

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЗАПАДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Ф. Чесалин, кандидат сельскохозяйственных наук  
Е. В. Смольский, кандидат сельскохозяйственных наук  
М. М. Нечаев, кандидат сельскохозяйственных наук

Брянский государственный аграрный университет,

Брянск, Россия

E-mail: sev\_84@mail.ru

**Ключевые слова:** кормовые культуры, урожайность, адаптивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, условия среды, потенциал продуктивности

**Реферат.** В условиях Нечерноземной зоны России на дерново-подзолистых и пойменных почвах провели оценку адаптивных свойств кормовых культур семейства мятликовых по параметрам экологической стабильности и пластичности и влияния на них минеральных удобрений по критерию урожайности. Анализ изменения урожайности кормовых культур проводили с 2009 по 2015 г., которые характеризовались различными погодными условиями. В результате исследований установили, что индекс среды изменялся по годам от –6,36 до 6,08. Наибольший коэффициент адаптации наблюдали у суданской травы (1,37) и проса (1,33). Наименьшую изменчивость урожайности обнаружили при возделывании костреца безостого (10,8%), проса (13,2%) и райграса однолетнего (14,6%). Наибольшая стрессоустойчивость выявлена у райграса однолетнего (–6,00) костреца безостого (–6,20) и овса (–6,50) – основных кормовых культур зоны исследования. Минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях установили у проса (20,4) и костреца безостого (22,0). Наиболее стабильными культурами в получении урожая были двукисточник тростниковый, райграсс однолетний, ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая и суданская трава. Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания оказались суданская трава, просо и овес. Наиболее высокоинтенсивной ( $b_i = 2,40$ , а  $Sd^2 = 0,39$ ) кормовой культурой в условиях запада Брянской области является суданская трава, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью в сочетании с низкой стабильностью урожая. Кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности. Применение минеральных удобрений повышает индекс среды, адаптацию, изменчивость урожайности кормовых культур, увеличивает разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, а также усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

---

**IMPLEMENTATION OF THE PRODUCTIVITY POTENTIAL OF FORAGE CROPS IN THE WEST OF THE BRIANSK REGION**

---

**S. F. Chesalin**, Candidate of Agricultural Sciences**E. V. Smolsky**, Candidate of Agricultural Sciences**M. M. Nechaev**, Candidate of Agricultural Sciences**Briansk State Agrarian University, Briansk, Russia**

*Key words:* forage crops, yield, adaptability, stability, plasticity, stress resistance, environmental conditions, productivity potential.

*Abstract.* In the non-black soil zone of Russia on sod-podzolic and floodplain soils, the adaptive properties of forage crops of the bluegrass family were assessed in terms of ecological stability and plasticity and the effect of mineral fertilizers on them according to the yield criterion. The analysis of changes in the yield of forage crops was carried out from 2009 to 2015. It was characterized by different weather conditions. As a result of the research, it was found that the environmental index varied over the years from –6.36 to 6.08. The highest adaptation coefficient was observed in Sudanese grass (1.37) and millet (1.33). The smallest yield variability was found in the cultivation of awnless brome (10.8%), millet (13.2%) and annual ryegrass (14.6%). The highest stress resistance was found in one-year ryegrass (–6.00) awnless brome (–6.20) and oats (–6.50) – the main forage crops in the study area. The minimum value of the yield range in contrasting conditions was set in millet (20.4) and awnless brome (22.0). The most stable crops in obtaining the harvest were two-source reed, annual ryegrass, *Scleranthus*, meadow fescue and Sudanese grass. Sudanese grass, millet and oats were the most responsive to changes in cultivation conditions. The most intense ( $b_i = 2.40$ , and  $S_d^2 = 0.39$ ) fodder crop in the western Briansk region is Sudan grass, while millet and oats are highly responsive in combination with low yield stability. The awnless brome reacts poorly to the improvement of external conditions, but has a fairly high yield stability. The use of mineral fertilizers increases the environmental index, adaptation, variability of the yield of forage crops, increases the gap between the maximum and minimum yield, and also enhances the stability and reduces the responsiveness of crops to environmental changes.

