

# ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ

А.Н. Аристархов, д.б.н., В.А. Прошкин, к.с.-х.н., Т.А. Яковлева, А.В. Волков, ВНИИА

Изучено влияние агрохимических свойств различных типов почв на эффективность различных способов применения цинковых микроудобрений под яровую пшеницу. Установлено, что прибавка урожайности данной культуры существенно зависит от способа применения цинковых удобрений, их доз и агрохимических свойств почв.

**Ключевые слова:** агрохимические показатели плодородия почв, цинковые микроудобрения, способы внесения, эффективность, прогноз прибавки урожая яровой пшеницы.

Пахотные почвы страны на 97,5% площадей имеют низкое и среднее содержание подвижного цинка, что является остро дефицитным для многих сельскохозяйственных культур [2-3]. Ежегодная потребность земледелия страны в цинковых микроудобрениях до 2020 г. составляет не менее 22 тыс.т [1,6], что сопоставимо с потребностью земледелия США [4]. Однако, разница состоит в том, что в США программа по производству и применению цинковых удобрений научно обоснованно и целенаправленно ежегодно реализуется в течении последних нескольких десятилетий, а в нашей стране это только предстоит сделать. Как показывают исследования, цинковые удобрения способны обеспечивать дополнительные прибавки урожая не на 10-15%, как считалось ранее, а на 15-20% и более [2, 3]. При эффективном использовании микроудобрений важно учитывать биологические особенности растений, агрохимические свойства почв, способы внесения удобрений, погодные условия, материальные и экономические возможности сельхозтоваропроизводителей и т.д.

Цель исследований – установить влияние агрохимических свойств почв на величину прибавки урожайности зерна яровой пшеницы при использовании различных способов применения цинковых удобрений.

**Методика.** Объектом исследований была выбрана яровая пшеница как наиболее широко распространенная культура в основных природно-сельскохозяйственных зонах страны и недостаточно изученная по отзывчивости на цинковые удобрения. В качестве исходной информации для оценки влияния агрохимических свойств почв на эффективность различных способов применения цинковых микроудобрений использовали сопряженные данные урожайности зерновых культур и агрохимических показателей почвы (гумус, pH, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O и Zn) в опытах Геосети, Агрохимслужбы и других научно-исследовательских учреждений, а также проведенных нами опытов по целевой программе. Для анализа были взяты выборки опытов с различными способами применения цинковых удобрений: основное внесение (в почву), некорневые подкормки, обработка семян в возрастающих дозах на фоне NPK. Массив выборки опытных данных состоял из ранжированных показателей агрохимических свойств почв и прибавок урожайности яровой пшеницы от цинковых удобрений.

Влияние отдельных факторов на изменчивость результативного признака оценивали коэффициентом корреляции и корреляционным отношением, выражающим тесноту связи между ними. Доло изменчивости оценивали по коэффициенту детерминации и индексу детерминации. Выбор формы корреляции для описания связи между изучаемыми признаками осуществляли по критерию линейности корреляции [5, 8].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Основное внесение цинковых микроудобрений (в почву). В работе обобщены и проанализированы результаты полевых опытов по изучению эффективности цинковых удобрений под довольно широкий спектр сортов яровой пшеницы: Московская 35, Саратовская 36, Новосибирская 67, Белорусская 12, Вера,

Омская 9, Харьковская 46, Скала и др., возделываемые в различных природно-сельскохозяйственных зонах страны. Агрохимическая характеристика наиболее детально изученных типов и подтипов почв в опытах приведена в таблице 1. Преобладающий фон минеральных удобрений, на котором изучали эффективность цинковых микроудобрений – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> с колебаниями по азоту, фосфору и калию от 30 до 90 кг/га.

## 1. Варьирование агрохимических показателей плодородия почв в выборках полевых опытов с основным внесением цинка

Показатель	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	Доза Zn, кг/га
			мг/кг			
Серая лесная почва						
Интервал значений	1,0-5,3	4,4-6,4	50-296	61-195	-	2,5-10,0
Объем выборки (опыто-лет)	72	66	63	59	-	71
Чернозем выщелоченный						
Интервалы значений	3,4-7,6	4,9-6,8	15-128	67-380	0,14-0,23	2,0-15,0
Объем выборки (опыто-лет)	68	68	67	67	33	68

Результаты корреляционного анализа связи прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений с агрохимическими свойствами почв приведены в таблице 2.

