

## Выводы

Сравнительная оценка количественных признаков образцов озимого тритикале показала, что интенсификация технологии возделывания достоверно положительно влияла на урожайность, количество продуктивных стеблей, содержание и сбор сырого протеина, а также содержание клейковины в зерне. Остальные изученные показатели характеризовались слабой отзывчивостью на дополнительные агротехнические приемы возделывания.

Интенсификация технологии возделывания способствовала повышению устойчивости образцов озимого тритикале к мучнистой росе, септориозу листьев и колоса, а также снижению генотипической изменчивости этих признаков. Комплекс изученных болезней оказал наиболее ощутимое воздействие на показатель урожайности и биохимический состав зерна.

УДК 633.111«324»:631[526.32.527]

## Адаптивность пшеницы мягкой озимой по массе 1000 зерен

А. С. Будько, соискатель, научный сотрудник  
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 25.05.2022)

*В статье представлены результаты определения адаптивного потенциала сортообразцов пшеницы мягкой озимой по массе 1000 зерен при испытании в центральном регионе Республики Беларусь. Выделены ценные генотипы экстенсивного и интенсивного типа, которые в зависимости от уровня агротехники и погодных условий обеспечат высокое качество урожая. Получена ценная информация о реакции генотипов на условия произрастания, благодаря чему значительно повысилась эффективность селекционного процесса.*

## Введение

Перед сельскохозяйственным производством стоит задача получения не только высоких и устойчивых урожаев, но также и зерна высокого качества как в технологическом, так и в пищевом плане.

Исторически сложилось, что приоритетным направлением большинства исследований является создание сортов с высоким потенциалом продуктивности и генетической устойчивостью к различным агроклиматическим условиям возделывания. При этом изучение адаптивности к условиям выращивания по показателям качества зерна отодвигается на второй план.

В зависимости от агроклиматических условий сорта пшеницы мягкой озимой со сравнительно высоким качеством зерна могут сохранять это свойство или резко снижать его. Предпочтение отдается генотипам, стабильно сохраняющим хорошее качество при различных условиях выращивания.

Генотип-средовые взаимодействия – сложные процессы, существенно влияющие на реализацию генотипа в фенотипе. Для надежного моделирования поведения конкретных сортов в определенных экологических усло-

## Литература

1. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ / Л. Т. Бабаянц [и др.]. – Прага: [б. и.], 1988. – 321 с.
2. Септориозы зерновых культур и их вредоносность / Н. А. Крупенько [и др.]. // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. агр. навук. – 2017. – № 4. – С. 66–75.
3. ГОСТ 10840-64. Зерно. Методы определения природы.
4. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
5. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.
6. Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (*×Triticosecale* Wittmack) / D. Losert. [et al.] // Plant Breeding. – 2017. – № 136. – P. 18–27.

*The article presents the results of determining the adaptive potential of varieties of soft winter wheat by weight of 1000 grains when tested in the central region of the Republic of Belarus. Valuable genotypes of extensive and intensive types have been identified, which, depending on the level of agricultural technology and weather conditions, will ensure maximum crop quality. Valuable information was obtained about the reaction of genotypes to growing conditions, which significantly increased the efficiency of the breeding process.*

виях их природа изучена недостаточно. В связи с этим исследования по данному направлению представляют большой интерес как для адаптивного растениеводства, так и при подборе исходного материала для селекции новых сортов.

Масса 1000 зерен может служить критерием для косвенной оценки и отбора адаптивных генотипов на всех этапах селекции [1].

От крупности зерна зависят мукомольные и хлебопекарные свойства пшеницы. Более крупные зерна имеют большую устойчивость к лимитирующим факторам среды [2].

Зерна с высокой массой 1000 обладают, как правило, достаточным запасом питательных веществ и имеют повышенные посевные и урожайные свойства. Крупность зерна контролируется сложной генетической системой и представляет собой интегральный признак, определяющий целый рядом комплексных генетических факторов, находящихся во взаимодействии с окружающей средой. Знание статистических параметров зависимости массы 1000 зерен от условий среды и наследственных особенностей сортов позволит более целенаправленно решать вопросы использования генотипов и подбирать исходный материал [3].

