

Окупаемость применения цинковых удобрений урожаями зерна яровой пшеницы сорта Злата была выше в 2 раза, чем окупаемость традиционных NPK удобрений при основном внесении (в почву) цинковых удобрений, а при использовании некорневых подкормок (в связи с низкими дозами) – в 3 раза (табл. 5). При этом комплексонаты цинка окупались существенно выше, чем сульфаты цинка. Также выявлено, что на нейтральных по кислотности дерново-подзолистых почвах окупаемость всех видов изучаемых цинковых удобрений более высокая, чем на почвенных разностях с кислой реакцией среды. Особо следует отметить, что комплексное при-

менение традиционных NPK и цинка способствует более эффективному их использованию. В условиях проведенных опытов с яровой пшеницей окупаемость применения 240 кг/га NPK возрастала с 7,2 до 10-11 кг/кг, т.е. более чем на 50% с преимуществом использования комплексоната цинка, чем его минеральной соли. Некорневые подкормки цинком повышали окупаемость NPK минеральных удобрений урожаями зерна с 7,2 до 9,3-9,5 кг/кг, т.е. более чем на 30%. Таким образом, по материалам исследований с цинком, можно сделать прогноз того, что используя цинковые микроудобрения в комплексе с минеральными в земледелии нашей страны, можно приблизиться по окупаемости минеральных удобрений урожаями к наиболее развитым в сельскохозяйственном отношении странам.

**Заключение.** По результатам исследований эффективности цинковых удобрений под яровую пшеницу сорта Злата, возделываемую на среднесуглинистых среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах, установлено: более сильное влияние на величину урожайности яровой пшеницы нового вида микроудобрения Солу Микро Zn 15 (комплексонат цинка на основе ЭДТА) по сравнению с традиционной минеральной солью цинка – сульфатом Zn; большая эффективность основного способа применения обеих форм цинковых удобрений (в почву) по сравнению с их использованием при подкормках вегетирующих растений; увеличение эффективности цинковых удобрений при изменении кислотности почв от кислого до нейтрального диапазона; способность цинка усиливать поступление в растение из почвы и удобрений основных элементов питания, что позволяет формировать более высокую продуктивную кустистость, увеличить размер колоса, его озерненность, массу 1000 зерен и, в конечном итоге, урожайность культуры. Применение цинковых удобрений в условиях опытов повышало окупаемость NPK удобрений с 7,2 до 10,9 кг/кг при внесении цинка в почву и с 7,2 до 9,5 кг/кг – при использовании некорневых подкормок, т.е. на 30-50%.

#### Литература

1. Анспок П.И. Микроудобрения. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
2. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агросистемах. – М., 2000. – 524 с.
3. Аристархов А.Н., Бушуев Н.Н., Сафонова К.Г. Приоритеты применения различных видов, способов и доз микроудобрений под озимые и яровые сорта пшеницы в основных природно-сельскохозяйственных зонах России. //Агрохимия.- 2012.- №9. – С.26-40.
4. Аристархов А.Н., Толстоусов В.П., Харитонова А.Ф. и др. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур // Агрохимия.- 2010.- №9. – С. 36-49.
5. Аристархов А.Н., Харитонова А.Ф., Шамырканов А.Б. и др. Эффективность различных способов применения микроудобрений по почвенно-климатическим зонам. – Юбилейный сборник статей – ЦИНАО 30 лет., 1999. – С.305-318.
6. Кореньков Г.Л., Копейкина А.Н., Тихонова Р.А. Применение цинковых удобрений в США // Химия в с-х.- 1981. – Т. XIX.- №7 – С. 51-55.
7. Мамлов Ш.З., Саданов А.К., Илялетдинов А.Н. Цинк в почвах и питание растений цинком //Агрохимия. – 1987. – №4. – С. 107-116.
8. Минеев В.Г., Алексеев А.А., Тришина Т.А. Цинк в окружающей среде. //Агрохимия. – 1984. – №3. – С. 94-104.
9. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. – М.: Наука, 1980. – 430 с.
10. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонова А.Ф. и др. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления. – М., 2009. – 520 с.
11. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Аристархов А.Н. и др. Прогноз потребности и платежеспособного спроса сельского хозяйства Российской Федерации на минеральные удобрения до 2020 г. – М.: ВНИИА, 2011. – 52 с.
12. Тимирязев К.А. Труды общества естествоиспытателей. – М., 1872.
13. Уорис Г.А., Нейланд Я.А. Биологическая роль цинка. – Рига: Зинатне. – 1981. – 180 с.
14. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.
15. Ягодин Б.А., Садовская О.П., Верниченко И.В. и др. Использование кобальта, молибдена и цинка при выращивании яровой пшеницы // В кн. Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине //Тез. Докл. XI Всесоюз. конф. – Самарканд, 1990. – С. 254-255.
16. Ellis R. Zinc-one key to profits «Fertilizer solution», 1977, v.21, №5. – P.18-30.

**EFFICIENCY OF ZINC MICROFERTILIZERS FOR SPRING WHEAT ON SODDY-PODZOLIC SOILS IN  
THE CENTRAL NONCHERNOZEMIC ZONE**

**A.N. Aristarkhov, A.V. Volkov, T.A. Yakovleva**

**Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia**

*The efficiency of zinc fertilizers applied for spring wheat on loamy soddy-podzolic soils of the Central Nonchernozemic zone has been studied. It has been found that, at the application of complete NPK fertilizer, the crop productivity depends on the form of zinc fertilizers, the methods and rates of their application, and the agrochemical properties of soil. Zinc favors the increase in the input of the main nutrients into plants, the tillering capacity of plants, the size of spike, the mass of 1000 grains, and the yield of grain at the background application of NPK. The return of conventional mineral fertilizers by the gain in grain yield increased under the effect of zinc fertilizers from 7.2 to 10.9 kg/kg in the experimental conditions.*

*Keywords: zinc microfertilizers, forms, application methods, rates, complexonates, crop yield, fertilizer return.*