## 2. Характеристика связи прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений с агрохимическими свойствами почв при основном внесении

Показатель	Корреляция						Критерий линейности корреляции	
	Линейная		Криволинейная					
	Коэффициент		Уровень значимости	Корреляционное отношение	Индекс детерминации	Уровень значимости		
							корреляции	детерминации
Серая лесная почва								
Гумус	0,50	0,25	0,010	0,93	0,86	0,001	33,0	2,7
pH	0,10	0,01	0,000	0,19	0,04	0,200	1,2	4,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,04	0,00	0,000	0,16	0,03	0,400	1,3	4,0
K <sub>2</sub> O	-0,13	0,02	0,400	0,11	0,01	0,000	-	-
Дозы Zn	0,26	0,07	0,000	0,84	0,70	0,001	20,2	2,3
Чернозем выщелоченный								
Гумус	0,10	0,01	0,00	0,21	0,04	0,200	2,0	3,2
pH	-0,05	0,00	0,00	0,17	0,03	0,200	1,7	4,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52	0,27	0,001	0,80	0,64	0,001	5,3	2,3
K <sub>2</sub> O	0,29	0,08	0,050	0,32	0,10	0,050	1,3	4,0
Доза Zn	0,60	0,36	0,001	0,95	0,90	0,001	31,2	2,6

**Содержание гумуса.** Влияние содержания гумуса в почве на эффективность цинкостержащих удобрений под яровую пшеницу заметно различается по типам почв.

Так, на серых лесных почвах связь между признаками достаточно тесная и она проявляется как криволинейная по форме (F<sub>ф</sub>>F<sub>г</sub>), прямая по направлению (r = 0,50 и 0,39), сильная по тесноте (η = 0,93...0,86) при весьма высоком уровне значимости (t = 0,001). Графическая интерпретация влияния ва-

риации содержания гумуса в почве на эффективность цинковых удобрений под яровую пшеницу при основном их внесении показана на рис. (а). При возделывании яровой пшеницы на черноземах выщелоченных содержание гумуса в почве практически не влияет на эффективность цинкостержащих удобрений. Связь характеризуется как слабая по тесноте:  $r = 0,10$  и  $\eta = 0,21$  и недостоверная по значимости: значения  $t$  равны, соответственно, 0,00 и 0,200.

**Кислотность почв.** При возделывании яровой пшеницы на серых лесных почвах корреляция характеризуется как прямая по направлению ( $F_{\phi} < F_t$ ), весьма неустойчивая и слабая по тесноте ( $r = 0,10 \dots 0,16$ ) и недостоверная по уровню значимости ( $t = 0,00$ ). На черноземах выщелоченных связь характеризуется как обратная по направлению ( $r = -0,05$ ) и недостоверная по уровню значимости. Эти связи отражены на примере серых лесных почв (рис. б).

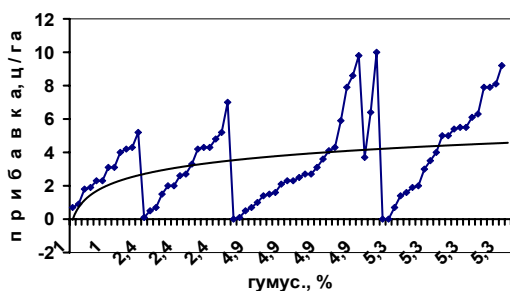
В целом можно констатировать, что влияние реакции почвенной среды на изменчивость прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений неустойчиво – связь может быть как прямая, так и обратная, достоверная и недостоверная. Поэтому целесообразность использования данного показателя для прогноза эффективности цинковых удобрений не доказывается.