Проблема эффективности производства кормов и использования кормовых угодий является основной в развитии кормопроизводства как естественной фундаментальной базы животноводства [1].

Сенокосы заливных и суходольных лугов являются источником «дешевых» кормов, а также играют многофункциональную роль в формировании устойчивого агроландшафта [2, 3]. Решение проблемы эффективного развития лугопастбищного хозяйства в Российской Федерации должно стать стратегическим направлением в ускоренном развитии животноводства. Об этом говорил Президент РФ 28 июля 2016 г. в Тверской области на совещании по проблемам сельского хозяйства Центрального Нечерноземья. Он обратил особое внимание на развитие молоч-

ного и мясного скотоводства, которые должны стать якорными отраслями [4].

В Центральном Нечерноземье, куда входит Брянская область, есть все возможности: обширные земельные ресурсы, кормовая база [5]. При этом необходимо подбирать кормовые культуры с наибольшей приспособленностью к местным почвенно-климатическим стрессорам, что позволит формировать высокие стабильные урожаи сена кормовых культур как при благоприятных, так и при неблагоприятных погодных условиях. Знание потенциала адаптивности кормовых культур необходимо для правильного их подбора в условиях региона.

Параметры экологической пластичности и стабильности были рассчитаны для сортов различных сельскохозяйственных культур

[6–9], при этом получены данные о реализации потенциала урожайности сортов, которые подтверждают возможность использования данных методик для экологической оценки различных видов кормовых культур семейства мятликовых.

Цель исследования – провести всестороннюю оценку адаптивных свойств кормовых культур по параметрам экологической стабильности и пластичности и влияния на них минеральных удобрений в условиях запада Брянской области, используя критерий «урожайность».

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились в западной части Брянской области, расположенной в бассейнах рек Ипути, Снов, Беседь и представляющей собой слабоволнистую пониженную равнину, расчлененную речными долинами, которая входит в состав восточной окраины Белорусского Полесья. Опыты были заложены в соответствии с программой и методикой исследования в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии и методикой опытов на сенокосах и пастбищах. Изучение реализации потенциала урожайности кормовых культур проводили в период с 2009 по 2015 г. на пойменной дерновой оглеенной супесчаной почве со следующими показателями почвенного плодородия:  $pH_{KCl}$  – 5,2–5,6, содержание гумуса – 3,0–3,3 %,  $P_2O_5$ –320–440 мг/кг,  $K_2O$  – 130–180 мг/кг; дерново-подзолистой песчаной почве:  $pH_{KCl}$  – 5,7–5,9, содержание гумуса – 1,3–1,5 %,  $P_2O_5$ –350–380 мг/кг,  $K_2O$  – 70–110 мг/кг; дерново-подзолистой супесчаной почве:  $pH_{KCl}$  – 5,5–5,8, содержание гумуса – 1,5–1,7 %,  $P_2O_5$ –156–180 мг/кг,  $K_2O$  – 90–120 мг/кг, на долю которых приходится 84,8 тыс. га территории сенокосов Брянской области, или 33,4 % [10].

Объектами исследований являлись 9 кормовых культур семейства мятликовых: ежа сборная (*Dactylis glomerata*) сорта ВИК-61, овсяница луговая (*Festuca pratensis*)

Дединовская, двухкосточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea*) Припятский, овес (*Avena sativa*) Скакун, райграс однолетний (*Lolium multiflorum*) Изорский, суданская трава (*Andropogon drummondii*) Кинельская 100, просо (*Panicum miliaceum*) Квартет, кострец безостый (*Bromopsis inermis*) Моршанский 760, тимopheевка луговая (*Phleum pratense*) Марусинская 297.

Общая площадь опытной делянки 70 м<sup>2</sup>, учетная – 30 м<sup>2</sup>. Размещение делянок рендомизированное. Повторность трехкратная.

Удобрения – простой гранулированный суперфосфат и калий хлористый – вносили поверхностно.

Территория запада Брянской области подверглась радиоактивному загрязнению искусственными радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС [11], поэтому система удобрения кормовых культур включала фосфорные и калийные удобрения [12], азотные были исключены, так как, по данным ряда авторов, при их применении происходит некоторое увеличение удельной активности корма [13, 14].

