

УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОМСКИХ СОРТОВ ОВСА ЯРОВОГО В КОНТРАСТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

¹О.А. Юсова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹П.Н. Николаев, кандидат сельскохозяйственных наук

¹В.С. Васюкевич, кандидат сельскохозяйственных наук

²Н.И. Аниськов, доктор сельскохозяйственных наук

²И.В. Сафонова, кандидат сельскохозяйственных наук

Ключевые слова: яровой овес, содержание белка, стабильность, пластичность, адаптивность, стрессоустойчивость

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

² Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова,

Санкт-Петербург, Россия

E-mail: 55asc@bk.ru

Реферат. Для регионов с ярко выраженными контрастными погодными условиями, каким является Западная Сибирь, селекция овса должна иметь ярко выраженную адаптивную направленность. Адаптивный сорт обладает экологической пластичностью, сочетает стабильно высокую продуктивность с качеством зерна. Цель исследования – многолетнее изучение набора сортов овса в условиях южной лесостепной зоны Омского региона по параметрам экологической адаптивности, вычисленным по признаку сбора белка с единицы площади. Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2013–2018 гг. на опытных полях Омского АНЦ (южная лесостепь, г. Омск). Содержание белка в зерна овса определяли по Плешкову. В среднем за период исследований сбор белка пленчатых и голозерных сортов овса не имел существенных различий и составил 408,8 и 407,4 кг/га соответственно. Превышали стандарт по сбору белка сорта Тарский 2, Уран, Факел и Сибирский Геркулес на 14,1–71,5 кг/га в среднем за период исследований. Рассчитаны следующие параметры адаптивности: ойчивость к стрессу ($Y_{min} + Y_{max}$) компенсаторная способность $(Y_{min} + Y_{max})/2$ по Rossielle, Hemblin; коэффициент экологической пластичности (О) по Баранскому; коэффициент вариации (V) и коэффициент выравненности (B) по Доспехову; показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) по Неттевичу; коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) по Зыкину; индекс экологической пластичности (ИЭП) по Грязнову; коэффициент адаптивности (КА) по Животкову. Всесторонняя оценка сортов овса ярового с учетом меньшей суммы рангов позволила выделить следующие сорта, наиболее приспособленные к формированию высокого уровня сбора белка в условиях южной лесостепной зоны Омского региона: стандартный сорт пленчатой группы Орион, сорт Уран (сумма рангов – 37 и 36), а также стандарт голозерной группы Сибирский голозерный (сумма рангов – 72).

SPRING GRAIN QUALITY OF OMSK OAT VARIETIES IN THE EXTREME ENVIRONMENTAL CONDITIONS

¹ Iusova O.A., Candidate of Agriculture

¹ Nikolaev P.N., Candidate of Agriculture

¹ Vasiukevich V.S., Candidate of Agriculture

² Aniskov N.I., Dr. of Agricultural Sc.

² Safonova I.V., Candidate of Agriculture

¹ Omsk Agricultural Research Centre, Omsk, Russia

² Russian Institute of Genetic Plant Resources named after N.Vavilov, St.Petersburg, Russia

Keywords: spring oat, protein concentration, stability, plasticity, adaptivity, stress resistance.

Abstract. *The authors make a case that oat selection should have profound focus in the regions with profound contrasting weather conditions such as Western Siberia is. The adaptive variety has environmental plasticity and combines stable high productivity with grain quality. The researchers study a set of varieties of oats under the conditions of the southern forest-steppe zone of the Omsk region according to the parameters of environmental adaptability, estimated on the basis of protein concentration pro a unit of land. The experimental part of the work was carried out during 2013-2018 on the experimental fields of Omsk Research Agricultural Centre (Southern Forest Steppe, Omsk). The protein concentration in the oat grains was determined according to the Pleshkov's method. On average, the protein concentration in chaffy oat and Hulless oat didn't vary significantly and was equal to 408.8 and 407.4 kg/ha, respectively. Protein concentration standard of Tarsky 2, Uran, Fakel and Sibirskiy Gerkules varieties exceeded the average by 14.1-71.5 kg/ha. The authors estimated the following adaptability parameters: stress resistance ($Y_{min}-Y_{max}$) and compensatory capacity $(Y_{min}+Y_{max})/2$ according to Rossielle, Hemblin method; ecological plasticity coefficient (O) - according to Baransky methodics; variation coefficient (V) and equation coefficient (B) - according to Armor; the level of variety stability - according to Nettevich method; coefficient of responsiveness to favorable conditions of cultivation (Kr) - by Zykin; environmental plasticity index (EPI) - by Gryaznov; coefficient of adaptability (CA) - by Zhivotkov. A comprehensive assessment of spring oats varieties, taking into account a smaller number of ranks, identified the varieties, most adapted to high protein concentration in the southern forest-steppe zone of the Omsk region: a standard chaffy variety Orion, Uran (total ranks were 37 and 36), as well as the standard of hulless oat group which is Sibirskiy golozernyy (total ranks are 72).*

Одна из важнейших зернофуражных культур в Сибири – яровой овес, который по своей значимости занимает третье место после пшеницы и ячменя. Он имеет значение как культура разностороннего использования, важный источник растительного белка, жира и крахмала [1, 2].

В 2018 г. урожайность овса в РФ составила 17,3 ц/га, что на 11,7%, или на 2,3 ц/га, меньше показателей 2017 г. Однако за 5 лет она выросла на 5,5% (что составляет 0,9 ц/га), за 10 лет – на 1,2% (0,2 ц/га). По отношению к 1990 г. урожайность овса возросла на 16,9% (2,5 ц/га) при среднегодовой урожайности за

период с 1991 по 2000 г. – 13,7 ц/га, с 2001 по 2010 г. – 15,9, с 2011 по 2018 г. – 17,0 ц/га.

