

Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской Республики

А.Г. Курылева

Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», п. Первомайский, Удмуртская Республика, Российская Федерация

В Удмуртской Республике в 2014-2017 гг. ячмень занимал от 35,4 до 36,2% всех посевных площадей, занятых зерновыми и зернобобовыми культурами. Проведена оценка адаптивной реакции 10 сортов ячменя (новых и районированных) по данным пяти государственных сортоиспытательных участков, расположенных в трех природно-климатических зонах Удмуртской Республики. Стандарт – сорт Раушан. Параметры экологической пластичности определены по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell изложенным В.З. Пакудиным; адаптивность, экологическая устойчивость, стрессоустойчивость и размах урожайности – по А.А. Гончаренко, генетическая гибкость – по В.А. Зыкину. Установлена стабильно высокая урожайность (4,36 и 4,67 т/га) сортов ячменя в центральной и южной зонах Удмуртской Республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ). Урожайность сортов ячменя варьировала в зависимости от года и условий среды 32,2...42,3%. Выделены лучшие по урожайности сорта: Памяти Чепелева, Торбеллино, Надежный – 3,40-3,57 т/га, выше стандарта на 8-13%. Данные сорта имели высокие показатели пластичности (b_j) – 1,08-1,20 (интенсивные сорта), генетической гибкости – 4,26-4,62 т/га, стрессоустойчивости – -5,60...-6,14 т/га (Раушан – 0,85, 3,88 т/га и -4,84 т/га соответственно). Выявили сильную корреляционную связь урожайности и суммы осадков в период «посев-всходы» ($r = 0,73$), в период «кущение-колошение» ($r = 0,64$). Обратную корреляционную связь ($r = -0,71$) наблюдали между урожайностью и среднесуточной температурой воздуха в период «кущение-колошение».

Ключевые слова: ячмень, сорт, урожайность, пластичность, стабильность, коэффициент вариации, корреляционная связь

Удмуртская Республика относится к зоне рискованного земледелия, характеризуется большим разнообразием почвенно-климатических ресурсов [1]. Экологические различия приводят, в конечном счете, к большой пестроте урожайности зерновых культур по отдельным районам и хозяйствам.

Посевная площадь пашни в Удмуртской Республике в 2014-2017 гг. составляла 1048,5-1030,4 тыс. га, из них под зерновые и зернобобовые культуры было отведено 359,2-406,45 тыс. га. Наибольшую часть пашни среди зерновых культур занимал ячмень яровой с посевной площадью 127,5-147,2 тыс. га, урожайность в зависимости от года по республике составила 1,89-2,10 т/га. Овес высевали на 78,3-96,4 тыс. га с полученной урожайностью в среднем по республике 1,84-2,10 т/га. Яровую пшеницу возделывали на площади 69,7-75,4 тыс. га, со средней урожайностью по республике от 1,49 до 2,00 т/га.

В республике выращивают сорта ячменя, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Волго-Вятскому региону, в том числе на территории Удмуртской Республики. Наибольшую распространенность

получил сорт Раушан, который занимает около 50% посевных площадей под ячменем. Второе место по распространенности получил сорт Родник Прикамья (26%), третье – Сонет (6%).

Цель исследований – определение адаптивного потенциала сортов ячменя для разных природно-климатических зон Удмуртской Республики.

Материал и методы. Объектом исследований являлись 10 сортов ячменя (7 районированных и 3 новых перспективных), проходивших в 2014-2017 гг. экологическое испытание на пяти Государственных сортоиспытательных участках (ГСУ)¹. Стандарт – районированный сорт Раушан, включен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию по Удмуртской Республике в 2000 г., средняя урожайность по республике – 1,8 т/га.

Госсортоучастки расположены в трех агроклиматических районах Удмуртской Республики: северном (сумма выше 10°C – 1500-1700°C, ГТК = 1,4-1,5) – Базинский и Глазовский ГСУ; центральном (сумма выше 10°C – 1700-1900°C, ГТК = 1,2-1,4) – Увинский ГСУ; южном (сумма выше 10°C – 1900-2100°C, ГТК = 1,0-1,2) – Сарапульский и Можгинский ГСУ.

¹Результаты государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур за 2014-2017 гг. Можга, 2017 г. 88 с.

Почвы на ГСУ Удмуртской Республики – дерново-подзолистая различного гранулометрического состава и светло-серая лесная тяжело-суглинистая. Пахотный слой средней степени окультуренности: содержание гумуса – от среднего до высокого (2,1-2,6%), подвижного фосфора – от повышенного до очень высокого (101-251 мг/кг почвы), обменного калия – от среднего до очень высокого (100-300 мг/кг почвы) [2].

