

**МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ****TRACE ELEMENT COMPOSITION OF SPRING WHEAT GRAIN DEPENDING  
ON WEATHER CONDITIONS**

**Ключевые слова:** микроэлементный состав зерна, медь, молибден, цинк, марганец, кобальт, бор, белок клейковины, аттрагирующая способность, коэффициенты биологического поглощения микроэлементов, подвижные формы микроэлементов, корнеобитаемый слой почвы.

Зерно пшеницы является кладовой веществ и элементов, необходимых для жизнедеятельности животных и человека. В состав зерна входят белки, аминокислоты, жиры, витамины, азот, фосфор, калий, сера, микроэлементы и др. Химический состав зерна пшеницы зависит от питания будущего растения на первых этапах жизни в периоды его прорастания и укоренения. Большую роль в этих процессах играет белок, в т.ч. белок клейковины. Его содержание в зерне подвержено значительным колебаниям и, как правило, увеличивается при засушливых погодных условиях, т.к. это гидрофильное высокомолекулярное соединение притягивает влагу, способствуя поглощению воды из почвы для набухания семян. Увеличение содержания белка в зерне пшеницы в условиях засухи является следствием приспособляемости растений к неблагоприятным условиям произрастания и связано с увеличением аттрагирующей способности колоса, что ускоряет передвижение по растению питательных элементов, в т.ч. микроэлементов, которые также участвуют в процессе повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям произрастания. Результаты исследований в условиях сухой и засушливой степи Алтайского края в засушливые годы на фоне уменьшения уровня урожайности зерна яровой пшеницы подтверждают увеличение содержания меди, молибдена и цинка, что можно объяснить способностью растений. Таким образом, противостоять неблагоприятным условиям произрастания. Наблюдающееся при этом улучшение качества зерна пшеницы можно считать аргументом экономической целесообразности выращивания этой культуры в зонах сухой и засушливой степи при условии соблюдения технологической дисциплины, предусматривающей применение системы удобрений, включающей микроэлементы, кото-

рые будут способствовать увеличению устойчивости растений к засухе и лучшему использованию таких резервов климата, как ФАР и ГТК.

**Keywords:** grain trace element composition, copper, molybdenum, zinc, manganese, cobalt, boron, gluten protein, attraction ability, trace element biological absorption coefficients, mobile forms of trace elements, root layer.

A wheat grain is a depository of substances and elements essential to life of humans and animals. A grain comprises proteins, amino acids, fats, vitamins, nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur, trace elements, etc. The chemical composition of wheat grain depends on plant nutrition at the early stages of plant life and at the stages of germination and rooting. Protein plays a major role in these processes, including gluten protein. Its content in a grain is subject to considerable variation and generally increases under dry weather conditions; this hydrophilic high-molecular compound attracts moisture facilitating the absorption of water from the soil for seed swelling. The increase of protein content in a wheat grain under drought conditions is the result of plant adaptability to adverse growing conditions and is associated with increased attraction ability of spike that speeds up nutrient movement through the plant, including that of trace elements which are also involved in increasing plant resistance to adverse growing conditions. The results of our research in the dry and arid steppes of the Altai Region in droughty years against the background of reduced spring wheat grain yields confirm increasing contents of copper, molybdenum and zinc; this may be explained by the plant ability in that manner to withstand the adverse growing conditions. The improvement of wheat grain quality observed under such conditions may be regarded as an evidence of economic feasibility of raising this crop in the areas of dry and arid steppe provided the cultivation technology is followed, including the application of fertilizer system and trace elements that increase plant resistance to drought and better use of such climate reserves as photosynthetic active radiation and hydrothermal index.

**Томаровский Алексей Анатольевич**, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-12. E-mail: tom486@yandex.ru.

**Спицына Светлана Федоровна**, д.с.-х.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-09. E-mail: tom486@yandex.ru.