Урожайность овса по ключевым регионам производителям в 2018 г.: Алтайский край – 17,1 ц/га, Красноярский край – 20,7, Новосибирская область – 17,6, Республика Башкортостан – 16,4, Тюменская область – 20,4, Кемеровская – 17,6, Омская – 17,4, Иркутская – 18,6, Республика Татарстан – 21,7, Удмуртская Республика – 18,4 ц/га [3].

Огромную роль в увеличении размеров и качества урожая играет приспособленность сорта к местным условиям. Для регионов с контрастными погодными условиями, ка-

ким является Западная Сибирь, селекция данной культуры должна иметь ярко выраженную адаптивную направленность [4]. Адаптивные, или экологически приспособленные, сорта отличаются большей устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, влияние которых зачастую предопределяет до 60–80% вариабельности урожайности. В то же время степень адаптивности зависит не только от приспособленности сорта к местным условиям, но также и от специфики экологических условий, создаваемых в агроценозе. Адаптивный сорт обладает экологической пластичностью, сочетает стабильно высокую продуктивность с качеством зерна, устойчив к различным биотическим и абиотическим стрессорам, и важнейшая задача селекции как науки на ближайшую перспективу – создание таких агроэкологических сортов [5].

В этой связи цель проведения исследования – многолетнее изучение набора сортов овса в условиях южной лесостепной зоны Омского региона по параметрам экологической адаптивности, вычисленным по признаку сбора белка с единицы площади.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа проводилась в 2013–2018 гг. на опытных полях Омского АНЦ (южная лесостепь, г. Омск). Агротехника в опытах была общепринятой для Западно-Сибирского региона. Наблюдения, оценки и учеты в питомнике проводились в соответствии с методикой ВИР по изучению коллекции ячменя и овса [6]. Площадь опытной делянки составляла 10 м², повторность – четырехкратная, размещение систематическое. Семена высевали сеялкой ССФК-7 с 21 по 28 мая, норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га, предшественник – зерновые (вторая культура после пара). Почва опытного участка – лугово-черноземная слабовыщелоченная с содержанием гумуса 6%, рН почвенного раствора – 6,5–6,8. Основная обработка почвы

включала послеуборочное лущение стерни и зяблевую вспашку. Обработка зяби включала закрытие влаги боронованием и последующую культивацию на глубину 6–8 см.

Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа [7].

Зерно размалывали на мельнице «Циклотек 1092». Содержание азота в зерне определяли в абсолютно сухой навеске на автоматическом анализаторе KjeltekAuto 1030 Analyzer. Коэффициент пересчета азота на белок для зерна овса составляет 5,7 [8].

Л.А. Животков для определения пластичности рекомендует рассчитывать коэффициент адаптивности (КА) для каждого года и сорта по формуле

$$КА = (X_{ij} : \bar{X} \cdot 100, \quad (1)$$

где X_{ij} – сбор белка i -го сорта в j -й год испытания, кг/га;

\bar{X} – среднесортной сбор белка за год, кг/га [9].

$$\text{Устойчивость к стрессу} = Y_{\min} - Y_{\max} \quad (2)$$

где Y_{\min} – минимальный сбор белка;
 Y_{\max} – максимальный сбор белка.

Устойчивость к стрессу и компенсаторную способность сорта определяли по А.А. Rossielle, J. Hemblin [10] в изложении А.А. Гончаренко [11]:

$$\text{Компенсаторная способность} = (Y_{\min} + Y_{\max})/2 \quad (3)$$

Коэффициент экологической пластичности, по Д.И. Баранскому [11] определяется как:

$$O = \frac{\bar{M}}{\sigma}, \quad (4)$$

где O – коэффициент экологической пластичности;

\bar{M} – средний сбор белка в зерне;

σ – среднее квадратическое отклонение [12].

Б.А. Доспехов для определения относительной стабильности сорта предлагает использовать коэффициент вариации:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где V – стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности;

S – стандартное отклонение;

\bar{x} – среднее арифметическое сбора белка в зерне.

В виде меры относительной стабильности сорта в некоторых случаях целесообразно, по его мнению [7], использовать показатель, дополняющий значение коэффициента вариации до 100%:

$$B = 100 - V, \quad (6)$$

где B – коэффициент выравниваемости;

V – коэффициент вариации признака.

Э.Д. Неттевич [13] при оценке стабильности сорта использовал показатель уровня стабильности сорта (ПУСС):

$$\text{ПУСС} = \bar{x}_i \cdot L, \quad (7)$$

где \bar{x}_i – средний сбор белка, кг/га;

L – индекс стабильности, который рассчитывается путем деления среднего сбора белка (кг/га) на коэффициент вариации и выражается в процентах к стандарту.

Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) вычисляли по методу В.А. Зыкина [14]:

$$K_p = \frac{X_{\max}}{X_{\min}}, \quad (8)$$

где X_{\max} – сбор белка в лучших условиях, кг/га;
 X_{\min} – сбор белка в неблагоприятных условиях, кг/га.

А.А. Грязнов [15] предложил для оценки сортов определять индекс экологической пластичности (ИЭП) по формуле

$$\text{ИЭП} = \frac{УС}{СУО}, \quad (9)$$

где ИЭП – индекс экологической пластичности;

УС – сбор белка сорта, кг/га;

СУО – сбор белка, кг/га.

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2013 по 2018 г. сложились контрастные погодные условия (рис. 1).

Период вегетации в 2014 г. характеризовался засушливыми условиями (ГТК = 0,92), в 2015 г. – сухими и холодными (ГТК = 0,70). Достаточным увлажнением отличались периоды вегетации 2013 и 2018 гг. (ГТК = 0,99). Среднемноголетнее значение ГТК составляет 0,82, что означает засушливые условия. Период налива зерна (третья декада июля – август) характеризовался недобором количества осадков в 2014 г., а также в июле 2015 г. (13–95% к норме) что, несомненно, отразилось на качестве и крупности зерна. На этом фоне наблюдалось превышение средних температур воздуха в августе 2014 г. (+3,2°C) и недобор их в 2013 и 2018 гг. (-0,6...-4,8°C).

