

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРГО САХАРНОГО В СМЕСИ С БОБАМИ КОРМОВЫМИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

А.Ю. Тимохин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, В.С. Бойко¹, доктор сельскохозяйственных наук, А.Б. Володин², кандидат сельскохозяйственных наук, Т.Н. Нижельский¹, аспирант, В.В. Михайлов¹, кандидат биологических наук

¹Омский аграрный научный центр,
644012, Омск, просп. Королева, 26
E-mail: timokhin@anc55.ru

²Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,
356241, Ставропольский край, Михайловск, ул. Никонова, 49

Исследования проводили с целью изучения влияния различных условий минерального питания на продуктивность сорго сахарного в смеси с бобами кормовыми в условиях юга Западной Сибири. Работу выполняли в 2020–2021 гг. в полевом опыте в Омской области. Схема эксперимента предполагала изучение следующих вариантов: обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А) – средняя (50...100 мг/кг по Ф.В. Чирикову, фон 0), повышенная (100...120 мг/кг, фон I и 140...150 мг/кг, фон II), высокая (150...200 мг/кг, фон III); фосфорное удобрение (фактор В) – P_0 , P_{60} ; азотное удобрение (фактор С) – N_0 , N_{30} , N_{60} . Почва опытного участка в пахотном слое в контроле характеризовалась нейтральной реакцией среды, содержанием гумуса 7,01...7,24 %, низкой обеспеченностью нитратным азотом в слое 0...0,4 м, средней – подвижным фосфором и высокой – подвижным калием в слое 0...0,2 м. Выращивание засухоустойчивых культур позволяет эффективно использовать ресурсы атмосферной и почвенной влаги. Применение минеральных удобрений также способствует экономному её расходованию на единицу урожая, существенно уменьшая коэффициент водопотребления. С повышением уровня обеспеченности фосфором отмечали тенденцию увеличения доли бобовой культуры, применение азотных минеральных удобрений повышало конкурентную способность сорго сахарного. Оптимизация условий минерального питания обеспечивала производство до 5,68 тыс. корм. ед./га и 28,29 т/га зеленой массы при 3,10 тыс. корм. ед./га и 15,38 т/га зеленой массы в контроле. Сбор более 0,5 т переваримого протеина и 60 ГДж/га обменной энергии в урожае бобово-сорговой смеси служит неплохим вкладом в систему полевого кормопроизводства лесостепи юга Западной Сибири.

PRODUCTIVITY OF SUGAR SORGO IN A MIX WITH FORAGE BEANS IN MODELING VARIOUS CONDITIONS OF MINERAL NUTRITION

A.Yu. Timokhin, V.S. Boiko, A.B. Volodin, T.N. Nizhelsky, V.V. Mikhailov

¹Omsk agrarian scientific center,
644012, Omsk, prosp. Korolova, 26
E-mail: timokhin@anc55.ru

²North Caucasus Federal Agricultural Research Center,
356241, Stavropol'skii krai, Mikhailovsk, ul. Nikonova, 49

The studies were carried out in 2020–2021, in the conditions of a field experiment at the hospital of the FSBSI "Omsk ASC". The purpose of the research is to study the influence of various conditions of mineral nutrition on the productivity of sugar sorghum mixed with fodder beans in the conditions of the south of Western Siberia. The scheme of the experiment involved the study of the following options: soil supply with mobile phosphorus (factor A) - medium (50 ... 100 mg / kg according to F.V. Chirikov, background 0), increased (100 ... 120 mg / kg, background I and 140 ... mg/kg, background II), high (150...200 mg/kg, background III); phosphorus fertilizer (factor B) - P_0 , P_{60} ; nitrogen fertilizer (factor C) - N_0 , N_{30} , N_{60} . The soil of the experimental plot was characterized by a neutral pH water of the arable layer with a humus content of 7.01 ... 7.24%, a low supply of nitrate nitrogen in a layer of 0 ... 0.4 m, an average supply of mobile phosphorus and a high supply of exchangeable potassium in a layer of 0 ... 0.2 m on control. Growing drought-resistant crops allows efficient use of atmospheric and soil moisture resources. The use of mineral fertilizers also contributes to its economical use per unit of crop, significantly reducing the value of the water consumption coefficient. The ratio of the legume and bluegrass components in the grass mixture to a certain extent depended on the conditions of mineral nutrition. With an increase in the level of phosphorus supply, there was a tendency to increase the share of legumes, the use of nitrogen mineral fertilizers increased the competitive ability of sugar sorghum. Optimization of the conditions of mineral nutrition provided up to 5.68 thousand feed units/ha and 28.29 t/ha of green mass at 3.10 thousand feed units/ha and 15.38 t/ha of green mass in the control variant. The collection of more than 0.5 ton of digestible protein and 60 GJ/ha of metabolic energy in the crop of a legume-sorghum mixture is a good contribution to the system of forage production in the forest-steppe of Western Siberia.

