

## ВЛИЯНИЕ ЦИНКОВЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

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

Изучена эффективность различных форм цинковых удобрений и способов их применения под яровую пшеницу на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности. Показано, что они в комплексе с традиционными минеральными удобрениями способствуют росту урожайности культуры, увеличивают содержание в ее зерне белка и клейковины, а также улучшают хлебопекарные качества зерна и муки.

Ключевые слова: цинковые микроудобрения, способы и дозы внесения, яровая пшеница, продуктивность, качество зерна, хлебопекарные показатели.

В настоящее время существуют два основных пути улучшения качества зерна пшеницы: селекционный, связанный с изменением наследственности растений, и агротехнический. Эти пути не исключают, а, наоборот, дополняют друг друга. Среди факторов, влияющих на содержание белка и клейковины в зерне пшеницы многие исследователи особое место отводят погодным и почвенным условиям, дозам азота, дробности и срокам их применения [1-3,10-11]. Микроэлементам, как фактору оказывающему существенное влияние на урожай и формирование его качества, посвящен целый ряд работ [4,5,7,9,13-15 и др.]. Однако цинковые микроудобрения под зерновые культуры, особенно под яровую пшеницу новых перспективных сортов, изучены недостаточно [5,12]. По химическому составу зерна и его качественным показателям в литературных источниках нередко встречаются достаточно труднообъяснимые противоречивые материалы [5,12], связанные с особенностями поступления цинка в растения в зависимости от агрохимических свойств почв, форм, видов и доз применяемых микро- и макроудобрений.

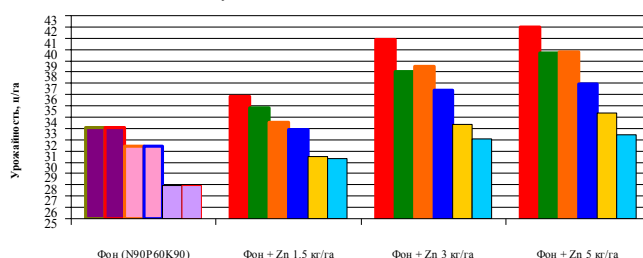
Цель исследований – установить влияние различных форм, способов и доз цинковых микроудобрений на качество зерна яровой пшеницы сорта Злата, возделываемой на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности в Центральном Нечерноземье (ЦОС ВНИИА «Барыбино», Домодедовский р-н Московская обл.).

Методика исследований и схема опытов описаны в наших ранее опубликованных работах [6, 8].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Опытами, проведенными на трех полях с дерново-подзолистыми почвами разной степени окультуренности установлено, что цинковые микроудобрения не только существенно повышают урожай зерна яровой пшеницы сорта Злата, но и способствуют улучшению его качественных показателей.

Как следует из рисунка 1, наиболее эффективным способом применения цинка является основное внесение (в почву) как комплексоната, так и сульфата цинка в дозах 3-5 кг/га. При этом внесение комплексоната цинка в почву в указанных дозах обеспечивало относительно фона NPK в первом опыте прибавку урожая зерна 7,8-8,9 ц/га, а во втором – 6,3-7,4 ц/га, тогда как подкормки препаратами в дозах 150-250 г/га, соответственно, по опытам, существенно ниже – 2,6-5,6 и 1,4-4,1 ц/га. Аналогичные данные получены и при использовании сульфата цинка: первый способ обеспечил прибавки урожая 4,9-6,6 и 4,6-5,0, а второй – 2,2-3,6 и 1,2-2,5 ц/га.

