ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННОГО И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

*Л.В. Карпова¹, доктор с.-х. наук, профессор; Г.А. Карпова², доктор с.-х. наук, доцент;
А.В. Строгонова¹, аспирант*

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия, тел. (8412)628373; e-mail: ctrogonova2014@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия, тел. (8412)643913; e-mail: pollylna@mail.ru

Интенсификация сельскохозяйственного производства повышает нагрузку на почвенные ресурсы, что ведет к снижению их плодородия и, как следствие, снижению уровня минерального питания растений в агроценозе. Поиск способов применения препаратов, содержащих макро- и микроэлементы в хелатной форме, для активации процессов роста, фотосинтеза, формирования урожая и повышения качества зерновых культур является весьма актуальным. Исследования проведены в 2018-2020 гг. на опытном участке ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ». Данные получены при оценке влияния фонов минерального питания и жидких минеральных удобрений на морфометрические показатели проростков, основных показателей фотосинтеза в период вегетации и урожайность яровой мягкой пшеницы сорта «Тулайковская Надежда». В качестве макро- и микроудобрений в хелатной форме использованы препараты «Мегамикс-семена» и «Мегамикс-Профи» с разными способами и сроками обработки семян и посевов. Исследования по морфометрической оценке проростков показали, что минимальные значения коэффициентов симметрии отмечены в вариантах при предпосевной обработке семян и растений в фазы кущения и колошения – 17,97 и 17,31. При этом, в данных вариантах получена наибольшая урожайность – 3,88 и 4,02 т/га соответственно. Максимальное количество развитых первичных корней отмечено в вариантах при совместном использовании препаратов Мегамикс-семена и Мегамикс-Профи как на фоне естественного плодородия, так и на фоне минерального питания. В данных вариантах наблюдались наиболее высокие показатели выживаемости растений. Максимальные значения показателя фотосинтетического потенциала отмечены в варианте бинарного применения препаратов Мегамикс-семена и Мегамикс-Профи при двукратной обработке в фазу кущения и колошения. Наибольший урожай зерна яровой пшеницы получен в 2020 году (ГТК- 0,93) на варианте с обработкой семян перед посевом и последующим опрыскиванием растений в фазы кущения и колошения на удобренном фоне – 4,11 т/га, и в среднем за три года исследований – 4,02 т/га.

Ключевые слова: яровая пшеница, Мегамикс-семена, Мегамикс-Профи, морфометрическая оценка проростков, коэффициент симметрии, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность.

Введение

Удобрения в хелатной форме, в первую очередь, используются для поддержания растений на оптимальном уровне питания в течение вегетационного периода. По данным ряда исследователей обеспеченность растений макро- и микроэлементами оказывает положительное влияние на стабилизацию мембранного комплекса клеток, уменьшение окисления фотоассимилятов в процессе дыхания, активацию антиоксидантных комплексов на уровне клеток и целого организма растений [6, 15, 16]. Учитывая, что микроэлементы являются

активными центрами ряда ферментативных систем, дополнительное их внесение может способствовать активации ростовых и физиологических процессов в критические периоды роста и развития растений (прорастание семян), что будет способствовать более полной реализации генетического потенциала культуры и повышению ее продуктивности [1, 9, 17].

Использование макро- и микроудобрений в хелатной форме способствует повышению стрессоустойчивости сельскохозяйственных растений в периоды недостаточной влагообеспеченности, что приобретает

особое значение в последние годы в меняющихся климатических условиях региона [5, 8, 10].

Поиск способов применения препаратов, содержащих макро- и микроэлементы в хелатной форме, для активации процессов роста, фотосинтеза, формирования урожая и повышения его качества зерновых культур является весьма актуальным.

Методы и материалы

Исследования проводили в 2018-2020 гг. на опытном участке ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ». В качестве объекта исследований использован сорт яровой мягкой пшеницы «Тулайковская Надежда». Экспериментальные данные получены при закладке двухфакторного опыта влияния фонов минерального питания и жидких минеральных удобрений на морфометрические показатели проростков, основные показатели фотосинтеза в период вегетации и урожайность изучаемой культуры.

В качестве макро- и микроудобрений в хелатной форме были использованы препараты «Мегамикс-семена» и «Мегамикс-Профи» с разными способами и сроками обработки семян и посевов.

Схема опыта:

1. Без удобрений (контроль);
2. Мегамикс-семена – обработка семян (2 л/т);
3. Мегамикс-Профи – некорневая подкормка в фазу кущения (1 л/га);
4. Мегамикс-Профи – некорневая подкормка в фазу колошения;
5. Мегамикс-семена + Мегамикс-Профи – некорневая подкормка в фазу кущения;
6. Мегамикс-семена + Мегамикс-Профи – некорневая подкормка в фазу колошения;
7. Мегамикс-семена + Мегамикс-Профи – некорневые подкормки в фазы кущения и колошения.

фактор А – фон без удобрений;

фактор В – фон – $N_{16}P_{16}K_{16}$ (1 ц/га): внесение в предпосевную культивацию.

При закладке полевого опыта использовано систематическое размещение вариантов с посевной площадью делянки 1,5 м². Учеты и анализы проведены с площади – 1 м². Норма высева – 5,5 млн. всхожих зерен на гектар. Посев яровой мягкой пшеницы проводился после предшественника – пропашные культуры.

Закладка полевых опытов и проведение лабораторных исследований, с регистрацией изучаемых показателей, и статистическая обработка полученных результатов проведены в соответствии с общепринятыми методиками [4, 11, 12].

Результаты

Общеизвестно, что первоначальные этапы своего развития будущее потомство закладывает на материнском растении. Работы ряда исследователей показывают, что урожайность культур в большой степени зависит от темпа первоначального роста и развития семени. Быстрое прорастание ростка определяет последующее энергичное отрастание первичных корешков, которые переводят растение на самостоятельное питание [2, 9].

Коэффициент симметрии, с точки зрения физиологии роста, как отношение скорости развития надземных и подземных органов будущего растения, может явиться достаточно информативным показателем для определения потенциальной продуктивности изучаемой культуры.

Использование при подсчете коэффициента симметрии среднего количества корешков проросших семян обеспечивает более точное прогнозирование урожайности, так как наличие большего числа развитых корней может определять выживаемость растений в начальные фазы их развития, а далее и густоту продуктивного стеблестоя, что в значительной степени обуславливает конечный урожай культуры [13].

Как показывает многолетняя практика исследований, в определении урожайных свойств семян яровой пшеницы участвуют следующие факторы: матрикальность партии семян (неоднородность), скорость развития coleoptily с проростком и болезни, присутствующие уже в самом семенном материале. Темпы развития первичных органов семени положительно сказываются на формировании урожая [3, 14].

Coleoptиль – видоизмененный лист, защищающий первый лист растения от механических повреждений при прорастании его через почвенный слой. Линейные показатели развития coleoptily наиболее информативно отражают обеспеченность проростка запасными питательными веществами при прорастании.

В результате проведенных исследований установлено, что урожайность семян пшеницы связана с коэффициентом симметрии, чем он ниже, тем выше урожайность (табл. 1). В среднем за три года исследований, проведенных в лабораторных условиях, по морфометрической оценке проростков, минимальные показатели коэффициентов симметрии отмечены в вариантах при предпосевной обработке семян и растений в фазы кущения и колошения – 17,97 и 17,31. При этом, в данных вариантах отмечена максимальная урожайность – 3,88 и 4,02 т/га соответственно.

Таблица 1

Морфометрическая оценка проростков яровой пшеницы «Тулайковская Надежда»
(среднее 2018-2020 гг.)

Вариант (согласно схеме опыта)	Средняя длина, см			Среднее количество корешков, шт.	Коэффи- циент симмет- рии	Урожай- ность, т/га	Выживае- мость растений, %
	колеоп- тиле	рост- ка	кореш- ков				
Фон 0 (без удобрений)							
1.	4,63	14,1	14,5	4,77	20,51	3,24	61,8
2.	4,66	15,4	15,8	5,16	18,89	3,67	67,8
3.	4,75	14,8	15,1	4,89	20,02	3,41	65,9
4.	4,77	15,7	16,1	4,92	19,94	3,51	67,0
5.	5,21	16,1	16,5	5,37	18,18	3,80	69,1
6.	5,16	16,4	16,8	5,32	18,39	3,78	69,1
7.	5,28	17,2	17,6	5,44	17,97	3,88	69,8
Фон 1 – N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆							
1.	4,70	15,4	15,8	4,83	20,23	3,31	63,5
2.	4,90	16,9	17,3	5,09	19,28	3,79	69,5
3.	4,84	15,9	16,3	4,97	19,70	3,52	65,6
4.	4,89	16,4	16,8	5,01	19,64	3,57	67,2
5.	5,24	17,6	18,0	5,40	18,06	3,93	70,9
6.	5,25	17,7	18,1	5,40	18,08	3,91	70,8
7.	5,46	18,9	19,4	5,65	17,31	4,02	72,3

Анализ формирования корневой системы проростков, регистрируемый по числу развитых первичных корней, показал, что максимальное их количество отмечается в вариантах при совместном использовании препаратов Мегамикс-семена и Мегамикс-Профи как на фоне естественного плодородия, так и на фоне минерального питания. Важно отметить, что в данных вариантах наблюдались наиболее высокие показатели выживаемости растений.

Таким образом, коэффициент симметрии может явиться определенным перспективным показателем формирования возможного урожая культуры. При характеристике колеоптиле следует отметить, что длина видоизмененного побега по вариантам опыта на фоне естественного плодородия составила 4,66-5,28 см, на фоне внесения минеральных удобрений – 4,90-5,46 см, что свидетельствует о более высоком питательном потенциале семян, полученных на фоне минерального питания.

Фотосинтетическая деятельность растений является основополагающей в ходе формировании продукционного процесса всех сельскохозяйственных культур. При этом наибольшего развития у зерновых листовая поверхность как одного растения, так и агроценоза в целом, как правило, достигает в фазу колошения. Регистрация показателей в данный период является оптимальной [7].

Анализ показателей формирования листовой поверхности и сухого веса на

уровне одного растения наиболее точно отражает зависимость ростовых процессов под действием внешних факторов (табл. 2). Установлено, что в варианте с применением препарата Мегамикс-семена скорость роста была несколько выше, чем при некорневой подкормке в период вегетации с использованием препарата Мегамикс-Профи на двух фонах выращивания пшеницы. Совместное использование данных препаратов на разных этапах вегетации оказывало положительное влияние на динамику ростовых процессов в наибольшей степени.

Активный рост листьев и длительность их функционирования обеспечивает наиболее полное потребление ФАР, что служит залогом формирования продуктивности культуры. Фотосинтетический потенциал (ФП) является, при этом, показателем, отражающим продолжительность фотосинтетической деятельности растений в агроценозе, с учетом не только развития листовой поверхности одного растения, но и количества растений на единице площади посева. Максимальные значения показателя ФП отмечены в варианте бинарного применения препаратов Мегамикс-семена и Мегамикс-Профи при двукратной обработке в фазу кущения и колошения. На неудобренном фоне превышение над контролем составило 24,4 %, на фоне N₁₆P₁₆K₁₆ – 18,2 %.

Показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) по вариантам опыта на фоне естественного плодородия находились в пределах 6,75-7,42 г/м²·сутки, на

фоне минерального питания – 7,24-8,18 г/м²·сутки. При этом, наибольшие значения фиксировались при совместном воздей-

ствии препаратов Мегамикс-семена и Мегамикс-Профи.

Таблица 2

Ростовая и фотосинтетическая активность яровой пшеницы «Тулайковская Надежда» (среднее 2018-2020 гг.)

Вариант (согласно схеме опыта)	Фаза колошения				
	количество растений на 1 м ²	сухая масса одного растения, г	площадь листьев одного растения, см ²	ФП, тыс. м ² ·сутки/га	ЧПФ, г/м ² ·сутки
Фон 0 (без удобрений)					
1.	345	1,23	84,21	254	6,75
2.	377	1,35	85,55	306	7,23
3.	366	1,22	84,40	280	6,92
4.	367	1,21	84,36	280	6,93
5.	392	1,34	85,21	303	7,32
6.	381	1,35	85,18	311	7,35
7.	390	1,34	85,24	316	7,42
Фон 1 – N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆					
1.	354	1,41	89,30	286	7,24
2.	384	1,56	90,16	327	8,06
3.	369	1,40	89,28	299	7,28
4.	368	1,40	89,27	297	7,28
5.	393	1,57	90,43	321	8,13
6.	390	1,58	90,38	333	8,13
7.	396	1,58	90,41	338	8,18

Анализ приведенных в таблице 3 данных по урожайности показал, что на неудобренном фоне, независимо от применяемых видов препаратов и способов их использования, отмечено повышение урожайности

относительно контрольных значений на 5,2-19,8 % (среднее за три года). На удобренном фоне данное превышение по вариантам составило – 6,3-21,8 %.

Таблица 3

Формирование урожая яровой мягкой пшеницы в зависимости от видов и способов применения удобрений

Вариант (согласно схеме опыта)	Урожайность, т/га			
	2018 г. ГТК – 0,56	2019 г. ГТК – 0,66	2020 г. ГТК – 0,93	Среднее за три года
Фон 0 (без удобрений)				
1.	3,18	3,25	3,29	3,24
2.	3,55	3,68	3,77	3,67
3.	3,46	3,43	3,34	3,41
4.	3,62	3,61	3,30	3,51
5.	3,71	3,84	3,86	3,80
6.	3,68	3,75	3,92	3,78
7.	3,75	3,92	3,98	3,88
Фон 1 – N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆				
1.	3,23	3,36	3,35	3,31
2.	3,58	3,97	3,81	3,79
3.	3,33	3,80	3,42	3,52
4.	3,32	4,01	3,39	3,57
5.	3,74	4,03	4,02	3,93
6.	3,69	4,03	4,00	3,91
7.	3,88	4,09	4,11	4,02
Среднее	3,55	3,76	3,68	3,66
НСР ₀₅	0,22	0,10	0,20	

При этом наибольший урожай зерна яровой пшеницы получен в 2020 году (ГТК – 0,93) на варианте с обработкой семян перед посевом и последующим опрыскиванием растений в фазы кущения и колошения на удобренном фоне – 4,11 т/га, и в среднем за три года исследований – 4,02 т/га.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее значимые

показатели коэффициента симметрии проростков пшеницы, формирования листовой поверхности, накопления сухого веса растений, чистой продуктивности фотосинтеза и, как следствие, более высокой урожайности отмечены в варианте с бинарным использованием препаратов Мегамикс-семена и Мегамикс-Профи при двукратной обработке растений в фазы кущения и колошения на фоне N₁₆P₁₆K₁₆.

Литература

1. Бурунов А.Н. Эффективность применения микроэлементного удобрения «Мегамикс» на яровой пшенице. Нива Поволжья, 2011, № 1, с. 9-12.
2. Германов В.Ф. О методике изучения урожайных свойств семян. Земледелие, 2001, № 2, с. 42-43.
3. Денисов Д.П. Об определении длины coleoptile у злаковых культур. Селекция и семеноводство, 1990, № 1, с. 52.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва, 1985, 351 с.
5. Карпова Л.В., Строгонова А.В., Четвериков Ф.П. Формирование урожая, посевных качеств и урожайных свойств семян яровой мягкой пшеницы под влиянием удобрений минеральных в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Аграрный научный журнал, 2020, № 4, с. 23-27.
6. Костин В.И., Мударисов Ф.А., Семашкина А.И. Влияние микроэлементов-синергистов на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2017, № 4 (40), с. 30-35.
7. Кумаков В.А. Физиология яровой пшеницы. Москва: Колос, 1980, 207 с.
8. Кшникаткина А.Н., Долженко А.Н. Эффективность некорневой подкормки микроэлементами удобрениями на урожайность и качество зерна яровой тритикале. Нива Поволжья, 2020, №1 (54), с. 29-34.
9. Петуховский С.А., Ларионов Ю.С., Ларионова О.А. Фенотипическая изменчивость органов проростков семян яровой пшеницы как критерий урожайных свойств генотипа сорта в конкретных условиях выращивания: сельскохозяйственные науки. Омский научный вестник, 2013, № 2 (124), с. 71-75.
10. Русяев И.Г. Приёмы возделывания яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. Пенза, 2018, 23 с.
11. Сюков В.В., Шаболкина Е.Н., Вьюшков А.А., Поротькин С.Е., Гулаева Н.В. Яровая мягкая пшеница Тулайковская Надежда. Зерновое хозяйство России, 2017, № 4 (52), с. 14-16.
12. Третьяков Н.Н., Паничкин Л.А., Кондратьев М.Н. [и др.]. Практикум по физиологии растений. Москва: Колос, 2003, 288 с.
13. Патент RU 2588468 C2, МПК A01C1/00 (2006.01) A01H1/04 (2006.01) Способ определения урожайных свойств семян пшеницы. Ю.В. Фризен, В.Л. Ершов. Оpubл. 27.06.2016, Бюл. № 18.
14. Юсова О.А., Горбунова М.П., Ларионов Ю.С. Анализ корреляционных связей длины coleoptile с основными элементами продуктивности и урожайностью сортов яровой твердой пшеницы. Омский научный вестник, 2011, № 1, с. 18-22.
15. Namdjoyan S. H., Khavari-Nejad R. A., Bernard F., Nejadstatti T., Shaker H. Antioxidant Defense Mechanisms in Response to Cadmium Treatments in Two Safflower Cultivars. Russian Journal of Plant Physiology, 2011, v. 58, № 3, p. 467.
16. Meychik N. R., Nikolaeva Yu. I., Komarynets O. V., Ermakov I. P. Barrier Function of the Cell Wall during Uptake of Nickel Ions. Russian Journal of Plant Physiology, 2011, v. 58, № 3, p. 409.
17. Aleksandrushkina N. I., Seredina A. V., Vanyushin B. F. Endonuclease Activities in the Coleoptile and the First Leaf of Developing Etiolated Wheat Seedlings Russian Journal of Plant Physiology, 2011, v. 56, № 2, p. 154.

THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF COMPLEX LIQUID FERTILIZERS IN CHELATED FORM AGAINST THE BACKGROUND OF NATURAL AND MINERAL NUTRITION OF SPRING WHEAT PLANTS

*L.V. Karpova¹, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
G.A. Karpova², Doctor of Agricultural Sciences, Assistant-professor*;
A.V. Strogonova¹, post-graduate student*

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University", Penza, Russia, tel. (8412)628373; e-mail: ctrogonova2014@mail.ru

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State University", Penza, Russia, tel. (8412)643913; e-mail: pollylna@mail.ru

Intensification of agricultural production increases the load on soil resources, which leads to a decrease in fertility and, consequently, a decrease in mineral nutrition of plants in the agrocenosis. The search for ways to use preparations containing macro- and microelements in chelated form to activate the processes of growth, photosynthesis, yield formation and improving the quality of grain crops is very relevant. The research was conducted in 2018-2020 on the experimental plot of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University". The data were obtained by evaluating the effect of mineral nutrition backgrounds and liquid mineral fertilizers on the morphometric indicators of seedlings, the main indicators of photosynthesis during the growing season and the yield of spring soft wheat variety "Tulaykovskaya Nadezhda". The preparations "Megamix-seeds" and "Megamix-Profi" were used as macro- and microfertilizers in chelated form with different methods and terms of seed and crop treatment. The studies on the morphometric assessment of the seedlings have shown that the minimum values of symmetry coefficients were observed in the variants with the pre-sowing treatment of seeds and plants in the phases of tillering and earing - 17.97 and 17.31. At the same time, these variants obtained the highest yields - 3.88 and 4.02 t/ha, respectively. The maximum number of developed primary roots was observed in the variants with the combined use of Megamix-seeds and Megamix-Profi both on the background of natural fertility and on the background of mineral nutrition. In these variants the highest rates of plant survival were observed. The maximum values of the photosynthetic potential indicator were observed in the variant of binary application of Megamix-seeds and Megamix-Profi with double treatment in the tillering and earing phase. The highest grain yield of spring wheat was obtained in 2020 (HTC - 0.93) in the variant with seed treatment before sowing and subsequent spraying of plants in the phases of tillering and earing on a fertilized background - 4.11 t/ha, and the average for the three years of research - 4.02 t/ha.

