

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Захарова Надежда Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция»

Исайчев Виталий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биология, химия и технология хранения и переработки продукции растениеводства»

Захаров Николай Григорьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017 г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1; тел: 884231 55-95-30; e-mail: zemledelugsha@yandex.ru

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, селекция, сорт, селекционная линия, урожайность, адаптивность, экологическая пластичность.

В современных условиях селекция на урожайность и экологическую адаптивность являются основными направлениями при выведении сортов различных сельскохозяйственных культур. Оценка селекционируемых генотипов по параметрам экологической адаптивности позволяет установить наиболее благоприятные зоны и подобрать оптимальные технологии для их возделывания. Целью проведенных исследований было оценить селекционные линии озимой мягкой пшеницы по урожайности и экологической адаптивности в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Материалом для исследований послужили 10 селекционных линий озимой мягкой пшеницы различных комбинаций скрещивания, проходивших в 2018-2021 гг. изучение в конкурсном и предварительном сортоиспытаниях. Установлено, что высокая урожайность отмечена у селекционных линий номер 6 (в среднем за весь период исследований 4,89 т/га) и номер 32 (5,01 т/га), что достоверно больше урожайности стандарта Фотинья (4,20 т/га, НСР₀₅ = 0,67 т/га). Стабильно высокие коэффициенты адаптивности на уровне 1,0 и выше (0,95-1,24) во все годы сортоиспытаний озимой мягкой пшеницы имели 4 селекционные линии – номер 6, 7, 10 и 32. Для возделывания в интенсивных условиях наибольшую ценность представляют селекционные линии озимой мягкой пшеницы номер 6 и 32, в полунтенсивных – линии номер 7, 25 и 62, экстенсивных – линии номер 10, 13 и 17. Всесторонняя оценка в селекционном процессе урожайности, адаптивности генотипов, в том числе экологической пластичности, способствует наиболее эффективному производственному использованию создаваемых сортов.

Введение

На современном этапе селекция на урожайность и экологическая адаптивность являются основными направлениями при выведении сортов различных сельскохозяйственных культур во многих странах мира [1-6]. Недостаточно высокий адаптивный потенциал создаваемых сортов зачастую лимитирует реализацию их продукционных возможностей. В условиях глобальных и локальных изменений климата адаптивности селекционируемых генотипов и возделываемых культур должно уделяться особое внимание.

Ключевыми в адаптивной селекции являются два аспекта – пригодность фона для отбора адаптивных генотипов и оценка их адаптивной способности и стабильности в различных средах [7]. А.В. Кильчевский (2005), Е.М. Чирко (2009) считают, что фактическое создание сорта предполагает не только получение и отбор новых генотипов, но и поиск экологической ниши, где этот генотип (генотипы) обеспечит высокую продуктивность, экологическую стабильность и качество продукции как основные цели селекции

растений [8, 9].

В.И. Кирюшин (2007) В.Г. Кривобочек (2010) полагают, что в нашей стране назрела необходимость перехода на дифференцированные технологии возделывания сельскохозяйственных культур и сортов в зависимости от природных условий и уровня интенсификации [10, 11]. Для максимально возможной реализации урожайного потенциала сорта любой сельскохозяйственной культуры необходимо иметь сведения о его реакции на те или иные средовые (почвенно-климатические и агротехнические) условия. Оценка селекционируемых генотипов по параметрам экологической адаптивности позволяет установить наиболее благоприятные зоны и подобрать оптимальные технологии для их возделывания.

