

# АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

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

Обобщены результаты многолетних полевых опытов агрохимслужбы и ВНИИА по изучению эффективности применения цинковых удобрений под яровую пшеницу, возделываемую на различных типах почв с низким содержанием цинка на фоне оптимальных доз традиционных минеральных удобрений (NPK). Показано, что применение цинковых удобрений под яровую пшеницу достаточно высоко окупается прибавками урожая зерна и способствует повышению окупаемости зерном традиционных удобрений. Экономичные способы применения цинка (некорневые подкормки и обработка семян) обеспечивали окупаемость цинковых удобрений в 2-3 раза выше, чем при основном способе применения цинковых удобрений.

**Ключевые слова:** яровая пшеница; цинковые микроудобрения, способы их внесения; прибавка урожая; окупаемость удобрений прибавками зерна.

Агроэкономическая оценка эффективности применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры в отечественных литературных источниках приводится крайне редко. Объяснить это достаточно сложно, но, видимо, получаемые достаточно высокие показатели окупаемости микроудобрений (относительно окупаемости традиционных микроудобрений) вызывали определенную осторожность исследователей. Полагаем, что расширение информации по данному вопросу может более четко объяснить сложившееся мнение о низкой окупаемости применяемых NPK удобрений в земледелии нашей страны (в среднем 3-4 кг/кг). При этом не учитывалось, что даже в период интенсивной химизации (1964-1990 гг.) в нашей стране практически не применяли микроудобрения, за исключением борсодержащих (~ 10 тыс.т).

В развитых западных странах окупаемость минеральных удобрений составляет 10-11 кг зерна/кг д.в. применяемых удобрений. Следует особо отметить, что этот высокий показатель достигается при комплексном применении макро- и микроудобрений. В нашей стране недооценивают необходимость применения микроудобрений, что мешает проявлению наиболее полной эффективности макроудобрений, способствует снижению уровня плодородия почв по содержанию в них этих элементов, недополучению урожаев и полноценной по качеству растительной продукции.

Исследованиями агрохимслужбы выявлено, что пахотные почвы страны практически повсеместно (97,5% площадей) имеют недостаточное содержание подвижного цинка и остро нуждаются в применении цинковых удобрений [1, 2]. Ежегодная потребность в цинковых удобрениях составляет около 22 тыс.т и в перспективе будет возрастать по мере интенсификации земледелия [3]. Установлено, что при применении цинковых удобрений можно получить дополнительный урожай в размере 15-20%. Это способствует повышению окупаемости вносимых удобрений урожаями зерна [4,5].

Цель исследований – установить окупаемость применения цинковых удобрений, вносимых различными способами, прибавкой урожая зерна яровой пшеницы, выращиваемой в основных почвенно-климатических зонах страны.

**Методика.** Объект исследований – яровая пшеница, как наиболее широко распространенная культура в основных природно-сельскохозяйственных зонах страны, но недостаточно изученная на отзывчивость применения цинковых удобрений. В исследованиях учитывали выборку полевых опытов агрохимслужбы и НИИ с использованием различных способов применения цинковых удобрений под изучаемую культуру: основное внесение (в почву), некорневые подкорм-

ки и обработка семян в возрастающих дозах цинка на фоне NPK. Особое внимание уделялось изучению эффективности применения цинка под новые сорта яровой пшеницы, возделываемые на дерново-подзолистых почвах при внесении различных форм цинковых удобрений (минеральная соль цинка – сульфат цинка и комплексонат цинка на основе ЭДТА – Солу Микро Zn 15).

Все почвы в опытах характеризовались преимущественно низким содержанием подвижного цинка (< 2 мг/кг по Крупскому и Александровой), т.е. для возделывания на них сельскохозяйственных культур требовалось применение цинковых удобрений. Эффективность цинковых удобрений оценивали на фоне применения оптимальных доз NPK.

**Результаты и их обсуждение.** Окупаемость цинковых удобрений урожаями зерна яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистых почвах (опыты ВНИИА). Расчеты окупаемости применения цинковых удобрений урожаями зерна яровой пшеницы сорта Злата, выращиваемой на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности, выявили, что она на два порядка выше, чем окупаемость традиционных NPK - удобрений в дозах, соответственно, 90; 60; 90 при основном внесении цинковых удобрений (в почву). При использовании некорневых подкормок их окупаемость (в связи с еще более низкими дозами цинка) была на три порядка выше (табл.1).