Анализ урожайности и расчет параметров экологической пластичности провели согласно рекомендациям В.З. Пакудина [3]; адаптивность и экологическая устойчивость, стрессоустойчивость и размах урожайности сортов ячменя по А.А. Гончаренко [4], генетическая гибкость по В.А. Зыкину [5]. Адаптивные свойства сортов в условиях Удмуртской Республики определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [6]. Метод основан на расчёте линейной регрессии (b_i), характеризующей экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклоне-

ния от линий регрессии (S_d^2), определяющего стабильность сорта в условиях среды.

Метеорологические условия в период испытаний сложились контрастные: в 2014-2015 гг. вегетационный период был умеренно тёплый и влажный (ГТК – 1,38 и 1,67); 2016 г. – жаркий и засушливый (ГТК – 0,67); 2017 г. – холодный и влажный (ГТК – 1,97).

Статистическая обработка данных проведена методами дисперсионного и корреляционного анализа [7].

Результаты и их обсуждение. За период исследований (2014-2017 гг.) благоприятные условия для выращивания ячменя сложились в Сарапульском и Можгинском районах республики (индекс условий среды от 10,9 до 14,0). Средняя урожайность сортов ячменя на ГСУ, расположенных в этих районах, была на уровне 4,36-4,67 т/га (табл. 1). Наименьшая средняя урожайность ячменя (2,05 т/га) сформирована на Глазовском ГСУ с низким отрицательным индексом условий среды -12,2.

Таблица 1

Средняя урожайность сортов ячменя, полученная на ГСУ Удмуртской Республики, т/га (в среднем за 2014-2017 гг.)

Сорт	Балезинский	Глазовский	Увинский	Сарапульский	Можгинский	Среднее	Коэффициент вариации (V , %)
Раушан, ст.	2,57	2,24	2,44	4,31	4,20	3,15	32,2
Белгородский 100	2,97	2,10	2,74	4,37	4,66	3,37	32,6
Вереск	2,88	2,10	2,14	4,53	4,40	3,21	37,0
Памяти Чепелева	3,04	2,41	2,38	5,01	5,00	3,57	37,5
Сонет	2,74	2,19	2,34	4,60	4,56	3,29	36,5
Родник Прикамья	2,68	2,11	2,49	4,52	4,51	3,26	35,6
Торбеллино	2,92	2,10	2,68	4,92	4,74	3,47	36,8
Форвард	2,70	1,81	2,18	3,31	4,46	2,89	36,1
Надежный	2,81	1,74	2,79	4,26	5,42	3,40	42,3
Гри 99	2,45	1,67	2,79	3,77	4,71	3,08	32,2
Среднее ($\bar{x}_i$)	2,78	2,05	2,50	4,36	4,67	3,27	
Индексы условий (I_j)	-4,9	-12,2	-7,7	10,9	14,0		

Коэффициент вариации урожайности сортов ячменя по республике за период 2014-2017 гг. был на уровне 32,2-42,3% (высокий и очень высокий). Относительно высокая урожайность ячменя сформирована у сорта Памяти Чепелева 3,57 т/га, выше стандартного сорта Раушан на 13%. Данный сорт в четырех из пяти ГСУ превысил среднюю урожайность стандарта (3,15 т/га).

Показатель стрессоустойчивости сортов ячменя варьировал от -4,37 до -6,14 т/га (табл. 2).

Максимальное соотношение между генотипом и фактором среды отмечено у сорта Памяти Чепелева, генетическая гибкость 4,62 т/га. Наибольший размах урожайности выявлен у сортов Надежный, Торбеллино и Сонет – 78,6-82,1%. По показателям пластичности эти сорта можно отнести к интенсивному типу возделывания.

В наших исследованиях данные по урожайности зерна сортов ячменя, полученные в результате экологического испытания в 2014-

2017 гг., были статистически обработаны. Метод трехфакторного дисперсионного анализа позво-

лил выявить достоверное влияние всех факторов и их взаимодействие на урожайность зерна.

