

УДК 633.172:636.085.533

БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛОМЫ, БИОПРЕПАРАТА БАЙКАЛ ЭМ-1 И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

А. Х. Куликова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. А. Яшин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

С. А. Антонова, аспирант

тел.: 8 (8422) 55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, Ульяновск, Россия

Ключевые слова: чернозем типичный, баланс элементов питания, просо, урожайность, солома.

Показано, что при применении соломы, азотной добавки к ней (10 кг д. в./т соломы) и биопрепарата Байкал ЭМ-1 баланс элементов питания в пахотном слое чернозема типичного при возделывании проса отрицательный: по азоту в пределах 41 – 48 кг/га, фосфору 7 – 10 кг/га, калию – 39 – 42 кг/га. Значительное улучшение баланса питательных элементов наблюдалось при использовании минеральных удобрений.

Введение. Просо является одной из древнейших крупяных сельскохозяйственных культур, которая не потеряла своего важного значения и в настоящее время. При этом в XX веке Советский Союз занимал первое место в мире по величине засеваемых просом площадей и производству зерна данной культуры. В настоящее время в России площади под его посевами составляют около 1 млн. га.

По своим почвенно-климатическим условиям Поволжье является вполне благоприятным регионом для возделывания проса. В то же время урожайность культуры далека от своих потенциальных возможностей и в среднем не превышает 1,0 т/га. Лучшими почвами для него являются те, которые обеспечены всеми питательными элементами и хорошо оструктурированы. Однако почвенный покров в настоящее время утратил значительную часть гумуса и стал более плотным, что требует изучения новых приемов агротехники возделывания данной культуры, в том числе питания растений. Одним из актуальных направлений в этой области является совместное использование соломы как органического удобрения и биопрепаратов, активизирующих жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и тем самым способствующих

оптимизации питания сельскохозяйственных культур. Последнее определило цель наших исследований – изучить баланс элементов питания в черноземе типичном при возделывании проса с использованием соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2014–2016 гг. Объектами его являлись: почва – чернозем типичный среднемощный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7 %, обеспеченностью подвижным фосфором (по Чирикову) в 196 мг/кг, калием 206 мг/кг, реакцией почвенного раствора 6,3; просо сорта Орловское – 82; солома озимой пшеницы (предшественник); биологический препарат Байкал ЭМ-1; минеральные удобрения: мочевины, азофоска, хлористый калий.

Схема опыта включала 12 вариантов систем удобрения в посевах проса: 1. Без удобрений (контроль); 2. Солома предшественника; 3. Солома + 10 кг N/т соломы; 4. Солома + биопрепарат (Байкал ЭМ-1); 5. Солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат; 6. Биопрепарат; 7. N129P34K54 (NPK, фон); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + 10 кг N/т соломы; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK + солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат. Опыт включен в Государственный реестр длительных опытов Российской Федерации (аттестат № 122).

В качестве минеральных удобрений использовали азофоску (по фосфору, потребность в котором наименьшая). Доза их рассчитана по методу элементарного баланса. Для восполнения недостатка азота и калия вносили мочевины и хлористый калий. С целью повышения скорости разложения солому перед заделкой осенью обрабатывали биологическим препаратом Байкал ЭМ-1. Для улучшения деятельности микроорганизмов в почву дополнительно вносили азот в виде мочевины из расчета 10 кг д.в./т соломы.

Технология возделывания проса основывалась на общепринятых в Ульяновской области агротехнических приемах. Учет урожая проводили с площади всей делянки. Урожайность соломы рассчитывали на основе соотношения зерна к незерновой части урожая, определенного по сноповому анализу. Химические анализы почвенных и растительных образцов проводили в испытательной лаборатории «Ульяновская «ГСХА» по соответствующим ГОСТ-ам.