Цель исследований – оценить селекционные линии озимой мягкой пшеницы по урожайности и экологической адаптивности в лесостепи Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновского

Таблица 1

Урожайность селекционных линий озимой мягкой пшеницы, т/га

Сорт, селекционная линия	Год				Среднее	min	max
	2018	2019	2020	2021			
Фотинья, стандарт	4,01	2,74	7,20	2,86	4,20	2,74	7,2
6	4,02	3,31	9,00	3,22	4,89	3,22	9,00
7	4,25	3,47	7,83	3,34	4,72	3,34	7,83
10	4,05	4,05	7,29	3,08	4,62	3,08	7,29
13	4,12	3,06	6,72	3,50	4,35	3,06	6,72
17	4,02	3,39	7,05	2,45	4,23	2,45	7,05
23	3,33	4,07	7,21	2,58	4,30	2,58	7,21
25	4,05	3,02	7,52	2,90	4,37	2,90	7,52
32	4,42	3,87	8,68	3,08	5,01	3,08	8,68
62	4,02	3,00	7,73	3,22	4,49	3,00	7,73
69	3,78	2,12	7,81	2,26	3,99	2,12	7,81
Среднее	4,01	3,28	7,64	2,95	4,47	-	-
Коэффициент вариации, V, %	6,9	17,9	9,0	13,1	-	-	-
HCP_{05} , т/га	0,18	0,12	0,17	0,14	0,67	-	-
lj	-0,46	-1,19	+3,17	-1,52	-	-	-

ГАУ в 2018-2021 гг. Материалом для исследований послужили 10 селекционных линий озимой мягкой пшеницы различных комбинаций скрещивания, проходивших изучение в конкурсном и предварительном сортоиспытаниях. Селекционные линии изучались на делянках 15-25 м² в четырехкратной повторности. Норма высева – 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Предшественник – чистый пар. Посев производился в установленные в регионе для исследуемой культуры сроки – с 25 августа по 5 сентября. Стандартом выступил сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья, принятый в сортоиспытании в Ульяновской области в качестве эталонного.

Урожайность зерна пшеницы является главным и обобщающим показателем, характеризующим конечный результат взаимодействия генотипа и условий среды. Поэтому в качестве основного критерия при оценке адаптивных свойств изучаемых генотипов часто используется именно этот показатель. Для сравнительной оценки адаптивных свойств изучаемых селекционных линий озимой мягкой пшеницы нами также на основе показателя «урожайность зерна» были рассчитаны параметры: коэффициент адаптивности по Л.А. Животкову (1994) [12], пластичность и стабильность генотипов по S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) [13] в интерпретации С.П. Мартынова (1999) [14]. Урожайные данные обработаны методами дисперсионного и вариационного анализов по Б.А. Доспехову [15].

Результаты исследований

Метеорологические условия в годы проведения исследований носили разнообразный характер. В 2018, 2019, 2021 гг. отмечались засушливые явления различной интенсивности, в 2020 г. увлажнение было достаточным на большей части вегетационного периода исследуемой культуры. Все это позволило дать объективную оценку экологической адаптивности изучаемым селекционным линиям озимой мягкой пшеницы. Индексы условий среды (lj) составили в 2018, 2019 и 2021 гг. исследований -0,46, -1,19 и -1,52 соответственно, а в 2020 г. – +3,17 (табл. 1).

В 2018 г. существенно ($HCP_{05} = 0,18$ т/га) превысили по урожайности стандарт Фотинья (4,01 т/га) селекционные линии озимой мягкой пшеницы номер 7 и 32. В 2019 г. почти все исследуемые селекционные линии формировали более высокую урожайность, в сравнении со стандартом (2,74 т/га, $HCP_{05} = 0,12$ т/га). Низкой урожайностью, наряду со стандартом, характеризовалась селекционная линия номер 69 – 2,12 т/га. Условия для наиболее полной реализации продукционного потенциала озимой мягкой пшеницы сложились в 2020 г. – средняя урожайность по сортоиспытанию и урожайность сорта-стандарта Фотинья составили соответственно 7,64 и 7,20 т/га. Высокой урожайностью в исследуемом году характеризовались селекционные линии номеров 6, 7, 32, 62, 69. Стрессовые факторы внешней среды (засуха в сочетании с высокой температурой) отрицательно сказались на уровне урожайности озимой мягкой пшеницы в 2021 г. – среднее ее значение по сортоиспытанию составило 2,95 т/га. В таких условиях существенно превысили стандарт по урожайности (2,86 т/га, $HCP_{05} = 0,14$ т/га) селекционные линии номер 6, 7, 10, 13, 32 и 62. В среднем за весь период исследований (2018-2021 гг.) высокая урожайность отмечена у селекционных линий номер 6 (4,89 т/га) и номер 32 (5,01 т/га), что достоверно больше урожайности стандарта Фотинья (4,20 т/га, $HCP_{05} = 0,67$ т/га).