Таким образом, целью наших исследований было определить адаптивный потенциал сортообразцов пшеницы мягкой озимой по массе 1000 зерен при испытании в центральном регионе Республики Беларусь.

### Условия и объекты исследований

Объектом исследований служили перспективные сортообразцы пшеницы мягкой озимой конкурсного сортоиспытания и сорт Элегия, который являлся контролем (К).

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с содержанием гумуса (по Тюрину) 2,31–2,95 % и кислотностью  $pH_{KCl}$  – 5,4–5,8; с содержанием подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову) – 213–230 и 268–310 мг/кг почвы соответственно. Предшествующей культурой являлся озимый рапс.

Сев проводили высококачественными семенами в I декаде сентября с нормой высева 4,0 млн шт./га всхожих семян сеялкой Wintersteiger по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 3-кратной повторности с учетной площадью деланки 10 м<sup>2</sup>. Посевной материал обеззараживали протравителем Баритон, КС в норме 1,5 л/т.

Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 75 кг/га действующего вещества (д. в.) и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д. в. Азотные удобрения (карбамид) вносили в виде трех подкормок: первая – при возобновлении весенней вегетации пшеницы озимой из расчета 60 кг/га д. в., вторая – в фазе конец кущения – начало выхода в трубку – 50 кг/га д. в. и третья (интенсивная технология) – при появлении флагового листа в дозе 40 кг/га д. в.

Для защиты посевов от сорной растительности осенью применяли гербицид Алистер гранд, МД (в фазе ДК 11–13) в норме 0,7 л/га. Фунгицидную обработку посевов проводили препаратом Зантара, КЭ в норме расхода 0,8 л/га (в фазе ДК 37–39).

При интенсивной технологии половинную норму (0,2 л/га) ретарданта Моддус, КЭ вносили в фазе ДК 30–31. Для защиты колоса от болезней использовали фунгицид Прозаро, КЭ, опрыскивание проводили (ДК 61–63) с нормой расхода препарата 0,8 л/га.

Согласно учетам и наблюдениям Борисовской метеостанции, в годы проведения исследований имелись значительные различия по температурному режиму и сумме выпавших осадков, что позволило объективно оценить изучаемые сортообразцы.

За время активной вегетации осеннего периода в годы проведения исследований сумма активных температур составила 511–637 °С, что на 43–70 % выше климатической нормы. За этот период в 2016 г. осадков выпало на уровне климатической нормы, в 2017 г. – на 39 % выше, а в 2018 г. лишь 60 % от нормы.

Условия перезимовки были достаточно благоприятными. Самыми холодными периодами были первая декада января 2017 г. (–11,6 °С) и третья декада февраля 2018 г. (–13,4 °С). Температура воздуха на глубине узла кущения во время перезимовки в эти годы не опускалась ниже –3 °С. Период покоя длился 110–120 дней. Вегетация возобновлялась в апреле, когда среднесуточная температура воздуха превышала +5 °С.

Погодные условия 2017 г. выдались умеренно теплыми. Среднесуточная температура воздуха за весенне-летний период вегетации (апрель – июль) составила 12,6 °С при норме 13,6 °С. В сумме атмосферных осадков за этот период выпало в пределах 265,5 мм, данный уровень приближался к многолетним значениям и составил 91 % от нормы. Характер выпадения осадков был неравномерным, наибольшее их количество пришлось



2017 г.



2018 г.



2019 г.

Фото демонстрируют различия выполненности зерен озимой пшеницы в зависимости от года

на III декаду апреля – I декаду мая (218 % к норме). В летний период основная доля осадков пришлась на II–III декады июня (65 % от нормы) и II–III декады июля (152 %).

Весенний период 2018 г. выдался очень теплым и сухим. Температура воздуха во все декады была выше климатической нормы на 2–6 °С. Апрельская и майская засуха крайне негативно отразилась на посевах озимой пшеницы, гидротермический коэффициент составил соответственно всего 0,64 и 0,19. Улучшению условий вегетации способствовали дожди (27–24 % от нормы), прошедшие в I и II декадах июня, а также избыточное количество осадков в I и II декадах июля (136–189 % от нормы) при средней температуре воздуха +17–19 °С.