Результаты и их обсуждение. Возделывание сельскохозяйственных культур неизменно сопровождается нарушением баланса питательных веществ в связи с безвозвратным отчуждением их с урожаем. При этом особое беспокойство вызывает снижение приходных статей

азота, фосфора, калия и гумуса в связи с уменьшением объемов применения органических и минеральных удобрений [1].

В современных условиях постепенной деградации плодородия почв, дефицита энергетических ресурсов и их высокой затратности все большее значение приобретает прогнозирование направленности этих процессов, разработка мероприятий по их регулированию с целью обеспечения максимальной отдачи от вложенных средств и высокой продуктивности возделываемых культур [2]. В настоящее время одним из основных резервов улучшения баланса элементов питания в почве является использование органических удобрений, прежде всего, в виде соломы и сидеральных культур.

В приходную часть включают следующие источники поступления питательных элементов: минеральные и органические удобрения, растительные остатки, посевной материал, выпадения из атмосферы, включая осадки. Наряду с удобрениями существенной составляющей приходной части баланса и дополнительным источником улучшения азотного питания растений служит биологический азот, фиксированный симбиотическими и ассоциативными микроорганизмами в посевах сельскохозяйственных культур.

В расходной части учитывают: вынос элементов урожаем основной и побочной продукции, вымывание в грунтовые воды и смыв их с поверхности, потери в результате возможных эрозионных процессов, газообразные потери азота при денитрификации и хемоденитрификации.

Результаты исследований по изучению влияния соломы, биологического препарата и минеральных удобрений на урожайность проса представлены в таблице 1.

Использование соломы озимой пшеницы в качестве органического удобрения под посевами проса способствовало увеличению урожайности зерна в среднем за 3 года на 0,02 т/га (1 %), при совместном применении с азотным удобрением – на 0,18 т/га (8 %), с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 0,24 т/га (9 %). Совместное применение соломы и минеральных удобрений обеспечили прибавку урожайности в 0,93 т/га или она повысилась на 35 %, в сочетании с азотной добавкой прибавка урожайности зерна составила 1,14 т/га (43 %), в сочетании с биопрепаратом – 1,08 т/га (41 %). Наиболее высокая урожайность зерна проса сформировалась при использовании соломы совместно с азотной добавкой 10 кг N/т соломы и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений на планируемую урожайность и составила в среднем за три года 3,87 т/га, что превысило контроль на 1,21 т/га, или на 46 %.

Таблица 1 – Влияние систем удобрений на урожайность проса, т/га

Вариант		2014 г.	2015 г.	2016 г., т/га	2014- 2016 г., %	Откло- нение от контроля	
						т/га	%
1	Без удобрений (кон- троль) (фактор А)	2,58	2,92	2,50	2,66	–	–
2	Солома предшествен- ника (фактор В)	2,64	2,89	2,52	2,68	0,02	1
3	Солома +10 кг N/ т со- ломы	2,82	3,12	2,63	2,86	0,18	8
4	Солома + биопрепарат	2,95	3,06	2,68	2,90	0,24	9
5	Солома + 10 кг N/ т + биопрепарат	2,98	3,21	2,73	2,97	0,31	12
6	Биопрепарат (фактор С)	2,85	2,99	2,60	2,81	0,15	6
7	N129P34K54 (фон)	3,56	3,85	3,08	3,50	0,84	32
8	НРК + солома	3,64	3,93	3,21	3,59	0,93	35
9	НРК + солома + 10 кг N/ т	3,90	4,05	3,44	3,80	1,14	43
10	НРК + солома + Био- препарат	3,97	3,87	3,38	3,74	1,08	41
11	НРК + солома + 10 кг N/ т + Биопрепарат	4,01	4,16	3,45	3,87	1,21	46
12	N129P34K54 + биопре- парат	3,60	4,11	3,20	3,64	0,98	37
НСР ₀₅							
Фактор А		0,05	0,03	0,03	–	–	–
Фактор В		0,06	0,03	–	–	–	
Фактор С		0,05	0,03	–	–	–	

Баланс азота. Баланс азота в пахотном слое чернозема типичного при этом представлен в таблице 2.