а - Внесение Zn в почву



б - Некорневые подкормки

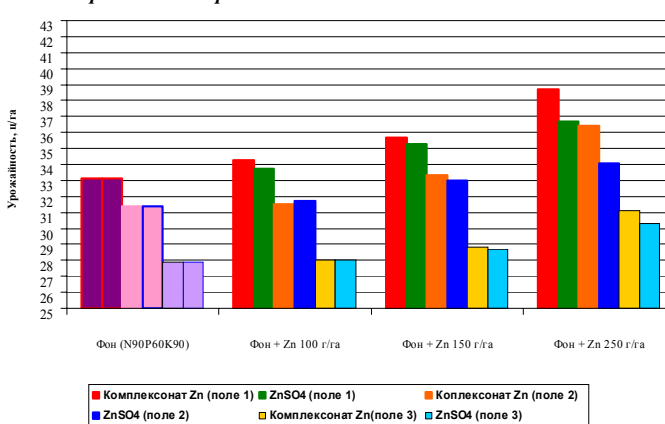


Рис. Урожайность яровой пшеницы сорта Злата в зависимости от применения различных форм и доз цинковых удобрений в почву (а) и в некорневые подкормки (б)

Под влиянием применения как традиционных удобрений (NPK), так и на их фоне различных форм и способов цинковых удобрений в зерне пшеницы формировалось дополнительное количество белка и клейковины, а также улучшалось качество муки, теста и хлеба. Известно, что зерно пшеницы с содержанием общего белка до 11,0% оценивается как слабое, 11-14 – среднее и более 14,0% – сильное. В проведенных опытах под влиянием комплексного применения удобрений с участием различных форм, способов и доз цинковых удобрений в благоприятных почвенно-климатических условиях устойчиво формировалось сильное зерно, а при их ухудшении – среднее, что теоретически было ожидаемо.

Как следует из материалов таблицы 1, наибольшая прибавка в содержании белка в зерне получена от минеральных удобрений (NPK) на почвах более окультуренных – до 3,00% (поле 1), тогда как на почвах с кислой и средней реакцией среды всего 1,06-1,88% (поля 2, 3), причем в более влажном 2013 г. прибавка была минимальной – 1,06%. Изучаемые в опытах обе формы цинковых микроудобрений наиболее эффективны по действию на этот показатель при их основном внесении. Так, при использовании комплексоната цинка в зависимости от доз его внесения уровень белковости зерна относительно фона (NPK) повышался на 0,89-1,37% на почвах средней окультуренности и на 0,21-0,33% – на слабоокультуренных почвах. Применение сульфата цинка также приводило к повышению белка в зерне на обоих разностях почв, но только в благоприятном по климатическим условиям 2012 г., а во влажном 2013 г. во втором опыте формирование белка, как на фоне с минеральными удобрениями так и при использовании цинка, существенно снижалось.

**1. Влияние цинковых удобрений на содержание белка в зерне яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности**

Вариант опыта	Опыт 1		Опыт 2					
	Поле 1, 2012г		Поле 2, 2012г		Поле 3, 2013г		Среднее за 2012-13г	
	Содержание белка (N5,7), % на сухое в-во	Прибавка от цинка к фону, %	Содержание белка (N5,7), % на сухое в-во	Прибавка от цинка к фону, %	Содержание белка (N5,7), % на сухое в-во	Прибавка от цинка к фону, %	Содержание белка (N5,7), % на сухое в-во	Прибавка от цинка к фону, %
Абсолютный контроль	11,40	-	11,22	-	11,71	-	11,46	-
Фон (N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	14,40	3,0*	13,05	1,88*	12,77	1,06*	12,91	1,45*
<i>Внесение Zn в почву, кг/га д.в (элемента)</i>								
Фон+комплексонат Zn, 1,5	15,39	0,99	12,98	-0,07	12,31	-0,46	12,65	-0,26
Фон +комплексонат Zn, 3	15,29	0,89	13,47	0,42	13,00	0,23	13,24	0,33
Фон +комплексонат Zn, 5	15,77	1,37	13,93	0,88	13,20	0,43	13,12	0,21
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 1,5	14,62	0,22	13,97	0,92	12,73	-0,02	13,35	0,44
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 3	14,89	0,49	13,41	0,36	12,41	-0,36	12,91	0,00
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 5	15,13	0,73	13,35	0,30	13,35	0,58	13,35	0,44
<i>Некорневые подкормки, г/га препарата</i>								
Фон+комплексонат Zn, 100	14,46	0,06	13,63	0,58	12,46	-0,31	13,05	0,14
Фон+комплексонат Zn, 150	14,87	0,47	14,43	1,38	12,26	-0,51	13,35	0,44
Фон+комплексонат Zn, 250	14,80	0,40	14,96	1,91	13,07	0,30	14,02	0,11
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 100	14,13	-0,27	13,75	0,70	12,92	0,15	13,03	0,13
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 150	14,76	0,36	13,95	0,90	12,86	0,09	13,41	0,50
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 250	14,64	0,24	14,31	1,26	12,84	0,07	13,58	0,67