Л.А. Животковым с соавторами (1994) была предложена методика, согласно которой урожайность исследуемых генотипов сопоставляется не со стандартом, а со средней урожайностью сортоиспытания [12]. В данном случае величина «среднесортная урожайность» выражает общую норму реакции определенной

совокупности генотипов на факторы внешней среды в каждом конкретном году. Реакция же отдельного генотипа на сложившиеся условия вегетационного периода может быть определена отношением его урожайности к среднесортовому значению. Стабильно высокие коэффициенты адаптивности на уровне 1,0 и выше (0,95-1,24) во все годы сортоиспытаний озимой пшеницы имели 4 селекционные линии – номер 6, 7, 10 и 32 (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы

Селекционная линия	Год				От-до
	2018	2019	2020	2021	
Фотинья, стандарт	1,00	0,83	0,94	0,97	0,83-1,00
6	1,00	1,01	1,18	1,09	1,00-1,18
7	1,06	1,06	0,95	1,13	0,95-1,13
10	1,01	1,23	0,95	1,04	0,95-1,23
13	1,03	0,93	0,88	1,18	0,88-1,18
17	1,00	1,03	0,92	0,83	0,83-1,03
23	0,83	1,24	0,94	0,87	0,83-1,24
25	1,01	0,92	0,98	0,98	0,92-1,01
32	1,10	1,18	1,14	1,04	1,04-1,18
62	1,00	0,91	1,01	1,09	0,91-1,09
69	0,94	0,65	1,02	0,77	0,65-1,02

Это свидетельствует об их хорошей приспособленности к местным почвенно-климатическим условиям. У всех остальных исследуемых генотипов озимой мягкой пшеницы в отдельные годы коэффициенты адаптивности были меньше 1,0.

Согласно методике S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) [13], исследуемые селекционные линии дифференцированы на интенсивные, полуинтенсивные и экстенсивные пшеницы.

К числу интенсивных пшениц с высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания отнесены селекционные линии номеров 6, 32 и 69 ($b_i = 1,16-1,28$) (табл. 3). Высокой фенотипической стабильностью ($1,1 < b_i < 1,2$) характеризуется селекционная линия номер 32, пониженной фенотипической стабильностью ($1,2 < b_i < 1,3$) – номера 6 и 69. Установлена высокая стабильность ($Sd^2 < 5,0$) реакций селекционных линий

номеров 6 и 32 в разнообразных условиях среды. Варианса стабильности признака (Sd^2) показывает, насколько надежно сорт соответствует той пластичности, которую оценил коэффициент регрессии b_i . Чем ближе Sd^2 к 0, тем меньше отличаются эмпирические значения признака от теоретических, расположенных на линии регрессии.

Сорт-стандарт Фотинья, а также селекционные линии номеров 7, 17, 25 и 62 вошли в группу полуинтенсивных пшениц с высокой фенотипической стабильностью ($0,9 < b_i < 1,1$). При ухудшении или улучшении условий выращивания снижение или увеличение их урожайности в меньшей степени, чем у интенсивных генотипов. Стабильность реакций рассматриваемых полуинтенсивных пшениц в разных средах высокая (селекционные линии номер 7, 25 и 62; $Sd^2 < 5,0$) и средняя (сорт Фотинья и селекционная линия номер 17; $5,0 < Sd^2 < 7,5$).

Селекционные линии номер 10 и 23 являются экстенсивными пшеницами с высокой фенотипической стабильностью ($0,8 < b_i < 0,9$). Они характеризуются слабой отзывчивостью на условия выращивания. При этом селекционная линия номер 10 наиболее надежно соответствует установленному типу пластичности (стабильность реакций средней степени – $5,0 < Sd^2 < 7,5$).