Таблица 2

Параметры адаптивности сортов ячменя, стрессоустойчивость, генетическая гибкость (2014-2017 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га		Коэффициент			Стрессоустойчивость, т/га	Размах урожайности, % (d)	Генетическая гибкость, т/га
	Y_{min}	Y_{max}	пластичности (b_v)	стабильности (S_d^2)	адаптивности (К.А.)			
Раушан, ст.	1,46	6,30	0,85	3,94	0,98	-4,84	76,8	3,88
Белгородский 100	1,81	6,67	0,94	0,97	1,04	-4,86	72,9	4,24
Вереск	1,78	6,50	1,00	7,44	0,98	-4,72	72,6	4,14
Памяти Чепелева	1,82	7,42	1,13	7,18	1,09	-5,60	75,5	4,62
Сонет	1,44	6,73	1,01	3,76	1,01	-5,29	78,6	4,08
Родник Прикамья	1,50	6,73	0,99	2,07	1,00	-5,23	77,7	4,11
Торбеллино	1,34	7,48	1,08	4,52	1,06	-6,14	82,1	4,41
Форвард	1,45	5,82	0,84	15,35	0,89	-4,37	75,1	3,63
Надежный	1,35	7,17	1,20	15,24	1,02	-5,82	81,2	4,26

Результаты дисперсионного анализа показали, что наибольшее влияние на урожайность ячменя оказали условия среды или агрометеорологические условия (ГСУ, фактор В) – 52,24% (рис.). Доля влияния условий года (фактор А) составила 11,73%, взаимодействия факторов «условия года» (фактор А) и «усло-

вия среды» (ГСУ, фактор В) – 31,82%. Роль сорта (фактор С) не велика – 0,75%, что свидетельствует о низкой адаптивности изучаемых сортов и, как следствие, о сильной вариабельности их урожайности в зависимости от условий вегетационного периода в годы испытания на Госсортоучастках.

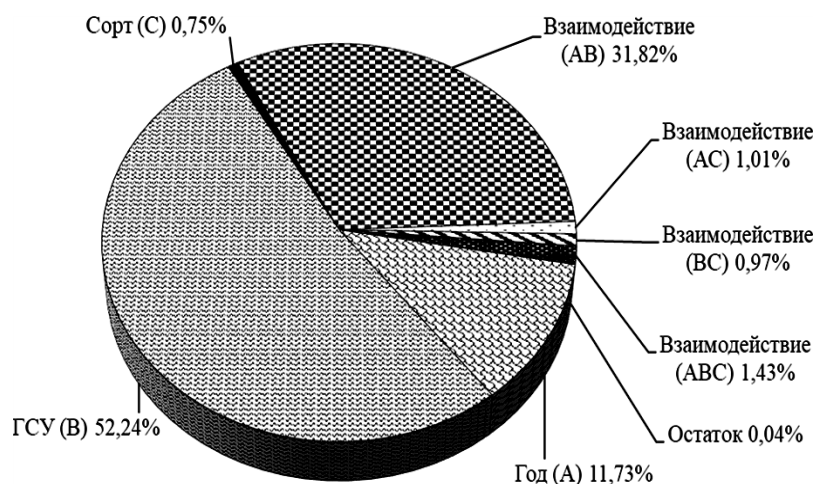


Рис. Доля влияния факторов на фенотипическую изменчивость урожайности зерна сортов ячменя (2014-2017 гг.)

Абиотические условия при конкурсном сортоиспытании складывались по-разному как по годам, так и сортоиспытательным участкам Удмуртской Республики. Анализ формирования урожайности сортов ячменя показал, что её раз-

мах составил 75,5-82,1%. Наибольшая урожайность ячменя 4,22-4,67 т/га формировалась в южной зоне республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ), наименьшая – 1,72-2,51 т/га в северной части республики (Глазовский ГСУ).

По результатам корреляционного анализа (табл. 3) выявлена взаимосвязь урожайности зерна сортов ячменя с содержанием гумуса в почве: сильная для северного агроклиматического района ($r = 0,77-0,84$), средняя ($r = 0,63-0,69$)

для центрального и южного районов Удмуртской Республики. Такой важный агрохимический показатель почвы, как кислотность, оказал сильное влияние на формирование урожайности ячменя по всем ГСУ республики ($r = 0,71-0,86$).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между урожайностью сортов ячменя и агрохимическими показателями почв (2014-2017 гг.)

ГСУ	Содержание гумуса	Кислотность (рН)	Содержание	
			P_2O_5	K_2O
Глазовский	0,77	0,71	0,76	0,78
Балезинский	0,84	0,78	0,89	0,92
Увинский	0,63	0,71	0,77	0,94
Сарапульский	0,66	0,86	0,87	0,84
Можгинский	0,69	0,73	0,82	0,71

Фосфор, наряду с азотом и калием, является одним из основных элементов питания, от которого зависит урожайность и качество большинства культур [8]. Средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора (условно усвояемых растениями форм) составляет 101-251 мг/кг почвы, что соответствует повышенной и очень высокой обеспеченности по ГСУ [9]. Калий, как важнейший элемент минерального питания для растений, определяет не только величину (урожайность), но и качество урожая, повышает устойчивость растений к засухе и полеганию [8]. Содержание подвижного калия в почве ГСУ Удмуртской

Республики колеблется от среднего (100 мг/кг) до очень высокого (300 мг/кг) [9; 10]. Установлена тесная корреляционная связь между урожайностью и данными показателями: по P_2O_5 – $r = 0,76-0,89$; K_2O – $r = 0,71-0,94$.