Как следует из данных таблицы, отрицательный баланс азота в почве при возделывании проса в среднем за 3 года составил -51 кг/га. Внесение соломы, в том числе и совместно с азотной добавкой и биопрепаратом только частично компенсировал расход азота на формирование урожая проса. На вариантах с внесением минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с соломой, N10 и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 наблюдался положительный баланс азота, значение кото-

Таблица 2 – Баланс азота в чернозёме типичном в зависимости от применения соломы, биопрепарата и минеральных удобрений, кг/га (2014 – 2016 гг.)

Вариант	Вынос азота						Поступление азота						Баланс, ±
	с зерном	с соломой	газообразные потери почв.азота	инфльтрация с осадками	газообразные потери удобрений	Всего	с семенами	с осадками	с удобрениями	фиксация диазотрофа-ми	с соломой	всего	
1	30,2	25,8	7	3	-	66	4	5	-	6	-	15	- 51
2	32,5	27,1	7	3	-	69,6	4	5	-	6	7	22	- 47,6
3	34,9	28,3	7	3	-	73,2	4	5	10	6	7	32	- 41,2
4	34,2	27,8	7	3	-	72	4	5	-	6	8	23	- 49
5	35,8	28,1	7	3	-	73,9	4	5	10	6	8	33	- 40,9
6	33,1	27,7	7	3	-	70,8	4	5	-	6	-	15	- 55,8
7	36,2	33,1	7	3	6	85,3	4	5	129	6	-	144	+58,7
8	36,9	33,2	7	3	6	86,1	4	5	129	6	9	153	+66,9
9	40,3	34,1	7	3	6	90,4	4	5	139	6	9	163	+72,6
10	39,9	33,8	7	3	6	89,7	4	5	129	6	9	153	+63,3
11	42,2	36,3	7	3	6	94,5	4	5	139	6	10	164	+69,5
12	37,1	34,1	7	3	6	87,2	4	5	129	6	-	144	+56,8

рого варьировало от +56,8 до +72,6 кг/га. Возросший уровень азотного питания проса, обусловленный действием минеральных удобрений, соломы, азотной добавки в дозе N10 кг/соломы и биопрепарата Байкал ЭМ-1, оказал существенное положительное влияние на продуктивность культуры, что свидетельствует об активном использовании потребляемого им азота в процессах метаболизма и о достаточном количестве N для формирования высокого урожая посевов. Дополнительный приход азота в почву компенсировал потери N, образующихся за счет образования газообразных оксидов и от вымывания.

Следует отметить, что положительный баланс питательных элементов обеспечивает сохранение и воспроизводство плодородия почвы и способствует поддержанию валового содержания азота в пахотном слое в результате усиления поступления в ризосферу растений питательных элементов [5].

Таблица 3 – Баланс фосфора в почве в зависимости от применения соломы, биопрепарата и минеральных удобрений, кг/га (2014–2016 гг.)

Вариант	Вынос фосфора			Поступление фосфора			± баланс,
	с зерном	с соло- мой	Всего	с удо- брения- ми	с соло- мой	Всего	
1	12,5	3,9	16,4	–	–	–	- 16,4
2	14,7	4,2	18,9	–	12	12	- 6,9
3	16,3	5,9	22,2	–	12	12	- 10,2
4	15,7	5,1	20,8	–	12	12	- 8,8
5	16,8	5,7	22,5	–	13	13	- 9,5
6	15,4	4,9	20,3	–	–	–	- 20,3
7	14,6	5,9	20,5	34	–	34	+ 13,5
8	15,1	5,4	20,5	34	15	49	+ 28,5
9	18,2	6,2	24,4	34	15	49	+ 24,6
10	17,8	6,0	23,8	34	15	49	+ 25,2
11	19,4	6,9	26,3	34	16	50	+ 23,7
12	15,2	5,8	21,0	34	–	34	+ 13