**Содержание подвижного фосфора.** Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором на эффективность цинкостержащих удобрений при основном внесении под яровую пшеницу четко прослеживается при возделывании её на черноземах выщелоченных: корреляция проявляется как прямая по направлению ( $r = 0,52$ ), криволинейная по форме ( $F_{\phi} > F_t$ ), сильная по тесноте ( $\eta = 0,88$ ) и достоверная по значимости ( $t = 0,001$ ). Графически это отражено на рис. (в).

На серых лесных почвах влияние обеспеченности почв подвижным фосфором оказывает слабое действие на изменчивость прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений. Зависимость характеризуется как прямая по направлению ( $F_{\phi} < F_t$ ), но коэффициенты корреляции при этом крайне незначительны:  $r = 0,003 \dots -0,04$ . Графически это отражено на рис. (г).

**Содержание подвижного калия.** Связь обеспеченности почв подвижным калием с эффективностью цинкостержащих удобрений под яровую пшеницу проявляется как слабая по тесноте, неустойчивая по направлению и достоверности ( $r = -0,13 \dots 0,29$ ). Графически на примере серых лесных почв и черноземов выщелоченных это отражено на рис. (д, е).

**Дозы цинка.** Зависимость эффективности цинкостержащих удобрений от их доз проявляется как криволинейная по форме, прямая по направлению и достоверная по значимости. Графически это отражено на рис. (ж).



а

Установленные особенности корреляционных связей можно использовать как теоретическое обоснование для разработки моделей прогноза изменчивости прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений в зависимости от вариации агрохимических свойств почв.

Среди изученных факторов наибольшие теснота и сопряженность связи отмечены на серых лесных почвах между содержанием в почве гумуса и дозами цинка, на черноземах выщелоченных соответственно – содержанием  $P_2O_5$  в почве и дозами Zn. Поэтому именно эти свойства почв использовали при разработке моделей.

Алгоритмы концептуальных моделей прогноза эффективности цинковых удобрений в алгебраической форме приведены ниже.

**Серые лесные почвы:**

$$Y = (14,324 - 64,3327/X_1) \cdot 0,53 + (2,4829 - 3,8477/X_2) \cdot 0,47.$$

**Черноземы выщелоченные:**

$$Y = (1,8854 - 65,2173/X_3) \cdot 0,45 + (1,8465 - 3,1517/X_2) \cdot 0,55,$$

где  $X_1$  – содержание гумуса в почве, %;  $X_2$  – дозы Zn, кг/га;  $X_3$  – содержание  $P_2O_5$  в почве, мг/кг.

Прогноз эффективности цинковых удобрений при основном внесении на изучаемых типах почв представлен в таблицах 3, 4. На основе анализа полученных данных можно заключить, что основное внесение цинковых удобрений под яровую пшеницу эффективнее на серых лесных почвах, чем на черноземах выщелоченных (прибавки урожайности составляют, соответственно, 5,0 и 3,3 ц/га).

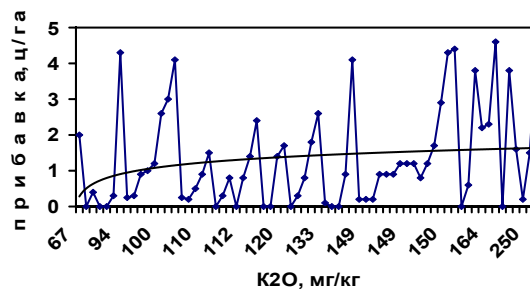
Максимальные прибавки урожая могут достигать, соответственно, 10 и 5 ц/га (см. рис. а-ж).

**3. Прогноз прибавки урожая яровой пшеницы в зависимости от содержания гумуса и доз цинковых удобрений при основном внесении на серых лесных почвах**

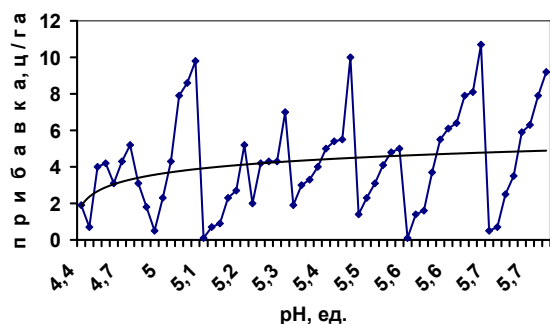
Гумус, %	Доза Zn, кг/га					
	2,5	5,0	10,0	20,0	30,0	35,0
4,5	1,0	1,7	2,1	2,3	2,4	2,4
5,0	2,4	3,2	3,6	3,7	3,8	3,8
5,5	3,6	4,3	4,7	4,9	5,0	5,0