**1. Окупаемость макро – (NPK) и цинковых удобрений урожаем зерна яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистых почвах (среднее за 2012-2014 г.)**

Вариант опыта	Опыт 1. Среднеокультуренная почва				Опыт 2. Слабоокультуренная почва			
	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
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> -фон	16,1	6,7	-	-	15,6	6,5	-	-
<i>Внесение Zn в почву, кг/га элемента*</i>								
Фон+Zn, 1,5к***	18,3	7,6	2,3	153	17,8	7,4	2,1	140
Фон+Zn, 3,0к	20,9	8,7	5,9	197	21,3	8,9	5,7	190
Фон+Zn, 5,0к	23,6	9,8	7,5	150	22,8	9,5	7,2	144
Фон+Zn, 1,5с***	17,7	7,4	1,7	113	17,5	7,3	1,8	120
Фон+Zn, 3,0с	20,1	8,4	4,1	137	19,6	8,2	4,0	133
Фон+Zn, 5,0с	21,5	9,0	5,5	110	20,3	8,5	4,6	92
<i>Некорневые подкормки Zn, г/га препарата**</i>								
Фон+Zn, 100к***	17,0	7,1	1,0	1000	15,9	6,6	0,3	300
Фон+Zn, 150к	18,0	7,5	1,9	1266	16,8	7,0	1,2	800
Фон+Zn, 250к	20,0	8,3	4,0	1600	18,8	7,8	3,2	1280
Фон+Zn, 100с***	16,7	7,0	0,6	600	15,9	6,6	0,3	300
Фон+Zn, 150с	17,7	7,4	1,7	1133	16,6	6,9	1,0	667
Фон+Zn, 250с	18,8	7,8	2,7	1080	17,6	7,3	2,0	800

\*Окупаемость 1 кг д.в. удобрений. \*\*Окупаемость 1 кг препарата. \*\*\*«к» и «с» – комплексонат и минеральная соль.

При этом комплексонаты цинка окупались существенно выше, чем сульфаты цинка. Также выявлено, что на более окультуренных с нейтральной реакцией среды дерново-подзолистых почвах все изученные виды цинковых удобре-

ний окупаються більш високо, ніж на кислих ґрунтах. Особливо слід відзначити, що комплексне застосування традиційних НРК і цинку сприяє більш ефективному їх використанню. В умовах експериментів з яровою пшеницею окупаємість застосування 240 кг/га НРК зростала з 6,7 (без цинку) до 9,0-9,8 (з цинком) кг/кг (експеримент 1) на середньорозвинених ґрунтах, а на ґрунтах слабоорозованих – до 6,5-9,0 кг/кг (експеримент 2). Некореневі підкормки цинком підвищували окупаємість НРК мінеральних добрив з 6,6-7,1 до 7,8-8,3 кг/кг. Таким чином, за матеріалами досліджень з цинковими добривами, можна зробити прогноз про те, що використовуючи цинкові мікродобрива в комплексі з мінеральними в землеробстві центрального Нечорнозем'я можна наблизитися до окупаємість мінеральних добрив урожаєм до найбільш розвинутих в сільськогосподарському відношенні країн.

**Окупаємість цинкових добрив урожаєм зерна ярової пшениці різних сортів на різних типах ґрунтів (за матеріалами експериментів агрохім. служби).** Аналогічні тенденції встановлені в польових експериментах агрохім. служби країни (табл. 2-4). Так в експериментах на чорноземі висхідних і сірих лісних ґрунтах вивчали ефективність цинкових добрив при внесенні їх в ґрунт (табл. 2) під ярову пшеницю різних сортів – Харківська 46, Скала, Новосибірська, Омська і Бурятська.

В експериментах виявлено різну відгукність сортів на застосування цинкових добрив. Так, на чорноземі висхідній ярова пшениця сорту Саратовська 76 забезпечувала прирост урожаю зерна 3,4-5,4 ц/га, а в окремі роки (1980 г.) навіть до 9,0-10,5 ц/га, тоді як сорту Харківська і Новосибірська всього 1,2-3,1 ц/га. При цьому окупаємість цинкових добрив урожаєм зерна становила, відповідно, 36-70 і 11-56 кг/кг. Окупаємість мінеральних добрив, застосовуваних в дозі 150 кг/га, зростала в першому випадку з 3,3(4,8) до 7,8 (13,6) кг/кг, а в другому – з 2,5-2,9 до 3,8-5,1 кг/кг.