Баланс фосфора. Фосфор, являясь одним из важных элементов питания, оказывает многостороннее влияние на жизнь растений. Исследования многих учёных показали существенную зависимость продуктивности зерновых культур от уровня содержания подвижного фосфора в почве. При нехватке этого элемента наблюдается слабое действие азотных удобрений [6]. Между урожайностью и уровнем содержания подвижного фосфора в почве существует высокая положительная корреляция как на фоне азотно-калийных удобрений, так и на естественном фоне [7]. Следовательно, уровень обеспеченности доступным фосфором для растений является одним из основных показателей плодородия и окультуренности почв. Баланс фосфора в зависимости от применения соломы, биопрепарата и минеральных удобрений представлен в таблице 3.

В наших исследованиях источником фосфора являлись минеральные удобрения в дозе 34 кг д.в./га и солома озимой пшеницы. При внесении соломы баланс фосфора был отрицательным (-6,9 кг/га), однако он становился меньше по сравнению с контрольным вариантом (-16,4 кг/га).

Удобрение соломой обеспечило возврат фосфора в биологический круговорот в объеме +9,5 кг/га. При использовании соломы совместно с

Таблица 4 – Баланс калия в почве в зависимости от применения соломы, биопрепарата и минеральных удобрений, кг/га (2014–2016 гг.)

Вариант	Вынос калия			Поступление калия			Баланс, ±
	с зерном	с соломой	Всего	с удобрениями	с соломой	Всего	
1	10,4	47,4	57,8	–	–	–	-57,8
2	10,3	48,3	58,6	–	19	19	-39,6
3	10,5	50,1	60,6	–	21	21	-39,6
4	11,1	50,5	61,6	–	23	23	-38,6
5	11,5	54,0	65,5	–	24	24	-41,5
6	10,9	48,7	59,6	–	–	–	-59,6
7	11,8	58,1	69,9	54	–	54	-15,9
8	12,5	61,3	73,8	54	25	79	+5,2
9	13,1	62,6	75,7	54	25	79	+3,3
10	12,9	62,2	75,1	54	26	80	+4,9
11	14,2	66,1	80,3	54	27	81	+0,7
12	12,1	61,3	73,4	54	–	54	-19,4

азотной добавкой и биопрепаратом как отдельно, так и совместно отмечалось превышение контроля на +6,2, +7,6 и +6,9 кг/га соответственно. На фоне минеральных удобрений баланс фосфора складывался на бездефицитном уровне и составил +13,5 кг/га. При добавлении соломы величина положительного баланса увеличивалась до +28,5 кг/га.

Из вышеизложенного следует, что вынос фосфора компенсировался внесением минеральных удобрений и за счет поступления его в почву с соломой. Последнее доказывает, что использование соломы в качестве удобрения на черноземе типичном в полной мере восполняет потребности растений в данном элементе, затраченного на формирование урожайности культуры.

Баланс калия. Главным источником калийного питания сельскохозяйственных культур является подвижный калий, поступающий в почву с удобрениями, большая часть которых переходит в поглощенное состояние. При длительном выращивании растений без внесения калийных удобрений происходит мобилизация калия из менее доступных форм. Систематическое применение удобрений способствует накоплению

подвижного калия в пахотном и подпахотном горизонтах почв [8]. В ряде исследований отмечается связь между распределением калия удобрений по почвенному профилю и гранулометрическим составом почв, в частности на легких почвах миграция калия наблюдалась до 100 см, на среднесуглинистых – до 60 см, на тяжелосуглинистых – до 40 см [9].

Баланс калия в зависимости от применения соломы, биопрепарата и минеральных удобрений представлен в таблице 4.