Ключевые слова: сорго сахарное (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.), бобы кормовые (*Vicia faba* L.), кормопроизводство, кормовые единицы, зелёная масса, обменная энергия, переваримый протеин.

Key words: sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.), fodder beans (*Vicia faba* L.), fodder production, fodder units, green mass, metabolic energy, digestible protein.

Характерная особенность климата юга Западной Сибири – неравномерное распределение осадков в летний период. При этом, согласно прогнозам климатологов, в будущем в этом регионе продолжит развиваться тен-

денция к сокращению количества осадков, что служит причиной расширения посевов таких засухоустойчивых культур, как сахарное сорго, формирующее в этих условиях высокие и стабильные урожаи [1, 2].

Интенсивное кормопроизводство направлено на максимальное использование почвенно-климатических ресурсов для накопления высоких урожаев. Биомасса сорговых культур служит высокоэнергетическим кормом с повышенным содержанием протеина и клетчатки, который отличается хорошей поедаемостью животными [2, 3]. Формирование смешанных посевов сорго и бобовых позволяет не только увеличивать питательность кормов, благодаря повышению обеспеченности протеином, но и сохранять плодородие почвы вследствие эффективного использования сорговыми азотных удобрений [4, 5].

Основной лимитирующий фактор в растениеводстве – вода. В условиях лесостепной зоны на невегетационные осадки приходится до 50 % от суммы годовых, при этом в почве аккумулируется всего 25...40 %, а остальное количество теряется на сток и физическое испарение. Следует отметить, что при жаркой и ветреной погоде весной потери влаги часто превышают количество выпавших осадков в период от схода снега до посева сельскохозяйственных культур. Применение средств интенсификации увеличивает массу растительных остатков, повышающих адсорбирующую и поглощающую поверхность почвы, что создает благоприятные условия для поглощения воды и элементов питания, положительно влияет на ее водно-физические параметры [6, 7]. Существенное влияние на размеры урожая оказывают биологические особенности культуры, почвенные и гидротермические условия, система обработки почвы, сорт и др. [8, 9]. В связи с изложенным актуальной задачей выступает оптимизация водного и питательного режимов посредством усовершенствования элементов агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – изучить влияние различных условий минерального питания на продуктивность сорго сахарного в смеси с бобами кормовыми в условиях юга Западной Сибири.

Методика. Работу проводили в 2020–2021 гг. в длительном (с 1978 г.) стационарном опыте ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепи Омской области (55.046561°N 73.454574°E) в зернотравном севообороте, предшественник – ячмень яровой. Площадь делянки – 360 м², повторность трехкратная.

Объектами исследований служили сорго сахарное (среднеранний сорт Галия) в смеси с бобами кормовыми (сорт Сибирские) и лугово-чернозёмная среднеспелая, среднегумусная, тяжелосуглинистая почва с нейтральной реакцией среды пахотного слоя, содержанием гумуса 7,01...7,24 %, мощностью гумусового горизонта – 0,45 м, с низкой обеспеченностью нитратным азотом в слое 0...0,4 м, средней – подвижного фосфора и высокой – подвижного калия в слое 0...0,2 м.

Схема опыта предусматривала следующие варианты: обеспеченность почвы подвижным фосфором (фак-

тор А) – средняя (50...100 мг/кг по Ф.В. Чирикову, фон 0), повышенная (100...120 мг/кг, фон I и 140...150 мг/кг, фон II), высокая (150...200 мг/кг, фон III);

фосфорное удобрение (фактор В) – P_0 , P_{60} ;

азотное удобрение (фактор С) – N_0 , N_{30} , N_{60} .