## 2. Окупаємість макро- і мікродобрив урожаєм зерна ярової пшениці на чорноземі висхідних і сірих лісних ґрунтах агрохім. служби при внесенні цинку в ґрунт

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка уро- жайности зерна, ц/га		Окупаемость удобрений, кг/кг	
		от NPK+Zn	от Zn	NPK	Zn
<b>Черноземы выщелоченные</b>					
1. Тамбовская область, Харьковская 46 (1968-1970 гг.)					
Контроль	23,4	-	-	-	-
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>30</sub> -фон	26,9	3,5	-	2,9	-
Фон+Zn, 2,0	27,8	4,4	0,9	3,7	45
Фон+Zn, 5,0	28,1	4,7	1,2	3,9	24
Фон+Zn, 10,0	28,0	4,6	1,1	3,8	11
2. Курганская область, Саратовская 76 (1979, 1982 гг.)					
Контроль	23,3	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> -фон	27,3	4,0	-	3,3	-
Фон+Zn, 5,0	30,8	7,5	3,5	12,0	70
Фон+Zn, 10,0	30,7	7,4	3,4	6,2	49
Фон+Zn, 15,0	32,7	9,4	5,4	7,8	36
3. Курганская область, Новосибирская 67 (1976, 1980 гг.)					
Контроль	25,3	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> -фон	28,3	3,0	-	2,5	-
Фон+Zn, 5,0	31,1	5,8	2,8	4,8	56
Фон+Zn, 10,0	31,4	6,1	3,1	5,1	31
Фон+Zn, 15,0	30,9	5,6	2,6	4,7	13
<b>Серые лесные почвы</b>					
1. Иркутская область, Скала (1986-1988 гг.)					
Контроль	Нет данных	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> -фон	29,9	-	-	-	-
Фон+Zn, 2,5	32,1	-	2,2	-	88
Фон+Zn, 5,0	32,4	-	2,5	-	50
Фон+Zn, 7,5	32,6	-	2,7	-	108
2. Иркутская область, Бурятская 79 (1982-1985 гг.)					
Контроль	Нет данных	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> -фон	28,9	-	-	-	-
Фон+Zn, 2,5	30,4	-	1,5	-	60
Фон+Zn, 1,5+1,0**	31,5	-	2,6	-	104

Фон+ Zn, 5,0	30,4	-	1,5	-	30
--------------	------	---	-----	---	----

\*1,0 Zn в складі аммофоса, в інших варіантах Zn в формі ZnSO<sub>4</sub>.

З вивчених доз цинку (5; 10 і 15 кг/га) найбільш економічно вигідна доза 5 кг/га, так як в більшості експериментів відзначено найвища її окупаємість урожаєм зерна. Аналогічні дані отримані і на сірих лісних ґрунтах. Вивчені сорти ярової пшениці Скала і Бурятська відгукались на цинк практично однаково, забезпечивши приріст урожаю зерна 1,5-2,6 ц/га, при окупаємість цинку 50-108 кг/кг. В цілому ж, окупаємість цинкових добрив урожаєм зерна ярової пшениці на дерново-підзолистих ґрунтах, висхідних чорноземі і сірих лісних ґрунтах при основному внесенні Zn в дозах 5,0-15,0 кг/га становила 50-100 кг/кг, а при оптимальній дозі (5 кг/га) – 170-180 кг/кг. Висока окупаємість застосування цинкових добрив поєднується з підвищенням окупаємість традиційних макродобрив (НРК) при сумісному їх використанні з цинковими. Показатель окупаємість НРК в цих експериментах перевищував в 1,5-2 і більше раз такою в варіанті з НРК без цинку.

Таким чином, можна констатувати важливий факт: застосування цинкових добрив основним способом (внесення в ґрунт) під ярову пшеницю різних сортів призводить до більш ефективного використання традиційних НРК на різних типах ґрунтів, найбільший ефект досягається на дерново-підзолистих ґрунтах на посівах пшениці сучасних сортів.

Інші способи застосування цинкових добрив під ярову пшеницю – некореневі підкормки і обробка насіння, також сприяють підвищенню окупаємість традиційних макродобрив, зокрема високою – цинкових (табл. 3, 4).

