

ВЛИЯНИЕ ЭДАФИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ

THE INFLUENCE OF EDAPHIC STRESS ON WINTER HARDINESS AND YIELDING CAPACITY OF WINTER RYE

Ключевые слова сорт, почвенный стресс, озимая рожь, регенерация, ионы алюминия, толерантность.

Keywords: variety, soil stress, winter rye, regeneration, aluminum ions, tolerance.

В условиях Кировской области в 2016-2018 гг. на двух почвенных фонах: обычном (рН 5,0-5,2; следы подвижного алюминия), естественном провокационном по кислотности и содержанию ионов алюминия (рН – 3,78-3,76; Al 25,5-26,7 мг/100 г почвы) было изучено 11 районированных и перспективных сортов озимой ржи (Фаленская 4 (стандарт), Кировская 89, Рушник, Снежана, Флора, Графиня, Кипрез, Ниоба, Леда, Сара, Сармат), с целью выявления перспективных генотипов с наименьшей степенью депрессии по зимостойкости и урожайности. Показатель ГТК (0,80-1,89) в периоды вегетации значительно колебался, что позволило объективно оценить изучаемые сорта. Высокой зимостойкостью и регенерационной способностью после поражения снежной плесенью на провокационном фоне обладали сорта Кипрез (6,8 балла), Леда (6,5 балла) и Флора (6,4 балла). За годы изучения среднюю урожайность, превышающую стандарт Фаленская 4 (2,98 т/га), на провокационном фоне, сформировали сорта Кипрез (3,47 т/га), Флора (3,25 т/га) и Леда (3,22 т/га). Результаты исследования показали, что сорта Кипрез (76,1%) и Флора (71,3%) проявили высокую толерантность к алюмокислотному фону.

Under the conditions of the Kirov Region, from 2016 through 2018, on two soil backgrounds: normal (pH 5.0-5.2; traces of mobile aluminum), natural provocative by acidity and the content of aluminum ions (pH 3.78-3.76; Al 25.5-26.7 mg per 100 g of soil), 11 zoned and promising winter rye varieties were studied (Falenskaya 4 (standard), Kirovskaya 89, Rushnik, Snezhana, Flora, Grafinya, Kiprez, Neoba, Leda, Sara, Sarmat), with the purpose of identifying promising genotypes with the lowest level of depression regarding winter hardiness and yielding capacity. The hydrothermic coefficient (0.80...1.89) during the growing season fluctuated significantly and that enabled to objectively evaluate the studied varieties. The following varieties had high winter hardiness and regenerative ability after the affection by snow mold, on provocative background: Kiprez (6.8 points), Leda (6.5 points) and Flora (6.4). During the years of the study, the average yield exceeding the standard Falenskaya 4 (2.98 t ha), on the provocative background was formed by the varieties Kiprez (3.47 t ha), Flora (3.25 t ha) and Leda (3.22 t ha). The varieties Kiprez (76.1%) and Flora (71.3%) revealed high tolerance to aluminum-acid background.

Шляхтина Елена Анатольевна, м.н.с., Фалёнская селекционная станция – филиал, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого», Кировская обл. E-mail: fss.nauka@mail.ru.

Shlyakhtina Yelena Anatolyevna, Junior Staff Scientist, Falenky Crop Breeding Station – Branch, Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitskiy, Kirov Region. E-mail: fss.nauka@mail.ru.

Введение

В Российской Федерации площади кислых почв превышают 60 млн га [1]. В Кировской области такие почвы занимают более 80%, в т.ч. 40,8% – сильнокислые (рН<4,5) [2]. Неблагоприятное воздействие кислых почв влияет на структуру почвы, эффективность вносимых удобрений, приводит к снижению поступления элементов питания в растения [3]. Реакция среды в почве – один из основных показателей уровня плодородия почв для сельскохозяйственных культур, так как она является своего рода интегральным показателем целого комплекса свойств почв, который формирует урожай [4]. Важнейшим фактором,

снижающим урожайность сельскохозяйственных культур на кислых почвах, является алюминий. Устойчивость растений к токсичности алюминия имеет сложную природу и контролируется генетически [5]. Под действием алюминия первичные корни растений прекращают рост и разбухают, кончики их становятся хрупкими и морщинистыми, длина и общая масса корней резко уменьшаются, что приводит к нарушению способности поглощать воду и питательные вещества и истощению растений [6].