Минеральные удобрения (аммофос и аммиачную селитру) вносили весной до предпосевной культивации сеялкой СЗП-3,6. Основная обработка почвы – отвальная на глубину 20...22 см. Норма высева сорго – 20 кг/га (1 млн шт./га), бобов – 140 кг/га (0,4 млн шт./га), посев – 25 мая. Учет урожайности зеленой массы осуществляли 25 августа в фазе начала выметывания сорго. Подвижный фосфор и нитратный азот определяли по общепринятым в агрохимии методикам (ГОСТ 26488-85, ГОСТ 26204-91).

Расчет сбора кормовых единиц, переваримого протеина и обменной энергии проводили по результатам зоотехнического анализа, проведенного в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский» с определением показателей питательности в компонентах травосмеси.

Метеоусловия 2020 г. были контрастными и в целом засушливыми. Увлажнение почвы к периоду посева находилось на уровне, близком к наименьшей влагоёмкости. В целом период вегетации (май–август) оказался теплее обычного на 1,8 °С, в том числе май – на 4,3 °С. Прохладным выдался только июнь – 18,0 °С, что на 1,1 °С ниже средних многолетних значений. Во второй половине вегетации отмечена жаркая и засушливая погода (ГТК – 0,20...0,89). В целом, за вегетационный период количество осадков было значительно меньше нормы (64 %).

Вегетационный период 2021 г. был неблагоприятным для роста и развития агрокультур. Высокие дневные температуры воздуха в мае на фоне сильного порывистого ветра, а также резкое понижение их ночью до 0,3 °С провоцировало интенсивную потерю почвенной влаги, среднемесячная температура воздуха превышала норму на 2,8 °С. Недобор тепла в июне составил 1,1 °С, дефицит осадков – 10,3 мм, днём воздух прогревался до 32,6 °С, ночью температура опускалась до 2,8 °С. Июль также характеризовался резкими перепадами температур от 36,2 °С днём до 8,4 °С ночью, дефицит осадков за месяц составил 32,2 мм. Август характеризовался тёплой погодой, основные осадки выпали в первой и второй декадах. Их дефицит на фоне высоких температур воздуха в течение вегетации ускорил развитие и созревание сельскохозяйственных культур.

Результаты и обсуждение. В начальный период вегетации формирование полных всходов культуры определяет запас влаги в почве, который зависит от осенне-зимних осадков. В нашем исследовании исходный запас общей влаги в почве в среднем за 2020–2021 гг. в полуметровом слое почвы варьировал от 156 до 166 мм (86...90 % от НВ (наименьшей влагоёмкости), в метровом – от 249 до 267 мм (84...90 % от НВ), при слабой

Табл.1. Исходный запас общей влаги в почве в зависимости от фона по обеспеченности фосфором

Год	Слой почвы, м	Фон по обеспеченности P ₂ O ₅								Среднее	
		0		I		II		III			
		мм	%НВ*	мм	%НВ	мм	%НВ	мм	%НВ	мм	%НВ
2020	0...0,6	156	85	143	78	154	84	160	87	153	83
	0...1,0	256	86	233	78	248	84	256	86	248	84
2021	0...0,6	173	94	168	91	178	97	154	84	168	91
	0...1,0	275	93	266	90	285	96	247	83	268	90
Среднее	0...0,6	165	90	156	84	166	90	157	85	161	87
	0...1,0	266	89	249	84	267	90	251	85	258	87
*наименьшая влагоемкость (НВ) почвы для слоя 0...0,6 м – 184 мм, для слоя 0...1,0 м – 297 мм.											

*наименьшая влагоёмкость (НВ) почвы для слоя 0...0,6 м – 184 мм, для слоя 0...1,0 м – 297 мм.

зависимости от фона обеспеченности подвижным фосфором (табл. 1). Запас общей влаги к посеву однолетних трав в 2020 г. был ниже, чем в 2021 г., но также оставался в интервале от ВРК (влажности разрыва капилляров) до НВ и не ограничивал начальное развитие растений.

В течение вегетации растения потребляют влагу неравномерно. Повышенная чувствительность к ее дефициту возникает в период интенсивного морфогенеза, дифференциации и максимального роста репродуктивных органов растений. Запас общей влаги в метровом слое в период активной вегетации в 2020 г. не опускался ниже 70 % от НВ вплоть до начала августа. В 2021 г. влажность почвы находилась в интервале от ВРК до ВЗ (влажность завядания), что сдерживало рост растений и не могло не сказаться на их урожайности (рис. 1).