Так, некореневі підкормки цинком ярової пшениці на чорноземі висхідній в п'яти польових експериментах підвищували окупаємість на 30-100 % і більше. Вивчені сорти ярової пшениці на цих ґрунтах Московська 35 і Новосибірська 67 відгукались на некореневі підкормки цинком приріст урожаю зерна приблизно однаково, вона коливалась від 1,8 до 3,7 ц/га і більше при дозах препарату 100-270 г/га.

## 3. Окупаємість макро- і мікродобрив урожаєм зерна ярової пшениці в польових експериментах агрохім. служби при проведенні некорневих підкормок цинком

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка уро- жайности зерна, ц/га		Окупаемость удобрений, кг/кг	
		от NPK+Zn	от Zn	NPK	Zn
<b>Черноземы выщелоченные</b>					
1. Республика Чувашия, Московская 35 (1985-1986 гг.)					
Контроль	19,1	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> -фон	27,6	8,5	-	4,7	-
Фон+Zn, 90 г/га	30,2	11,1	2,6	6,2	2888
2. Тюменская область, Новосибирская 67 (1984-1985 гг.)					
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> -фон	25,5	-	-	-	-
Фон+Zn, 100	27,8	-	2,3	-	2300
3. Курганская область, Новосибирская 67 (1978 г.)					
Контроль	21,3	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> -фон	22,7	1,4	-	0,9	-
Фон+Zn, 90	25,3	4,0	2,6	2,7	2888
Фон+Zn, 180	24,6	3,3	1,9	2,2	1056
Фон+Zn, 270	25,6	4,3	2,9	2,9	1074
<b>Серые лесные почвы</b>					
1. Республика Чувашия, Московская 35 (1985-1986 гг.)					
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> -фон	36,5	-	-	-	-
Фон+Zn, 80	40,2	-	3,7	-	4625
2. Республика Чувашия, Московская 35 (1985 г.)					
N <sub>125</sub> P <sub>140</sub> K <sub>120</sub> -фон	24,5	-	-	-	-
Фон+Zn, 100	31,2	-	6,7	-	6700
<b>Дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы</b>					
1. Белоруссия, (1985-1986 гг.)					
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> -фон 1	20,1	-	-	-	-
Фон 1+Zn, 200	23,1	-	3,0	-	1500
N <sub>90</sub> P <sub>270</sub> K <sub>90</sub> -фон 2	21,1	-	-	-	-

Фон 2+Zn, 200	23,6	-	2,5	-	1250
<b>Дерново-подзолистые тяжелосуглинистые почвы</b>					
Республика Чувашия, Московская 35 (1985-1986гг.)					
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> -фон	27,4	-	-	-	-
Фон+Zn, 90	29,2	-	1,8	-	2000

При этом окупаемость сульфата цинка при таком экономичном способе внесения была непривычно (относительно NPK) высокой – 1000-3000 кг/кг и более. На серых лесных и дерново-подзолистых почвах прибавки урожая зерна от цинка составляли, соответственно, от 3,7 до 6,7 и от 1,8 до 3,0 ц/га. Окупаемость сульфата цинка при его внесении в подкормки урожаями зерна в этих случаях доходила до 6700 кг/кг.

Обработка семян сортов яровой пшеницы наиболее изучена в опытах Агрохимслужбы на черноземах выщелоченных и оподзоленных, а также на дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почвах. Результаты исследований (см. табл. 4) также свидетельствуют о достаточно существенных прибавках урожая зерна от использования этого способа применения цинковых удобрений, высокой окупаемости их урожаями, а также о положительном влиянии этого приема на окупаемость традиционных макроудобрений при совместном их использовании с цинком.

Прибавки зерна при обработке семян цинком колеблются от 1,0 до 3,5 ц/га на черноземах, от 1,0 до 2,6 ц/га на дерново-карбонатных почвах. Окупаемость препаратов цинка (сульфат цинка) была примерно такой же, что и при некорневой подкормке. Из сортов обработка семян предпочтительнее для Московской 35, чем для сортов Лада и Скала. Уровень прибавок урожая в опытах составил, соответственно, 1,0-3,5 и 0,8-2,6 ц/га. Доза препарата, обеспечившая получение этих прибавок зерна, колебалась от 45 до 133 г/га посева.