**Tomarovskiy Aleksey Anatolyevich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-31. E-mail: tom486@yandex.ru.

**Spitsyna Svetlana Fyodorovna**, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-09. E-mail: tom486@yandex.ru.

**Оствальд Галина Викторовна**, к.х.н., доцент, зав. каф. химии, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-09. E-mail: ostvaldgv@mail.ru.

**Ostwald Galina Viktorovna**, Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Chemistry, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-09. E-mail: ostvaldgv@mail.ru.

### Введение

Пшеничное зерно – кладовая веществ и элементов, необходимых для жизнедеятельности животных и человека. В его состав входят белки, аминокислоты, жиры, витамины, азот, фосфор, калий, сера, микроэлементы и др. Химический состав зерна пшеницы зависит от питания будущего растения на первых этапах жизни, в периоды его прорастания и укоренения. Он должен способствовать приспособляемости растений к неблагоприятным условиям произрастания. Большую роль в этих процессах играет белок, в т.ч. белок клейковины. Его содержание в зерне подвержено значительным колебаниям и, как правило, увеличивается при засушливых погодных условиях, т.к. это гидрофильное высокомолекулярное соединение притягивает влагу, способствуя поглощению воды из почвы для набухания семян. Увеличение содержания белка в зерне пшеницы в условиях засухи является следствием приспособляемости растений к неблагоприятным условиям произрастания и связано с увеличением аттрагирующей способности колоса, что ускоряет передвижение по растению питательных элементов, в т.ч. микроэлементов, которые, как свидетельствуют многие авторы [1-7], также участвуют в процессе повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям произрастания.

Вопрос об увеличении содержания белка в зерне пшеницы в засушливых условиях достаточно хорошо изучен [8-14]. Мало изучен вопрос об особенностях накопления микроэлементов в зерне яровой пшеницы в сухие и влажные годы с учетом изменения величины урожайности, выноса и качества зерна. Необходимость адресной проработки этих вопросов в Алтайском крае особенно актуальна для зон сухой и засушливой степи, где засушливость климата создает проблемы при выращивании яровой пшеницы. Здесь зависимость ее урожайности от погодных условий проявляется в большей или меньшей степени при различном отношении земледельцев к технологической дисциплине, в т.ч. к вопросу применения удобрений. Многолетний опыт показал, что переход к примитивным технологиям и отказ от удобрений в период 1990-1999 гг. привели к уменьшению урожайности яровой пшеницы до < 8 ц/га с 20 до 80%. Причем, низкие урожаи здесь не всегда были сопряжены с низкими ГТК<sub>2</sub>. В период 1990-1999 гг. земледельцами не были использованы такие резервы климата, как средние уровни ГТК<sub>2</sub>. Большая зависимость урожайности яровой пшеницы в

засушливых зонах от технологической дисциплины требует от ее производителей повышенного внимания к этой культуре, при учете ее биологических особенностей, тех уровней урожайности, которые возможны в связи с почвенно-климатическими особенностями, и того высокого качества зерна, которое здесь сможет сформироваться в связи с засушливостью климата. Особенно большое внимание нужно уделить системам удобрений, которые должны обеспечить получение наиболее высокой урожайности, возможной в данных условиях с качеством, необходимым для того, чтобы зерно было рентабельным. В этой системе удобрений должны присутствовать микроэлементы, которые могут участвовать не только в формировании достаточно высокой урожайности и получении зерна высокого качества, но и в повышении устойчивости растений к неблагоприятным условиям произрастания. Данное исследование предусматривает выявление наиболее значимых для зерна пшеницы в этих зонах микроэлементов, закономерностей и возможностей их накопления в зерне, в т.ч. в зависимости от содержания в почве подвижных форм и погодных условий, а также возможности повышения урожайности и улучшения качества яровой пшеницы с помощью микроудобрений.