Условия вегетации 2019 г. отличились нестабильностью распределения тепла и осадков по декадам. Погода в апреле была сухой, количество осадков за месяц составило всего 0,6 мм при превышении нормы среднесуточных температур на 2 °С. В I декаде мая выпало 330 % осадков от нормы, однако в дальнейшем сильных дождей не наблюдалось вплоть до II декады июня. Начиная со II декады мая и до конца июля установилась жаркая погода с небольшим количеством осадков. Температура воздуха была выше нормы на 2,5–6 °С, а количество осадков не превысило 50 % от нормы.

Масса 1000 зерен сортообразцов выступала в качестве учетного признака. Уровень варьирования определяли по классификации Гужова Ю. Л: уровень незначительный ( $V = 8$  %); умеренно слабый ( $V = 8,1–10,0$  %); ниже среднего ( $V = 10,1–12,0$  %); средний ( $V = 12,1–18,0$  %); выше среднего ( $V = 18,1–20,0$  %); умеренно высокий ( $V = 20,1–24,0$  %); высокий ( $V = 24,1–36,0$  %); очень высокий ( $V = 36,1$  %) [4]. Для расчета показателя гомеостатичности применяли метод В. В. Хангильдина [6]. Генетическую гибкость сортообразцов рассчитывали как среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях  $((Y_{max} + Y_{min}) \div 2)$ . Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипом сортообразца и факторами среды [5].

Результаты исследований и их обсуждение

На формирование массы тысячи зерен оказывают влияние как генотип, так и условия произрастания пшеницы мягкой озимой. На рисунке представлена круговая диаграмма, которая показывает долю влияния факторов на изменчивость массы 1000 зерен в наших исследованиях.

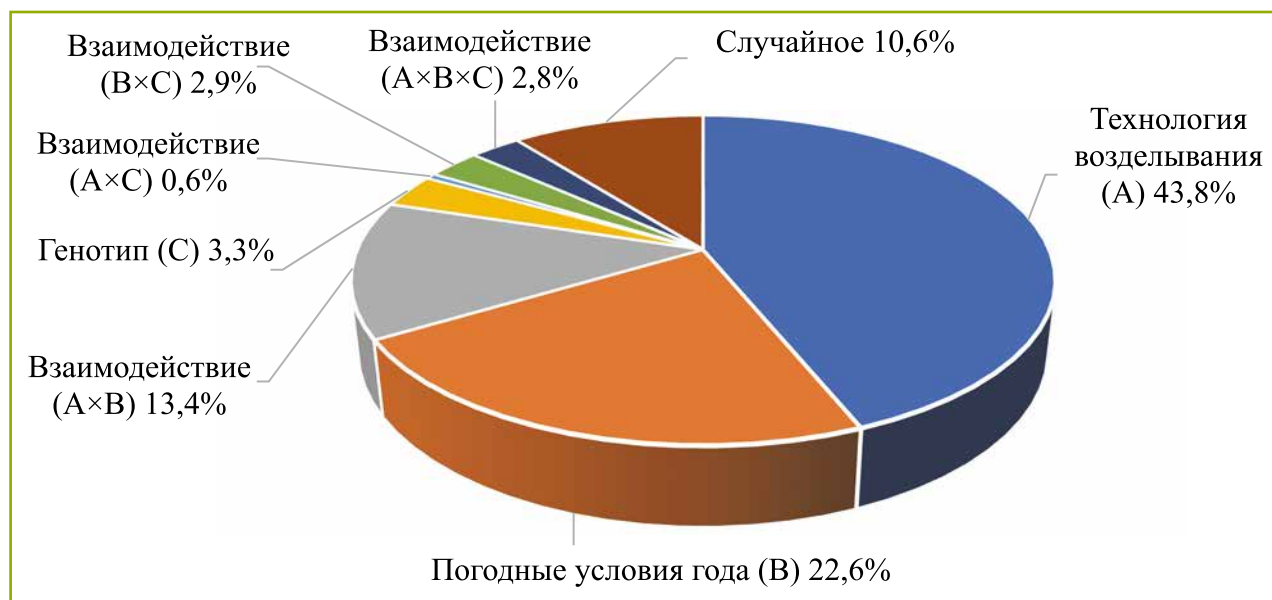
Согласно данным рисунка, доминирующее влияние на изменчивость массы 1000 зерен оказывал уровень интенсификации технологии возделывания (44 %). Погодные условия произрастания повлияли на 23 %. На долю особенностей генотипа пришлось порядка 3,3 %. Взаимодействие факторов повлияло от 1 % до 13 % в зависимости от комбинации.

За весь период исследований масса 1000 зерен в среднем по всем сортообразцам составила 45,1 г, изменяясь от 28,0 г до 56,4 г. Наиболее благоприятные условия для формирования крупного зерна сложились в 2017 г. – индекс условий среды составил  $\bar{I}_j = +7,08$  при традиционной технологии возделывания и  $\bar{I}_j = +8,51$  – при интенсивной. Среднее значение массы 1000 зерен в данном году находилось на уровне 52,2 г при традиционной технологии и 53,6 г – при интенсивной. Самое щуплое зерно сформировалось в 2019 г.: индекс условий среды оказался отрицательным и изменялся в зависимости от технологии от  $\bar{I}_j = -10,26$  до  $\bar{I}_j = -10,31$ . Среднее значение массы 1000 зерен за этот год составило 34,8 г (таблица 1).

Коэффициент вариации за годы исследований изменялся от 14,73 % до 21,91 %, что свидетельствует о незначительной его изменчивости.

Высокой крупностью зерна в среднем за годы исследований характеризовались сортообразцы: № 1385 – 47,3 г; № 1228-4-1 – 47,0 г; № 1391 – 46,6 г. Самое мелкое зерно за весь период исследований формировал сортообразец № 1128-4-11 (41,7 г). Данные сортообразцы могут выступать в качестве источника крупности зерна при гибридизации.

В таблице 2 представлены результаты расчетов параметров адаптивности по массе 1000 зерен.



Доля влияния факторов на изменчивость массы 1000 зерен пшеницы мягкой озимой

Таблица 1 – Изменчивость массы 1000 зерен сортообразцов пшеницы мягкой озимой

Сортообразец	Масса 1000 зерен, г						$\chi_i$	V, %
	2017 г.		2018 г.		2019 г.			
	I	II	I	II	I	II		
Элегия (К)	52,4	54,3	47,5	50,7	34,9	31,8	45,3	21,08
1372	54,6	56,4	46,9	50,3	32,1	37,4	46,3	20,95
1339-1-1	53,9	54,1	47,1	49,4	32,1	37,4	45,6	19,78
1385	55,2	55,7	48,3	50,0	42,0	33,0	47,3	18,29
1172-3-2	51,7	54,1	48,7	49,1	38,0	34,6	46,0	17,09
1172-3-1	54,2	55,7	48,2	49,4	33,5	37,7	46,4	19,30
1228-4-1	51,5	55,9	47,5	48,1	43,5	35,7	47,0	14,73
1228-4-2	50,9	52,0	42,2	44,1	34,0	38,4	43,6	16,09
1391	54,4	55,0	48,3	50,8	35,5	35,6	46,6	19,09
1338-1-1	51,4	52,1	45,8	48,6	41,1	32,6	45,3	16,36
1202-1	51,4	51,9	48,6	49,9	31,3	32,4	44,2	21,91
1209-2-1	50,5	53,5	41,7	48,1	36,0	30,3	43,3	20,73
1202-2	50,1	50,7	47,7	48,4	29,0	36,0	43,6	20,58
1128-4-11	49,5	50,1	41,0	45,2	28,0	36,2	41,7	20,40
1328-2-3	51,1	52,8	47,6	48,8	31,9	33,0	44,2	21,05
$\chi_j$	52,2	53,6	46,5	48,7	34,8	34,8	–	–
V, %	3,47	3,66	5,60	3,84	13,2	7,16	–	–
$I_j$ (индекс среды)	7,08	8,51	1,35	3,62	-10,26	-10,31	–	–

Примечание – Технология возделывания: I – традиционная, II – интенсивная.

Таблица 2 – Параметры адаптивности массы 1000 зерен сортообразцов пшеницы мягкой озимой

Сортообразец	Параметры адаптивности							
	$Y_{max}$	$Y_{min}$	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{max} + Y_{min}) \div 2$	$\chi_i$	Ном <sub>j</sub>	$\beta_i$	S <sup>2</sup>
Элегия (К)	54,3	31,8	-22,5	43,1	45,3	12,0	1,13	2,1
1372	56,4	32,1	-24,3	44,2	46,3	12,7	1,14	3,9
1339-1-1	54,1	32,1	-22,0	43,1	45,6	14,1	1,06	3,9
1385	55,7	33,0	-22,8	44,3	47,3	17,5	0,98	10,6
1172-3-2	54,1	34,6	-19,5	44,4	46,0	18,4	0,93	2,1
1172-3-1	55,7	33,5	-22,2	44,6	46,4	14,8	1,06	2,5
1228-4-1	55,9	35,7	-20,2	45,8	47,0	28,7	0,76	9,9
1228-4-2	52,0	34,0	-18,0	43,0	43,6	25,0	0,79	7,1
1391	55,0	35,5	-19,5	45,2	46,6	14,7	1,06	0,2
1338-1-1	52,1	32,6	-19,5	42,4	45,3	21,9	0,83	9,0
1202-1	51,9	31,3	-20,6	41,6	44,2	10,8	1,14	4,2
1209-2-1	53,5	30,3	-23,2	41,9	43,3	14,2	1,04	7,1
1202-2	50,7	29,0	-21,7	39,8	43,6	12,7	1,02	9,3
1128-4-11	50,1	28,0	-22,1	39,1	41,7	15,5	0,96	9,7
1328-2-3	52,8	31,9	-20,9	42,3	44,2	11,9	1,10	1,6
НСР <sub>0,5</sub>	–	–	–	–	3,18	–	–	–

Как следует из данных таблицы 2, наименьшая разница между минимальной и максимальной массой 1000 зерен, а именно высокая стрессоустойчивость отмечена у сортообразца № 1228-4-2 ( $Y_{min} - Y_{max} = -18,0$  г), также по  $Y_{min} - Y_{max} = -19,5$  г показали сортообразцы № 1172-3-2, № 1391 и № 1338-1-1.

Высокой генетической гибкостью отличились сортообразцы № 1228-4-1 (45,8 г), № 1391 (45,2 г), № 1172-3-1 (44,6 г).

Взаимосвязь гомеостатичности и коэффициента вариации говорит об устойчивости признака в изменяющихся условиях среды. В наших исследованиях высокую гомеостатичность и низкий коэффициент вариации показал сортообразец № 1228-4-1 (Ном<sub>j</sub> = 28,7; V = 14,7 %).

Такие сортообразцы, как № 1372, № 1202-1 показали коэффициент регрессии ( $\beta_i$ ) (пластичность) выше единицы. Многие сортообразцы по пластичности оказались близкими к единице. Самый низкий коэффици-

ент отмечен по сортообразцам № 1228-4-1 ( $b_1 = 0,76$ ) и № 1228-4-2 ( $b_1 = 0,79$ ).

Величина дисперсии отклонений от линии регрессии ( $S^2$ ) характеризует устойчивость показателя во времени и пространстве, и чем меньше дисперсия, тем большей устойчивостью отличается сортообразец. В наших исследованиях наиболее стабильными были сортообразцы № 1391 ( $S_i^2 = 0,2$ ), № 1328–2–3 ( $S_i^2 = 1,6$ ). Низкой стабильностью отличались сортообразцы № 1385 ( $S_i^2 = 10,6$ ), 1228-4-1 ( $S_i^2 = 9,9$ ), 1128-4-11 ( $S_i^2 = 9,7$ ).