**Заключение.** Проведенные исследования по оценке агроэкономической эффективности применения различных способов и форм цинковых удобрений под яровую пшеницу показали: 1) что цинковые удобрения существенно влияют на увеличение окупаемости применяемых традиционных (NPK) удобрений урожаями зерна пшеницы; 2) окупаемость цинковых удобрений урожаями превосходит окупаемость традиционных макроудобрений в несколько раз, что должно учитываться при использовании технологий комплексного применения агрохимических средств; 3) применение основного способа использования цинковых удобрений способствует увеличению окупаемости с 3-4 до 9-10 кг/кг и более; 4) выявлена сортовая отзывчивость яровой пшеницы на цинковые удобрения, особенно у современных сортов.

#### Литература

1. Аристархов А.Н. Нормирование рационального экологически безопасного применения микроудобрений в различных почвенно-климатических зонах России. – М.: Сборник трудов Почвенного института им. В.В.Докучаева, 2013. Т.2. – С.229-344.

2. Аристархов А.Н., Прошкин В.А., Волков А.В. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность применения цинковых удобрений под озимую и яровую пшеницу //Агрохимия.- 2014.- №1. – С. 37-44.

3. 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 года. – М.: ВНИИА, 2011. – 53 с.

4. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонова А.Ф. и др. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления.- М., 2009.- 520 с.

5. Аристархов А.Н., Волков А.В., Яковлева Т.А. Оптимизация применения цинковых удобрений в земледелии России. – Изд-во Lap Lambert. Academic Publishing, 2014.-142 с.

#### 4. Окупаемость макро- и микроудобрений урожаями зерна яровой пшеницы в опытах Агрохимслужбы при проведении обработки семян перед посевом цинковыми удобрениями (сульфат цинка)

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка уро- жайности зерна, ц/га		Окупаемость удобрений, кг/кг	
		от NPK+Zn	от Zn	NPK	Zn
Чернозем оподзоленный. Свердловская область (1964-1973гг.)					
NPK-фон	29,0	-	-	-	-
Фон+Zn (53 г/ц, или 133 г/га)	32,5	-	3,5	-	2632
Чернозем выщелоченный. Республика Мордовия, Московская 35 (1982- 1986 гг.)					
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> -фон	32,3	-	-	-	-
Фон+Zn (90 г/ц, или 225 г/га)	35,8	-	3,5	-	1566
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Республика Чувашия, Московская 35 (1985-1987 гг.)					
Контроль	20,3	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> -фон	34,7	4,4	-	2,1	-
Фон+Zn(30г/ц, или 90 г/га)	25,7	5,4	1,0	2,6	1111
Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая. Республика Чувашия, Московская 35 (1985-1986гг.)					
Контроль	24,3	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> -фон	27,1	2,8	-	1,3	-
Фон+Zn (30 г/ц, или 90 г/га)	30,3	6,0	3,2	2,9	3556
Дерново-карбонатная тяжелосуглинистая. Иркутская обл., Скала (1977 г.)					
Контроль	24,0	-	-	-	-
Zn,10 г/т, или 15 г/га препарата	23,8	-	-0,2	-	-
Zn,20 г/т, или 30 г/га препарата	26,0	-	2,0	-	1000
Zn,30 г/т, или 45 г/га препарата	25,5	-	1,5	-	3333
Дерново-карбонатная тяжелосуглинистая. Иркутская обл. Лада (1980 г.)					
Контроль	38,3	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> -фон 1	43,2	4,9	-	2,7	-
Фон 1+Zn, 30 г/т элемента, или 45 г/га препарата	45,8	7,5	2,6	4,2	5778
Фон 1+Zn,40 г/т элемента, или 60 г/га препарата	40,8	2,5	-	1,4	2333
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + тур - фон 2	45,5	7,2	-	4,0	-
Фон 2+Zn, 40 г/т элемента, или 60 г/га препарата	48,0	9,7	2,5	5,7	4167

#### AGROECONOMIC EFFICIENCY OF ZINC FERTILIZERS FOR SPRING WHEAT ON DIFFERENT SOIL TYPES

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

Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences,  
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

Long-term field experiments of the Agrochemical Services organizations and the Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry on studying the efficiency of zinc fertilizers for spring wheat on different types of soils with low contents of zinc on the background of optimal rates of conventional mineral fertilizers (NPK) showed that the application of zinc fertilizers for spring wheat is recouped by the gain in grain yield and increases the recoupment of conventional fertilizers. Economic methods of zinc application (top dressing and processing of seeds) provided the recoupment of zinc fertilizers higher than the basic method of the application of zinc fertilizers by 2–3 orders of magnitude.

Keywords: spring wheat, zinc microfertilizers, application methods, crop gain; recoupment of fertilizers.