**4. Прогноз прибавки урожая в зависимости от содержания фосфора в почве и доз цинковых удобрений при основном внесении на черноземах выщелоченных**

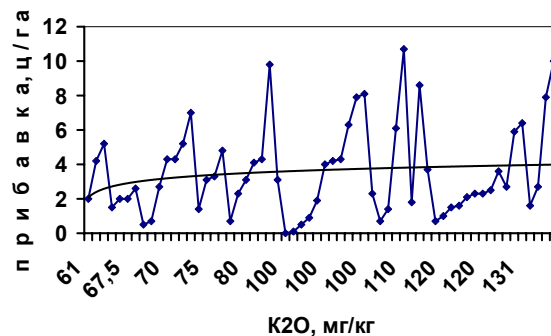
$P_2O_5$ , мг/кг	Доза Zn, кг/га					
	2,0	2,5	5,0	10,0	15,0	
<50	0,3	0,6	1,2	1,6	1,7	
51-100	1,3	1,6	2,2	2,5	2,7	
>100	1,9	2,2	2,9	3,2	3,3	



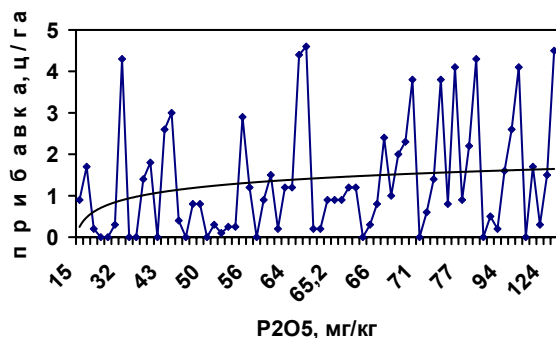
д



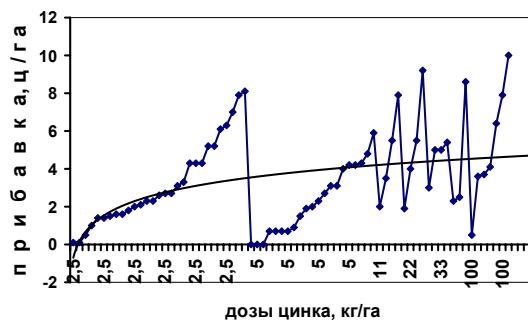
б



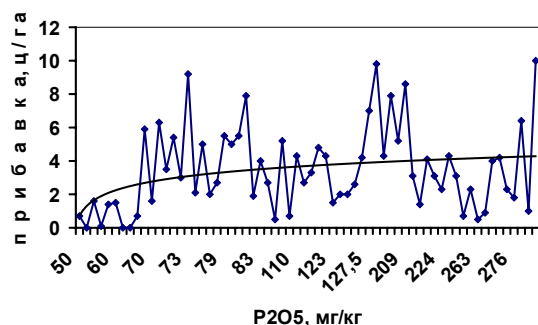
е



в



ж



г

Рис. Изменчивость прибавки урожая яровой пшеницы от цинковых удобрений при основном внесении в зависимости от содержания гумуса (а), величины pH (б), содержания  $P_2O_5$  (в, г) и  $K_2O$  (рис. д, е), доз их применения (ж) (ломаная линия и тренд) на серых лесных почвах (а, б, г, д, ж) и выщелоченных черноземах (в, е)

Средний вклад агрохимических факторов в общую прибавку урожайности зерна яровой пшеницы на серых лесных почвах может составлять в зависимости от содержания гумуса 2,6 ц/га, а от цинковых удобрений – 2,4 ц/га. На черноземах выщелоченных суммарная прибавка распределяется следующим образом: 1,4 ц/га от содержания в почве подвижного фосфора и 1,6 ц/га от цинковых микроудобрений. Прогнозные расчеты по получению дополнительного урожая зерна от применения цинковых микроудобрений показали, что на серых лесных почвах наиболее интенсивный прирост происходит в зависимости от содержания гумуса в пределах доз цинка 2,5-10,0 кг/га, а на черноземах выщелоченных в зависимости от уровня содержания фосфора – 2,0-10,0 кг/га. Следовательно, на этих типах почв применение цинка в более высоких дозах на современном этапе исследований по агроэкономическим соображениям можно считать нецелесообразным.