Озимая рожь характеризуется большей устойчивостью к кислым почвам, чем другие зерновые культуры. Она меньше реагирует на кислую среду

и развивается довольно успешно в широком диапазоне рН [7]. Однако на фоне эдафического стресса рост озимой ржи ослабевает, ухудшается перезимовка [8]. Экспериментальные данные показывают, что отрицательное влияние алюмокислого стресса начинает проявляться с момента прорастания семян: часть семян гибнет, у остальных период прорастания затягивается, всходы получаются изреженные, слабые [2, 3].

Главным резервом увеличения уровня производства зерна озимой ржи является возделывание адаптивных сортов, менее чувствительных к стрессовым эдафическим факторам, обеспечивающих рентабельное возделывание культуры. В связи этим особое место занимает эдафическая селекция, позволяющая создавать кислото- и алюмоустойчивые сорта озимой ржи. Для скрининга сортов сельскохозяйственных культур по уровню алюмо- и кислотоустойчивости используются различные методы оценки: культура клеток и тканей [9], метод питательных растворов [10], почвенная культура [11], полевые исследования [2].

Многолетнее изучение сортов озимой ржи в различных по кислотности почвенных условиях позволяет выявить толерантность сортов к кислым почвам.

Цель исследований: провести сравнительную оценку районированных и перспективных сортов озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и Фалёнской селекционной станции – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на двух почвенных фонах (обычном и естественном жестком провокационном фоне); выявить кислото- и алюмоустойчивые генотипы с наименьшей степенью депрессии по зимостойкости и урожайности.

Материал и методы

Изучение сортов озимой ржи проводили в 2016-2018 гг. на опытных полях Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (восточный агропочвенный район центральной климатической зоны Кировской области) на двух почвенных фонах: обычном (рН 5,0-5,2, следы подвижного алюминия) и естественном жестком провокационном фоне (рН – 3,78-3,76; Al 25,5-26,7 мг/100 г почвы).

Агротехника общепринятая для возделывания озимой ржи в Кировской области. Посев проводили по чистому пару в оптимальные сроки с нормой высева 6 млн всхожих семян на 1 га сеялкой ССФК-7, уборку – в фазу полной спелости ком-

байном «Сампо-130». Опыт заложен рендомизированно в шести повторениях, на делянках с учетной площадью 10 м². Объекты исследований – 6 сортов, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений (Фаленская 4, Кировская 89, Снежана, Рушник, Флора, Графиня) и 5 перспективных сортов озимой ржи (Кипрез, Ниоба, Леда, Сармат, Роса, Сара) конкурсного сортоиспытания селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и Фалёнской селекционной станции – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В качестве стандарта использовали сорт Фалёнская 4. Фенологические наблюдения, оценки и учёт урожая проводили в соответствии с «Методикой ГСИ сельскохозяйственных культур» [12]. Статистическую обработку данных – по Б.А. Доспехову [13], используя дисперсионный и корреляционный анализы, с помощью пакета программ AGROS версия 2.07. Гидротермический коэффициент (ГТК по Селянинову) определяли стандартно [14].

В исследуемый период условия осенней вегетации были удовлетворительными для закалки и накопления питательных веществ. Условия перезимовки в 2016-2018 гг. складывались неблагоприятно для озимой ржи. Высокий снеговой покров и повышенная температура на глубине залегания узла кущения спровоцировали сильное развитие снежной плесени. В 2017 г. весна была холодной, несколько раз прекращалась вегетация, кущение озимой ржи было слабое, все это неблагоприятно сказалось на росте и развитии растений ржи, что в дальнейшем отразилось на урожайности изучаемых сортов. Условия весенне-летней вегетации значительно различались по годам. В 2016 г. период вегетации был жарким, засушливым (ГТК=0,80), 2017 г. – сильно увлажнённым (ГТК=1,89) и холодным, 2018 г. – характеризовался теплой погодой с оптимальным увлажнением (ГТК=1,30). Все это позволило объективно оценить изучаемые сорта (табл. 1).