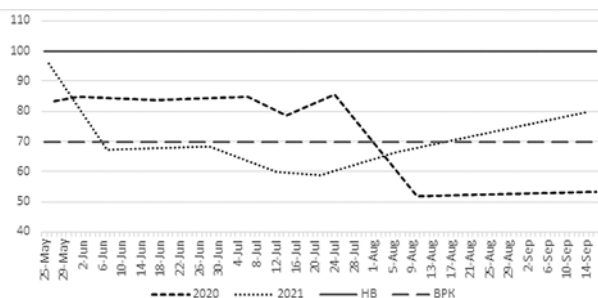


Рис. 1. Изменение содержания общей влаги в почве в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода, слой 0...1,0 м.

Особенность потребления почвенной влаги культурами в Западной Сибири состоит в том, что она используется преимущественно из верхнего полуметра. Водопотребление травосмеси в среднем за 2020–2021 гг. варьировало от 158 до 198 мм в слое 0...0,6 м и от 172 до 217 мм в метровом слое. В вариантах с внесением минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}$) отмечали увеличение суммарного водопотребления при слабой зависимости от фона обеспеченности подвижным фосфором (табл. 2).

Улучшение условий минерального питания положительно сказывалось на коэффициенте водопотребления. Так, применение перед посевом $N_{60}P_{60}$ снижало величину этого показателя с 36,5 до 28,8 мм/т для слоя 0...0,6 м и с 40,5 до 32,5 мм/т для слоя 0...1,0 м, или в среднем по этому фактору соответственно на 21 и 20 %. Положительная роль фонов с повышенной и высокой обеспеченностью подвижным фосфором выражалась в снижении коэффициента водопотребления в первом полуметре с 36,2 мм/т до 25,1...32,8 мм/т или на 9...31 %, в метровом слое – с 41,0 мм/т до 28,0...36,7 мм/т, что также в среднем по этому фактору на 10...32 % ниже.

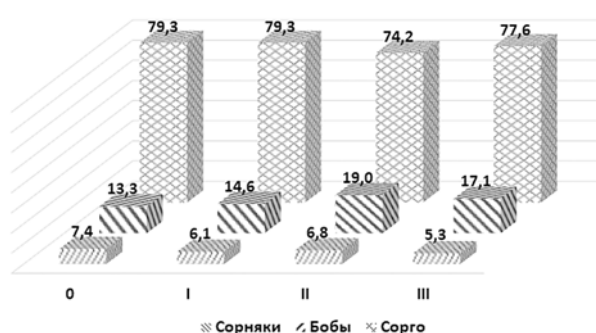


Рис. 2. Изменение ботанического состава травосмеси в зависимости от фонов с различной обеспеченностью подвижным фосфором, %.

В период уборки однолетних трав доля сорного компонента, в основном мятликовых сорняков, была невысокой – 5,3...7,4 % от биомассы. Доля бобов кормовых в среднем по опыту достигала 16,0 %, превалировало в ботаническом составе травосмеси сорго сахарное – 77,6 %. Соотношение бобового и мятликового компонентов в травосмеси в определенной степени зависело от условий минерального питания. Так, с повышением уровня обеспеченности фосфором отмечали тенденцию увеличения доли бобов кормовых с 13,3 % до 17,1...19,0 % при снижении доли сорго с 79,3 до 74,2 % (рис. 2).

Применение азотных минеральных удобрений в дозе N_{30} повышало конкурентную способность сорго сахарного и способствовало увеличению его доли в ботаническом составе травостоя с 76,7 до 81,0 % при снижении содержания бобов с 17,6 до 14,9 % и сорняков – с 5,7 до 4,1 % (рис. 3). Допосевное внесение N_{60} приводило к увеличению доли сорного компонента с 5,7 до 9,4 %. В этих условиях происходило снижение доли бобов с 17,6 до 15,5 %, сорго – с 76,7 до 75,1 % от биомассы.

Внесение фосфорсодержащих удобрений до посева достоверно увеличивало урожайность травосмеси с 19,62 до 23,57 т/га зеленой массы, или на 20 %, а сбор кормовых единиц (корм. ед.) – с 3,99 до 4,79 тыс./га. Последствие удобрений на фоне с высоким содержанием подвижного фосфора в почве выражалось в увеличении урожайности зеленой массы с 19,33 до 25,22 т/га, или с 3,92 до 5,13 тыс. корм. ед./га, что на 31 % выше (табл. 3).