### Выводы

Таким образом, по результатам анализа массы 1000 зерен сортообразцов пшеницы мягкой озимой по параметрам адаптивности выделены ценные генотипы экстенсивного и интенсивного типа, которые в зависимости от уровня агротехники и погодных условий обеспечат высокое качество урожая. С опорой на результаты исследований можно заключить, что проанализированные параметры дают ценную информацию о реакции генотипов на условия произрастания.

Методы оценки адаптивных свойств, которые применялись в данных исследованиях, взаимодополняемы, благодаря чему увеличивается информативность о реакции генотипов на изменение условий вегетации. С целью получения более объективных и достоверных данных методы оценки адаптивных свойств необходимо применять в комплексе.

УДК 633.2:631.524.84(476)

## Сравнительная продуктивность и качественный состав зеленой массы засухоустойчивых культур в северном регионе Республики Беларусь

Н. Н. Зенькова, Т. М. Шлома, И. В. Ковалёва, кандидаты с.-х. наук

Витебская государственная ордена «Знак Почета» академия ветеринарной медицины

(Дата поступления статьи в редакцию 26.01.2022)

*Сорговые культуры в северном регионе Республики Беларусь формируют урожайность зеленой массы в пределах 252,7–530,4 ц/га. Наиболее продуктивным из них является сорго-суданковый гибрид при одноукосном использовании, минимальную урожайность зеленой массы сформировала чумиза. По сбору сырого и переваримого протеина преимущество имели посеvy сорго-суданкового гибрида при одноукосном использовании, где эти показатели составили 14,3 и 9,7 ц/га и суданской травы – 9,20 и 6,2 ц/га соответственно. У всех изучаемых сорговых культур обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином находилась в пределах 68–91 г.*

### Введение

Повышение эффективности животноводства, увеличение производства продукции возможно только при создании прочной кормовой базы. Производство и заготовка травяных кормов в настоящее время осуществляется с использованием традиционного ассортимента кормо-

### Литература

1. Корзун, О. С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О. С. Корзун, А. С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.
2. Зыкин, В. А. Экология пшеницы: монография / В. А. Зыкин, В. П. Шаманин, И. А. Белан. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 124 с.
3. Стрижова, Ф. М. Роль сортовых особенностей яровой мягкой пшеницы в формировании признака "масса 1000 зерен" / Ф. М. Стрижова, Л. В. Беленинова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4 (90). – С. 19–20.
4. Гужов, Ю. Л. Закономерности модификационного и генотипического варьирования количественных признаков у сортов яровой пшеницы с разным числом генов карликовости / Ю. Л. Гужов // Сельскохозяйственная биология. – 1978. – № 1. – С. 49–56.
5. Мартынова, С. В. Формирование урожайности высокопродуктивных линий ярового ячменя в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины / С. В. Мартынова, В. Н. Пакуль // Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: докл. и сообщ. XI Междунар. генетико-селекц. шк. семинара (пос. Краснообск, 9–13 апреля 2013 г.) / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд.-ние. Сиб. науч.-исслед. ин-т растениеводства и селекции. – Новосибирск, 2013. – С. 139–143.
6. Хангильдин, В. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях / В. В. Хангильдин, С. В. Бирюков // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. – 1984. – № 1. – С. 67–76.

*Sorghum crops in the northern region of the Republic of Belarus form the yield of green mass in the range of 252,7–530,4 c/ha. The most productive of them is the sorghum-sudank hybrid with single-axis use, the minimum yield of the green mass was formed by chumiza. For the collection of raw and digestible protein, sorghum-sudanese hybrid crops had an advantage with single-crop use, where these indicators were 14,3 and 9,7 c/ha and sudanese grass – 9,20 and 6,2 c/ha, respectively. In all the studied sorghum cultures, the provision of a feed unit with digestible protein was in the range of 68–91 g.*

вых культур. Однако в условиях, характеризующихся недостатком влаги и высоким температурным режимом, большое значение для стабилизации и увеличения производства кормов имеет возделывание культур, обеспечивающих высокую урожайность в экстремальных условиях [1, 3]. В этой связи появилась необходимость поиска культур, являющихся альтернативой традиционным однолетним кормовым культурам. Большие перспек-