Агротехника возделывания кормовых культур – общепринятая для зоны исследований.

Урожайность сена определяли путем высушивания зеленой массы с 1 м<sup>2</sup> до воздушно-сухого состояния с последующим пересчетом урожая на сено. Уборку проводили в фазу цветения трав.

Индекс условий среды и показатели экологической пластичности: стабильность ( $Sd^2$ ) и пластичность ( $bi$ ) – определяли по Эберхарту и Расселлу [15], стрессоустойчивость – по А. А. Гончаренко [16], размах урожайности ( $d$ ) – по В. А. Зыкину [17], коэффициент вариации ( $V$ ) – по Б. А. Доспехову [18].

Климат области умеренно теплый и влажный. Идущие на восток с Атлантического океана воздушные массы приносят летом пасмурную и дождливую погоду, а зимой – значительные потепления [10].

Средняя температура воздуха самого холодного месяца – января – колеблется от –7,3

до  $-8,9^{\circ}\text{C}$ , а наиболее теплого – июля – составляет  $18,0\text{--}19,5^{\circ}\text{C}$ .

Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$  –  $217\text{--}234$  дня, период с температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  длится от 131 до 148 дней.

Температуры выше  $10^{\circ}\text{C}$  наблюдаются  $136\text{--}154$  дня, их сумма за это время составляет  $2150\text{--}2450^{\circ}\text{C}$ .

По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Годовая сумма осадков составляет в среднем  $530\text{--}655$  мм. Из годового количества осадков на холодный период приходится примерно 30–

35 %, а на теплый –  $60\text{--}70\%$ . В годовом ходе месячных сумм осадков минимум приходится на февраль–март, максимум – на июль. Две трети осадков в году выпадает в виде дождя, одна треть – в виде снега. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен  $1,3\text{--}1,4$ .

Агроклиматические условия территории постановки опыта (табл. 1) получены на метеорологическом посту Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» с координатами  $52^{\circ}30'50''$  северной широты,  $31^{\circ}51'36''$  восточной долготы и высотой над уровнем моря  $190$  м.

Таблица 1

Среднее значение агроклиматических показателей вегетации по периодам исследования и климатическая норма

Average value of agro-climatic indicators of vegetation by study periods and climatic norm

Годы	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Вегетационный период
<i>Температура воздуха, <math>^{\circ}\text{C}</math></i>							
2009–2011	10,0	16,7	21,1	23,4	20,8	14,8	17,8
2011–2013	10,3	18,4	20,9	22,1	20,0	13,7	17,6
2013–2015	9,5	18,5	20,4	21,1	20,9	13,8	17,4
Климатическая норма	7,3	14,9	18,3	20,0	18,7	13,1	15,4
<i>Количество выпавших осадков, мм</i>							
2009–2011	22	52	73	87	61	56	351
2011–2013	60	37	74	66	64	56	357
2013–2015	27	55	59	65	26	59	291
Климатическая норма	39	54	72	80	70	55	370

Температурный режим периода исследований колебался как по месяцам, так и по годам исследований, наиболее теплыми были 2009–2011 гг., когда средняя температура вегетации составляла  $17,8^{\circ}\text{C}$ .

Наиболее влажный период исследований пришелся на 2011–2013 гг., когда количество выпавших осадков за вегетацию было равно  $357$  мм, а наиболее засушливый – на 2013–2015 гг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство изучаемых кормовых культур характеризуются широкими адаптивными свойствами, о чем свидетельствуют аре-

алы их возделывания в Нечерноземной зоне России. Разнообразие метеорологических условий вегетационных периодов по температурному режиму и влагообеспеченности позволило объективно оценить уровень варьирования урожая сена кормовых культур в зависимости от сложившихся внешних условий. Индекс условий среды по годам варьировал от  $-6,36$  до  $6,08$  (табл. 2), а при использовании минеральных удобрений изменялся в пределах от  $-17,13$  до  $18,69$  (табл. 3). Необходимо отметить, что наибольшие значения индекса среды наблюдали при возделывании кормовых культур на пойменной почве, в которой пойменный процесс продолжался в зависимости от года от 1–2 до 15 дней.