Keywords: spring wheat, Megamix-seeds, Megamix-Profi, morphometric assessment of seedlings, symmetry coefficient, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, yield.

References

1. Burunov A.N. Efficiency of application of the microelement fertilizer "Megamix" on spring wheat. *Niva Povolzhya*, 2011, № 1, pp. 9-12.
2. Germanov V.F. On the methodology of studying yield properties of seeds. *Zemledelie*, 2001, № 2, pp. 42-43.
3. Denisov D.P. On Determination of Coleoptile Length in Cereal Cultures. *Selection and Seed Production*, 1990, №1, p. 52.
4. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment*. Moscow, 1985, 351 p.
5. Karpova L.V., Strogonova A.V., Chetverikov F.P. The formation of yield, sowing qualities and yield properties of spring soft wheat seeds under the influence of mineral fertilizers in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Agrarian Scientific Journal*, 2020, № 4, pp. 23-27.
6. Kostin V.I., Mudarisov F.A., Semashkina A.I. Influence of microelement-synergists on photosynthetic indices and yield of winter wheat. *Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2017, № 4 (40), p. 30-35.
7. Kumakov V.A. *Physiology of spring wheat*. Moscow: Kolos, 1980, 207 p.
8. Kshnikatkina A.N., Dolzhenko A.N. Effectiveness of foliar feeding with microelement fertilizers on yield and grain quality of spring triticale. *Niva Povolzhya*, 2020, №1 (54), pp. 29-34.

9. Petukhovskiy S.A., Larionov Y.S., Larionova O.A. Phenotypic variability of seedling organs of spring wheat as criterion of yield properties of variety genotype under specific growing conditions: agricultural sciences. Omsk Scientific Bulletin, 2013, № 2 (124), p. 71-75.
10. Rusyaev I.G. Cultivation methods of spring soft wheat in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region: abstract of dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Penza, 2018, 23 p.
11. Syukov V.V., Shabolkina E.N., Vyushkov A.A., Porotkin S.E., Gulaeva N.V. Spring soft wheat Tulaykovskaya Nadezhda. Grain Economy of Russia, 2017, № 4 (52), pp. 14-16.
12. Tretiakov N.N., Panichkin L.A., Kondratyev M.N. [et al]. Practical work on Plant Physiology. Moscow: Kolos, 2003, 288 p.
13. Patent RU 2588468 C2, МПК A01C1/00 (2006.01) A01H1/04 (2006.01) Method of determination of the yielding properties of wheat seeds. V. Frisen, V.L. Ershov. Published 27.06.2016, Bulletin No. 18.
14. Yusova O.A., Gorbunova M.P., Larionov Yu.S. Analysis of correlation relations of coleoptile length with the main elements of productivity and yield of spring hard wheat varieties. Omsk Scientific Bulletin, 2011, № 1, pp. 18-22.
15. Namdjoyan S. H., Khavari-Nejad R. A., Bernard F., Nejadshattari T., Shaker H. Antioxidant Defense Mechanisms in Response to Cadmium Treatments in Two Safflower Cultivars. Russian Journal of Plant Physiology, 2011, v. 58, № 3, p. 467.
16. Meychik N. R., Nikolaeva Yu. I., Komarynets O. V., Ermakov I. P. Barrier Function of the Cell Wall during Uptake of Nickel Ions. Russian Journal of Plant Physiology, 2011, v. 58, № 3, p. 409.
17. Aleksandrushkina N. I., Seredina A. V., Vanyushin B. F. Endonuclease Activities in the Coleoptile and the First Leaf of Developing Etiolated Wheat Seedlings. Russian Journal of Plant Physiology, 2011, v. 56, № 2, p. 154.