У экстенсивной селекционной линии номер 23 стабильность реакций низкая ($7,5 < Sd^2 < 10,0$). У также экстенсивной линии номер 13 установлена пониженная фенотипическая стабильность ($0,7 < b_i < 0,8$). Стабильность реакций

Таблица 3

Пластичность и стабильность селекционных линий озимой мягкой пшеницы

Тип пшениц	Тип стабильности	Сорт, линия	Пластичность (b_i)	Стабильность (Sd^2)
Интенсивный	пониженная фенотипическая стабильность	6	1,28	4,67
		69	1,22	8,20
Полуинтенсивный	высокая фенотипическая стабильность	32	1,16	3,41
		62	1,01	4,86
		25	0,99	2,95
		7	0,98	1,68
Экстенсивный	высокая фенотипическая стабильность	Фотинья, стандарт	0,96	5,90
		17	0,91	7,05
		23	0,86	14,31
		10	0,84	6,68
	пониженная фенотипическая стабильность	13	0,75	6,71

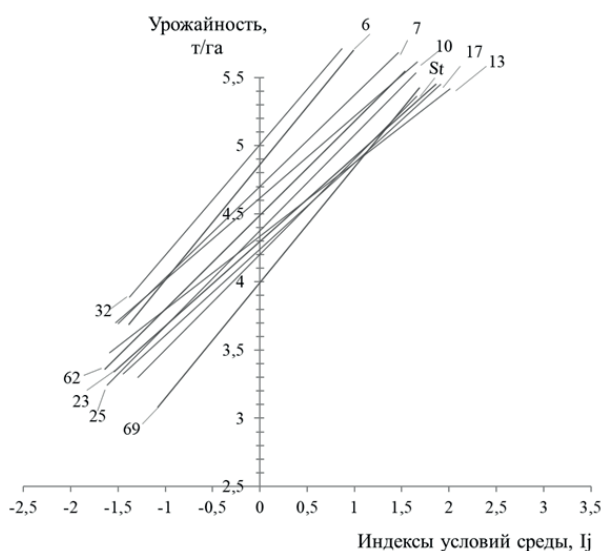


Рис. – Линии регрессии по показателю «урожайность зерна» селекционных линий озимой пшеницы в зависимости от условий среды (2018-2021 гг.)

этого генотипа в разнообразных условиях среды средней степени ($5,0 < Sd^2 < 7,5$).

Реакцию селекционных линий озимой пшеницы, относящихся к различным группам, выделенным в табл. 3, на изменение условий можно проследить также с помощью метода графического анализа линий регрессии урожайности (bi) на индексы условий среды (Ij) (рисунок).

Так, линии регрессии высокопластичных пшениц 6, 32 и 69 отличаются по углу наклона от среднепластичных селекционных линий 7, 17, 25 и 62, а также низкопластичных пшениц 10, 13 и 23.

Обсуждение

В ходе проведенных исследований установлено, что высокие адаптивные свойства селекционных линий озимой мягкой пшеницы номер 6, 7, 10 и 32 (коэффициенты адаптивности 0,95-1,24) сочетаются с высоким уровнем урожайности (4,62-5,01 т/га), что позволяет считать их перспективными.

Для возделывания в интенсивных условиях наибольшую ценность представляют селекционные линии озимой мягкой пшеницы номер 6 и 32, сочетающие высокую пластичность ($bi = 1,01$ и $1,16$ соответственно) с высокой урожайностью (4,89 и 5,01 т/га, соответственно). В полунтенсивных условиях положительный результат можно ожидать от выращивания селекционных линий номер 7, 25 и 62. Полуинтенсивная селекционная линия озимой мягкой пшеницы номер

7 характеризуется высоким уровнем адаптивности (коэффициенты адаптивности 0,95-1,13) и урожайности (в среднем за весь период исследований 4,72 т/га). Селекционные линии пшеницы номер 10, 13 и 17 будут иметь преимущество при возделывании их в экстенсивных условиях. Среди экстенсивных пшениц селекционная линия номер 10 выделилась по адаптивности (коэффициенты адаптивности 0,95-1,23) и повышенной урожайности (в среднем за весь период исследований 4,62 т/га). Селекционные линии озимой мягкой пшеницы номер 7, 10, 17, 23, 25, 32 и 62 по показателю «урожайность зерна» характеризуются высокой фенотипической стабильностью.