Благоприятные условия для получения высокого урожая сенакормовых культур зависели не только от погодных условия, но и от вида возделываемой культуры. Так, в 2013 г. при возделывании кормовых культур на пес-

чаной почве индекс среды составлял –2,44, а на супесчаной 1,42, а это говорит о том, что погодные условия 2013 г. больше отвечают биологическим требованиям костреца и тимофеевки (табл. 2).

Таблица 2

Потенциал урожайности воздушно-сухого вещества кормовых культур в условиях запада Брянской области  
Yield potential of air-dry matter of forage crops in the west of the Bryansk region

Культура	Урожайность, ц/га				K <sub>A</sub>	V,%
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее		
<i>Пойменная дерновая оглеенная почва</i>						
Ежа сборная	11,2	24,3	17,5	17,7	0,98	30,0
Овсяница луговая	11,7	23,4	19,0	18,0	1,00	26,6
Двукосточник тростниковый	12,3	24,8	18,6	18,6	1,03	27,5
Средняя урожайность за год	11,73	24,17	18,37	18,1		
Индекс среды	-6,36	6,08	0,28			
<i>Дерново-подзолистая песчаная почва</i>						
	2011 г.	2012 г.	2013 г.			
Овес	14,5	21,0	20,1	18,53	0,68	21,6
Райграс однолетний	20,5	16,3	14,5	17,10	0,63	14,6
Суданская трава	45,0	35,8	31,5	37,43	1,37	15,2
Просо	42,1	33,5	33,6	36,40	1,33	13,2
Средняя урожайность за год	30,53	26,65	24,93	27,4		
Индекс среды	3,16	-0,72	-2,44			
<i>Дерново-подзолистая супесчаная почва</i>						
	2013 г.	2014 г.	2015 г.			
Кострец безостый	28,2	22,0	27,7	26,0	1,13	10,8
Тимофеевка луговая	20,6	15,6	23,8	20,0	0,87	16,5
Средняя урожайность за год	24,40	18,80	25,75	23,0		
Индекс среды	1,42	-4,18	2,77			

Был установлен синергизм между применением минеральных удобрений и погодными условиями, который был обусловлен увеличением индекса среды при благоприятных условиях среды и снижением при неблагоприятных (см. табл. 3).

Реализация потенциала урожайности зависит от вида кормовой культуры, наилучшими считаются культуры с коэффициентом адаптации (K<sub>A</sub>) выше 1, который говорит об их способности давать наибольший урожай. На пойменной дерновой оглеенной почве такой культурой был двукосточник тростниковый (1,03), на дерново-подзолистой песчаной – суданская трава (1,37) и просо (1,33) и на дерново-подзолистой супесчаной – кострец безостый (1,13) (см. табл. 2). Применение минеральных удобрений повышало потенци-

ал реализации урожайности, при этом с увеличением доз удобрения росла и продуктивность (см. табл. 3).

Коэффициент вариации (V) урожайности кормовых культур колебался от 10,8 до 30,0% в зависимости от культуры, периода исследований и почвы (см. табл. 2). Принято считать изменчивость незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%; средней, если он выше 10, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20% [18]. Наибольшую изменчивость урожайности кормовых культур наблюдали на пойменных почвах, из кормовых культур наименьший коэффициент вариации обнаружили при возделывании костреца безостого (10,8%), проса (13,2%) и райграса однолетнего (14,6%).

Таблица 3

**Потенциал урожайности воздушно-сухого вещества кормовых культур в условиях запада  
Брянской области при использовании минерального удобрения**  
**Yield potential of air-dry matter of forage crops in the west of the Bryansk region when using mineral fertilizers**