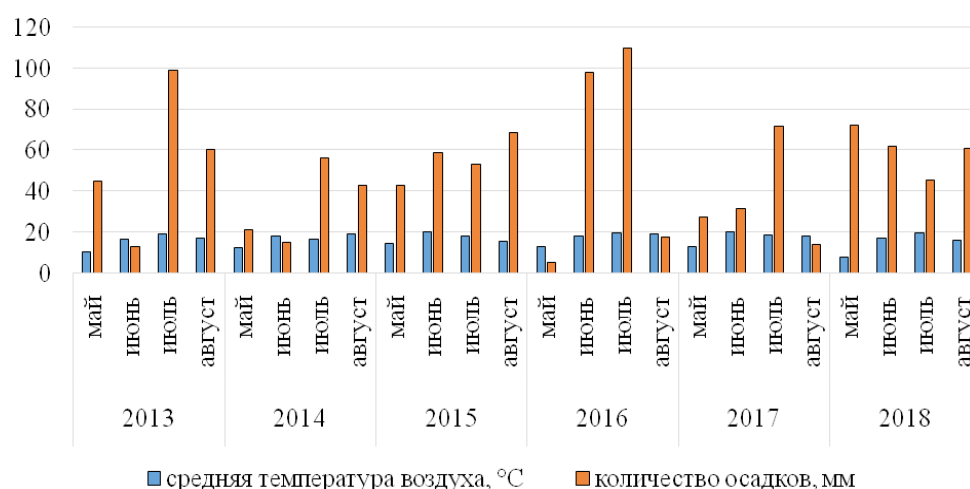


Рис. 1. Характеристика условий вегетационных периодов 2013–2018 гг. (Омская ГМС)
Characteristics of the conditions in vegetation periods of 2013-2018 (Omsk HMS)

Объектами исследований, результаты которых представлены в данной статье, являлись 13 сортов ярового овса, рекомендованные для возделывания в данном регионе. Из них 9 сортов пленчатой формы (стандартный сорт Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Тарский 2, Уран, Памяти Богачкова, Скакун, Факел, Сибирский Геркулес и Урал), а также 2 сорта голозерной группы (стандарт Сибирский голозерный и сорт Прогресс)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед современным кормопроизводством остро стоит вопрос дефицита белка, в связи с этим необходимо увеличивать его сбор. Однако следует заметить, что не всегда высокое содержание белка в зерне может быть определяющим при увеличении данного показателя, довольно часто этому способствует высокая урожайность [16, 17].

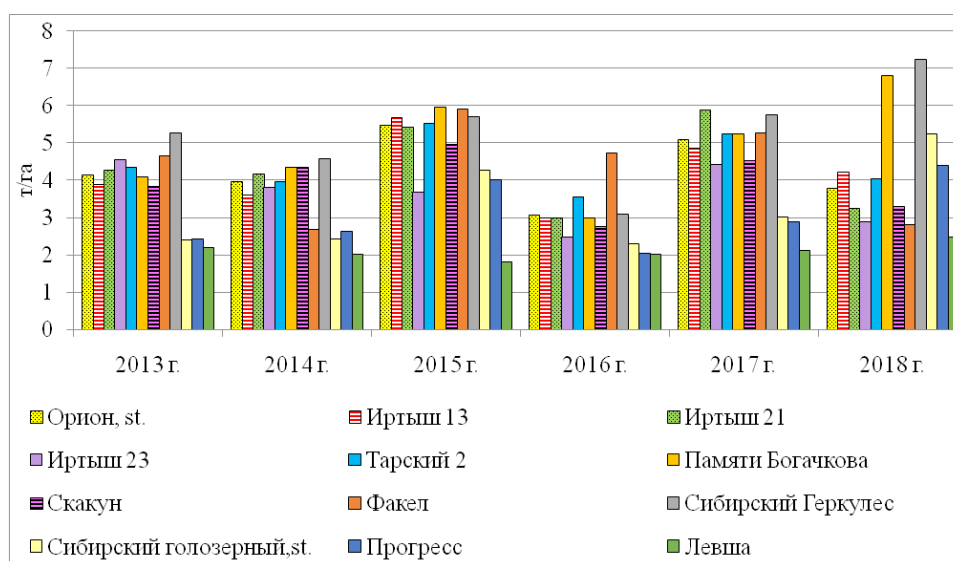


Рис. 2. Урожайность сортов овса
Crop yield of oat varieties

В среднем за период исследований урожайность сортов пленчатой группы составила 4,67, голозерной – 2,82 т/га (рис. 2). В пленчатой группе средняя урожайность стандартного сорта Орион отмечена на уровне 4,26 т/га ($Lim = 3,08–5,47$ т/га). Превышали стандарт сорта Памяти Богачкова (+ 0,64 т/га) и Сибирский Геркулес (+ 1,01 т/га). Сорт Памяти Богачкова сформировал повышенную урожайность в среднем за период исследований за счет превышения стандарта в 2014, 2015 и 2018 гг. (+0,37–3,00 т/га), сорт Сибирский Геркулес – в 2014, 2015, 2017 и 2018 гг. (+0,22–3,44 т/га).

Сорта Иртыш 13, Иртыш 21, Скакун и Факел характеризовались средней урожайностью на уровне стандарта (4,21–4,34 т/га). Данные сорта превышали стандарт только в отдельные годы: Иртыш 13 – в 2018 г. (+ 0,43 т/га), Иртыш 21 – в 2017 г. (+ 0,80 т/га),

Тарский 2 – в 2016 г. (+ 0,46 т/га), Скакун – в 2014 г. (+ 0,37 т/га), Факел – в 2013, 2015 и 2016 гг. (+ 0,43–1,64 т/га.).