Заключение

С учетом современных тенденций изменения климата всесторонняя оценка в селекционном процессе урожайности, адаптивности генотипов, в том числе экологической пластичности, является необходимой, так как позволяет создавать сорта озимой мягкой пшеницы с сочетанием повышенного уровня продуктивности и агроэкологической устойчивости, а также определять уровень их интенсификации. Все это способствует наиболее эффективному производственному использованию создаваемых сортов.

Библиографический список

1. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats / A. J. Worland, A. Börner, V. Korzun [et al] // *Euphytica*. – 1998. – Vol. 100, № 1. – P. 385-394.
2. Breeding for yield potential and stress / J. L. Araus, G. A. Slafer, C. Royo [et al.] // *Critical reviews in plant science*. – 2008. – Vol. 27. – P. 377-412.
3. Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico / D. B. Lobell, J. I. Ortiz-Monasterio, G. P. Asner [et al] // *Field crops research*. – 2005. – Vol. 94, № 2-3. – P. 250-256.
4. Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats / D. Vázquez, A. G. Berger, M. Cuniberti [et al.] // *Journal of Cereal Science*. – 2012. – Vol. 56, № 2. – P. 196-203.
5. Grabovets, A. I. Coadaptation role in wheat breeding for adaptability and productivity under conditions of climate fluctuation amplification / A. I. Grabovets, M. A. Fomenko // *Russian agricultural sciences*. – 2017. – Vol. 43, № 5. – P. 368-370.
6. Оценка параметров экологической адаптивности сортов озимой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземья / Б. И. Сандухадзе, М. С. Крахмалева, Р. З. Мамедов, В. В. Бу-

грова // Аграрная Россия. – 2021. – № 6. – С. 8-11.

7. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Тэхналопя, 1997. – 372 с.

8. Кильчевский, А. В. Генетико-экологические основы селекции растений / А. В. Кильчевский // Информационный вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9, № 4. – С. 518-526.

9. Чирко, Е. М. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов проса (*Panicum miliaceum*) в условиях юго-западного региона республики / Е. М. Чирко // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2009. – № 3. – С. 49-54.

10. Кирышин, В. И. Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии / В. И. Кирышин // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 12. – С. 46-48.

11. Кривобочек, В. Г. Адаптивный потенциал сортов яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / В. Г. Кривобочек // Вестник Саратовского государственного

аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 7. – С. 19-22.

12. Животков, Л. А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» / Л. А. Животков, З. А. Морозова, Л. И. Секутаева // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3-6.

13. Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // Crop Sci. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36-40.

14. Мартынов, С. П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ AGROS, версия 2.09 : руководство пользователя / С. П. Мартынов. – Тверь, 1999. – 90 с.

15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

EVALUATION OF YIELD AND ADAPTABILITY OF BREEDING LINES OF WINTER SOFT WHEAT IN THE FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Zakharova N. N., Isaychev V. A., Zakharov N. G.
FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

432017 Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, building 1; tel: 884231 55-95-30; e-mail: zemledelugsha@yandex.ru

Key words: winter soft wheat, breeding, variety, breeding line, productivity, adaptability, ecological plasticity