**Некорневая подкормка растений.** Этот способ применения цинка под яровую пшеницу преимущественно тех же сортов, что и при основном внесении, изучен меньше, чем основной. Агрохимическая характеристика почв в выборке полевых опытов, взятых для обобщения и анализа, приведена в таблице 5.

##### 5. Агрохимические показатели плодородия почв в выборке полевых опытов с подкормками яровой пшеницы цинком

Показатель	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	$P_2O_5$ мг/кг	$K_2O$ мг/кг	Zn	Доза препарата Zn, г/га
<i>Дерново-подзолистая и серая лесная почвы</i>						
Интервал значений	1,1-5,1	4,9-6,4	114-291	85-154	-	80-200
Объем выборки (опыто-лет)	11	11	11	11	-	11
<i>Чернозем выщелоченный</i>						
Интервал значений	6,4-9,8	5,1-6,1	88-370	106-304	-	90-200
Объем выборки (опыто-лет)	21	21	19	20	-	20

Результаты анализа зависимости эффективности некорневой подкормки яровой пшеницы цинком от вариации агрохимических свойств почв приведены в таблице 6.

**6. Характеристика связи прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений с агрохимическими свойствами почв при некорневой подкормке**

Показатель	Корреляция						Критерий линейности корреляции	
	Линейная			Криволинейная				
	коэффициент		уровень значимости	корреляцион. отношение	индекс детерминации	уровень значимости		
	корреляции	детерминации					Fф	Fт
Дерново-подзолистая и серая лесная почвы								
Гумус	0,91	0,82	0,001	0,98	0,96	0,001	3,7	4,8
pH	0,54	0,29	0,100	0,76	0,57	0,010	2,4	4,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,63	0,39	0,050	0,67	0,45	0,050	0,8	5,3
K <sub>2</sub> O	0,78	0,60	0,010	0,68	0,45 2	0,050	2,2	5,3
Доза Zn	-0,75	0,56	0,010	0,94	0,88	0,001	5,5	4,8
Чернозем выщелоченный								
Гумус	0,29	0,08	0,200	0,37	0,13	0,100	1,1	4,4
pH	-0,07	0,00	0,000	0,19	0,04	0,00	0,58	246
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,17	0,03	0,400	0,31	0,09	0,200	1,34	248
K <sub>2</sub> O	-0,11	0,01	0,000	0,25	0,06	0,400	0,96	248
Доза Zn	0,14	0,02	0,000	0,93	0,86	0,001	21,9	5,9

Как общую тенденцию можно отметить, что для описания связи зависимости изменчивости результативного признака (прибавки урожая) от вариации агрохимических свойств целесообразнее использовать линейную по форме корреляцию. Оценка степени приближения криволинейной зависимости к прямолинейной, с использованием критерия линейности корреляции (F), свидетельствует, что гипотеза о криволинейности корреляции во всех случаях отвергается (Fф<Fт). Пользоваться криволинейной корреляцией и регрессией нельзя. Линейность значима на 5%-ном уровне. Вместе с тем, следует отметить заметные различия в характеристике статистических показателей связи изучаемых признаков на разных типах почв.

На дерново-подзолистых и серых лесных почвах корреляционная зависимость между признаками – pH-прибавка, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – прибавка – проявляется как средняя по тесноте, между признаками – гумус-прибавка, K<sub>2</sub>O-прибавка – как сильная при достаточно высоких уровнях значимости (0,100-0,001).

При возделывании яровой пшеницы на черноземах выщелоченных (а также на черноземах обыкновенных и каштановых почвах) главной особенностью выявленной формы корреляции (линейной) является то, что в подавляющем большинстве случаев она проявляется как слабая по тесноте ( $r < 0,3$ ). При этом коэффициенты регрессии, показывающие как изменяется результативный признак (прибавка урожая) при вариации значений аргументов изучаемой системы (агрохимические свойства почв), свидетельствуют, что вариацией последних обусловлено не более 1-6% изменчивости прибавки урожая.

На основании статистического анализа можно отметить, что при планировании некорневой подкормки на дерново-подзолистых и серых лесных почвах её следует проводить на почвах с оптимальным агрохимическим потенциалом, а на черноземах выщелоченных (а также на черноземах обыкновенных и каштановых почвах) такой необходимости нет. На обоих типах почв четко установлено, что эффективность некорневой подкормки яровой пшеницы цинком определяется, прежде всего, дозами цинка. При этом зависимость эффективности цинкостержащих удобрений от доз цинка на дерново-подзолистых и серых лесных почвах проявляется как обратная по направлению, сильная и достоверная ( $r = -0,75$ ), а на черноземах выщелоченных (обыкновенных и каштановых почвах) зависимость между признаками характеризуется как прямая по направлению, криволинейная по форме (Fф>Fт),

сильная по тесноте ( $\eta = 0,93...0,97$ ) и достоверная по уровню значимости ( $t = 0,001$ ).

Зависимость эффективности цинкостержащих удобрений под яровую пшеницу от доз цинка объективно описывается уравнениями гиперболы. Уравнения регрессии (гиперболы) и результаты прогноза изменчивости прибавки урожая яровой пшеницы в зависимости от доз цинка приведены в таблице 7.

**7. Прогноз прибавки урожая яровой пшеницы при применении цинкостержащих удобрений способом некорневой подкормки, ц/га**

Чернозём выщелоченный		Чернозём обыкновенный, каштановая почва	
Y = 4,8586 – 331,7152/X		Y = 2,2005 – 50,1259/X	
Доза препарата, г/га (X)	Прибавка, ц/га	Доза препарата, г/га (X)	Прибавка, ц/га
90	1,2	30	0,5
120	2,1	60	1,4
150	2,6	90	1,6
180	3,0	120	1,8
200	3,2	150	1,9
-	-	180	1,9
-	-	210	2,0
-	-	250	2,0

*Обработка семян.* Результаты анализа зависимости эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы цинком от вариации агрохимических свойств почв приведены в таблице 8.

**8. Характеристика связи прибавки урожая яровой пшеницы от цинкостержащих удобрений с агрохимическими свойствами почвы при использовании обработки семян**

Показатель	Корреляция						Критерий	
	Линейная			Криволинейная				
	коэффициент		уровень значимости	корреляцион. отношение	индекс детерминации	уровень значимости		
	корреляции	детерминации					Fф	Fт
Дерново-подзолистая и дерново-карбонатная почвы								
Гумус	-0,22	0,05	0,400	0,50	0,25	0,050	4,8	248
pH	0,17	0,03	0,00	0,58	0,33	0,001	7,4	246
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	-	-
K <sub>2</sub> O	-0,08	0,00	0,00	0,19	0,04	0,00	-	-
Доза Zn	0,89	0,79	0,001	0,97	0,94	0,001	5,5	4,7
Чернозем обыкновенный								
Гумус	0,28	0,08	0,200	0,52	0,27	0,050	6,0	249
pH	0,26	0,07	0,200	0,34	0,11	0,100	1,5	250
K <sub>2</sub> O	0,01	0,00	0,00	0,16	0,02	0,400	0,9	250
Доза Zn	0,05	0,00	0,00	0,83	0,69	0,00	9,4	5,8

При оценке зависимости эффективности обработки семян яровой пшеницы Zn от агрохимических свойств почв следует указать, что во всех без исключения случаях корреляция проявляется как линейная по форме (Fф<Fт). При этом она характеризуется как слабая по тесноте и зачастую недостоверная по уровню значимости. Эффективность обработки семян цинком в значительной мере зависит от дозы Zn. Это подтверждается сильной теснотой связи изучаемых признаков ( $\eta = 0,83...0,97$ ) и высокой достоверностью связи ( $t = 0,001$ ).

В таблице 9 приведены уравнения регрессии и прогноз прибавки урожая яровой пшеницы при проведении предпосевной обработки семян.

**9. Прогноз прибавки урожая яровой пшеницы при обработке семян цинкостержащими удобрениями, ц/га**

Дерново-подзолистая и дерново-карбонатная почвы		Чернозём обыкновенный	
Y = 4,309 – 123,596/X		Y = 3,4 – 32,22/X	
Доза (X)	Прибавка	Доза (X)	Прибавка
30	0,2	20	1,8
90	2,9	30	2,3
200	3,7	40	2,6

**Заключение.** Материалы исследований по изучению влияния агрохимических свойств различных типов почв на эффективность применения цинковых микроудобрений известными способами (в почву, некорневые подкормки и обработка семян) под яровую пшеницу выявили статистически достоверную связь прибавок урожайности культуры от увеличения содержания в почвах гумуса, подвижных фосфора и калия, улучшения кислотности почв. Наиболее четко связь факторов прослежена при основном способе (внесение в почву) применения цинковых удобрений. При проведении некорневых подкормок и обработки семян препаратами (солями) цинка выявлены слабые и неустойчивые связи между факторами изучаемой системы. Установлено, что практически на всех типах почв определяющее влияние на формирование прибавки урожая оказывают возрастающие дозы цинковых удобрений. Разработаны и предложены прогнозные расчеты по эффективности использования цинковых микроудобрений разными способами на почвах с различными агрохимическими свойствами под яровые сорта пшеницы. Показано, что наиболее эффективно основное внесение (в почву) цинка: на серых лесных почвах – прибавки урожайности зерна могут достигать 5,0 ц/га и более при повышении содержания гумуса и доз применения цинковых удобрений; на черноземах выщелоченных уровень прибавок при этом способе применения цинка может достигать 1,9-3,3 ц/га (максимально – до 5 ц/га) при содержании в почве фосфора >100 мг/кг и при использовании оптимальных доз цинкового удобрения. Так, для черноземов выщелоченных прибавка урожая зерна при подкормках цинком может составить 3,0-3,2 ц/га при дозах препарата 180-200 г/га, а на черноземах обыкновенных – 1,8-

2,0 ц/га. Обработка семян цинковыми препаратами на изученных типах почв (дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, черноземы обыкновенные) по эффективности не только не уступает некорневым подкормкам, а даже превосходит их. Это агрохимически обоснованно тем, что микроудобрения необходимы растению с самого начала роста и развития.

#### *Литература*

1. Аристархов А.Н. Модели определения потребности земледелия в микроудобрениях //Плодородие.- 2011.- №3. – С. 47-50.
2. Аристархов А.Н. Нормирование рационального экологически безопасного применения микроудобрений в различных почвенно-климатических зонах России. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2013. Т.2.- С.229-344.
3. 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.
4. Кореньков Г.Л., Копейкина А.Н., Тихонова Р.Л. Применение цинковых удобрений в США (аналитический обзор) //Химия в сельском хозяйстве.- 1981.- №7.- С. 51-55.
5. Прошкин В.А. Моделирование эффективности минеральных удобрений по показателям агрохимических свойств почвы //Агрохимия.- №7.- 2012. – С. 16-27.
6. 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. – 52 с.
7. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонова А.Ф. и др. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления. – М., 2009. – 520 с.
8. Сычев В.Г., Шафран С.А. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2012. – 200 с.

#### **EFFECT OF THE AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS ON THE EFFICIENCY OF DIFFERENT APPLICATION MODES OF ZINC FERTILIZERS FOR SPRING WHEAT**

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

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

*The effect of the agrochemical properties of different soil types on the efficiency of different application modes of zinc microfertilizers for spring wheat has been studied. It has been found that the crop yield gain significantly depends on the application method of zinc fertilizers, their rates, and the agrochemical properties of soils.*

*Keywords: agrochemical parameters of soil fertility, zinc microfertilizers, application modes, efficiency, prediction of spring wheat yield gain.*