Культура	Доза удобрения	Урожайность, ц/га				K <sub>A</sub>	V, %
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее		
Пойменная дерновая оглеенная почва							
Ежа сборная	P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	16,4	47,9	33,0	32,4	0,83	40,1
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24,8	51,1	38,5	38,1	0,97	28,1
Овсяница луговая	P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	17,3	61,2	35,9	38,1	0,97	47,2
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,3	63,3	39,0	42,5	1,08	37,1
Двукосточник тростниковый	P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	22,9	61,1	37,3	40,4	1,03	39,1
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,5	63,5	39,9	43,3	1,10	35,3
Средняя урожайность за год		22,20	58,02	37,27	39,2		
Индекс среды		-17,13	18,69	-2,06			
Дерново-подзолистая песчаная почва							
		2011 г.	2012 г.	2013 г.			
Овес	K <sub>180</sub>	39,0	22,1	20,4	27,17	0,85	30,9
	K <sub>210</sub>	41,9	24,4	21,4	29,23	0,92	31,1
Райграс однолетний	K <sub>180</sub>	26,0	18,9	15,2	20,03	0,63	22,5
	K <sub>210</sub>	28,0	21,4	16,7	22,03	0,69	20,4
Суданская трава	K <sub>180</sub>	46,7	36,7	32,4	38,60	1,21	15,5
	K <sub>210</sub>	50,2	37,7	36,3	41,40	1,30	15,0
Просо	K <sub>180</sub>	44,5	34,1	34,7	37,77	1,18	12,7
	K <sub>210</sub>	46,8	35,2	34,3	38,77	1,22	14,7
Средняя урожайность за год		40,39	28,81	26,43	31,9		
Индекс среды		8,51	-3,06	-5,45			
Дерново-подзолистая супесчаная почва							
		2013 г.	2014 г.	2015 г.			
Кострец безостый	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31,5	23,6	30,6	28,57	0,92	12,3
	P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	33,4	26,0	35,9	31,77	1,02	13,2
	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	36,1	27,3	38,6	34,00	1,09	14,1
	P <sub>60</sub> K <sub>105</sub>	38,5	29,9	39,8	36,07	1,16	11,6
Тимофеевка луговая	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,5	18,6	26,9	24,00	0,77	16,3
	P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	30,2	22,3	32,1	28,20	0,90	14,9
	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	35,5	25,6	35,8	32,30	1,04	14,9
	P <sub>60</sub> K <sub>105</sub>	37,2	28,8	39,1	35,03	1,12	12,8
Средняя урожайность за год		33,61	25,26	34,85	31,2		
Индекс среды		2,37	-5,98	3,61			

Применение минеральных удобрений в исследуемых дозах изменяло коэффициент вариации кормовых культур. Установлено, что изменчивость урожайности варьировала от 11,6 до 47,2% в зависимости от культуры, периода исследований, почвы и доз минерального удобрения. Внесение минеральных удобрений увеличило коэффициент вариации в сравнении с вариантами и без их применения, при этом возрастающие количества удобрений снижали коэффициент вариации кормовых культур при их возделывании на пойменных почвах, на дерново-подзолистых

почвах такую закономерность не обнаружили (см. табл. 3).

Показатель стрессоустойчивости ( $y_{\min} - y_{\max}$ ) имеет отрицательное значение, чем меньше разрыв максимальной и минимальной урожайности, тем выше стрессоустойчивость кормовой культуры. Наибольшую стрессоустойчивость наблюдали у райграса однолетнего (-6,00), костреца безостого (-6,20) и овса (-6,50), эти культуры в наименьшей степени снижают урожайность в экстремальных условиях (табл. 4).

Таблица 4

**Стрессоустойчивость и адаптивность кормовых культур в условиях запада Брянской области**  
**Stress resistance and adaptability of forage crops in the west of the Briansk region**

Культура	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	$b_i$	$S_d^2$
Ежа сборная	-13,10	17,75	53,9	1,05	0,32
Овсяница луговая	-11,70	17,55	50,0	0,94	0,74
Двукосточник тростниковый	-12,50	18,55	50,4	1,00	0,09
Овес	-6,50	17,75	31,0	1,11	5,79
Райграс однолетний	-6,00	17,50	29,3	1,07	0,13
Суданская трава	-13,50	38,25	30,0	2,40	0,39
Просо	-8,60	37,80	20,4	1,64	6,91
Кострец безостый	-6,20	25,10	22,0	0,90	1,53
Тимофеевка луговая	-8,20	19,70	34,5	1,10	1,53

Компенсационная способность культуры отражает показатель средней урожайности в контрастных условиях  $[(y_{\min} + y_{\max}) / 2]$ . Чем выше степень соответствия между культурой и различными факторами среды, тем выше этот показатель. Наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях возделывания сформировали суданская трава (38,25), просо (37,80) и кострец безостый (25,10).