Nowadays, breeding for productivity and ecological adaptability are the main directions in breeding of varieties of various agricultural crops. Evaluation of selectable genotypes according to the parameters of ecological adaptability allows to establish the most favorable zones and select suitable technologies for their cultivation. The purpose of the research was to evaluate breeding lines of winter soft wheat by productivity and ecological adaptability in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The material for the research was 10 breeding lines of winter soft wheat of various crossing combinations, the study took place in 2018-2021 as study in competitive and preliminary variety tests. It was found that high yields were observed in breeding lines number 6 (on average for the entire period of research of 4.89 t/ha) and number 32 (5.01 t/ha), which is significantly higher than the yield of Fotinya standard (4.20 t/ha, $HCP_{05} = 0.67$ t/ha). Consistently high coefficients of adaptability at the level of 1.0 and above (0.95-1.24) had 4 breeding lines - numbers 6, 7, 10 and 32 in all years of variety testing of winter soft wheat. For cultivation under intensive conditions, breeding lines of winter soft wheat number 6 and 32 are of the greatest value, in semi-intensive - lines number 7, 25 and 62, extensive - lines number 10, 13 and 17. Comprehensive assessment in the breeding process of yield, adaptability of genotypes, including ecological plasticity, contributes to more efficient production usage of the created varieties.

Bibliography:

1. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats / A. J. Worland, A. Börner, V. Korzun [et al.] // Euphytica. - 1998. - Vol. 100, No 1. - P. 385-394.
2. Breeding for yield potential and stress / J. L. Araus, G. A. Slafer, C. Royo [et al.] // Critical reviews in plant science. - 2008. - Vol. 27. - P. 377-412.
3. Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico / D. B. Lobell, J. I. Ortiz-Monasterio, G. P. Asner [et al.] // Field crops research. - 2005. - Vol. 94, No 2-3. - P. 250-256.
4. Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats / D. Vázquez, A. G. Berger, M. Cuniberti [et al.] // Journal of Cereal Science. - 2012. - Vol. 56, No 2. - P. 196-203.
5. Grabovets, A. I. Coadaptation role in wheat breeding for adaptability and productivity under conditions of climate fluctuation amplification / A. I. Grabovets, M. A. Fomenko // Russian agricultural sciences. - 2017. - Vol. 43, No 5. - P. 368-370.
6. Evaluation of the parameters of ecological adaptability of winter wheat varieties in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem region / B. I. Sandukhadze, M. S. Krakhmaleva, R. Z. Mamedov, V. V. Bugrova // Agrarian Russia. - 2021. - No 6. - P. 8-11.
7. Kilchevskiy, A. V. Ecological plant breeding / A. V. Kilchevskiy, L. V. Khotyleva. - Minsk: Tehnalopya, 1997. - 372 p.
8. Kilchevskiy, A. V. Genetic and ecological foundations of plant breeding / A. V. Kilchevskiy // Information Vestnik of Vavilov Society of Geneticists and Breeders. - 2005. - V. 9, No 4. - P. 518-526.
9. Chirko, E. M. Comparative assessment of grain productivity and adaptability of millet varieties (*Panicum miliaceum*) in the conditions of the southwestern region of the republic / E. M. Chirko // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. - 2009. - No 3. - P. 49-54.
10. Kiryushin, V. I. Innovations, land management and resource-saving technologies in agriculture / V. I. Kiryushin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2007. - No 12. - P. 46-48.
11. Krivobochek, V. G. Adaptive potential of spring soft wheat varieties in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region / V. G. Krivobochek // Vestnik of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. - 2010. - No 7. - P. 19-22.
12. Zhivotkov, L. A. Methods for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "yield" / L. A. Zhivotkov, Z. A. Morozova, L. I. Sekutaeva // Breeding and seed production. - 1994. - No 2. - P. 3-6.
13. Ebezhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Ebezhart, W. A. Russell // Crop Sci. - 1966. - Vol. 6, No 1. - P. 36-40.
14. Martynov, S. P. Statistical and biometric-genetic analysis in crop production and selection. AGROS software package, version 2.09: user manual / S. P. Martynov. - Tver, 1999. - 90 p.
15. Dospikhov, B. A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results) / B. A. Dospikhov. - 5th ed., revised and add. - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 351 p.