Результаты и их обсуждение

В среднем за три года изучения регенерационная способность после поражения снежной плесенью на обычном фоне на уровне зимостойкого стандарта Фаленская 4 (85%) была у сортов Флора (85%), Леда (83%), Сара (83%). На провокационном кислом фоне регенерационная способность в исследуемый период в среднем снизилась на 34%. Лучшую восстановительную способность сохранили сорта Кипрез (68%), Леда (65%) и Флора (64%) (табл. 2).

Таблица 1

Метеорологические условия по данным Фаленской метеостанции (2016-2018 гг.)

Годы исследований	Температура, С°							
	май		июнь		июль		август	
	средняя	откл. от средней многол.	средняя	откл. от средней многол.	средняя	откл. от средней многол.	средняя	откл. от средней многол.
2016	13,1	+2,9	15,9	-0,1	20,3	+2,5	20,9	+6,2
2017	7,5	-2,7	14,0	-2,0	17,3	-0,5	16,6	+1,9
2018	10,6	+0,3	14,1	-1,9	20,3	+2,5	16,0	+1,3
	Осадки, мм							
	май		июнь		июль		август	
	сумма осадков	откл. от средней многол.	сумма осадков	откл. от средней многол.	сумма осадков	откл. от средней многол.	сумма осадков	откл. от средней многол.
2016	11,2	-35,0	15,6	-50,5	51	-25,9	32,2	-33,8
2017	58,9	+12,7	58,6	-7,5	158,9	+82,0	24,5	-41,5
2018	58,1	+11,9	77,2	+11,1	73,8	-3,1	44,3	-21,7

Таблица 2

Регенерация растений озимой ржи после поражения снежной плесенью, % (2016-2018 гг.)

Сорт	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Фалёнская 4 – стандарт	86	80	85	42	85	44	85	55
Кировская 89	84	69	85	17	75	25	81	37
Рушник	77	58	80	47	86	60	81	55
Снежана	83	78	72	37	43	25	66	47
Флора	83	88	90	55	78	48	85	64
Графиня	79	63	83	55	74	45	79	54
Кипрез	83	88	90	55	70	60	81	68
Ниоба	73	47	94	27	65	50	77	41
Леда	85	78	88	58	75	60	83	65
Сара	80	63	90	25	79	43	83	44
Сармат	75	40	74	35	60	30	70	35
Среднее по опыту	81	69	85	41	71	45	-	-

Примечание. 1 – обычный фон; 2 – провокационный по кислотности и содержанию ионов алюминия фон (то же в табл. 3).

Урожайность озимой ржи тесно связана с зимостойкостью (на обычном фоне коэффициент корреляции составил 0,85**, на провокационном – 0,93**). При ежегодном 100%-ном поражении всех сортов снежной плесенью зимостойкость их в среднем за три года составила: на обычном фоне 7,5 балла (варьирование от 6,5 до 8,5 баллов), на провокационном фоне – 4,6 балла (от 3,5 до 6,8 балла). Показатель стандарта Фаленская 4 – 8,5 и 5,5 соответственно. Зимостойкость сортов озимой ржи на провокационном фоне отличалась сильной изменчивостью во все годы изучения – коэффициент вариации составлял от 23,2 до 34,3%. Вы-

сокой зимостойкостью на обычном фоне обладали все сорта, кроме Снежаны. На провокационном фоне выше средней зимостойкость отмечена только у сортов Кипрез, Леда, Флора. Наименее зимостойкими в условиях опыта оказались сорта Сармат и Кировская 89.