Размах урожайности (d) показывает отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, выраженной в процентах. Чем ниже этот показатель, тем стабильнее урожайность кормовой культуры в конкретных условиях. Минимальное значение размаха урожайности отмечено у проса (20,4) и костреца безостого (22,0).

Стабильность ( $S_d^2$ ) – это устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать стабильный, но не очень высокий урожай в любых условиях. Стабильность является синонимом пластичности: чем меньше квадратические отклонения фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура [17]. В изучаемом наборе мятликовых кормовых культур наиболее стабильными были двукосточник тростниковый, райграс однолетний, ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая, а суданская трава является еще и самой высокоурожайной из исследуемых культур.

Коэффициент экологической пластичности ( $b_i$ ) показывает отзывчивость кормовых культур на изменение условий возделывания. Он принимает значения больше, меньше или равным единице. Если значение  $b_i \geq 1$ , значит, культура обладает большей отзывчивостью. В случае  $b_i \leq 1$  культура слабее реагирует на изменение условий среды. При  $b_i = 1$  имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий возделывания [17].

Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания из изучаемых мятликовых кормовых культур были суданская трава (2,40), просо (1,64) и овес (1,11).

Те культуры, у которых  $b_i > 1$ , а  $S_d^2$  стремится к 0, наиболее ценны, такие культуры относятся к высокоинтенсивным, они отзывчивы на улучшение условий и характеризуются стабильной урожайностью. Культуры с высокими показателями  $b_i$  и  $S_d^2$  менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а генотипы культур, у которых  $b_i < 1$  и близкий к 0 показатель  $S_d^2$ , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности [17].

Наиболее высокоинтенсивной ( $b_i = 2,40$ , а  $S_d^2 = 0,39$ ) кормовой культурой в условиях запада Брянской области является суданская трава, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью в сочетании с низкой стабильностью урожайности; кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но

имеет достаточно высокую стабильность урожайности (см. табл. 4).

Применение минеральных удобрений увеличило разрыв между максимальной и минимальной урожайностью кормовых культур в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наименьший показатель стрессоустойчивости наблюдали у костреца безостого (–7,90), тимopheевки луговой (–8,30) при внесении  $P_{60}K_{60}$  (табл. 5). Эти культуры в наименьшей степени снижают урожайность в экстремальных условиях при применении минеральных удобрений. Установлено, что при возрастающих количествах удобрения снижалась стрессоустойчивость при возделывании кормовых культур на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили.

Внесение минеральных удобрений увеличивает наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях. Особенно высокий показатель наблюдали на поймен-

ных почвах у двукисточника тростникового (45,00), овсяницы луговой (44,30). При возрастающих количествах удобрения повышалась средняя урожайность культур в контрастных условиях как на пойменных, так и на дерново-подзолистых почвах.

Использование минеральных удобрений увеличивало размах урожайности в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наименьший показатель размаха урожайности наблюдали у проса (23,4), костреца безостого (24,9), эти культуры наиболее стабильно дают урожайность в контрастных условиях при применении минеральных удобрений. При возрастающих количествах удобрения снижался размах урожайности при возделывании кормовых культур на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили (см. табл. 5).

Наиболее стабильными при внесении минеральных удобрений оказались тимopheевка

Таблица 5

Стрессоустойчивость и адаптивность кормовых культур в условиях запада Брянской области при использовании минерального удобрения

Stress resistance and adaptability of forage crops in the west of the Bryansk region when using mineral fertilizers