HCP<sub>05</sub>: (A) – 0,51; (B) – 1,02; (C) – 0,34, где А – почва, В – способ внесения, С – доза внесения удобрений

\*Прибавка содержания белка от NPK относительно контроля (без удобрений).

Использование различных форм цинковых удобрений при некорневых подкормках в дозах 100; 150 и 250 г/га также способствовало дополнительному относительно фона формированию белка. На среднеокультуренных разностях почв увеличение содержания белка составило 0,40-0,47% от комплексоната цинка и 0,24-0,31% от сульфата цинка с максимальным уровнем прибавок от более высоких доз препарата (150-250 г/га). На слабоокультуренных почвах (опыт 2) по двухгодичным данным исследований эффективность влияния некорневых подкормок цинком на содержание белка была также практически значимой. При этом обе формы препарата действовали примерно одинаково, обеспечивая увеличение содержания белка относительно фона NPK на 0,44-1,01%. Следует особо отметить, что этот способ применения цинковых удобрений наиболее эффективен при более благоприятных погодных условиях (2012 г.), а при избыточной влажности (2013 г.) он не дал устойчивых положительных результатов (опыт 2, 2013 г.).

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение различных форм и способов цинковых удобрений обеспечивает достаточно значимое увеличение содержания белка в зерне яровой пшеницы сорта Злата. Это обусловлено преимущественно тем, что цинковые удобрения не только сами по себе влияют на физиологию питания растений, но и способствуют на фоне NPK дополнительному, как показано ранее [6], поступлению азота в растения. Таким образом на содержание белка в зерне яровой пшеницы существенно влияет комплекс факторов: почвенные и погодные условия, традиционные азотные удобрения, а также изученные нами формы и способы применения цинковых удобрений, особенно перспективные – в форме комплексоната цинка.

С содержанием общего белка тесно связано важнейшее качество зерна пшеницы – содержание клейковины. При её количестве до 25% зерно считается слабым, от 25 до 28 – средним, свыше 28% – сильным. В почвенно-климатических условиях проведения опытов содержание клейковины в зерне яровой пшеницы сорта Злата (табл. 2) в вариантах с применением минеральных удобрений и цинка колебалось от 21,7 до 31,6%, т.е. полученное зерно оценивается по-разному – от слабого до сильного.

При этом зерно с наибольшим содержанием клейковины было характерно для почв с более благоприятными агрохимическими показателями (поле 1, опыт 1, 2012 г.). Установлено также, что по мере подкисления почв уровень эффективности минеральных удобрений относительно контроля снижался и, соответственно по полям, прибавки содержания клейковины составили

6,7;3,5 и 1,5%. Наиболее низкие прибавки в содержании клейковины наблюдались в очень влажном 2013 г. (опыт 2, поле 3) на кислых почвах. Особо следует отметить, что цинковые микроудобрения, вносимые в почву в дозах 1,5-5,0 кг/га в форме комплексоната, в благоприятном по погодным условиям 2012 г. обеспечивали относительно фона NPK дополнительный прирост содержания клейковины в зерне на 1,3-2,7% (поля 1, 2), а в очень влажном 2013 г. на кислых почвах он не превышал 0,2-0,8% (опыт 2, поле 3). Традиционные минеральные соли цинка (сульфата цинка) при основном способе применения действовали несколько слабее, чем комплексонат цинка. Увеличение содержания клейковины в этом случае составило: в благоприятном году 1,0-2,0 %, а во влажном – 0,1-1,4%. При этом установлена приоритетность влияния на этот показатель качества зерна основного способа внесения цинка в почву. Однако неблагоприятные условия возделывания яровой пшеницы (избыточное количество осадков, кислотность почв) существенно снижают эффективность влияния цинковых удобрений на содержание в зерне клейковины.

**2. Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности под влиянием цинковых удобрений, %**

Вариант	Опыт 1		Опыт 2					
	Поле 1, 2012 г.		Поле 2, 2012 г.		Поле 3, 2013 г.		Среднее за 2012-13 гг.	
	Содержание клейковины в зерне	Прибавка от цинка к фону	Содержание клейковины в зерне	Прибавка от цинка к фону	Содержание клейковины в зерне	Прибавка от цинка к фону	Содержание клейковины в зерне	Прибавка от цинка к фону
Абсолютный контроль	21,3	-	20,6	-	21,0	-	20,9	-
Фон (N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	28,0	6,7*	24,1	3,5*	22,5	1,5*	23,3	2,4
<i>Внесение Zn в почву, кг/га д.в. (элемента)</i>								
Фон+комплексонат Zn 1,5	30,4	2,4	25,8	1,7	22,7	0,2	24,3	1,0
Фон + комплексонат Zn 3	30,6	2,6	26,8	2,7	23,3	0,8	25,1	1,8
Фон + комплексонат Zn 5	29,8	1,8	25,4	1,3	23,0	0,5	24,2	0,9
Фон+ZnSO <sub>4</sub> 1,5	30,0	2,0	25,9	1,8	22,6	0,1	24,3	1,0
Фон + ZnSO <sub>4</sub> 3	29,7	1,7	25,1	1,0	23,0	0,5	24,1	0,8
Фон + ZnSO <sub>4</sub> 5	29,7	1,7	25,6	1,5	23,9	1,4	24,8	1,5
<i>Некорневые подкормки, г/га препарата</i>								
Фон + комплексонат Zn 100	28,8	0,8	25,7	1,6	21,4	-0,1	23,6	0,3
Фон + комплексонат Zn 150	29,0	1,0	26,7	2,6	23,7	1,2	25,2	1,9
Фон + комплексонат Zn 250	29,9	1,9	26,7	1,6	23,7	1,2	25,2	1,9
Фон + ZnSO <sub>4</sub> 100	28,8	0,8	25,0	0,9	22,1	-0,4	23,6	0,3
Фон + ZnSO <sub>4</sub> 150	28,5	0,5	25,1	1,0	22,0	-0,5	23,6	0,3
Фон + ZnSO <sub>4</sub> 250	29,3	1,8	25,9	1,8	22,6	0,1	24,3	1,0

НСП<sub>05</sub>: (А) – 1,21; (В) – 1,46; (С) – 0,87,

где А – почва, В – способ внесения, С – доза внесения удобрений

\*Прибавка содержания клейковины от NPK относительно контроля (без удобрений).

Некорневые подкормки цинком в фазе кушения пшеницы также выявили достаточно устойчивое положительное влияние на содержание клейковины в зерне на почвах как средней окультуренности, так и с повышенной кислотностью. При этом комплексонат цинка имел более чем двукратное преимущество перед минеральной солью, как в благоприятном по погодным условиям году, так и в очень влажном. Установлено, что наибольший прирост содержания клейковины достигается при использовании комплексоната в дозах 150-250 г/га препарата, и он составляет 1,0-2,6%, тогда как соль обеспечивает прирост её 0,8-1,8%. При неблагоприятных погодных условиях (избыточных осадках) комплексонат цинка действует слабее (прибавка около 1,2%), а минеральная соль цинка практически не действует. Более слабое действие сульфата цинка теоретически объясняется тем, что комплексонат, попадая на листья растений, действует как детергент (смачивает поверхность листьев, размягчает восковой слой и быстрее проникает через устьица в сосудистую систему питания растений).

Известно, что от уровня содержания клейковины в зерне в значительной степени зависят хлебопекарные качества зерна и муки. Они определяются многими показателями. Как следует из полученных данных (табл. 3), цинковые удобрения при

различных формах, способах и дозах их применения на фоне NPK на среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах (опыт 1, поле 1) способствуют улучшению натуры зерна, увеличивают содержание глютенина (клейковина из сухой муки), а также показатели удельной работы деформации теста, растяжимости и объема хлеба. Так, в опытах натура зерна изменялась от 733 г/л на фоне NPK до 737-747 г/л под влиянием применения цинковых удобрений. Содержание сырой клейковины из муки (глютенин) при этом увеличивалось с 28,1 до 30,5%, а сухой клейковины – с 8,7 до 10,6%. ИДК, характеризующий изменения деформации клейковины и сопротивления клейковины между двумя пластинами в единицах шкалы, колебался от 44 до 56 единиц при внесении цинка. Это позволяет отнести клейковину к первой группе по качеству (установленные пределы 45-75 ед.), она отличается хорошими эластичностью и растяжимостью.

**3. Влияние различных видов, способов и доз цинковых удобрений на хлебопекарные качества зерна яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистой среднеокультуренной почве**

Вариант опыта	Натура, г/л	Клейковина сырая из муки (г/плот.), %	ИДК, ед. шк.	Клейковина сухая из муки (г/плот.), %	Удельная работа деформ. теста, е. а.	Альвеограф (упруг. / растяж., мм)	Объем хлеба, см <sup>3</sup>
Фон (N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	733	28,1	59	8,7	240	65 / 0,7	1280
Фон + комплексонат Zn, 3 кг/га	733	28,6	53	8,8	229	65 / 0,8	1280
Фон + комплексонат Zn, 5 кг/га	737	29,5	53	10,2	268	66 / 0,8	1380
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 3 кг/га	747	29,4	44	10,2	247	64 / 0,7	1400
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 5 кг/га	726	30,2	47	10,4	245	70 / 1,0	1430
Фон + Комплексонат Zn, 150 г/га	741	30,2	45	10,4	281	72 / 0,9	1370
Фон + ZnSO <sub>4</sub> , 150 г/га	734	30,5	56	10,6	231	62 / 0,7	1370

Удельная работа деформации теста из зерна, выращенного с применением цинка в условиях опыта с относительно благоприятными показателями плодородия почвы и погоды, оценивается преимущественно в 245-281 е.а., т.е. является средней величиной, очень близкой к высокому показателю по существующей градации: < 100 е.а. – очень низкая, 100-149 – низкая, 150-279 – средняя, >280 е.а. – высокая. Показания альвеографа при определении упругости / растяжимости были выше в вариантах с цинковыми удобрениями, чем на фоне NPK: возрастали с 65/0,7 до 72/0,9. При этом наибольшим этот показатель был в вариантах, где применяли цинковые микроудобрения способом подкормки вегетирующих растений в фазе кушения.

Известно, что интегральным показателем качества клейковины является выпечка хлеба. Структура и объемный выход хлеба – главные показатели хлебопекарного качества мягкой пшеницы. В условиях опыта зерно в вариантах с цинковыми удобрениями обеспечивало получение хлеба объемом до 1380-1430 см<sup>3</sup>, тогда как в фоновом варианте оно не превышало 1280 см<sup>3</sup> (рис. 2). Таким образом, полученные данные о хлебопекарных качествах зерна яровой пшеницы сорта Злата свидетельствуют о том, что применение цинковых удобрений может способствовать улучшению технологических и пищевых достоинств зерна и их целесообразно использовать в технологиях возделывания этой культуры.

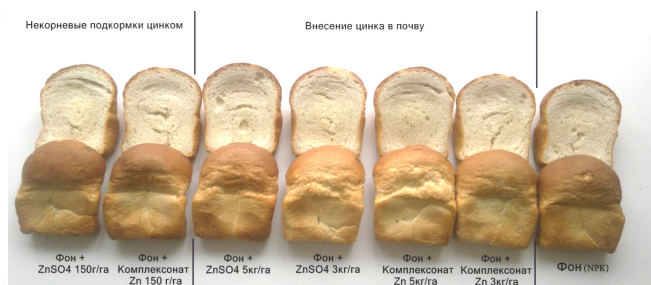


Рис.2. Влияние различных форм, способов и доз Zn удобрений на хлебопекарные качества зерна яровой пшеницы сорта Злата на дерново-подзолистой среднеокультуренной почве.

**Заключение.** На основе проведенных микрополевых опытов по изучению влияния цинковых микроудобрений на качество зерна яровой пшеницы сорта Злата, возделываемой на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности в Центральном Нечерноземье, установлено, что цинковые удобрения в комплексе с NPK способствуют увеличению содержания в зерне белка, клейковины и улучшают хлебопекарные свойства муки. В разные по погодным условиям годы исследований и на почвах с различными показателями формирования белка и клейковины происходило по известной схеме – получению зерна с лучшими качественными показателями способствовали применение традиционных удобрений (NPK) и благоприятные почвенно-климатические условия возделывания культуры. Нами впервые показано, что яровая пшеница сорта Злата хорошо отзывчива и на цинковые удобрения. При этом установлено, что на качественные показатели зерна в наибольшей степени влияют цинковые удобрения в

форме комплексонатов, по сравнению с минеральной солью цинка (сульфат цинка), а из способов применения цинковых удобрений наиболее приоритетен основной способ (внесение цинковых удобрений в почву). Поскольку основные показатели качества зерна пшеницы (белок, клейковина) тесно связаны с хлебопекарными свойствами, то изученные формы, способы и дозы цинковых удобрений способствовали улучшению технологических и хлебопекарных свойств зерна яровой пшеницы нового перспективного сорта Злата.

#### Литература

1. Авдонин Н.С. Почва, растение и белок// *Агрохимия*. - 1975. - №9. - С. 3-13.
2. Авдонин Н.С. Почва, удобрения и качество растительной продукции. - М.: Колос, 1979. - 302 с.
3. Авдонин Н.С. Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. - М., 1982. - 170 с.
4. Анспок П.И. Микроудобрения. М.-Л.: Колос, 1978. - 272 с.
5. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений агроэкосистемах. - М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. - 524 с.
6. Аристархов А.Н., Волков А.В., Яковлева Т.А. Эффективность применения цинковых удобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья // *Плодородие*. - 2014. - №2. - С.9-12.
7. Власюк В.П. Карбоаммофоски с микроэлементами. - Киев, 1980. - 171 с.
8. Волков А.В. Влияние микроудобрений на урожайность яровой пшеницы в Центральном Нечерноземье. Сб.: *Материалы 47-ой международной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов: «Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях»*. - М., 2013. - С.30-33.
9. Катыльков М.В. Микроэлементы и микроудобрения. - М.-Л.: Химия, 1965. - 121 с.
10. Конярев В.Г. Белки пшеницы. - М.: Колос, 1980. - 352 с.
11. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. - М.: Наука, 1967. - 240 с.
12. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонов А.Ф. и др. Интенсификация продуктивного процесса растений микроэлементами. Приемы управления. - М., 2009. - 520 с.
13. Школьник М.Я. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелии. - М., Изд-во АН СССР, 1950. - 512 с.
14. Ягодин Б.А. Проблема микроудобрений в земледелии СССР// *Агрохимия*. - 1981. - №10. - С.90-95.
15. Ягодин Б.А. Кольцо жизни. - М., 2002. - 135 с.

#### EFFECT OF ZINC MICROFERTILIZERS ON THE QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN IN THE CENTRAL NONCHERNOZEMIC ZONE

A.N. Aristarkhov, A.V. Volkov, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry, Federal Agency of Scientific Organizations, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

*The efficiency of different zinc fertilizers and methods of their application for spring wheat grown on soddy-podzolic soils at different degrees of cultivation has been studied. It has been shown that the application of zinc fertilizers in combination with conventional mineral fertilizers increases the productivity of crop and the contents of protein and gluten in grain and improves the baking qualities of grain and flour.*

*Keywords: zinc microfertilizers, application methods and rates, spring wheat, yielding capacity, grain quality, baking parameters.*