### Объекты и методы исследований

Исходными источниками информации для работы послужили архивные данные, связанные с обследованием почв и растений Алтайского края на содержание в них микроэлементов. Эти данные были сгруппированы, обобщены и рассмотрены во взаимосвязях. Были использованы данные, полученные с участием авторов в различных зонах Алтайского края в период с 1980 по 2000 гг. Сопоставлены ситуации по поведению микроэлементов в системе почва-растения пшеницы – урожайность-качество зерна в зоне каштановых почв сухой степи (Западно-Кулундинская зона), подзоне южных черноземов засушливой степи (Восточно-Кулундинская зона), подзоне обыкновенных и выщелоченных черноземов умеренно-засушливой колочной степи (Приобская зона). В каждой из зон в определенные годы закладывались полевые опыты с яровой пшеницей, где акцент был сделан на выявление различий в микроэлементном составе зерна и соломы пшеницы, выращенной в годы с различными погодными условиями и на определении воздействия микроудобрений на урожайность и качество яровой пшеницы.

**Результаты и их обсуждение**

В результате многолетних исследований было установлено, что содержание микроэлементов в зерне яровой пшеницы на территории Алтайского края отличается от содержания их в соломе (табл. 1). Зерно яровой пшеницы по сравнению с соломой во всех зонах содержит больше меди, молибдена и цинка и меньше – марганца, кобальта и бора. Избирательно повышенное содержание меди, молибдена и цинка в зерне пшеницы по сравнению с соломой говорит об их особой значимости для генеративного процесса. Об этом же говорят и данные о коэффициентах биологического поглощения (КБП) (табл. 2).

Элементы по величинам КБП для зерна яровой пшеницы во всех зонах выстраиваются в ряд: Zn>Mo, Cu>Mn>V>Co, который свидетельствует, что зерно яровой пшеницы характеризуется повышенной потребностью в цинке, молибдене и меди в связи с их большой биологической значимостью.

Повышенное содержание меди и цинка в зерне яровой пшеницы в относительно засушливые годы может быть связано с их накоплением в генеративных органах за счет аттракции их из вегетативных органов (табл. 3).

В сухие годы, по сравнению с благоприятными, наблюдается также уменьшение урожайности яровой пшеницы. Для выявления взаимосвязи между содержанием микроэлементов в зерне пшеницы, урожайностью и погодными условиями мы сравнивали данные опытов, проводимых в 1982-1984 гг. в совхозе «Тополинский» Бурлинского района; в 1980-1981 гг. – в совхозе им. 24 Партсъезда Волчихинского района; в 1982-1983 гг. – в колхозе имени 20 Партсъезда Каменского района; в 1997-1998 гг. – в учхозе АГАУ «Пригородное» (табл. 3). В сухие годы, при низких ГТК<sub>2</sub>, в зерне яровой пшеницы наблюдалось повышенное содержание меди, молибдена и цинка, что свидетельствует об их участии в адаптационных процессах, связанных с повышением устойчивости растений к засухе.

**Таблица 1**

**Содержание микроэлементов в зерне и соломе яровой пшеницы в зонах Алтайского края, мг/кг**

Объекты	Cu	Mo	Mn	Zn	Co	B
Западно-Кулундинская зона (Ia)						
Зерно	4-7	0,3-0,5	38-50	28-50	0,1-0,3	1,4-2,0
	6	0,4	44	40	0,2	1,7
Солома	3-5	0,4-0,6	40-60	20-30	0,2-0,4	2-2,5
	4	0,5	52	25	0,3	2,3
Восточно-Кулундинская зона (Iб)						
Зерно	5-7	0,3-0,5	40-50	30-50	0,1-0,3	1,3-2,0
	6	0,4	45	42	0,2	1,8
Солома	3-5	0,4-0,6	40-70	22-30	0,2-0,4	2,0-2,4
	4	0,5	55	26	0,3	2,2
Приобская зона (III)						
Зерно	4-7	0,3-0,5	50-70	35-45	0,1-0,3	1,5-2,0
	6	0,4	62	40	0,2	1,8
Солома	4-6	0,4-0,6	60-80	20-30	0,1-0,4	1,6-2,5
	5	0,5	70	25	0,3	2,1

\* Числитель – пределы колебаний, мг/кг; знаменатель – среднее содержание, мг/кг.