Для определения тесноты и формы связи урожайности сортов ячменя от метеорологических условий по фазам развития был проведен корреляционный анализ. Выявлена сильная корреляционная связь урожайности ячменя с суммой осадков в период «посев - полные всходы» – $r = 0,73$ (табл. 4). Отмечена статистически значимая взаимосвязь урожайности с суммой осадков в период «кущение - колошение» – $r = 0,64$.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между урожайностью сортов ячменя и гидротермическими условиями по фазам развития растений (2014-2017 гг.)

Фаза развития	Продолжительность фаз развития, дни	Коэффициент корреляции	
		сумма осадков, мм	среднесуточная температура воздуха, °С
Посев – всходы	10-15	0,73	-0,67
Всходы – кущение	9-12	0,64	-0,33
Кущение – колошение	41-58	0,64	-0,71
Колошение – восковая спелость	40-41	-0,11	0,22

Между урожайностью ячменя и среднесуточной температурой воздуха установлена отрицательная взаимосвязь. Корреляционный анализ показал, что на урожайность сортов ячменя в наибольшей степени влияет теплообеспеченность периодов «посев-всходы» ($r = -0,67$) и «кущение-колошение» ($r = -0,71$).

Выводы. 1. За период исследования 2014-2017 гг. в различных агроклиматических

условиях республики установлено, что стабильно высокая урожайность (4,36 и 4,67 т/га) сортов ячменя ярового формировалась в центральной и южной части Удмуртской Республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ).

2. Урожайность ячменя в зависимости от года и условий среды варьировала в пределах 32,2...42,3%. Выделены лучшие по урожайности сорта Памяти Чепелева, Торбеллино, Надежный

– 3,40-3,57 т/га, превышающие стандарт на 0,25-0,42 т/га, или на 8-13%, отмечена их высокая стрессоустойчивость (-5,60...-6,14 т/га по сравнению со стандартом -4,84 т/га). Сорт Памяти Чепелева отличался высокой генетической гибкостью – 4,62 т/га.

3. Установлена корреляционная связь средней и сильной степеней между урожайностью ячменя и агрохимическими показателями почв ГСУ Удмуртской Республики, суммой осадков в период от посева до колошения культуры, среднесуточной температурой воздуха в фазы развития «посев-всходы» и «кущение-колошение».

Список литературы

1. Ковриго В.П. Почвы Удмуртской Республики: монография. Ижевск, РИО Ижевская ГСХА, 2004. 490 с.
2. Курылева А.Г. Конкурсное испытание сортов ячменя в условиях Удмуртской Республики // Воспроизводство плодородия почв и их рациональное использование: мат.-лы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения В.П. Ковриго. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. С. 230-232.
3. Пакудин В.З. Оценка экологической пластичности сортов. Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. М.: ВНИИ-ТЭИСХ, 1979. С. 40-44.
4. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49-53.
5. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Кираев Р.С., Чанышев И.О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений. Уфа, 2011. 97 с.
6. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. №1. P. 36-40.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Шемняков Д.В., Налиухин А.Н. Изучение внутривариационной изменчивости агрохимических показателей пахотных почв и определение потребности в удобрениях и мелиорантах в технологиях точного земледелия. // Молочнохозяйственный вестник. 2015. № 2 (18). С. 55-64.
9. Курылева А.Г., Исаков А.А. Адаптивная способность сортов яровой пшеницы в условиях Удмуртской Республики // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. № 8. С. 59-61.
10. Курылева А.Г., Курылев М.В. Конкурсное испытание сортов овса в условиях Удмуртской Республики // Вестник Новосибирского ГАУ. 2016. № 3 (40). С. 19-26.