Сорт Иртыш 23, по урожайности в среднем уступал стандарту (-0,62 т/га).

В голозерной группе средняя урожайность стандартного сорта Сибирский голозерный отмечена на уровне 3,27 т/га ($Lim = 2,30–5,24$ т/га). Сорт Прогресс характеризовался урожайностью на уровне стандарта (3,07 т/га), показывая превышение только в 2014 г. (+ 0,22 т/га). Сорт Левша уступал по данному показателю стандарту как в течение всего периода исследований (-0,20–2,75 т/га), так и в среднем за 2013–2018 гг. (-2,11 т/га).

Данные, представленные в табл. 1, позволяют говорить о том, что в среднем по питомнику сбор белка за период исследований составил 408,8 и 407,4 кг/га у пленчатых и голо-

Таблица 1

Характеристика сортов ярового овса по сбору белка, кг/га
Characteristics of spring oats varieties according to protein yield, kg/ha

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Yi	Отношение к st., ± кг/га	Ранг
<i>Пленчатая группа</i>									
Орион, st.	415,1	360,9	482,6	338,3	471,4	332,5	400,1	-	1
Иртыш 13	382,0	334,4	514,3	314,3	469,4	376,7	398,5	-1,6	8
Иртыш 21	395,5	359,9	459,13	314,8	518,2	286,2	389,0	-11,2	9
Тарский 2	427,0	360,4	496,6	357,4	513,7	330,6	414,2	+14,1	5
Уран	399,5	361,4	486,4	491,8	519,2	561,2	469,9	+69,8	3
Памяти Богачкова	421,7	399,7	533,6	301,1	498,9	258,9	402,3	+2,2	6
Скакун	392,0	406,5	427,0	279,9	414,3	198,4	353,0	-47,1	13
Факел	436,3	228,1	524,1	536,2	470,4	628,6	470,6	+70,5	2
Сибирский Геркулес	540,6	409,5	554,9	313,6	538,5	472,3	471,6	+71,5	1
Урал	442,6	380,8	394,6	175,5	480,3	332,5	367,7	-32,4	11
Иртыш 22	434,7	391,5	469,8	167,9	410,4	286,2	360,1	-40,0	12
Среднее по группе	426,1	363,0	485,7	326,4	482,2	369,5	408,8	-	-
<i>Голозерная группа</i>									
Сибирский голозерный, st.	344,3	294,1	606,7	349,7	391,1	648,2	439,0	-	4
Прогресс	340,6	310,1	599,8	280,7	367,6	355,7	375,7	-63,3	10
Среднее по группе	342,5	302,1	603,3	315,2	379,4	502,0	407,4	-	-
Jj	+4,6	-55,3	+95,2	-83,9	+57,8	-18,7	-	-	-
НСР ₀₅	12,9	15,2	14,2	64,2	24,0	76,2	-	-	-

Примечание. st. – стандартный сорт; Yi – среднее значение по сорту; Jj – индекс условий окружающей среды.

зерных сортов соответственно. Наиболее благоприятные условия для повышенного сбора белка наблюдались в 2015 г. (485,7 и 603,3 кг/га в группах пленчатых и голозерных соответственно) и в 2017 г. (482,2 и 379,4 кг/га) при максимально высоких по опыту индексах условий окружающей среды ($Jj = +95,2$ и $+57,8$). Очевидно, повышенной белковости зерна способствовали климатические условия периодов вегетации данных лет. Так, согласно корреляционному анализу, содержание белка прямо пропорционально сумме температур ($r = 0,968$) и обратно пропорционально сумме осадков ($r = -0,691$). Таким образом, сухие условия 2015 и 2017 гг. способствовали формированию повышенных значений исследуемого показателя.

В пленчатой группе средний сбор белка у стандартного сорта Орион отмечен на уровне 400,1 кг/га. Превышали данное значение сорта Тарский 2, Уран, Факел и Сибирский Геркулес (+14,1–71,5 кг/га).

Для получения достоверной и объективной информации об адаптивности сортов к условиям выращивания определили коэффициент адаптивности (КА) по методу Л.А. Животкова [9]. Он основан на сравнении данных по сбору белка каждого из испытываемых сортов со среднесортным сбором белка по каждому изучаемому году. В нашем эксперименте он варьировал от 86,4% у сорта Скакун до 115,4% у сорта Сибирский Геркулес. За годы изучения 5 сортов из 13 имели коэффициент адаптивности свыше 100%. По этому показателю сорта расположились в следующей последовательности (рис. 3): Сибирский Геркулес (115,4%), Факел (115,2%), Уран (115,0%), Сибирский голозерный (107,4%), Тарский 2 (101,4%). Менее адаптивные сорта: Памяти Богачкова, Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Прогресс, Урал, Иртыш 22, Скакун (КА < 100 %).

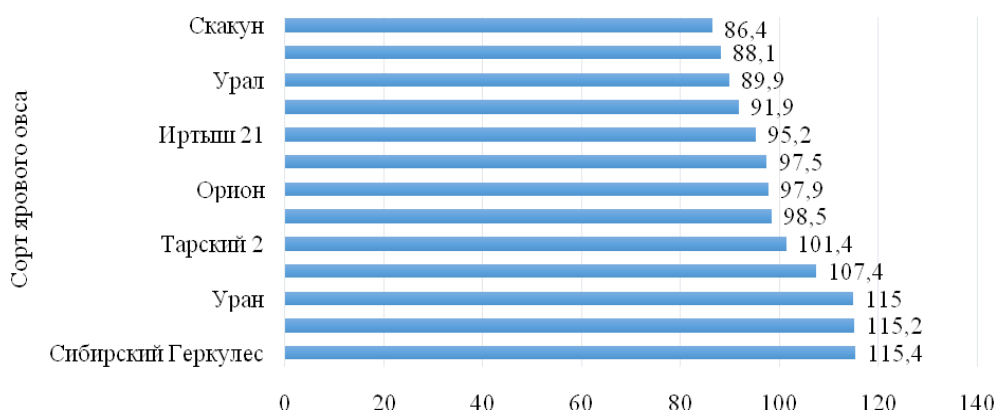


Рис. 3. Коэффициент адаптивности (КА) сортов овса по Животкову
Coefficient of adaptivity of oat varieties according to Zhivotkov's method

В регионах с резким характером агрометеорологических условий, и, в частности, в Западной Сибири, все большее значение приобретает экологическая устойчивость сортов. Приспособительные возможности сортов овса к стрессу определяли как разность минимального (Y_{\min}) и максимального (Y_{\max}) сбора белка. Показатель имеет отрицательное значение, и чем меньше разрыв между минимальным и максимальным уровнем, тем выше стрессоустойчивость сорта. Показатель стрессоустойчивости в нашем опыте варьировал от -150 кг/га у сорта Орион до $-400,5$ кг/га у сорта Факел (табл. 2).

По результатам исследований все изучаемые сорта подразделились на две группы:

1. С минимальным размахом, т.е. с высокой стрессоустойчивостью: Орион; Тарский 2, Иртыш 13, Уран, Скакун, Иртыш 21, Сибирский Геркулес ($-150,1 \dots -241,3$ кг/га).

2. Со значительным размахом урожайности, т.е. с низкой стрессоустойчивостью: Факел, Сибирский голозерный, Прогресс, Урал, Памяти Богачкова, Иртыш 22 ($-400,5 \dots -266,8$ кг/га).

Характеристику сортов по стрессоустойчивости усиливает показатель генетической гибкости сортов, который отражает средний сбор белка в контрастных (благоприятных и неблагоприятных) условиях. Высокие значения этого параметра указывают на большую гибкость сортов. В нашем опыте сорта первой (высокострессоустойчивой) группы показали пониженную гибкость сортов, а сорта второй группы – повышенную. Это и позволило

сформировать им больший сбор белка в более благоприятных условиях 2015 и 2017 гг.

Изначально метод экологической пластичности сортов был предложен Д.И. Баранским [12]. Внимательно наблюдая за реакцией набора сортов при различных стрессовых условиях во внешней среде, он заинтересовался неодинаковым поведением сортов. По его мнению, одни сорта сильно реагируют на изменение внешней среды, другие не чувствуют перемены последней. Поэтому показатели первых варьировали сильнее, чем вторых. Чем больше степень пластичности, тем чаще способен сорт формировать повышенный сбор белка с гектара. В нашем эксперименте наиболее пластичны сорта овса Орион, Уран, Иртыш 21, Тарский 2, Иртыш 13, Сибирский Геркулес ($O = 5,0-6,6$). Более стабильно формировали повышенный сбор белка сорта Сибирский голозерный, Иртыш 22, Прогресс, Урал, Факел, Памяти Богачкова и Скакун ($O = 2,9-3,8$).

Б.А. Доспехов [7] указал на надежность использования коэффициента вариации в качестве параметра стабильности количественных признаков. По его мнению, коэффициент вариации можно использовать при ненулевых средних значениях, а также в ситуациях, когда о размерах отклонения величины можно судить, зная ее среднее значение. Он же предлагает условную классификацию вариабельности выборки на основе коэффициента вариации: при $V \leq 10\%$ изменчивость признака слабая, при $10\% \leq V \leq 20\%$ средняя, при $V \geq 20\%$ высокая. В нашем конкурсном сорто-

Таблица 2

Адаптивность и стрессоустойчивость сортов ярового овса по сбору белка, кг/га
Adaptivity and stress resistance of spring oats varieties according to protein yield, kg/ha

Сорт	Сбор белка, кг/га		Стрессоустойчивость		Адаптивность			
	min	max	$(Y_{\min} + Y_{\max})$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	O	V, %	B, %	ПУСС, %
<i>Пленчатая группа</i>								
Орион, st.	332,5	482,6	-150,1	407,6	6,6	15,2	84,8	100,0
Иртыш 13	314,3	514,3	-200,0	414,3	5,1	19,5	80,5	77,6
Иртыш 21	286,2	518,2	-232,0	402,2	5,9	17,0	83,0	86,9
Тарский 2	330,6	513,7	-183,1	422,2	5,3	18,7	81,3	84,2
Уран	361,4	561,2	-199,8	396,3	6,2	16,0	84,0	111,6
Памяти Богачкова	258,9	533,6	-274,7	461,3	3,7	26,7	73,3	57,2
Скакун	198,4	427,0	-228,6	312,7	3,8	26,2	73,8	51,2
Факел	228,1	628,6	-400,5	428,0	3,5	28,8	71,2	62,0
Сибирский Геркулес	313,6	554,9	-241,3	434,3	5,0	20,1	79,9	89,0
Урал	175,5	480,3	-304,8	327,9	3,4	29,1	70,9	48,0
Иртыш 22	167,9	434,7	-266,8	301,3	3,2	31,3	68,7	43,7
<i>Голозерная группа</i>								
Сибирский голозерный	294,1	648,2	-354,1	471,2	2,9	34,1	65,9	48,9
Прогресс	280,7	599,8	-319,1	440,3	3,3	30,4	69,9	46,9
S_x	17,4	18,8	19,9	15,1	0,4	1,8	1,8	6,3
Примечание $Y_{\min} - Y_{\max}$ – устойчивость к стрессу; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – компенсаторная способность по Rossielle, Hemblin; O – коэффициент экологической пластичности по Баранскому; V – коэффициент вариации; B – коэффициент выравнивания по Доспехову; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта по Неттевичу								

испытании средняя вариабельность показателя сбора белка с единицы площади наблюдалась у сортов Орион, Уран, Иртыш 21, Тарский 2, Иртыш 13, Сибирский Геркулес ($V = 15,2-20,0\%$). Высокая вариабельность у сортов: Сибирский голозерный, Иртыш 22, Прогресс, Урал, Факел, Памяти Богачкова, Скакун ($V = 26,2-34,1\%$). Значительная изменчивость объясняется существенным воздействием (до 50,0 %) условий выращивания [18, 19].

Коэффициент выравнивания, или коэффициент агрономической стабильности, определял уровень хозяйственной ценности сорта. Приемлемыми для производства считаются сорта, у которых этот показатель превышает 70%. Этому уровню соответствовали сорта Орион, Уран, Иртыш 21, Тарский 2, Иртыш 13, Сибирский Геркулес, Скакун, Памяти Богачкова, Факел, Урал ($B = 70,9-84,8\%$).

Показатель уровня стабильности сорта, предложенный Э.Д. Неттевичем [13], характеризует одновременно уровень и стабильность признака по отношению к стан-

дарту и характеризует способность образца отзываться на улучшение условий выращивания, а при ухудшении поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности. Чем выше этот показатель, тем более стабилен сорт. Достоверно по сбору белка превысил стандарт Орион новый сорт Уран (ПУСС = 111,6 %). У оставшегося набора сортов показатель ПУСС варьировал от 43,7% у сорта Иртыш 22 до 86,7% у сорта Иртыш 21.

В.А. Зыкин [14] посоветовал для определения адаптивности сорта использовать коэффициент отзывчивости на условия внешней среды. Он представляет собой число, полученное от деления величины сбора белка с сортом, выращенным в благоприятной среде, на величину сбора белка с этим же сортом в неблагоприятных условиях. Чем больше разнятся эти условия, тем лучше. При $K_p > 1,0$ следует считать, что сорт существенно отзывается на улучшение условий возделывания, при $K_p < 1,0$ – отрицательно, а при $K_p = 0$ – нейтрально.

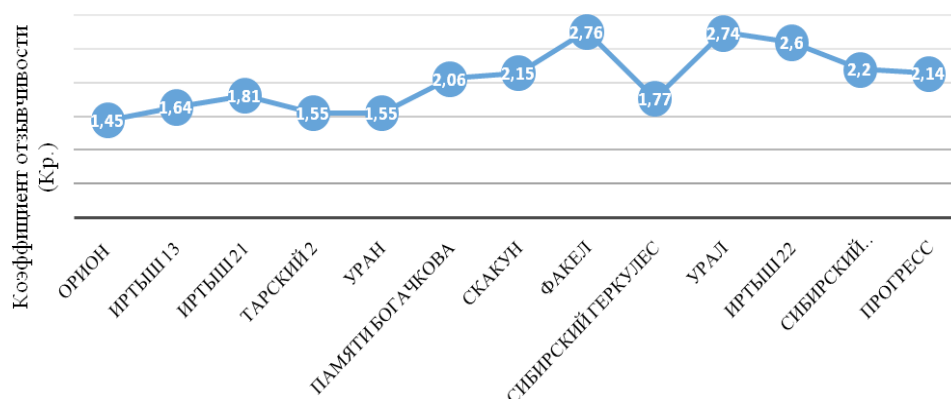


Рис. 4. Коэффициент отзывчивости (K_p) на улучшение условий выращивания сортов овса по Зыкину
Response coefficient (K_p) to improvement of growing conditions of oats varieties according to Zykin's method

Как видно из рис. 4, уровень величины коэффициента отзывчивости, определенный нами для набора сортов овса, варьировал от 1,45 у сорта Орион до 2,76 у сорта Факел. Все 13 изучаемых сортов положительно откликаются на улучшение выращивания, особенно Факел, Урал, Иртыш 22, Сибирский голозерный, Скакун, Прогресс, Памяти Богачкова ($K_p = 2,06-2,76$).

Важным показателем сортов, главным образом в регионах с резким непостоянством климатических условий, является их экологическая пластичность – способность формировать высокий сбор белка с гектара в различных почвенно-климатических и агротехнических

условиях. Поэтому мы провели оценку сортов в наших исследованиях, используя индекс экологической пластичности (ИЭП). Чем выше полученный результат, тем данный сорт пластичнее, а значит, более ценный при выращивании. За точку отчета принимается единица. Величина индекса данного показателя варьировала от 0,51 у сорта Скакун в 2018 г. до 1,61 у сорта Сибирский голозерный в 2018 г. Согласно данному показателю, экологической пластичностью характеризовались сорта Уран (ИЭП = 1,01–1,15), Факел, Сибирский Геркулес, Сибирский голозерный, Тарский 2 (табл. 3).

Многочисленными экспериментами доказано, что определение поведения гено-

Таблица 3

Показатели индекса экологической пластичности сортов овса (ИЭП) по Грязнову
Indices of environmental plasticity of oats varieties (EPI) according to Gryaznov's method

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
<i>Пленчатая группа</i>							
Орион, st.	1,0	1,02	0,96	1,04	1,01	0,85	0,98
Иртыш 13	0,92	0,95	1,02	0,97	1,01	0,97	0,97
Иртыш 21	0,96	1,02	0,91	0,97	1,11	0,73	0,95
Тарский 2	1,03	1,02	0,99	1,1	1,10	0,85	1,01
Уран	0,97	1,02	0,96	1,51	1,11	1,44	1,15
Памяти Богачкова	1,02	1,13	1,06	0,92	1,07	0,66	0,98
Скакун	0,92	1,15	0,85	0,86	0,89	0,51	0,80
Факел	1,06	0,65	1,04	1,65	1,01	1,60	1,15
Сибирский Геркулес	1,31	1,66	1,10	0,97	1,15	1,21	1,15
Урал	1,07	1,08	0,78	0,54	1,03	0,85	0,90
Иртыш 22	1,05	1,11	0,93	0,52	0,88	0,73	0,88
<i>Голозерная группа</i>							
Сибирский голозерный	0,83	0,83	1,20	1,08	0,84	1,66	1,07
Прогресс	0,82	0,88	1,19	0,86	0,79	0,91	0,92
S_x	0,03	0,06	0,03	0,09	0,03	0,10	0,03

Таблица 4

Ранжирование сортов овса по сбору белка с единицы площади
Ranking of oat varieties according to protein yield from an area unit

Сорт	Ранг по параметрам								
	КА	$(Y_{\min} + Y_{\max})$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	О	V, %	B, %	ПУСС, %	K_p	ИЭП
<i>Пленчатая группа</i>									
Орион, st.	7	1	8	1	1	1	2	12	4
Иртыш 13	8	3	7	5	5	5	6	10	5
Иртыш 21	9	6	9	3	3	3	4	8	6
Тарский 2	5	2	6	4	4	4	5	11	3
Уран	3	4	10	2	2	2	1	11	1
Памяти Богачкова	6	9	2	8	8	8	8	7	4
Скакун	13	5	12	7	7	7	9	5	10
Факел	2	13	5	9	9	9	7	1	1
Сибирский Геркулес	1	7	4	6	6	6	3	9	1
Урал	11	10	11	10	10	10	11	2	8
Иртыш 22	12	8	13	12	12	12	13	3	9
<i>Голозерная группа</i>									
Сибирский голозерный, st.	4	12	1	13	13	13	10	4	2
Прогресс	10	11	3	11	11	11	12	6	7

Примечание. $(Y_{\min} + Y_{\max})$ – устойчивость к стрессу; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – компенсаторная способность по Rossielle, Hemblin; О – коэффициент экологической пластичности по Баранскому; V – коэффициент вариации; B – коэффициент выравненности по Доспехову; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта по Неттевичу; K_p – коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания по Зыкину; ИЭП – индекс экологической пластичности по Грязнову; КА – коэффициент адаптивности по Животкову.

типов в изменяющихся условиях внешней среды одним или двумя методами не в полной мере определяет и объективно отражает характеристику сортов. Для предотвращения такого рода проблем целесообразно располагать большим количеством показателей, оценивающих адаптивные свойства сортов. У всех значений параметра необходимо использовать ранжирование практической ценности сортов, а заключительное оценивание

проводить по сумме рангов, полученных каждым сортом. В то же время необходимо подчеркнуть, что первый ранг – более высокий (табл. 4).

Всесторонняя оценка сортов овса ярового по стабильности с учетом меньшей суммы рангов позволила установить сорта, наиболее приспособленные к формированию высокого уровня сбора белка в условиях южной лесостепной зоны Омского региона (рис. 5).

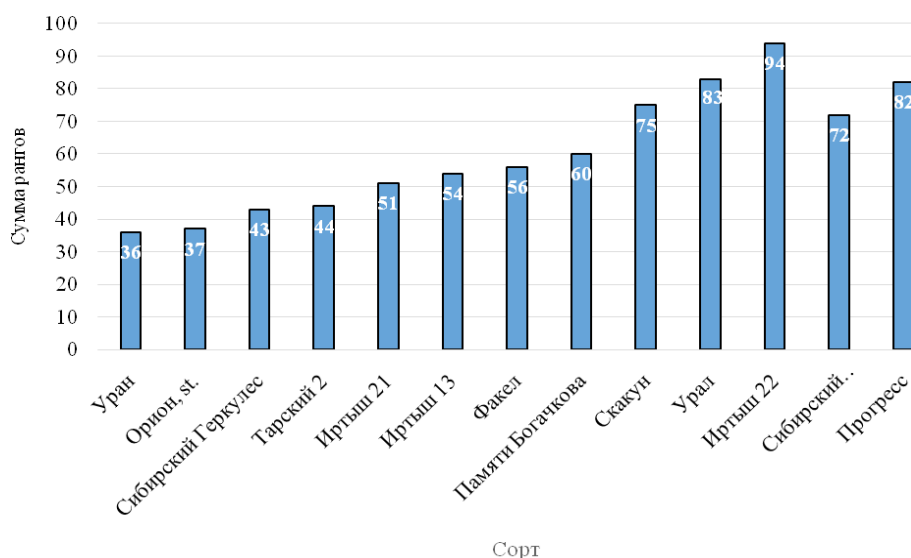


Рис. 5. Суммы рангов сортов ярового овса
 Total ranks of spring oats varieties

К таким сортам относятся стандарт пленчатой группы Орион (сумма рангов 37), сорт Уран (сумма рангов – 36, что на уровне стандарта) и стандарт голозерной группы Сибирский голозерный (сумма рангов – 72).

ВЫВОДЫ

1. В среднем за период исследований с 2013 по 2015 г. в условиях южной лесостепи Западной Сибири сбор белка пленчатых и голозерных сортов овса не имел существенных различий и составил 408,8 и 407,4 кг/га соответственно.

2. Превышали стандарт по сбору белка сорта Тарский 2, Уран, Факел и Сибирский Геркулес (+14,1–71,5 кг/га, в среднем за период исследований).

3. Адаптивны к условиям выращивания (по Животкову) сорта Сибирский Геркулес, Факел, Уран, Сибирский голозерный, Тарский 2 (КА = 101,4–115,4 %).

4. Повышенной стрессоустойчивостью по Rossielle и Nemblin характеризуются сорта Орион, Тарский 2, Иртыш 13, Уран, Скакун, Иртыш 21, Сибирский Геркулес ($Y_{\min} - Y_{\max} = -150,1 \dots -241,3$ кг/га).

5. Наиболее пластичны по Баранскому, сорта овса Орион, Уран, Иртыш 21, Тарский 2, Иртыш 13, Сибирский Геркулес ($O = 5,0 - 6,6$); по Грязнову – Уран, Факел, Сибирский Геркулес, Сибирский голозерный, Тарский 2 ($ИЭП = 1,01 - 1,15$).

6. Стабильны, по Баранскому, сорта Сибирский голозерный, Иртыш 22, Прогресс, Урал, Факел, Памяти Богачкова и Скакун ($O = 2,9 - 3,8$), по Неттевичу – сорт Уран (ПУСС = 111,6 %).

7. Отзывчивы на улучшения выращивания, по Зыкину, сорта Факел, Урал, Иртыш 22, Сибирский голозерный, Скакун, Прогресс, Памяти Богачкова ($K_p = 2,06 - 2,76$).

8. Всесторонняя оценка сортов овса ярового с учетом меньшей суммы рангов позволила выделить следующие сорта, наиболее приспособленные к формированию высокого уровня сбора белка в условиях южной лесостепной зоны Омского региона: стандартный сорт пленчатой группы Орион, сорт Уран (сумма рангов – 37 и 36), а также стандарт голозерной группы Сибирский голозерный (сумма рангов – 72).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безгоднов А.В., Ахметханов В.Ф. Адаптивная способность сортов овса и интенсификация технологии их выращивания в условиях Среднего Урала // Научные исследования: от теории к практике: сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2016. – Т. 1. – С. 200.
2. Столетова З.И., Захарова В.Г., Мишенькина О.Г. Селекция высокоурожайных, адаптивных сортов овса в Ульяновском НИИСХ // Вестник Ижевской ГСХА. – 2013. – №1 (34). – С.16–17.
3. Агровестник. Посевные площади, валовые сборы и урожайность ржи в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii>. (дата обращения: 01.05.2020).
4. Фомина М.Н. Урожайность пленчатых сортов овса и особенности ее формирования в условиях северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 24–27.
5. Баталова Г.А., Лисицын Е.М. Селекция овса на Европейском Северо-Востоке России // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, №1. – С. 21–24.
6. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб.: Копи-Р, 2012. – 62 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Изд. 6-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 35.
8. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1976. – С. 144–148.

9. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–6.
10. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop. Sci. – 1981. – Vol. 21, N 6. – P. 27–29.
11. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестн. РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
12. Баранский Д.И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе естественного отбора сортосмеси // Bigrum. селекц. Big. Одес. Крайов. С.-г. досл. ст. – 1926. – Вып. II. – С. 81–91.
13. Нettekвич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – №1. – С. 66–73.
14. Зыкин В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации. – Новосибирск, 1984. – С. 24.
15. Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. – Кустанай: Печат. двор, 1996. – С. 448.
16. Юсова О.А., Васюкевич С.В. Оценка коллекционных образцов овса по продуктивности и биохимическим показателям в условиях Южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – № 7. – С. 33–39.
17. Николаев П.Н., Анисков Н.А., Юсова О.А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2018. – №1. – С. 43–49. – DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48.
18. Иванова Ю.С., Фомина М.Н. Урожайность коллекционных образцов голозерного овса в условиях северного Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – Т. 47, № 3(256). – С. 27–35.
19. Фомина М.Н. Урожайность пленчатых сортов овса и особенности её формирования в условиях северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 24–27.

REFERENCES

1. Bezgodov A.V., Ahmethanov V.F. *Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike: sbornik materialov X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (Proceedings of the Conference). Cheboksary, 2016, No. 1, pp. 200.
2. Stoletova Z.I., Zaharova V.G., Mishen'kina O.G. *Vestnik Izhevskoj GSKHA*, 2013, No. 1, pp. 16-17
3. *Agrovestnik. Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhaynost' rzhi v Rossii* (Agrarian. Sown area, gross harvest and rye productivity in Russia): <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> (05.01.2020).
4. Fomina M.N. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, No. 12, pp. 24-27.
5. Batalova G.A., Lisicyn E.M. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, No. 1, pp. 21-24.
6. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa* (Methodical instructions on study and preservation of the world collection of barley and oats), Saint-Petersburg: Kopi-R, 2012, 62 P.
7. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta* (Methods of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, pp. 35.
8. Pleshkov B.P. *Praktikum po biohimii rastenij* (Workshop on Plant Biochemistry). Moscow: Kolos, 1976, pp. 144-148.
9. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. *Selekcija i semenovodstvo*, 1994, No. 2, pp. 3-6.
10. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, *Crop. Sci*, 1981, Vol. 21, No. 6, pp. 27-29.
11. Goncharenko A.A. *Vestnik RASKHN*, 2005, No. 6, pp. 49-53.
12. Baranskij D.I. *BigrumSelekc. Biggiry Odes'koi cil'kogidosvigoroi stancii*, 1926, No. 2, pp. 81-91.

13. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 1985, No. 1, pp. 66-73.
14. Zykin V.A. *Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij, ihraschetianaliz: metodicheskie rekomendacii* (Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodological recommendations), Novosibirsk, 1984, pp. 24.
15. Gryaznov A.A. *Karabalykski jyachmen'* (Carabalyk barley). Kustanaj: Kustanajskij pechatnyj dvor, 1996, 448 P.
16. YUsova O.A., Vasyukevich S.V. *Vestnik altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 7, pp. 33-39.
17. Nikolaev P.N., Anis'kov N.A., Yusova O.A. *Vestnik ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2018, No. 1, pp. 43-49. DOI:10.18286/1816-4501-2018-1-43-48.
18. Ivanova YU.S., Fomina M.N. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2017, No. 3 (256), pp. 27-35.
19. Fomina M.N. *Dostizheniya nauki I tekhniki APK*, 2016, No. 12, pp. 24-27.