**Таблица 2**

**Коэффициенты биологического поглощения микроэлементов вегетативными и генеративными органами яровой пшеницы**

Объекты	Cu	Mo	Mn	Zn	Co	B
Западно-Кулундинская зона (Ia)						
Зерно	2,8-5,5	4,9-6,8	0,6-0,8	10-40	0,05-0,1	0,2-0,6
	4,1	5,8	0,7	25	0,07	0,4
Солома	2,1-5,0	5,1-6,9	0,7-0,9	10-36	0,1-0,3	0,3-0,8
	3,9	6,0	0,8	28	0,2	0,5
Восточно-Кулундинская зона (Iб)						
Зерно	1,6-3,0	5,1-8,5	0,6-0,8	7-17	0,1-0,2	0,3-0,5
	2,3	6,0	0,7	12	0,15	0,4
Солома	1,4-2,8	5,4-9,0	0,8-1,2	6-16	0,1-0,3	0,4-0,6
	2,1	6,4	0,9	10	0,2	0,5
Приобская зона (III)						
Зерно	1,1-4,0	4,0-7,0	0,5-1,2	8-17	0,04-0,2	0,7-1,3
	2,6	5	0,7	13	0,1	1,0
Солома	1,0-3,0	4,5-7,5	0,6-1,5	7-16	0,1-0,3	0,9-1,5
	2,4	6	0,9	12	0,2	1,2

\* Числитель – пределы колебаний КБП, знаменатель – среднее КБП.

Содержание микроэлементов в зерне пшеницы в зависимости от ГТК<sub>2</sub>

Годы	Урожайность, т/га	ГТК <sub>2</sub>	Содержание микроэлементов в зерне пшеницы, мг/кг					
			Cu	Mo	Mn	Zn	Co	B
Западно-Кулундинская зона (Ia), Бурлинский район								
1984	10,2	1,1	3,0	0,3	40	20	0,04	1,0
1982	4,8	0,5	6,0	0,4	30	32	0,03	0,9
Восточно-Кулундинская зона (Iб), Волчихинский район								
1980	14,2	01,0	3,6	0,2	41	27	0,4	2,5
1981	7,6	0,5	6,1	0,3	35	38	0,3	2,1
Приобская зона (III), Каменский район								
1983	16,1	1,0	4,5	0,3	41	30	0,03	1,3
1982	8,1	0,6	6,0	0,3	40	35	0,04	1,3
Приобская зона (III), учхоз АГАУ «Пригородный»								
1998	11,6	0,7	5	0,4	38	35	0,02	1,3
1997	18,4	0,9	3	0,2	50	30	0,03	1,4

В Западно-Кулундинской зоне в сухой 1982 г. при ГТК<sub>2</sub> = 0,5 урожайность составила 4,8 ц/га, а в относительно влажный 1984 г. при ГТК<sub>2</sub> = 1,1 – 10,2 ц/га. В Восточно-Кулундинской зоне в сухой 1981 г. при ГТК<sub>2</sub> = 0,6 урожайность достигла 7,6 ц/га, а в относительно влажный 1980 г. при ГТК<sub>2</sub> = 1,0 – 14,2 ц/га. В Приобской зоне в сухой 1982 г. при ГТК<sub>2</sub> = 0,6 урожайность составила 8,1 ц/га, а в относительно влажный 1983 г. при ГТК<sub>2</sub> = 1,0 – 16,1 ц/га.

Уменьшение ГТК<sub>2</sub> в сухие годы по сравнению с относительно влажным во всех зонах сопровождалось увеличением содержания в зерне пшеницы: меди – от 3 до 6,1 мг/кг; молибдена – от 0,2 до 0,4; цинка – от 20 до 38 мг/кг. Увеличение содержания в зерне пшеницы в сухие годы марганца, кобальта и бора не наблюдалось. Накопление меди и цинка в зерне яровой пшеницы в сухие годы говорит об участии в повышении засухоустойчивости растений, заботящихся о сохранении и нормальной работе, в первую очередь, генеративных органов при засухе. В благоприятные годы уменьшается аттрагирующая возможность зерновок.