Сведения об авторе:

Курылева Алевтина Григорьевна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник

Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, 1, с. Первомайский, Завьяловский р-он, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 67, no. 6, pp. 52-57.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57

Adaptive reaction of barley varieties during environmental testing in the Udmurt Republic

A.G. Kuryleva

Udmurt Research Institute of Agriculture – Branch of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Pervomaisky village, Udmurt Republic, Russian Federation

In the Udmurt Republic in 2014-2017 barley occupied from 35.4 to 36.2% of all acreage, covered with grain and leguminous crops. An assessment of the adaptive response of 10 varieties of barley (new and zoned) according to the data of five state growing test sites located in three natural and climatic zones of the Udmurt Republic was carried out. Raushan variety was used as standard. The parameters of environmental plasticity were determined by the method of S.A. Eberhart, W.A. Russell set forth by V.Z. Pakudin; adaptability, environmental sustainability, stress tolerance and yield range - according to A.A. Goncharenko, genetic flexibility - according to V.A. Zykin. In various agro-climatic conditions of the republic, stably high yields (4.36 and 4.67 t / ha) of barley varieties have been established, which are formed in the central and southern part of the Udmurt Republic (Sarapulsky and Mozhginsky GSU). The yield of barley breeds varied depending on the year and environmental conditions from 32.2 to 42.3%. The best in yield varieties were chosen. They are: Pamyati Chepeleva, Torbellino, Nadezhny – 3.40-3.57 t/ha, exceeding the standard by 8-13%. These varieties had a high plasticity index (bi) – 1.08-1.20 (intensive

breeds), their genetic flexibility was 4.26-4.62 t/ha, stress resistance – -5.60...-6.14 t/ha (Raushan – 0.85, 3.88 t/ha and -4.84 t/ha, respectively). They revealed a strong correlation between the yield and the amount of precipitation during the sowing season ($r = 0.73$), during the “tillering-earing” period ($r = 0.64$). Inverse correlation ($r = -0.71$) was observed between the yield and the average daily air temperature during the “tillering-earing” period.

Key words: *barley, varieties, yield, plasticity, stability, coefficient of variation, correlation*

References

1. Kovrigo V.P. *Pochvy Udmurtskoy Respubliki: monografiya*. [Soils of the Udmurt Republic: monograph] Izhevsk: RIO Izhevskaya GSKhA, 2004. 490 p.
2. Kuryleva A.G. *Konkursnoe ispytanie sortov yachmenya v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Competitive testing of barley varieties in the Udmurt Republic]. *Vosпроизводство plodorodiya pochv i ikh ratsional'noe ispol'zovanie: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya V.P. Kovrigo*. [Reproduction of soil fertility and their rational use: Proceedings of the Intern. Scientific and practical Conf., in honor of the 90th anniversary of the birth of V.P. Kovrigo]. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKhA, 2018. pp. 230-232.
3. Pakudin V.Z. *Otsenka ekologicheskoy plastichnosti sortov*. [Assessment of ecological plasticity of varieties]. *Geneticheskii analiz kolichestvennykh i kachestvennykh priznakov s pomoshch'yu matematiko-statisticheskikh metodov*. [Genetic analysis of quantitative and qualitative traits using mathematical-statistical methods]. Moscow: VNIITEISKh, 1979. pp. 40-44.
4. Goncharenko A.A. *Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur*. [On adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties]. *Vestnik Rossel'khozakademii*. 2005. no. 6. pp. 49-53.
5. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Kiraeiev R.S., Chanyshev I.O. *Ekologicheskaya plasticnost' sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. [Ecological plasticity of agricultural plants]. Ufa, 2011. 97 p.
6. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966. Vol. 6. no. 1. pp. 36-40.
7. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 5-e izd., dop. i pererab. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
8. Shemnyakov D.V., Naliukhin A.N. *Izuchenie vnutripol'noy variabel'nosti agrokhimicheskikh pokazateley pakhotnykh pochv i opredelenie potrebnosti v udobreniyakh i meliorantakh v tekhnologiyakh tochnogo zemledeliya*. [Study of the field variability of agrochemical indicators of arable soils and determination of the need for fertilizers and ameliorants in the technologies of precision agriculture]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2015. no. 2 (18). pp. 55-64.
9. Kuryleva A.G., Isakov A.A. *Adaptivnaya sposobnost' sortov yarovoy pshenitsy v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptive ability of spring wheat varieties in the conditions of the Udmurt Republic]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016. Vol. 30. no. 8. pp. 59-61.
10. Kuryleva A.G., Kurylev M.V. *Konkursnoe ispytanie sortov ovsa v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Competitive testing of oats varieties in the conditions of the Udmurt Republic]. *Vestnik Novosibirskogo GAU*. 2016. no. 3 (40). pp. 19-26.

Information about the authors:

A.G. Kuryleva, PhD in Agriculture, leading researcher

Udmurt Research Institute of Agriculture – Branch of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1, Lenin St., Pervomajskij village, Zavyalovskyy district, Udmurt Republic, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru