

## ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья  
УДК 633.253:631.529 (470.342)  
DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-37-46



### Адаптивный потенциал ярового пленчатого овса (*Avena sativa* L.) на зеленую массу в условиях Кировской области

Е. Н. Вологжанина, Г. А. Баталова

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Николаевна Вологжанина, helen.vol@list.ru

**Актуальность.** Одной из главных задач селекции является создание сортов с высокой продуктивностью и качеством продукции. В современных условиях большую ценность имеют сорта, высокоадаптированные к стрессовым условиям возделывания. Поэтому важно изучать и внедрять в производство перспективные сорта, которые полностью реализуют свой производственный потенциал в изменяющихся условиях окружающей среды.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования служили 12 сортов и перспективных линий ярового пленчатого овса (*Avena sativa* L.) из питомника конкурсного сортоиспытания. Определены параметры пластичности ( $b_i$  и КМ), стабильности ( $S_i^2$ ), индекс условий среды ( $I_s$ ), гомеостатичность (Ном), селекционная ценность (Sc), коэффициент вариации (CV), фактор стабильности (SF), коэффициент адаптивности (КА) и индекс экологической пластичности (ИЭП) по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина» у пленчатого овса.

**Результаты.** Наибольшую урожайность зеленой массы сформировали линии 91h18, 41h18, 23h20, 40h20. Высокое содержание сырого протеина наблюдали у линий 91h18, 23h20, 40h20, 39h20. Наибольшей селекционной ценностью по урожайности зеленой массы характеризовались линии 41h18, 40h20, 41h20, 42h20 и сорт 'Кировский 2', по содержанию сырого протеина – сорта 'Медведь', 'Кировский 2', линии 91h18, 50h18, 23h20. Высокая пластичность по данным признакам отмечена у линий 91h18, 39h20, 40h20. Линия 39h20 отличалась высокой пластичностью и стабильностью как по урожайности зеленой массы ( $b_i = 1,20$ ;  $S_i^2 = 0,07$ ), так и по содержанию сырого протеина ( $b_i = 2,04$ ;  $S_i^2 = 0,03$ ).

**Заключение.** По сумме рангов наиболее адаптированными к стрессовым почвенно-климатическим условиям по признаку «урожайность зеленой массы» являются линии 41h18, 23h20, 40h20, 41h20 (40–48), по признаку «содержание сырого протеина» – 23h20, 39h20, 91h18 (34–44).

**Ключевые слова:** сырой протеин, гомеостатичность, пластичность, селекционная ценность, овес

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану № FNWE-2024-0002 «Скрининг источников, гибридных популяций и селекционных номеров овса по признакам продуктивности зерна и кормовой массы, устойчивости к био- и абиострессорам».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Для цитирования:** Вологжанина Е.Н., Баталова Г.А. Адаптивный потенциал ярового пленчатого овса (*Avena sativa* L.) на зеленую массу в условиях Кировской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025;186(2):37-46. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-37-46

## STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-37-46

### Adaptive potential of spring covered oats (*Avena sativa* L.) according to green biomass under the conditions of Kirov Province

Elena N. Vologzhanina, Galina A. Batalova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Corresponding author: Elena N. Vologzhanina, [helen.vol@list.ru](mailto:helen.vol@list.ru)

**Background.** Development of high-yielding cultivars with high quality of their products is one of the main tasks of plant breeders. Today, the most valuable cultivars are those with high adaptability to stressful conditions of cultivation. Therefore, it is important to study and introduce into production such promising cultivars that are able to implement their production potential to its fullest extent under changing environmental conditions.

**Materials and methods.** Twelve cultivars and promising lines of spring covered oats (*Avena sativa* L.) from the competitive variety testing nursery were used as the material for the study. The parameters of plasticity ( $b_i$  and KM) and stability ( $S_i^2$ ), index of environmental conditions ( $I_j$ ), homeostasis (Hom), breeding value (Sc), coefficient of variation (CV), stability factor (SF), adaptability factor (IA), and environmental plasticity index (IEP) were assessed according to the characters “green biomass yield” and “crude protein content” in covered oats.

**Results.** Lines 91h18, 41h18, 23h20 and 40h20 formed the highest green biomass yield. High crude protein content was observed in lines 91h18, 23h20, 40h20 and 39h20. Lines 41h18, 40h20, 41h20, 42h20, and cv. ‘Kirovsky 2’ had the highest breeding value according to the green biomass yield, while cvs. ‘Medved’ and ‘Kirovsky 2’, lines 91h18, 50h18 and 23h20 had the highest breeding value according to crude protein content. Lines 91h18, 39h20 and 40h20 showed high degrees of plasticity for these characters. Line 39h20 manifested high plasticity and stability both in green biomass yield ( $b_i = 1.20$ ;  $S_i^2 = 0.07$ ) and crude protein content ( $b_i = 2.04$ ;  $S_i^2 = 0.03$ ).

**Conclusion.** According to the sum of ranks, lines 41h18, 23h20, 40h20 and 41h20 were the most adapted to stressful nature and climate conditions in their green biomass yield (40–48), and lines 23h20, 39h20 and 91h18 in their crude protein content (34–44).

**Keywords:** crude protein, homeostasis, plasticity, breeding value, oats

**Acknowledgements:** the work was done within the framework of the state task according to the thematic plan FNWE-2024-0002 “Screening of sources, hybrid populations, and breeding numbers of oats, based on grain and feed biomass productivity, and resistance to bio- and abiostressors”.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**For citation:** Vologzhanina E.N., Batalova G.A. Adaptive potential of spring covered oats (*Avena sativa* L.) according to green biomass under the conditions of Kirov Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2025;186(2):37-46. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-2-37-46

## Введение

Овес – кормовая культура универсального назначения. Богатство экотипов и хорошая приспособленность к условиям произрастания способствует его распространению по всей территории России (Aseeva et al., 2024). Его возделывают на зерно, зеленую массу, сено, сенаж, силос. Благодаря короткому вегетационному периоду овес в некоторых регионах является основной культурой, выращиваемой на зеленый корм, как в одновидовых, так и в смешанных посевах (Yusova et al., 2020; Kuryleva, 2024). Овес уже в конце межфазного периода «выход в трубку – начало выметывания» дает кормовую массу и при раннем укосе быстро отрастает, что позволяет обеспечить животных сочными кормами в течение длительного времени. Помимо высокой урожайности, для сельхозпроизводителя большое значение имеет питательная ценность корма, высокое содержание в нем обменной энергии, сырого протеина, сахаров, клетчатки. При возделывании овса в смеси с зернобобовыми повышается кормовая ценность овсяного компонента – улучшается переваримость белка, жира, клетчатки (Kabashov et al., 2022).

Овес – культура влаголюбивая: недостаток влаги и высокие температуры приводят к значительному снижению продуктивности зерна, зеленой массы и качества продукции (Zobnina et al., 2024). В связи с нестабильностью погодных условий в Кировской области (годы с избыточным увлажнением чередуются с засушливыми), приоритетной задачей селекции является создание и внедрение сортов с высокой адаптивностью, стабильностью и устойчивостью к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды, способных максимально использовать почвенные и климатические ресурсы региона для создания стабильной продовольственной базы при любых погодных условиях (Sapega et al., 2019; Fomina et al., 2024).

Для выявления генотипов с высокими адаптивными способностями к условиям выращивания проводится оценка пластичности и стабильности количественных и качественных показателей растениеводческой продукции.

*Цель исследования:* выделить генотипы ярового пленчатого овса на зеленый корм из питомника конкурсного сортоиспытания с высокими показателями адаптивности и стабильности к стрессовым условиям среды по урожайности и качеству.

## Материалы и методы

Работа проведена в 2022–2024 гг. на базе ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (ФАНЦ Северо-Востока, Кировская область). Изучали 12 сортов и линий пленчатого овса питомника конкурсного испытания. В качестве стандарта использовали включенный в Государственный реестр сорт 'Архан'.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, на элювии пермских глин, с небольшой мощностью гумусового горизонта. Содержание гумуса низкое – 2,27–2,51%, подвижного фосфора и калия – 334–339 мг/кг и 200–245 мг/кг почвы соответственно, кислотность – 5,6–6,0 ед. рН, предшественник – чистый пар.

Полевой опыт заложен на делянках площадью 15 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности. Скашивание зеленой массы проводили вручную в фазу начала выметывания. Биохимические показатели зеленой массы определяли в аналитической лаборатории ФАНЦ Северо-Востока фотоколориметрическим методом. Анализ метеорологических условий в период исследований выполнен по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (<http://pogoda43.ru>).

Рассчитаны следующие параметры адаптивности: индекс условий среды ( $I_s$ ), коэффициент регрессии ( $b_r$ ), индекс стабильности ( $S_s^2$ ) по методике С. А. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. Н. Пакуль, Л. Г. Плиско (Pakul, Plisko, 2016), гомеостатичность (Hom), селекционная ценность (Sc) (Dospekhov, 1985; Hangildin, 1986), фактор стабильности (SF) (Lewis, 1954), коэффициент адаптивности (KA) (Zivotkov et al., 1994), индекс экологической пластичности (ИЭП) (Gryaznov, 1996), коэффициент мультипликативности (KM) (Dragavtsev et al., 1984), коэффициент вариации признака (CV) (Dospekhov, 1985).

Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитан по Г.Т. Селянинову (Selyaninov, 1928). Для обработки экспериментальных данных методами дисперсионного и корреляционного анализов использовали пакет селекционно ориентированных программ AGROS, версия 2.07, пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007.

Метеорологические условия в годы исследований носили контрастный характер. Вегетационный период 2022 г. характеризовался чрезмерным количеством осадков (ГТК = 2,11) (табл. 1). В течение мая наблюдали незначительные осадки. Среднесуточная температура воздуха была на 1–6°C ниже обычных значений. В июне

**Таблица 1. Метеорологические условия в период вегетации овса, г. Киров, 2022–2024 гг.**

**Table 1. Meteorological conditions during the growing season of oats, Kirov, 2022–2024**

Период вегетации / Growing season	Сумма эффективных температур выше 10°C / Sum of effective temperatures above 10°C			Сумма осадков, мм / Precipitation, mm			ГТК / HTC		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Посев – всходы / Sowing to sprouting	116,8	110,2	76,2	9,0	30,0	56,1	0,77	2,72	7,36
Всходы – выметывание / Sprouting to ear emergence	719,0	695,3	625,9	198,7	58,6	50,4	2,76	0,84	0,81
Выметывание – созревание / Ear emergence to ripening	772,4	1050,5	849,0	111,1	188,7	60,6	1,44	1,80	0,71
Всходы – созревание / Sprouting to ripening	1491,4	1745,8	1474,9	309,8	247,3	111,0	2,11	1,64	0,76

и июле наблюдали преимущественно теплую погоду, с частыми дождями. Август характеризовался аномально жаркой погодой.

В апреле 2023 г. наблюдалась нестабильная, но в основном более теплая, чем обычно, с отсутствием осадков погода. Среднесуточная температура воздуха была на 1–7°C выше климатической нормы. Май характеризовался нестабильной по температуре погодой с продолжительными засушливыми периодами. Средняя за июнь температура воздуха была на 1,8–2,5°C ниже климатической нормы. В июле наблюдали переменчивую погоду, жаркие дни сменялись прохладными, часто выпадали дожди. Август был сухим и жарким. Среднесуточная температура воздуха превышала климатическую норму на 2–8°C. Условия 2023 г. по температурному режиму и влагообеспеченности можно охарактеризовать как благоприятные, что подтверждается ГТК = 1,64.

В апреле 2024 г. преобладала теплая, с частыми, порой значительными осадками погода. Май 2024 г. характеризовался аномально холодной погодой. Средняя за месяц температура воздуха была на 3,5–4,5°C ниже климатической нормы. Количество выпавших осадков приближалось к норме. Июнь характеризовался нестабильной погодой, варьировавшей от очень теплой до холодной, в основном сухой или с небольшими, временами обильными дождями. В июле наблюдали нестабильную по температуре, от жаркой до умеренно теплой, преимущественно сухую погоду. За месяц выпало 35–60 мм осадков, или 45–75% нормы. Средняя за месяц температура воздуха в августе была близка к климатической норме.

В течение месяца выпадали небольшие дожди. В итоге за месяц выпало 35–65 мм осадков, или 50–80% нормы.

### Результаты и обсуждение

Индекс условий среды показал, что наиболее благоприятные условия, на фоне достаточного количества осадков, для формирования как урожайности зеленой массы ( $I_j = 3,93$ ), так и сырого протеина ( $I_j = 0,77$ ) сложились в 2023 г. (табл. 2). Средняя по сортам урожайность зеленой массы составила 42,6 т/га, сырого протеина – 7,51%.

Низкая температура воздуха и переувлажнение (ГТК = 7,36) в межфазный период «посев – всходы», а также недостаточное количество осадков в период «всходы – выметывание» (ГТК = 0,81) в 2024 г. привели к увеличению продолжительности первого и сокращению второго периода, что негативно сказалось как на урожайности зеленой массы овса (14,3 т/га), так и на содержании в ней сырого протеина (6,29%). Индекс условий среды ( $I_j$ ) был минимальным за годы исследований и составил –6,26 для урожайности зеленой массы и –0,93 для содержания сырого протеина.

В среднем по сортам за годы исследований наиболее урожайными были линии 91h18 (34,4 т/га), 41h18 (33,9 т/га), 23h20 (40,2 т/га), 40h20 (35,6 т/га). При этом у линий 91h18, 23h20, 40h20 наблюдали высокое содержание сырого протеина, а также у линии 39h20.

Отмечена высокая положительная связь (статистически значимо при уровне вероятности 5%,  $p \leq 0,05$ ) уро-

**Таблица 2.** Урожайность зеленой массы пленчатого овса и содержание в ней сырого протеина, среднее за 2022–2024 гг. (Киров)

**Table 2.** Green biomass yield of covered oats, and crude protein content in it, mean for 2022–2024 (Kirov)

Номер каталога / Catalogue No.	Сорт, линия / Cultivar or line	Урожайность зеленой массы, т/га / Green biomass yield, t/ha				Сырой протеин, % / Crude protein, %			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее / Mean	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее / Mean
15494	‘Медведь’ / ‘Medved’	20,6	35,1	12,4	22,7	6,48	7,11	7,47	7,02
15808	‘Кировский 2’ / ‘Kirovsky 2’	37,7	36,0	14,4	29,4	5,95	6,62	6,53	6,37
14857	‘Кречет’ / ‘Krechet’	26,3	38,5	12,1	25,6	6,15	7,82	6,12	6,70
15927	91h18	33,4	56,8	12,9	34,4	7,95	9,50	6,57	8,01
–	41h18	36,4	49,1	16,1	33,9	5,63	8,45	5,10	6,39
–	50h18	29,0	39,4	14,4	27,6	6,47	7,11	6,14	6,57
–	23h20	41,4	62,7	16,5	40,2	8,05	8,36	7,22	7,88
–	39h20	33,2	46,8	10,6	30,2	8,48	9,46	6,04	7,99
–	40h20	36,6	53,7	16,6	35,6	8,21	9,20	5,15	7,52
–	41h20	38,6	37,1	15,5	30,4	7,42	5,87	5,83	6,21
–	42h20	37,1	34,5	14,1	28,6	8,21	7,21	5,22	6,88
15752	‘Архан’ (стандарт) / ‘Arkhan’ (reference)	22,4	42,3	14,1	26,3	7,56	7,08	5,99	6,88
Среднее / Mean		32,9	42,6	14,3	29,9	7,29	7,51	6,29	7,03
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		2,2	2,7	2,4	1,3	2,26	2,22	2,08	1,4
Индекс среды ( $I_j$ ) / Index of environmental conditions ( $I_j$ )		2,33	13,93	–16,26		0,17	0,77	–0,93	

жайности зеленой массы и содержания протеина в ней ( $r = 0,71$ ) с суммой эффективных температур в период «всходы – выметывание» ( $r = 0,71$ ), ГТК в период «всходы – выметывание» ( $r = 0,68$ ); содержания сырого протеина и суммы эффективных температур в период «всходы – выметывание» ( $r = 0,49$ ) (табл. 3).

Исходя из представленных данных, меняющиеся погодные условия влияют на формирование урожайности и качество зеленой массы овса, что говорит о необходимости оценки адаптивного потенциала представленных сортов и линий. В результате проведения двухфакторного дисперсионного анализа установлена статистически значимая доля влияния на урожайность зеленой массы овса факторов «год» (72,2%) и в меньшей степени – «генотип» (12,1%) (табл. 4). Авторами (Fomina et al., 2024) отмечается значительное влияние условий среды на содержание сырого протеина в зеленой массе овса.

В наших исследованиях на содержание протеина в зеленой массе условия года и сорт оказали примерно равное влияние – 16,7% и 15,6% соответственно.

Для сельхозпроизводителя большое значение имеет способность сорта в нестабильных условиях среды при минимуме затрат на производство формировать высокую, стабильную урожайность.

Наиболее ценными считаются сорта с высоким уровнем пластичности и стабильности. Высокой пластичностью ( $b_i$ ) обладают высокоурожайные линии 91h18 (1,42), 23h20 (1,51), 39h20 (1,20) и 40h20 (1,21), при этом линия 39h20 характеризуется высокой стабильностью ( $S_i^2 = 0,07$ ) признака, что говорит о ее способности формировать высокую стабильную урожайность в меняющихся условиях среды (табл. 5). Самую высокую стабильность наблюдали у урожайной линии 41h18 ( $S_i^2 = 0,00$ ), также высокой стабильностью обладают линия 50h18 (0,41) и сорт 'Кречет' (2,75).

**Таблица 3. Связь между величиной урожайности зеленой массы и содержанием сырого протеина с погодными условиями**

**Table 3. Relationships between green biomass yield, crude protein content, and weather conditions**

Показатель / Indicator	Урожайность зеленой массы / Green biomass yield	Сырой протеин / Crude protein
Сырой протеин / Crude protein	0,71*	
ГТК / HTC	0,68*	
Сумма эффективных температур выше 10°C / Sum of effective temperatures above 10°C	0,71*	0,49*

Примечание: \* – значения коэффициентов корреляции существенны при  $p \leq 0,05$

Note: \* – values of correlation coefficients are significant at  $p \leq 0.05$

**Таблица 4. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по влиянию сорта и условий года на урожайность зеленой массы овса за 2022–2024 гг.**

**Table 4. Results of a two-factor analysis of variance on the effect of cultivars and conditions of the year on green biomass yield of oats for 2022–2024**

Источник варьирования / Source of variation	Сумма квадратов / Sum of squares	Степень свободы / Degrees of freedom	Средний квадрат / Mean square	Вклад факторов, % / Contribution of factors, %	F <sub>факт</sub>	F <sub>05</sub>
<b>Зеленая масса / Green biomass</b>						
Общее	22311,10	116	–	–	–	–
Фактор А (год)	16102,92	2	8051,46	72,2*	3723,77	0,66
Фактор В (сорт)	2710,21	12	225,85	12,1*	104,46	1,38
Взаимодействие АВ (год и сорт)	3313,47	24	138,06	14,8*	63,85	2,39
<b>Сырой протеин / Crude protein, %</b>						
Общее	313,71	107	–	–	–	–
Фактор А (год)	52,34	11	4,76	16,7*	2,34	1,34
Фактор В (сорт)	48,84	2	24,42	15,6*	12,00	0,67
Взаимодействие АВ (год и сорт)	65,66	22	2,98	20,9*	2,34	2,32

Примечание: \* – различия достоверны при уровне значимости  $p \leq 0,05$

Note: \* – differences are significant at a significance level of  $p < 0.05$

**Таблица 5. Параметры адаптивности сортов и линий пленчатого овса по признаку «урожайность зеленой массы» (2022–2024 гг.)****Table 5. Adaptability parameters of covered oat cultivars and lines according to their green biomass yield (2022–2024)**

Номер каталога / Catalogue No.	Сорт, линия / Cultivar or line	$b_i$	$S_i^2$	КМ	CV, %	Sc	Hom	КА, %	SF	ИЭП
15494	‘Медведь’ / ‘Medved’	0,72	21,82	1,95	50,6	8,02	1,97	74,7	2,83	1,72
15808	‘Кировский 2’ / ‘Kirovsky 2’	0,77	65,57	1,78	44,2	11,22	2,85	96,6	2,62	2,31
14857	‘Кречет’ / ‘Krechet’	0,86	2,75	2,01	51,5	8,06	1,88	84,3	3,18	1,96
15927	91h18	1,42	27,85	2,24	63,9	7,81	1,22	113,0	4,40	2,61
–	41h18	1,09	0,00	1,96	49,1	11,10	2,09	111,4	3,05	2,60
–	50h18	0,82	0,41	1,89	45,5	10,09	2,43	90,8	2,74	2,12
–	23h20	1,51	8,19	2,12	57,5	10,58	1,51	132,2	3,80	3,07
–	39h20	1,20	0,07	2,19	60,5	6,84	1,38	99,3	4,42	2,32
–	40h20	1,21	5,27	2,02	52,1	11,02	1,84	117,2	3,23	2,72
–	41h20	0,76	62,97	1,75	42,5	12,21	3,10	100,0	2,49	2,38
–	42h20	0,73	71,44	1,76	44,1	10,86	2,82	94,0	2,63	2,25
15752	‘Архан’ (стандарт) / ‘Arkhan’ (reference)	0,89	53,74	2,01	55,2	8,76	1,69	86,4	3,00	1,98

Примечание: здесь и далее (таблицы 6 и 7)  $b_i$  – коэффициент линейной регрессии;  $S_i^2$  – показатель стабильности; КМ – коэффициент мультипликативности; CV – коэффициент вариации; Sc – селекционная ценность; Hom – гомеостатичность; КА – коэффициент адаптивности; SF – фактор стабильности; ИЭП – индекс экологической пластичности

Note: here and below (Tables 6 and 7),  $b_i$  is the linear regression coefficient;  $S_i^2$  is the stability indicator; KM is the multiplicative coefficient; CV is the coefficient of variation; Sc is the breeding value; Hom is homeostasis; KA is the coefficient of adaptability; SF is the stability factor; ИЭП is the index of environmental plasticity

Разные подходы к оценке экологической пластичности и стабильности дают наиболее полную оценку сорта. Оценить пластичность сортов можно с помощью коэффициента мультипликативности (КМ). Согласно коэффициенту мультипликативности (КМ) наиболее пластичными, как и при расчете показателя  $b_i$ , были линии 91h18 (2,24), 23h20 (2,12), 39h20 (2,19) и 40h20 (2,02). Высоким индексом экологической пластичности (ИЭП) отличаются линии 91h18, 41h18, 23h20, 40h20, 41h20 (ИЭП = 2,38–3,07). Коэффициент вариации (CV) отображает изменчивость изучаемого признака. Наиболее урожайные линии 91h18, 23h20, 40h20, 39h20, отличающиеся высокой отзывчивостью на улучшение условий возделывания, при ухудшении условий снизили урожайность, что подтверждается высоким уровнем коэффициента вариации (CV = 52,1–63,9%). Меньшая изменчивость признака была характерна для линий 41h20 (42,5%), 42h20 (44,1%) и сорта ‘Кировский 2’ (44,2%).

Высокой селекционной ценностью (Sc) характеризуются высокостабильная со средним уровнем пластичности линия 41h18 (11,10), высокопластичная линия 40h20 (Sc = 11,02), а также линия 41h20 (Sc = 12,21) и сорт ‘Кировский 2’ (Sc = 1,22).

Важной характеристикой сорта является его гомеостатичность, то есть способность формировать стабильную урожайность в меняющихся условиях среды. Максимальную устойчивость к воздействию стрессовых условий проявили линии 41h20, 42h20, 50h18 и сорт ‘Кировский 2’ (Hom = 2,43–3,10), что согласуется с оценкой изучаемых генотипов по показателю коэффициента вариации (CV).

Адаптивные способности генотипа также можно оценить по коэффициенту адаптивности (КА). Высокий коэффициент адаптивности наблюдали у перспективных линий 91h18, 41h18, 23h20, 40h20, 41h20 (КА = 100,0–132,2%). Наибольшей экологической устойчивостью при расчете коэффициента стабильности (SF) характеризовались линии 41h20 (2,49), 42h20 (2,63), 50h18 (2,74) и сорт ‘Кировский 2’ (2,62).

В результате исследований отмечена тесная положительная связь (статистически значимо при уровне вероятности 5%,  $p \leq 0,05$ ) урожайности зеленой массы овса с коэффициентом линейной регрессии ( $b_i$ ) ( $r = 0,84$ ), коэффициентом регрессии с коэффициентом вариации (CV) ( $r = 0,80$ ), коэффициентом мультипликативности (КМ) ( $r = 0,83$ ), индексом экологической пластичности (ИЭП)

( $r = 0,80$ ), фактором стабильности (SF) и коэффициентом адаптивности (КА) ( $r = 0,84$ ). Установлена достоверная обратная зависимость показателя стабильности ( $S_i^2$ ) и коэффициента мультипликативности ( $r = -0,62$ ), гомеостатичности (Hom) и коэффициента линейной регрессии ( $r = -0,76$ ), фактора стабильности (SF) ( $r = -0,87$ ). Отмечена тесная обратная связь селекционной ценности (Sc) и фактора стабильности ( $r = -0,64$ ), коэффициента мультипликативности ( $r = -0,70$ ). Коэффициент вариации находится в сильной прямой зависимости с коэффициентом мультипликативности ( $r = 0,98$ ) и фактором стабильности ( $r = 0,94$ ) и отрицательной – с гомеостатичностью ( $r = -0,96$ ) и селекционной ценностью ( $r = -0,72$ ).

Наиболее полную информацию дает ранжирование изученных показателей адаптивности и стабильности. Наибольшей хозяйственной ценностью по сумме рангов обладают линии 41h18 (40), 40h20 и 41h20 (45), 23h20 (48) (табл. 6). Это свидетельствует о высокой приспособленности данных линий к изменяющимся условиям выращивания.

У линии 39h20 по признаку «содержание сырого протеина», как и по признаку «урожайность зеленой массы», отмечали высокий уровень пластичности ( $b_i = 2,04$ ) и стабильности ( $S_i^2 = 0,03$ ), что свидетельствует об отзывчивости на улучшение условий выращивания, характерной для интенсивного типа. Высокую стабильность ( $S_i^2 = 0,06$ ) наблюдали у линии со средней пластичностью – 50h18.

Максимальный коэффициент мультипликативности отмечен у линий 41h18 (2,96), 91h18 (2,46), 39h20 (2,78), 40h20 (3,26). Наиболее стабильными по показателям коэффициента вариации, гомеостаза и фактора стабильности были сорта 'Медведь' (CV = 7,1%; Hom = 99,34; SF = 1,15) и 'Кировский 2' (CV = 5,7%; Hom = 166,37; SF = 1,11), линия 50h18 (CV = 7,5%; Hom = 90,32; SF = 1,16). Эти же сорта и линии имеют высокую селекционную ценность ( $Sc = 5,54-6,80$ ) по признаку «содержание сырого протеина». Максимальные показатели коэффициента адаптивности наблюдали у линий 40h20, 39h20, 91h18 (КА = 106,7–113,6%).

**Таблица 6. Ранжирование сортов и линий пленчатого овса по параметрам адаптивности по признаку «урожайность зеленой массы»**

**Table 6. Ranking of covered oat cultivars and lines by their adaptability parameters on the basis of green biomass yield**

Сорт, линия / Cultivar or line	$b_i$	$S_i^2$	КМ	CV, %	Sc	Hom	КА, %	SF	ИЭП	Сумма рангов / Sum of the ranks
'Медведь' / 'Medved'	12	7	6	6	10	7	12	5	12	77
'Кировский 2' / 'Kirovsky 2'	9	11	3	2	2	9	7	2	7	52
'Кречет' / 'Krechet'	7	4	7	7	9	5	10	8	11	68
91h18	2	8	12	12	11	1	3	11	3	63
41h18	5	1	5	5	3	6	4	7	4	40
50h18	8	3	4	4	7	8	9	4	9	56
23h20	1	6	10	10	6	3	1	10	1	48
39h20	4	2	11	11	12	2	6	12	6	66
40h20	3	5	8	8	4	4	2	9	2	45
41h20	10	10	1	1	1	11	5	1	5	45
42h20	11	12	2	3	5	10	8	3	8	62
'Архан' (стандарт) / 'Arkhan' (reference)	6	8	9	9	8	5	11	6	10	72

Важнейшим показателем ценности сорта является не только высокая урожайность, но также и высокое качество корма. Наиболее ценными на зеленый корм считаются сорта с высоким содержанием протеина. Адаптивный сорт сочетает в себе высокую урожайность и качество продукции как в благоприятных, так и в стрессовых условиях среды (Zhdanova, 2023). Наибольшую пластичность по содержанию сырого протеина проявили линии с высокой урожайностью 40h20, 41h18, 91h18 ( $b_i = 1,67-2,43$ ) (табл. 7). При этом линии 91h18, 40h20 обладают высоким уровнем стабильности ( $S_i^2 = 0,13-0,17$ ).

Линия 23h20 с низкой пластичностью ( $b_i = 0,68$ ) характеризуется высоким уровнем стабильности по всем параметрам адаптивности ( $S_i^2 = 0,01$ ; CV = 7,5%; Hom = 92,33; SF = 1,16; КА = 111,7; ИЭП = 2,58), а также высокой селекционной ценностью ( $Sc = 6,80$ ), что подтверждается суммой рангов (34) (табл. 8). Высокий индекс экологической пластичности отмечен у линий 91h18, 39h20 и 40h20 (ИЭП = 2,60–2,71).

Исходя из суммы рангов наибольшей устойчивостью к стрессовым условиям среды по признаку содержания сырого протеина в зеленой массе обладают линии 23h20, 91h18, 39h20 и сорт 'Медведь'.

**Таблица 7. Параметры адаптивности сортов и линий пленчатого овса по признаку «содержание сырого протеина» (2022–2024 гг.)****Table 7. Adaptability parameters of covered oat cultivars and lines according to their crude protein content (2022–2024)**

Номер каталога / Catalogue No.	Сорт, линия / Cultivar or line	$b_i$	$S_i^2$	КМ	CV, %	Sc	Hom	КА, %	SF	ИЭП
15494	‘Медведь’ / ‘Medved’	0,30	0,37	0,71	7,1	6,09	99,34	99,6	1,15	2,21
15808	‘Кировский 2’ / ‘Kirovsky 2’	0,02	0,26	0,98	5,7	5,72	166,37	90,3	1,11	2,03
14857	‘Кречет’ / ‘Krechet’	0,88	0,74	1,92	14,5	5,24	27,11	95,0	1,28	2,19
15927	91h18	1,67	0,17	2,46	18,3	5,54	14,93	113,6	1,45	2,68
–	41h18	1,79	1,73	2,96	28,2	3,86	6,78	90,7	1,66	2,14
–	50h18	0,54	0,06	1,57	7,5	5,68	90,32	93,2	1,16	2,14
–	23h20	0,68	0,01	1,60	7,5	6,80	92,33	111,7	1,16	2,58
–	39h20	2,04	0,03	2,78	22,0	5,10	10,61	113,4	1,57	2,71
–	40h20	2,43	0,13	3,26	28,1	4,21	6,61	106,7	1,79	2,60
–	41h20	0,20	1,59	1,22	14,2	5,01	28,18	90,4	1,27	2,10
–	42h20	1,36	1,88	2,38	22,1	4,37	10,40	97,6	1,57	2,35
15752	‘Архан’ (стандарт) / ‘Arkhan’ (reference)	0,74	0,49	1,75	11,7	5,45	37,44	97,5	1,26	2,28

**Таблица 8. Ранжирование сортов и линий пленчатого овса по параметрам адаптивности по признаку «содержание сырого протеина»****Table 8. Ranking of covered oat cultivars and lines by their adaptability parameters on the basis of crude protein content**

Сорт, линия / Cultivar or line	$b_i$	$S_i^2$	КМ	CV, %	Sc	Hom	КА, %	SF	ИЭП	Сумма рангов / Sum of the ranks
‘Медведь’ / ‘Medved’	12	7	2	2	2	12	7	2	5	51
‘Кировский 2’ / ‘Kirovsky 2’	11	6	1	1	3	11	12	1	12	58
‘Кречет’ / ‘Krechet’	6	9	6	8	7	6	8	6	8	64
91h18	4	5	7	9	5	4	2	7	1	44
41h18	3	11	11	11	12	2	9	9	10	78
50h18	9	3	3	4	4	9	10	3	9	54
23h20	8	1	3	3	1	8	4	3	3	34
39h20	2	2	8	10	8	3	1	8	2	44
40h20	1	4	10	12	11	1	3	10	4	56
41h20	10	10	5	7	9	10	11	5	11	78
42h20	5	12	9	6	10	5	5	8	6	66
‘Архан’ (стандарт) / ‘Arkhan’ (reference)	7	8	4	5	6	7	6	4	7	54

Отмечена положительная зависимость содержания протеина и индекса экологической пластичности (ИЭП) ( $r = 0,97$ ), обратная зависимость – с коэффициентом стабильности ( $S_1^2$ ) ( $r = -0,59$ ). Коэффициент пластичности ( $b_1$ ) находился в тесной положительной зависимости от коэффициента вариации (CV) ( $r = 0,89$ ), коэффициента мультипликативности (KM) ( $r = 0,99$ ), индекса экологической пластичности (ИЭП) ( $r = 0,67$ ), фактора стабильности (SF) ( $r = 0,92$ ), коэффициента адаптивности (KA) ( $r = 0,50$ ), отрицательной – от гомеостатичности (Ном) ( $r = -0,76$ ) и селекционной ценности (Sc) ( $r = -0,64$ ).

### Заключение

В результате исследований выявлены перспективные линии пленчатого овса 91h18, 23h20, 40h20 с высокой продуктивностью зеленой массы (33,9–40,2 т/га) и содержанием в ней сырого протеина (7,52–8,01%). Выявлено значительное влияние на урожайность и качество зеленой массы овса условий года и в меньшей степени – сортовых особенностей. Выявлена линия интенсивного типа – 39h20, характеризующаяся высокой пластичностью и адаптивностью как по урожайности ( $b_1 = 1,20$ ;  $S_1^2 = 0,07$ ), так и по качеству зеленой массы ( $b_1 = 2,04$ ;  $S_1^2 = 0,03$ ). Линии 41h18, 50h18 обладают средней пластичностью ( $b_1 = 1,09$  и  $0,82$  соответственно), способны формировать стабильную ( $S_1^2 = 0,00$  и  $0,41$  соответственно) урожайность и могут быть отнесены к экстенсивному типу. При этом для линии 41h18 характерна высокая селекционная ценность (Sc = 12,21) и сумма рангов (40). Высокой стабильностью по урожайности зеленой массы обладает линия 40h20 (KM = 2,02; Sc = 11,02; KA = 117,2%; ИЭП = 2,72) и 41h20 (CV = 42,5%; Sc = 12,21; Ном = 3,10; KA = 100,0%; ИЭП = 2,38). Стабильность данных линий подтверждается суммой рангов (45).

Выявлена линия 23h20 с высоким содержанием сырого протеина со слабой реакцией на улучшение условий выращивания ( $b_1 = 0,68$ ; KM = 1,60), но отличающаяся высокой стабильностью признака по всем изученным параметрам, что соответствует экстенсивному типу. Высокая адаптивность линии подтверждается суммой рангов (34).

Среди изученных генотипов наибольший интерес для возделывания в нестабильных почвенно-климатических условиях Кировской области представляют выделенные линии с высоким потенциалом адаптивности.

### References / Литература

- Aseeva T.A., Trifuntova I.B. New variety of spring filmy oats Far Eastern Fodder. *Agroscience*. 2024;2(1):31-37. [in Russian] (Асеева Т.А., Трифунтова И.Б. Новый сорт ярового пленчатого овса Дальневосточный кормовой. *Агронаука*. 2024;2(1):31-37). DOI: 10.24412/2949-2211-2024-2-1-31-37
- Dospikhov V.A. Methodology of field trial (with fundamentals of statistical processing of research results) (Metodika polevogo opyta [s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy]). 5th ed. Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспихов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Dragavtsev V.A., Zilke V.A., Reyter B.G., Vorobyev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobeynikov N.I., Novokhatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiev A.G., Plyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zuykov Yu.P., Fedotov A.M. Genetics of productivity traits in spring wheat in Western Siberia (Genetika priznakov produktivnosti yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri). Novosibirsk: Nauka; 1984. [in Russian] (Драгавцев В.А., Цильке В.А., Рейтер Б.Г., Воробьев В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максимова В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашник Н.А., Зуйков Ю.П., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука; 1984).
- Fomina M.N., Ivanova Yu.S., Bragin N.A., Bragina M.V. Fodder productivity and digestible energy value of oat (*Avena sativa* L.) cultivars and breeding lines under the conditions of the Northern Trans-Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(2):116-127. [in Russian] (Фомина М.Н., Иванова Ю.С., Брагин Н.А., Брагина М.В. Кормовая продуктивность и энергетическая питательность селекционных образцов овса посевного (*Avena sativa* L.) в условиях Северного Зауралья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(2):116-127). DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-116-127
- Gryaznov A.A. Karabalyk barley (Karabalykский ячмень). Kostanay; 1996. [in Russian] (Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. Кустанай; 1996).
- Hangildin V.V. Parameters for evaluating the homeostasis of varieties and breeding lines in the testing of ear crops (Parametry otsenki gomeostatichnosti sortov i selektsionnykh liniy v ispytanii kolosovykh kultur). *Nauchno-tekhnicheskii byulleten VSGI = Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Breeding and Genetics Institute*. 1986;2(60):36-41. [in Russian] (Хангильдин В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытании колосовых культур. *Научно-технический бюллетень ВСГИ*. 1986;2(60):36-41).
- Kabashov A.D., Vlasenko N.M., Leibovich Ya.G., Razumovskaya L.G., Filonenko Z.V., Kolupaeva A.S. et al. Oat breeding to increase the yield of green biomass is an important trend for successful development of animal husbandry (Seleksiya ovsa na povysheniye urozhasy zelenoy massy – vazhnoye napravleniye dlya uspeshnogo razvitiya zhivotnovodstva). In: S.I. Zinchenko, I.M. Shchukin (eds). *Modern Trends in Scientific Support of the Agro-Industrial Complex (Sovremennye tendentsii v nauchnom obespechenii agropromyshlennogo kompleksa)*. Ivanovo: PresSto; 2022. p.190-193. [in Russian] (Кабашов А.Д., Власенко Н.М., Лейбович Я.Г., Разумовская Л.Г., Филоненко З.В., Колупаева А.С. и др. Селекция овса на повышение урожая зеленой массы – важное направление для успешного развития животноводства. В кн.: *Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: монография* / под ред. С.И. Зинченко, И. М. Щукина. Иваново: ПресСто, 2022. С.190-193). DOI: 10.51961/9785604865910
- Kirov Center for Hydrometeorology and Monitoring of the Environment (Kirovskiy tsentr po gidrometeorologii i monitoring okruzhayushchey sredy): [website]. [in Russian] (Кировский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды: [сайт]). URL: <http://pogoda43.ru> [дата обращения: 09.12.2024].
- Kuryleva A.G. Competitive testing of feed oat varieties in the Middle Urals. *Perm Agrarian Journal*. 2024;2(46):53-58. [in Russian] (Курьева А.Г. Конкурсное испытание сортообразцов овса кормового направления в Среднем Предуралье. *Пермский аграрный вестник*. 2024;2(46):53-58). DOI: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_53

- Lewis D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. *Heredity*. 1954;8:333-356. DOI: 10.1038/hdy.1954.37
- Pakul V.N., Plisko L.G. Assessment of ecological plasticity of selection lines of spring-sown soft field in the conditions of the forest-steppe of Kuznetsk Depression. *International Research Journal*. 2016;3-3(45):116-120. [in Russian] (Пакуль В.Н., Плиско Л.Г. Оценка экологической пластичности селекционных линий яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Кузнецкой котловины. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016;3-3(45):116-120). DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.075
- Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. The productivity of green mass, ecological plasticity and homeostasis of oats and pea varieties for fodder in the forest-steppe of the Northern Urals. *IZVESTIA Orenburg State Agrarian University*. 2019;1(75):41-43. [in Russian] (Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность зелёной массы, экологическая пластичность и гомеостатичность сортов овса и гороха на корм в лесостепи Северного Зауралья. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019;1(75):41-43).
- Selyaninov G.T. On agricultural estimation of climate. *Contributions to Agricultural Meteorology*. 1928;20:165-177. [in Russian] (Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. *Труды по сельскохозяйственной метеорологии*. 1928;20:165-177).
- Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safonova I.V., Aniskov N.I. Changes in oat grain yield and quality with increased adaptability of cultivars. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(2):42-49. [in Russian] (Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафонова И.В., Анисков Н.И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(2):42-49). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49
- Zhdanova A.A. Collection study of oat varieties in the conditions of the south-east of the Kamchatka Territory. *Agroscience*. 2023;1(1):113-119. [in Russian] (Жданова А.А. Коллекционное изучение сортов овса в условиях юго-востока Камчатского края. *Агронаука*. 2023;1(1):113-119).
- Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Methods of detecting potential productivity and adaptability in cultivars and breeding forms of winter wheat according to their 'yield' indicator (Metodika vyyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynosti"). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1994;(2):3-6. [in Russian] (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):3-6).
- Zobnina I.V., Karelina V.A., Batakova O.V. Evaluation of breeding samples of filmy forms of spring oats under unstable weather conditions. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2024;3(39):84-93. [in Russian] (Зобнина И.В., Корелина В.А., Батакова О.В. Оценка сортообразцов пленчатого овса ярового при нестабильности погодных условий. *Таврический вестник аграрной науки*. 2024;3(39):84-93). DOI: 10.5281/zenodo.13788555

#### Информация об авторах:

**Елена Николаевна Вологжанина**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 610007 Россия, Киров, ул. Ленина, 166а, helen.vol@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2187-3970>

**Галина Аркадьевна Баталова**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заместитель директора, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 610007 Россия, Киров, ул. Ленина, 166а, g.batalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3491-499X>

#### Information about the authors:

**Elena N. Vologzhanina**, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a Lenina St., Kirov 610007, Russia, helen.vol@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2187-3970>

**Galina A. Batalova**, Dr. Sci. (Agriculture), Academician of the RAS, Deputy Director, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a Lenina St., Kirov 610007, Russia, g.batalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3491-499X>

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.12.2024; одобрена после рецензирования 01.04.2025; принята к публикации 14.04.2025. The article was submitted on 23.12.2024; approved after reviewing on 01.04.2025; accepted for publication on 14.04.2025.