Применение азотных удобрений было эффективным только в дозе 30 кг д.в. и увеличивало урожайность зеленой массы с 20,86 до 22,07 т/га (на 6 %). В целом, оптимизация условий минерального питания обеспечивала формирование до 5,68 тыс./га корм. ед. и 28,29 т/га зеленой массы при 3,10 тыс./га корм. ед. и 15,38 т/га зеленой массы в контроле. Наибольшую продуктив-

Табл. 2. Водопотребление сорго сахарного в смеси с бобами кормовыми в зависимости от условий минерального питания (2020–2021 гг.)

Минеральные удобрения, кг д.в./га	Фон по обеспеченности P ₂ O ₅								Среднее	
	0		I		II		III			
	0...0,6 м	0...1,0 м	0...0,6 м	0...1,0 м	0...0,6 м	0...1,0 м	0...0,6 м	0...1,0 м	0...0,6 м	0...1,0 м
Суммарное водопотребление, мм										
N ₆₀ P ₆₀	182	206	178	205	198	217	162	184	180	203
0	178	201	171	182	185	211	158	172	173	192
среднее	180	204	174	194	192	214	160	178	176	198
Коэффициент водопотребления, мм/т сухого вещества										
N ₆₀ P ₆₀	26,7	30,3	32,1	37,1	31,2	34,2	25,1	28,5	28,8	32,5
0	45,7	51,6	40,8	43,5	34,4	39,2	25,2	27,5	36,5	40,5
	36,2	41,0	36,4	40,3	32,8	36,7	25,1	28,0	32,6	36,5

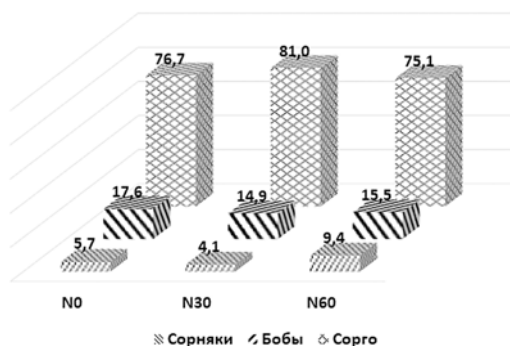


Рис. 3. Изменение ботанического состава травосмеси в зависимости от применения азотных удобрений, %.

ность – 5,84 тыс. корм. ед./га отмечали в варианте N_0P_{60} на фоне с высоким содержанием подвижного фосфора.

Как отмечено в литературе [10, 11] сахарное сорго сорта Галия довольно устойчиво к жаркому и сухому климату и рационально расходует воду, в отличие от кормовых бобов Сибирские, урожайность которых очень сильно зависит от количества атмосферных осадков [12, 13]. Поэтому сбор зеленой массы и сухого вещества сорго в смеси с бобами в условиях сухого и жаркого лета может быть ниже, чем у сорго, выращенного в монокультуре. Так, в условиях Ставропольского края максимальная продуктивность этого сорта составляла 13,09 т/га сухого вещества и 46,86 т/га зеленой массы, в Алтайском крае – 8,92 и 36,80 т/га соответственно [14, 15], что, вероятно, обусловлено более благоприятным сочетанием ресурсов тепла и влаги в конкретные годы и периоды вегетации.

Сбор переваримого протеина и обменной энергии определяли доля компонентов и их урожайность. Так, слабая реакция травосмеси урожайностью зеленой массы на азотные удобрения повторилась и в показателях выхода переваримого протеина (табл. 4). Положительная реакция бобового компонента на улучшение обеспечен-

Табл. 3. Урожайность травосмеси в зависимости от условий минерального питания (среднее за 2020–2021 гг.)