В засушливые годы наблюдается также уменьшение содержания в почве подвижных форм микроэлементов, что может быть причиной уменьшения запасов их в корнеобитаемом слое почвы и недостаточности их для формирования определенных уровней урожайности. Эта недостаточность может проявиться и в относительно благоприятные годы в связи с увеличением урожайности и выноса микроэлементов. Судя по данным таблицы 4, запасы микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы варьируют в зависимости от почвенно-климатических условий вегетационных периодов.

Появление недостаточности микроэлементов для растений пшеницы при этом зависит

от уровней урожайности и выноса микроэлементов. В наших опытах урожайность яровой пшеницы в засушливые годы, по сравнению с благоприятными, уменьшилась: в Западно-Кулундинской зоне – в 2,1 раза, Восточно-Кулундинской зоне – в 1,9, в Приобской зоне – в 2,0 раза (табл. 4). Величины выноса в сухие и относительно благоприятные годы с учетом уровней урожайности и содержания микроэлементов в зерне пшеницы мало различаются и варьируют по всем зонам: для меди – от 0,03 до 0,06 кг/га; цинка – от 0,2 до 0,5; марганца – от 0,2 до 0,7 кг/га.

Данные об отношениях запасов в почве подвижных форм микроэлементов к выносу реальными уровнями урожайности (А/В) свидетельствуют, что запасы подвижных форм меди и марганца в корнеобитаемом слое почвы значительно преобладают над выносами: для меди – в 172-252 раза, для марганца в 286-1070 раз. Запасы подвижных форм цинка в корнеобитаемом слое преобладают над выносами только в 4,5-10 раза. Преобладание запасов в почве подвижных форм меди и цинка над выносом их яровой пшеницей уменьшается в засушливые годы. В связи с этим дефицитность для растений меди и цинка наиболее вероятна в засушливые годы несмотря на низкий уровень урожайности. Во всех зонах, судя по отношению запасов над выносами (А/В), для растений пшеницы наиболее дефицитным может быть цинк. Для выявления дефицитности микроэлементов для яровой пшеницы в каждой из зон закладывались полевые опыты с использованием микроудобрений (табл. 5). Судя по данным таблицы 5, прибавки урожайности от цинка (в ц/га) были больше в благоприятные годы (1,5; 2,1; 2,2 ц/га). Процентные прибавки были более высокими в засушливые годы (17,0; 18,4; 18,5%).

В засушливые годы по сравнению с благоприятными также наблюдается увеличение содержания в зерне пшеницы клейковины. Так, в Западно-Кулундинской зоне содержание клейковины в зерне пшеницы составило: в засушливый 1982 г. – 31%, относительно благоприятный 1984 г. – 29%. В Восточно-Кулундинской зоне содержание клейковины в зерне пшеницы составило в засушливый 1981 г. 32%, в относительно благоприятный 1980 г. – 30%. В Приобской зоне содержание клейковины в зерне пшеницы составило: в засушливый 1982 г. – 30%, в относительно благоприятный 1983 г. – 28%.

Судя по данным многих исследователей [5-7, 15-18], особенно эффективно показало себя совместное применение макро- и микроудобрений. Так, в опытах на территории Приобской зоны (учхоз АГАУ «Пригородное»), проведенных в период с 1995 по 2004 гг., было установлено, что средняя прибавка урожайности яровой пшеницы в вариантах с применением макроудобрений составила 28,5% в засушливые годы и 17,7% – во влажные годы. В вариантах с совместным применением макро- и микроудобрений прибавки были более высокими: в сухие годы – 44,5%; влажные – 29,2%.

Таблица 4

**Запасы подвижных форм микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы и вынос их с урожаем**

Элемент	Год	Содержание в почве подвижных форм, мг/кг	Запасы в слое 0-20 см, кг/га (А)	Содержание в зерне пшеницы, мг/кг	Вынос с урожаем, кг/га (В)	Урожайность, т/га	Отношение А/В
Западно-Кулундинская зона							
Cu	1	3,5	7,0	3,0	0,03	10,2	233
	2	2,8	6,0	6,0	0,043	4,8	200
Zn	1	1,0	2,0	20	0,2	10,2	10,0
	2	0,6	1,2	32	0,2	4,8	6,0
Mn	1	80	160	40	0,4	10,2	400
	2	60	120	30	0,2	4,8	600
Восточно-Кулундинская зона							
Cu	1	6,3	12,6	3,6	0,05	14,2	252
	2	4,6	9,2	6,1	0,05	7,6	184
Zn	1	0,9	1,8	27	0,4	14,2	4,5
	2	0,7	1,4	35	0,3	7,6	4,7
Mn	1	180	360	41	0,5	14,2	720
	2	160	320	35	0,3	7,6	1070
Приобская зона							
Cu	1	6,5	13	4,0	0,06	16,1	217
	2	4,3	8,6	6,0	0,05	8,1	172
Zn	1	1,0	2,0	30	0,5	16,1	4,0
	2	0,7	1,4	35	0,3	8,1	4,7
Mn	1	100	200	42	0,7	16,1	286
	2	80	160	40	0,3	8,1	533

\* 1 – благоприятный год; 2 – сухой год. Западно-Кулундинская зона: благоприятный – 1984 (ГТК<sub>2</sub> – 1,1); сухой год – 1982 (ГТК<sub>2</sub> – 0,5); Восточно-Кулундинская зона: благоприятный год – 1980 (ГТК<sub>2</sub> – 1,0), сухой год – 1981 (ГТК<sub>2</sub> – 0,5); Приобская зона: благоприятный год 1983 (ГТК<sub>2</sub> – 1,0), сухой год – 1982 (ГТК<sub>2</sub> – 0,6).

Таблица 5

**Влияние цинка на урожайность яровой пшеницы в зависимости от ГТК<sub>2</sub> вегетационного периода**

Зона	Западно-Кулундинская зона		Восточно-Кулундинская зона		Приобская зона	
	засушливый год	благоприятный год	засушливый год	благоприятный год	засушливый год	благоприятный год
У <sub>к</sub> , ц/га	4,8	10,2	7,6	14,2	8,1	16,1
У <sub>Zn</sub> , ц/га	5,6	11,7	9,0	16,3	9,6	18,3
Δ У, ц/га	1,2	1,5	1,4	2,1	1,5	2,2
Δ У, %	17,0	11,5	18,4	15,0	18,5	14,0

\* У<sub>к</sub>, ц/га – урожайность на контроле; У<sub>Zn</sub>, ц/га – урожайность в варианте с цинком; ΔУ, ц/га – прибавка урожайности, ц/га; ΔУ – прибавка урожайности, %.

**Заключение**

Исходя из результатов исследований, в условиях сухой и засушливой степи Алтайского края в засушливые годы на фоне уменьшения уровня урожайности в зерне яровой пшеницы наблюдается увеличение содержания меди, молибдена и цинка, что можно объяснить способностью растений таким образом противостоять неблагоприятным условиям произрастания. Одновременное повышение содержания в зерне пшеницы клейковины можно отнести к их совместным усилиям, способствующим увеличению жизнестойкости семян пшеницы. Наблюдающееся при этом улучшение качества зерна пшеницы можно считать аргументом экономической целесообразности выращивания этой культуры в зонах сухой и засушливой степи при условии соблюдения технологической дисциплины, предусматривающей применение системы удобрений, включающей микроэлементы, которые будут способствовать увеличению устойчивости растений к засухе и лучшему использованию таких резервов климата, как ФАР и ГТК.

При разработке системы микроудобрений в этих зонах необходимо выбрать наиболее подходящие микроэлементы, дефицитность которых для растений в этих зонах наиболее вероятно из-за недостаточности преобладания запасов над выносом, что наблюдается особенно сильно в засушливые годы. В наших исследованиях таким элементом с наибольшей степенью вероятности может быть цинк, который к тому же показывает себя самым эффективным в полевых опытах.

**Библиографический список**

1. Окунцов М.М., Левцова О.П. Влияние меди на водный режим и повышение засухоустойчивости растений // Труды Томского гос. унив. – Томск, 1952. – С. 117.
2. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: наука, 1974. – 324 с.
3. Шаронова Т.В. Влияние микроэлементов на некоторые физиологические показатели пшеницы при различной влажности почвы // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине: тез. докладов VI Всесоюзного совещания. – Л., 1970. – Т. 1. – С. 59-68.
4. Старцева А.Б. Влияние фосфора на обмен веществ, засухоустойчивость и продуктивность яровой пшеницы // Изв. каз. фил. АН СССР, сер. биол. – 1963. – Вып. 9. – С. 59-68.
5. Томаровский А.А. Микроэлементы в почвах и система микроудобрений для различных культур в условиях умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 1999. – 17 с.

6. Пospelова И.Н. Поведение цинка в системе почва-растение на территории Алтайского Приобья и эффективность цинковых удобрений под яровую пшеницу на фоне фосфорных удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2001. – 15 с.

7. Паутова А.В. Агроэкологическое и агрохимическое обоснование возделывания яровой пшеницы в природных зонах Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2005. – 15 с.

8. Минеев В.Г., Павлов А.П. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы. – М.: Колос, 1981. – 288 с.

9. Кумаков В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивным технологиям. – М.: Колос, 1988. – 104 с.

10. Волынкин В.И., Волынкина О.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы при различных погодных условиях // Агрехим. – 1999. – № 5. – С. 48-54.

11. Третьяков М.Н., Матвеева Г.В. Качества зерна мягкой яровой пшеницы умеренно засушливой колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2003. – № 2. – С. 166-171.

12. Янцен Е.Г., Магель В.А. Эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу в Алтайском Приобье // Химизация народного хозяйства – важное условие ускорения научно-технического прогресса. – Барнаул, 1987. – С. 28-30.

13. Бородай Ю.Г., Гусинский И.И., Потапова Л.П. Вопросы повышения качества зерна яровой пшеницы в Алтайском крае // Химизация народного хозяйства – важное условие ускорения научно-технического прогресса. – Барнаул, 1987. – С. 32-33.

14. Кретович В.Л. Биохимия зерна и хлеба. – М.: Наука, 1991. – 136 с.

15. Спицына С.Ф., Томаровский А.А., Оствальд Г.В. Поведение микроэлементов в системе почва-растение в различных зонах Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 12(110). – С. 42-47.

16. Москвитин А.С. Влияние азотных удобрений, сульфата цинка и гербицидов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2005. – 18 с.

17. Бахарев В.Г. Оценка обеспеченности почв микроэлементами и оптимизация питательного режима яровой пшеницы в условиях умеренно-засушливой и колочной степи Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2011. – 18 с.

18. Yilmaz A., Ekiz H., Torun B., Gultekin I., Karanlik S., Bagci S.A., Cakmak I. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia // *J. Plant Nutr.* – 1997. – Vol. 20. – P. 461-471.

### References

1. Okuntsov M.M., Levtsova O.P. Vliyanie medi na vodnyi rezhim i povyshenie zasukhoustoichivosti rastenii // *Trudy Tomskogo gos. univ.* – 1952. – S. 117.

2. Shkol'nik M.Ya. Mikroelementy v zhizni rastenii. – L.: Nauka, 1974. – 324 s.

3. Sharonova T.V. Vliyanie mikroelementov na nekotorye fiziologicheskie pokazateli pshe-nitsy pri razlichnoi vlazhnosti pochvy // *Mikroelementy v sel'skom khozyaistve i meditsine: Tez. dokladov VI Vsesoyuznogo soveshchaniya. T.1.* – L., 1970. – S. 59-68.

4. Startseva A.B. Vliyanie fosfora na obmen veshchestv, zasukhoustoichivost' i produktivnost' yarovoi pshe-nitsy // *Izv. Kaz. fil. AN SSSR, ser. biol., vyp. 9.* – 1963. – S. 59-68.

5. Tomarovskii A.A. Mikroelementy v pochvakh i sistema mikrodobrenii dlya razlichnykh kul'tur v usloviyakh umerenno-zasushlivoi kolochnoi stepi Altaiskogo kraya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Barnaul, 1999. – 17 s.

6. Pospelova I.N. Povedenie tsinka v sisteme pochva-rastenie na territorii Altaiskogo Priob'ya i effektivnost' tsinkovykh udobrenii pod yarovuyu pshe-nitsu na fone fosfornykh udobrenii: avtoref. dis. ... kand.s.-kh. nauk. – Barnaul, 2001. – 15 s.

7. Pautova A.V. Agroekologicheskoe i agrokhimicheskoe obosnovanie vozdeleyvaniya yarovoi pshe-nitsy v prirodnykh zonakh Altaiskogo kraya: avtoref. dis. ... kand.s.-kh. nauk. – Barnaul, 2005. – 15 s.

8. Mineev V.G., Pavlov A.P. Agrokhimicheskie osnovy povysheniya kachestva zerna pshe-nitsy. – M.: Kolos, 1981. – 288 s.

9. Kumakov V.A. Biologicheskie osnovy vozdeleyvaniya yarovoi pshe-nitsy po intensivnym tekhnologiyam. – M.: Kolos, 1988. – 104 s.

10. Volynkin V.I., Volynkina O.V. Vliyanie udobrenii na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshe-nitsy pri razlichnykh pogodnykh usloviyakh // *Agrokhimiya.* – 1999. – № 5. – S. 48-54.

11. Tret'yakov M.N., Matveeva G.V. Kachestvo zerna myagkoi yarovoi pshe-nitsy umerenno zasushlivoi kolochnoi stepi Altaiskogo kraya // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2003. – № 2. – S. 166-171.

12. Yantsen E.G., Magel' V.A. Effektivnost' mineral'nykh udobrenii pod yarovuyu pshe-nitsu v Altaiskom Prob'e // *Khimizatsiya narodnogo khozyaistva – vazhnoe uslovie uskoreniya nauchno-tekhnicheskogo progressa.* – Barnaul, 1987. – S. 28-30.

13. Borodai Yu.G., Gusinskii I.I., Potapova L.P. Voprosy povysheniya kachestva zerna yarovoi pshe-nitsy v Altaiskom krae // *Khimizatsiya narodnogo khozyaistva – vazhnoe uslovie uskoreniya nauchno-tekhnicheskogo progressa.* – Barnaul, 1987. – S. 32-33.

14. Kretovich V.L. Biokhimiya zerna i khleba. – M.: Nauka, 1991. – 136 s.

15. Spitsyna S.F., Tomarovskii A.A., Ostval'd G.V. Povedenie mikroelementov v sisteme pochva-rastenie v razlichnykh zonakh Altaiskogo kraya // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2013. – № 12 (110). – S. 42-47.

16. Moskvitin A.S. Vliyanie azotnykh udobrenii, sul'fata tsinka i gerbitsidov na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshe-nitsy v usloviyakh Altaiskogo Priob'ya: avtoref. dis. ... kand s.-kh.nauk. – Barnaul, 2005. – 18 s.

17. Bakharev V.G. Otsenka obespechennosti pochv mikroelementami i optimizatsiya pitatel'nogo rezhima yarovoi pshe-nitsy v usloviyakh umerenno-zasushlivoi i kolochnoi stepi Altaiskogo kraya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Barnaul, 2011. – 18 s.

18. Yilmaz A., Ekiz H., Torun B., Gultekin I., Karanlik S., Bagci S.A., Cakmak I. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia // *J. Plant Nutr.* – 1997. – Vol. 20. – P. 461-471.