В 2016 г. (засушливый) и в 2017 г. (холодный, переувлажненный) на обычном фоне урожайность изучаемых сортов в целом была невысокой. Средняя урожайность по опыту составляла 3,91 и 3,47 т/га соответственно. Существенно превысил по урожайности высокоадаптивный стандарт Фаленская 4 в 2016-2017 гг., сорт Леда (табл. 3).

Урожайность сортов озимой ржи в контрастных почвенных условиях, т/га (2016-2018 гг.)

Сорт	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Фалёнская 4 – стандарт	4,21	3,37	3,75	2,38	5,80	3,20	4,59	2,98
Кировская 89	3,61	2,38	3,25	0,57	5,26	1,08	4,04	1,34
Рушник	3,75	2,04	3,20	2,27	6,71	4,60	4,55	2,97
Снежана	3,90	2,34	2,96	1,43	4,23	1,34	3,70	1,70
Флора	4,37	3,31	3,67	2,75	5,65	3,70	4,56	3,25
Графиня	3,77	1,74	3,22	2,46	6,10	3,14	4,36	2,45
Кипрез	4,14	3,63	3,64	2,61	5,91	4,17	4,56	3,47
Ниоба	3,40	1,23	3,53	1,87	5,77	3,59	4,23	2,23
Леда	4,82	3,28	4,20	2,47	6,07	3,91	5,03	3,22
Сара	3,90	2,23	3,84	1,59	6,25	3,15	4,66	2,32
Сармат	3,14	0,71	2,94	1,50	4,97	1,53	3,68	1,25
Среднее по опыту	3,91	2,39	3,47	1,99	5,70	3,04	-	-
НСР ₀₅	0,53	0,23	0,43	0,34	0,40	0,46	-	-

В условиях эдафического стресса средняя урожайность изучаемых сортов в 2016 г. снизилась на 39%, урожайность их варьировала от 0,71 т/га (Сармат) до 3,63 т/га (Кипрез). В 2017 г. снижение урожайности на провокационном по кислотности фоне составило 43%. Высокую толерантность к алюмоокислому фону в 2016-2017 гг. проявили сорта Кипрез, Флора, которые снижали урожайность по сравнению с обычным фоном на 20-25%.

В оптимальных условиях 2018 г. на обычном фоне сорта озимой ржи в среднем по опыту сформировали высокую урожайность – 5,70 т/га, с варьированием от 4,23 т/га (Снежана) до 6,71 т/га (Рушник). Достоверно выше стандарта урожайность отмечена у сортов Рушник (+0,91 т/га) и Сара (+0,45 т/га). Сорта Леда (6,07 т/га), Кипрез (5,91 т/га), Ниоба (5,77 т/га), Флора (5,65 т/га) урожайность сформировали на уровне стандарта Фаленская 4.

На провокационном по кислотности и высокому содержанию ионов алюминия фоне в 2018 г. урожайность изучаемых сортов снизилась в среднем на 47%. Однако, сорта по-разному реагировали на почвенный стресс, урожайность их варьировала от 1,08 т/га (Кировская 89) до 4,60 т/га (Рушник). В 2018 г. наиболее выносливыми к почвенному стрессу оказались сорта Кипрез и Рушник, которые снизили урожайность по сравнению с обычным фоном на 29 и 31% соответственно. Максимальная степень депрессии отмечена у сорта Кировская – 89-79%.

За 2016-2018 гг. на обычном фоне стабильно высокой урожайностью обладал сорт Леда –

5,03 т/га. На уровне стандарта формировали урожайность сорта Рушник, Флора, Кипрез, Сара, Графиня, Ниоба.

Сравнительный анализ урожайности озимой ржи на различных почвенных фонах произрастания позволил выявить наиболее устойчивые к эдафическому стрессу сорта, снижение урожайности которых было минимальным. В среднем за три года изучения высокую толерантность к алюмоокислому фону проявили сорта Кипрез и Флора (76,1 и 71,3% соответственно). Наиболее подверженными эдафическому стрессу оказались сорта Кировская 89 и Сармат, уровень депрессии которых составил 66,8 и 66,0% соответственно (табл. 4).

Урожайность, превышающую стандарт Фаленская 4 на провокационном фоне, за годы изучения формировали сорта Кипрез (+0,49 т/га), Флора (+0,27 т/га) и Леда (+0,24 т/га).

Отношение показателей структуры урожая на фоне эдафического стресса к показателям на обычном почвенном фоне представлено в таблице 5, откуда следует, что на фоне эдафической нагрузки урожайность сортов озимой ржи снизилась в среднем на 43,3%, зимостойкость – на 38,7%. Снижение урожайности произошло, главным образом, за счет снижения плотности агрофитоценоза. Слабое отрастание после поражения снежной плесенью в условиях стресса (снижение на 34,1%), уменьшение продуктивной кустистости (на 25%), озернённости (20,5%) привело к значительному снижению урожайности. Снижение параметров колоса было незначительным.

Таблица 4

Влияние эдафического стресса на урожайность сортов озимой ржи 2016-2018 гг.

Сорт	Урожайность, т/га			Толерантность, %	Уровень депрессии, %
	обычный фон	провокационный фон	± к обычному фону		
Фалёнская 4 – стандарт	4,59	2,98	-1,61	64,9	35,1
Кировская 89	4,04	1,34	-2,70	33,2	66,8
Рушник	4,55	2,97	-1,58	65,3	34,7
Снежана	3,70	1,70	-2,00	45,9	54,1
Флора	4,56	3,25	-1,31	71,3	28,7
Графиня	4,36	2,45	-1,82	56,2	43,8
Кипрез	4,56	3,47	-1,09	76,1	23,9
Ниоба	4,23	2,23	-2,00	52,7	47,3
Леда	5,03	3,22	-1,81	64,0	34,0
Сара	4,66	2,32	-2,34	49,8	50,2
Сармат	3,68	1,25	-2,34	34,0	66,0

Таблица 5

Степень депрессии показателей на фоне эдафического стресса, 2016-2018 гг.

Показатели	Обычный фон	Провокационный фон	Степень депрессии, %
Урожайность, т/га	4,36	2,47	43,3
Регенерация после поражения снежной плесенью, %	79	52	34,1
Зимостойкость, балл	7,5	4,6	38,7
Кол-во продуктивных стеблей, шт/м ²	455	298	34,5
Длина колоса, см	12,1	12,3	-
Кол-во зерен в колосе, шт.	58,6	49,8	15,0
Озерненность, %	83	66	20,5
Продуктивная кустистость, шт.	6,0	4,5	25,0

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что эдафический стресс (кислая реакция почвенного раствора и повышенное содержание подвижных ионов алюминия) провоцирует снижение зимостойкости и урожайности сортов озимой ржи. Недобор урожая происходит в основном за счет снижения регенерационной способности. По результатам изучения (2016-2018 гг.) районированных и перспективных сортов озимой ржи в полевых условиях выделены генотипы толерантные к кислым почвам (Кипрез, Флора), которые можно рекомендовать не только для возделывания на кислых почвах, но и для использования в селекции озимой ржи в качестве источников устойчивости к этому негативному фактору.

Библиографический список

1. Югай А.М. Эффективность производства и уровень кислотности почв // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 4 (32). – С. 3-8.
2. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Шляхтина Е.А. Стрессоустойчивость сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Методы и технологии в селекции растений: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с Междунар. участием. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2014. – С. 107-110.
3. Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 6 (67). – С. 17-25.

4. Трофимов И.Т., Ступина Л.А. Отношение сельскохозяйственных культур к почвенной кислотности и повышение их продуктивности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2 (22). – С. 20-24.

5. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. – М., 1991. – 415 с.

6. Тумасова М.И., Демшина Н.А., Грипас М.Н., Онучина О.Л. Селекция клевера лугового на алюмотолерантность // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2006. – № 8. – С. 34-38.

7. Жученко А.А. Рожь – стратегическая культура в обеспечении продовольственной безопасности России в условиях глобального и локального изменения погодно-климатических условий. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2009. – 52 с.

8. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Шляхтина Е.А., Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Сысуйев В.А. Реакция сорта озимой ржи Фаленская 4 в экстремальных условиях средовых факторов // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 11. – С. 55-57.

9. Щенникова И.Н., Шуплецова О.Н., Шешегова Т.К. Регенеранты ячменя с комплексной устойчивостью к стрессовым факторам // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье. – Иваново: ПресСто, 2013. – Т. 2. – С. 33-36.

10. Baier, A.C., Somers, D.J., Gustafson J.P. (1995). Aluminum tolerance in wheat: Correlating hydroponic evaluation with field and soil performances. *Plant Breed.* Vol. 114: 291-296.

11. Ring S.M., Fisher R.P., Poile G.J., Helyar K.R., Conyers M.K., Morris S.G. (1993). Screening species and cultivars for their tolerance to acidic soil conditions. *Plant Soil.* Vol. 155: 521-524.

12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – Вып. 2. – 230 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

14. Мировой агроклиматический справочник. – Л.; М.: Гидрометеиздат, 1937. – 428 с.

References

1. Yugay A.M. Effektivnost proizvodstva i uroven kislotnosti pochv // Vestnik APK Verkhnevolzhya. – 2015. – No. 4 (32). – S. 3-8.

2. Utkina Ye.I., Kedrova L.I., Shlyakhtina Ye.A. Stressoustoychivost sortov ozimoy rzhi v usloviyakh

Kirovskoy oblasti // Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy: Materialy Vseross. nauchn.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. – Kirov: NIISKH Severo-Vostoka, 2014. – S. 107-110.

3. Kedrova L.I., Utkina Ye.I. Vliyaniye pochvennoy kislotnosti na urozhaynost ozimoy rzhi i vozmozhnosti edaficheskoy selektsii // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. – 2018. – No. 6 (67). – S. 17-25.

4. Trofimov I.T., Stupina L.A. Otnosheniye selskokhozyaystvennykh kultur k pochvennoy kislotnosti i povysheniye ikh produktivnosti // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – No. 2 (22). – S. 20-24.

5. Klimashevskiy E.L. Geneticheskiy aspekt mineralnogo pitaniya rasteniy. – M., 1991. – 415 s.

6. Tumasova M.I., Demshina N.A., Gripas M.N., Onuchina O.L. Seleksiya klevera lugovogo naenyumotolerantnost // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. – 2006. – No. 8. – S. 34-38.

7. Zhuchenko A.A. Rozh – strategicheskaya kultura v obespechenie prodovolstvennoy bezopasnosti Rossii v usloviyakh globalnogo i lokalnogo izmeneniya pogodno-klimaticheskikh usloviy. – Kirov: NIISKH Severo-Vostoka, 2009. – 52 s.

8. Utkina Ye.I., Kedrova L.I., Shlyakhtina Ye.A., Parfenova Ye.S., Shamova M.G., Sysuev V.A. Reaktsiya sorta ozimoy rzhi Falenskaya 4 v ekstremalnykh usloviyakh sredovykh faktorov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2015. – Т. 29. – No. 11. – S. 55-57.

9. Shchennikova I.N., Shupletsova O.N., Sheshegovaya T.K. Regeneranty yachmenya s kompleksnoy ustoychivostyu k stressovym faktoram // Innovatsionnye tekhnologii vozdeleyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur v Nечерноземье. – Ivanovo: PresSto, 2013. – Т. 2. – S. 33-36.

10. Baier, A.C., Somers, D.J., Gustafson J.P. (1995). Aluminum tolerance in wheat: Correlating hydroponic evaluation with field and soil performances. *Plant Breed.* Vol. 114: 291-296.

11. Ring S.M., Fisher R.P., Poile G.J., Helyar K.R., Conyers M.K., Morris S.G. (1993). Screening species and cultivars for their tolerance to acidic soil conditions. *Plant Soil.* Vol. 155: 521-524.

12. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. – M.: 1985. – Vyp. 2. – 230 s.

13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

14. Mirovoy agroklimaticheskiy spravochnik. – L., M.: Gidrometeoizdat, 1937. – 428 s.