Минеральные удобрения, кг д.в./га		Фоны по обеспеченности почвы P ₂ O ₅ (фактор А)				Среднее по фактору	
фосфор (фактор В)	азот, (фактор С)	0	I	II	III	В	С
Зеленая масса, т/га							
0 P ₆₀	N ₀	15,38	17,31	21,34	22,52	19,62	20,86
	N ₃₀	18,26	18,08	18,48	24,02		
	N ₆₀	17,24	20,01	20,45	22,39		
	N ₀	21,24	20,17	20,36	28,56	23,57	22,07
	N ₃₀	22,19	22,90	24,36	28,29		
	N ₆₀	21,66	24,45	23,13	25,58		
Среднее по фактору А		19,33	20,49	21,35	25,22		
НСР ₀₅ : А – 2,82; В – 1,99; С – 2,44; для частных различий – 6,91							
Продуктивность, тыс. корм. ед./га							
0 P ₆₀	N ₀	3,10	3,52	4,33	4,60	3,99	4,25
	N ₃₀	3,70	3,68	3,77	4,91		
	N ₆₀	3,49	4,04	4,18	4,56		
	N ₀	4,34	4,08	4,16	5,84	4,79	4,44
	N ₃₀	4,48	4,64	4,96	5,68		
	N ₆₀	4,39	4,98	4,70	5,18		
Среднее по фактору А		3,92	4,16	4,35	5,13		
НСР ₀₅ : А – 0,56; В – 0,39; С – 0,48; для частных различий – 1,38							

ности фосфором выражалась как положительной тенденцией на предпосевное внесение фосфорных удобрений, так и устойчивой прибавкой от нарастающей обеспеченности подвижным фосфором вследствие последствий ранее внесенных удобрений. Предпосевное внесение фосфора эффективно на фоне со средней обеспеченностью этим элементом в вариантах без применения фосфорсодержащих удобрений в течение всего длительного периода исследований в экспериментальном зернотравяном севообороте. В целом, сбор более 0,5 т/га переваримого протеина в урожае бобово-сорговой смеси служит неплохим вкладом в систему полевого кормопроизводства для лесостепи Западной Сибири.

Выращивание изучаемой смеси энергетически также было эффективно. Сбор обменной энергии в наиболее урожайных вариантах достигал 60 ГДж/га, что почти

Табл. 4. Продуктивность травосмеси в зависимости от условий минерального питания (среднее за 2020–2021 гг.)

Минеральные удобрения, кг д.в./га		Фон по обеспеченности почвы P ₂ O ₅ (фактор А)				Среднее по фактору	
фосфор (фактор В)	азот (фактор С)	0	I	II	III	В	С
Переваримый протеин, т/га							
0	N ₀	0,36	0,42	0,51	0,56	0,48	0,51
	N ₃₀	0,43	0,44	0,46	0,60		
	N ₆₀	0,41	0,46	0,51	0,55		
P ₆₀	N ₀	0,53	0,47	0,51	0,72	0,57	0,53
	N ₃₀	0,51	0,54	0,59	0,64		
	N ₆₀	0,51	0,60	0,56	0,61		
Среднее по фактору А		0,46	0,49	0,52	0,61		
Обменная энергия, ГДж/га							
0	N ₀	33,08	37,40	46,08	48,82	42,42	45,13
	N ₃₀	39,40	39,13	40,05	52,07		
	N ₆₀	37,16	43,06	44,33	48,47		
P ₆₀	N ₀	46,08	43,47	44,15	61,96	50,91	47,64
	N ₃₀	47,75	49,38	52,68	60,69		
	N ₆₀	46,72	52,94	49,99	55,17		
Среднее по фактору А		41,70	44,23	46,21	54,53		

второе превышает ее затраты на выполнение агротехнологии [16]. С этой точки зрения азотные удобрения были также малоэффективны, как и их влияние на сбор зеленой массы, кормовых единиц и переваримого протеина. Эффективность фосфорных удобрений была выше, особенно в вариантах с длительным отрицательным балансом этого макроэлемента. Сочетание бобовой и мятликовой культур позволяет балансировать качество корма на зоотехнически и энергетически приемлемом уровне.

Выводы. Гидротермические условия Омской области, отличающиеся неравномерным распределением осадков в летний период и недостатком влаги в пахотном слое почвы, подходят для выращивания сахарного сорго в смеси с бобами кормовыми. Выращивание засухоустойчивых культур позволяет эффективно использовать ресурсы атмосферной и почвенной влаги. Применение минеральных удобрений также способствует экономному использованию имеющейся влаги на единицу урожая, существенно (на 10...32 %) уменьшая величину коэффициента водопотребления. Это особенно важно при сельскохозяйственном производстве в богарных условиях, где запас влаги формируется только благодаря выпадающим осадкам. Оптимизация условий питания

фосфором в сочетании с применением азотных удобрений обеспечивает рост урожайности изучаемой травосмеси, в сравнении с контролем, в 1,8 раза до 28,29 т/га зеленой массы, или 5,68 тыс. корм.ед./га. Сбор более 0,5 т/га переваримого протеина и до 60 ГДж/га обменной энергии в урожае бобово-сорговой смеси служит неплохим вкладом в систему полевого кормопроизводства лесостепи Западной Сибири.

Литература

1. Динамика характеристик экстремальности климата и тенденции опасных метеорологических явлений на территории Западной Сибири / Е.В. Харюткина, С.В. Логинов, Е.И. Морару и др. // *Оптика атмосферы и океана*. 2022. № 2. С. 136–142. doi: 10.15372/AOO20220208.
2. Исходный материал в селекции сахарного сорго при использовании на кормовые цели / О.П. Кибальник, О.Б. Каменева, Т.В. Ларина и др. // *Journal of Agriculture and Environment*. 2022. № 1. С. 1–5. URL: <https://jae.cifra.science/index.php/jae/article/view/198/246> (дата обращения: 22.01.23). doi: 10.23649/jae.2022.1.21.13.
3. Косарева Н.А., Чаунина Е.А., Новикова Н.Н. Влияние силоса, консервированного биодобавкой, на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 10. С. 117–122. doi: 10.36718/1819-4036-2022-10-117-122.
4. Новикова Н.Н., Косарева Н.А. Определение концентрации биоконсерванта для получения качественного сочного корма в лабораторных условиях // *Пермский аграрный вестник*. 2022. № 2. С. 147–152. doi: 10.47737/2307-2873_2022_38_147.
5. Капылович В.Л., Шестак Н.М., Радовня В.А. Влияние азотных удобрений на рост и развитие сорго сахарного в условиях Белорусского Поселья // *Вестник Белорусской Государственной Сельскохозяйственной академии*. 2021. № 4. С. 77–81.
6. Изменение агрофизических свойств чернозёмных почв при интенсификации земледелия в лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов, Д.Н. Ющенко и др. // *Пермский аграрный вестник*. 2022. № 2 (38). С. 99–105. doi: 10.47737/2307-2873_2022_38_99.
7. *Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chnozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer* / N.N. Shuliko, O.F. Khamova, A.Yu. Timokhin, et al. // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. No. 1. P. 14672. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-18639-1>. дата обращения: 22.01.23). doi: 10.1038/s41598-022-18639-1.
8. Биктимиров Р.А., Шакирзянов А.Х., Низаева А.А. Экологическая стабильность и пластичность кормового сорго в Республике Башкортостан // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 8. С. 46–49.
9. Толкачева М.А., Амелин А.В. Оценка исходного материала для селекции бобов кормовых в условиях Центрально-Черноземного региона // *Земледелие*. 2022. № 4. С. 18–20.
10. Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С. Эффективность использования однолетних яровых кормовых культур в засушливых условиях Центрального Предкавказья // *Таврический вестник аграрной науки*. 2017. № 3. С. 72–79.
11. Шкодина Е.П. Кормовые агроценозы сорговых культур на Северо-Западе Нечерноземья // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. № 4. С. 531–541. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541.
12. Красовская А.В., Веремей Т.В. Агротехнические приемы возделывания кормовых бобов в подтаежной зоне Западной Сибири // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2011. № 1. С. 39–42.
13. Выращивание и использование в животноводстве кормовых бобов на юге Западной Сибири / В.С. Бойко, Р.Ф. Гизатулин, Г.Е. Акифьева и др. // *Кормопроизводство*. 2016. № 3. С. 16–20.
14. Володин А.Б. Потенциал продуктивности сорго сахарного в южной лесостепи Западной Сибири // *Кормопроизводство*. 2015. № 4. С. 16–20.
15. Шукис Е.Р., Володин А.Б., Капустин С.И. Потенциал возделывания сорговых культур в Алтайском крае // *Сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 2. С. 32–38.
16. Емельянов А.Н., Наумова Т.В. Повышение энергетической эффективности полевого кормопроизводства в Приморском крае // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014. № 6. С. 47–49.

Поступила в редакцию 14.02.2023

После доработки 05.03.2023

Принята к публикации 15.03.2023