Культура	Доза удобрения	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	$b_i$	$S_d^2$
Ежа сборная	$P_{60}K_{45}$	-31,50	32,15	65,8	0,84	7,88
	$P_{60}K_{60}$	-26,30	37,95	51,5	0,70	4,06
Овсяница луговая	$P_{60}K_{45}$	-43,90	39,25	71,7	1,20	0,78
	$P_{60}K_{60}$	-38,00	44,30	60,0	1,03	5,97
Двукисточник тростниковый	$P_{60}K_{45}$	-38,20	42,00	62,5	1,04	3,87
	$P_{60}K_{60}$	-37,00	45,00	58,3	1,01	5,50
Овес	$K_{180}$	-18,60	29,70	47,7	1,37	1,28
	$K_{210}$	-20,50	31,65	48,9	1,48	0,15
Райграс однолетний	$K_{180}$	-10,80	20,60	41,5	0,72	2,00
	$K_{210}$	-11,30	22,35	40,4	0,73	4,46
Суданская трава	$K_{180}$	-14,30	39,55	30,6	0,97	2,00
	$K_{210}$	-13,90	43,25	27,7	1,02	0,56
Просо	$K_{180}$	-10,40	39,30	23,4	0,76	3,02
	$K_{210}$	-12,50	40,55	26,7	0,93	0,90
Кострец безостый	$P_{60}K_{60}$	-7,90	27,55	25,1	0,81	1,84
	$P_{60}K_{75}$	-9,90	30,95	27,6	0,98	0,84
	$P_{60}K_{90}$	-11,30	32,95	29,3	1,13	0,61
	$P_{60}K_{105}$	-9,90	34,85	24,9	1,03	0,00
Тимopheевка луговая	$P_{60}K_{60}$	-8,30	22,75	30,9	0,89	0,26
	$P_{60}K_{75}$	-9,80	27,20	30,5	0,99	0,23
	$P_{60}K_{90}$	-10,20	30,70	28,5	1,11	0,58
	$P_{60}K_{105}$	-10,30	33,95	26,3	1,05	0,18



луговая, кострец безостый, суданская трава, просо, овсяница луговая. При возрастающих количествах удобрения повышалась стабильность урожайности кормовых культур при их возделывании на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили.

Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания кормовыми культурами при применении минеральных удобрений были овес (1,48), овсяница луговая (1,20) и кострец безостый (1,13). Минеральные удобрения изменяют отзывчивость культур на условия среды и стабильность получения урожая.

## ВЫВОДЫ

1. Индекс условий среды изменялся по годам от –6,36 до 6,08, с максимумом значения на пойменной почве. Наибольшая адаптация к условиям пойменной почвы наблюдалась у двукисточника тростникового (1,03), на дерново-подзолистой песчаной почве – у суданской травы (1,37) и проса (1,33), а на дерново-подзолистой супесчаной почве – у костреца безостого (1,13). Условия пойменных почв обуславливают наибольшую изменчивость урожайности кормовых культур.

2. Наибольшая стрессоустойчивость обнаружена у райграса однолетнего (–6,00) костреца безостого (–6,20) и овса (–6,50) – основных кормовых культур зоны исследования.

3. Минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях установили у проса (20,4) и костреца безостого (22,0), а наиболее стабильными культурами в получении урожая были двукисточник тростниковый, райграсс однолетний, ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая и суданская трава.

4. Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания были суданская трава, просо и овес. Высокоинтенсивной ( $b_i = 2,40$ , а  $Sd^2 = 0,39$ ) кормовой культурой в условиях запада Брянской области является суданская трава, просо и овес обладают высокой отзывчивостью в сочетании с низкой стабильностью урожая, а кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности.

5. Применение минеральных удобрений повышает индекс среды, адаптацию, изменчивость урожайности кормовых культур, увеличивает разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, а также усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чирков Е. П., Дронов А. В., Ларетин Н. А. Система ведения кормопроизводства в условиях инновационного развития // АПК: регионы России. – 2012. – № 9. – С. 36–42.
2. Лугопастбищные экосистемы в биосфере и сельском хозяйстве России / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Кормопроизводство. – 2011. – № 3. – С. 5–8.
3. Бельченко С. А., Белоус И. Н., Наумова М. П. Развитие АПК Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 32–35.
4. Совещание по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – № 8. – С. 2–9.
5. Харкевич Л. П., Белоус И. Н., Анишина Ю. А. Реабилитации радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ: монография. – Брянск, 2011. – 211 с.
6. Мамеев В. В., Торилов В. Е. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30). – С. 55–62.
7. Байкалова Л. П., Серебренников Ю. И. Пластичность и стабильность ярового овса по урожайности и массе 1000 зерен // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 4. – С. 37–44.

8. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения / В. Е. Ториков, М. В. Котиков, А. А. Осипов, В. В. Седов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 26–32.
9. Серебренников Ю. И. Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен // Вестник НГАУ. – 2020. – № 2 (55). – С. 50–59.
10. Воробьев Г. Т. Почвы Брянской области. – Брянск, 1993. – 160 с.
11. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС) / В. Г. Сычев, В. И. Лунёв, П. М. Орлов, Н. М. Белоус. – М.: ВНИИА, 2016. – 184 с.
12. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество сена многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Г. П. Малявко, Е. В. Смольский, О. А. Меркелов // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 3. – С. 33–35.
13. Сычев В. Г., Белоус Н. М., Смольский Е. В. Радиоэкологическая оценка применения минеральных удобрений при коренном улучшении пастбищ пойменных угодий // Плодородие. – 2015. – № 3 (84). – С. 2–5.
14. Шаповалов В. Ф., Харкевич Л. П., Белоус Н. М. Влияние систем удобрений на продуктивность и содержание цезия-137 в урожае // Агрохимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 11–12.
15. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // J. Crop. Sci. – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36–40.
16. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
17. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов, Д. Р. Исламгулов. – Уфа, 2011. – 99 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## REFERENCES

1. Chirkov E. P., Dronov A. V., Laretin N. A., *APK: regiony Rossii*, 2012, No. 9, pp. 36–42. (in Russ.)
2. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P., *Kormoproizvodstvo*, 2011, No. 3, pp. 5–8. (in Russ.)
3. Belchenko S. A., Belous I. N., Naumova M. P., *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2015, No. 2, pp. 32–35. (in Russ.)
4. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*, 2016, No. 8, pp. 2–9. (in Russ.)
5. Kharkevich L. P., Belous I. N., Anishina Yu. A., *Reabilitacii radioaktivnozagryaznennykh senokosov i pastbishch* (Rehabilitation of radioactively contaminated hayfields and pastures), Bryansk, 2011, 211 p.
6. Mameev V. V., Torikov V. E., *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2020, No. 1, pp. 55–62. (in Russ.)
7. Baikalo L. P., Serebrennikov Yu. I., *Vestnik KrasGAU*, 2020, No. 4, pp. 37–44. (in Russ.)
8. Torikov V. E., Kotikov M. V., Osipov A. A., Sedov V. V., *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2020, No. 3, pp. 26–32. (in Russ.)
9. Serebrennikov Yu. I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 2, pp. 50–59. (in Russ.)
10. Vorobyov G. T., *Pochvy Bryanskoy oblasti* (Soil Bryansk region), Bryansk, 1993, 160 p.
11. Sychev V. G., Lunev V. I., Orlov P. M., Belous N. M., *CHernobyl': radiacionnyj monitoring sel'skohozyajstvennykh ugodij i agrohimicheskie aspekty snizheniya posledstvij radioaktivnogo*

- zagryazneniya pochv (k 30-letiyu tekhnogennoj avarii na CHernobyl'skoj AES)* (Chernobyl: radiation monitoring of agricultural land and agrochemical aspects of reducing the consequences of radioactive soil pollution (on the 30th anniversary of a man-made accident at the Chernobyl nuclear power plant)), Moscow: VNIIA, 2016, 184 p.
12. Belous N.M., Shapovalov V.F., Malyavko G.P., Smolsky E.V., Merkelov O.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015, Vol. 29, No. 3, pp. 33–35. (in Russ.)
  13. Sychev V.G., Belous N.M., Smolsky E.V., *Plodorodie*, 2015, No. 3, pp. 2–5. (in Russ.)
  14. Shapovalov V.F., Kharkevich L.P., Belous N.M., *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2007, No. 1, pp. 11–12. (in Russ.)
  15. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *J. Crop. Sci.*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40.
  16. Goncharenko A.A., *Vestnik RASKhN*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (in Russ.)
  17. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Islamgulov D.R., *Metodika rascheta I ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij* (Methodology for calculation and estimation of parameters of ecological plasticity of agricultural plants), Ufa, 2011, 99 p.
  18. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.