Расчеты баланса элементов питания показали, что выращивание проса без удобрений приводит к дефициту калия в чернозёме типичном, составившего -57,8 кг/га. Применение соломы способствовало его снижению до -39,6 кг/га. Минеральные удобрения в опыте обеспечили восполнение калия, но баланс оставался отрицательным (-15,9 кг/га). Следует отметить, что наиболее благоприятно калийный баланс сложился при совместном использовании минеральных удобрений и соломы озимой пшеницы, что обеспечило положительный его баланс в +5,2 кг/га. Таким образом, проведенными исследованиями показано, что использование в качестве удобрения соломы обеспечивает повторное вовлечение в биохимический круговорот K_2O в 54 кг/га, что способствовало оптимизации калийного питания проса.

Заключение. Применение соломы озимой пшеницы в качестве удобрения проса способствовало увеличению урожайности зерна на 0,02 т/га, при совместном использовании с азотным удобрением – на 0,18 т/га, с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – на 0,24 т/га. Использование соломы на фоне NPK обеспечило прибавку урожайности в 0,93 т/га. Более высокая урожайность сформировалась на варианте с совместным применением соломы, азотной добавки и биопрепарата на фоне NPK и в среднем за 3 года составила 3,87 т/га.

При применении соломы, азотной добавки и биопрепарата баланс элементов питания находился в пределах: по азоту от -40,9 до -47,6 кг/га, фосфору – от -6,9 до -10,2 кг/га, калию – от -38,6 до -41,5 кг/га. Значительное снижение напряженности баланса наблюдалось при использовании минеральных удобрений.

Библиографический список

1. Серeda, Н. А. Эффективность сидератов и навоза в регулировании баланса элементов питания и гумуса в выщелоченном черноземе / Н. А. Серeda, И. Х. Хайруллина, М. В. Петрова // Достижения науки и техники. – 2007. – № 11. – С. 4 – 6.
2. Крючков, А.Г. Дозы, вынос, баланс элементов питания в связи с урожайностью яровой твердой пшеницы / А. Г. Крючков, В. И. Елисеев, Р. Р. Абдраши-

- тов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2129. – № 6 (38). – С. 42-46.
3. Юшкевич, И.А. Поступление азота, фосфора и калия с атмосферными осадками в условиях Белоруссии / И.А. Юшкевич, Н.И. Туренков, И.А. Алексейчик // Почвоведение. – 1971. – № 11. – С. 70-74.
 4. Пироговская, Г.В. Миграция и баланс азота в дерново-подзолистых почвах при разных уровнях применения азотных удобрений (по данным лизиметрических исследований РУП «Институт почвоведения и агрохимии») / Г.В. Пироговская, О.П. Сазоненко // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №2. – С. 149-164.
 5. Шабаев, В.П. Влияние внесения азотфиксирующей бактерии *Pseudomonas Putida* 23 на баланс азота в почве / В.П. Шабаев // Почвоведение. – 2010. – № 4. – С. 471–476.
 6. Фосфатное состояние дерново-подзолистых почв Удмуртии и проблема фосфорного питания сельскохозяйственных культур / А.С. Башков [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 11-20.
 7. Жуков, Ю.П. Определение максимально допустимой дозы удобрений, прогноз изменения содержания подвижных форм фосфора и калия в почве по результатам баланса / Ю.П. Жуков, О.В. Чухина // Плодородие. – 2013. – № 4. – С. 19-21.
 8. Якименко, В.Н. Изменение содержания форм калия по профилю почвы при различном калийном балансе в агроценозах / В.Н. Якименко // Агрохимия. – 2007. № 3. – С. 5-11.
 9. Турчин, В. В. Баланс калия на черноземных почвах ростовской области и целесообразность внесения калийных удобрений / В.В. Турчин // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 82-85.

THE BALANCE OF NUTRIENTS IN TYPICAL BLACK SOIL IN THE CULTIVATION OF MILLET WITH THE USE OF A BIOLOGICAL PRODUCT BAIKAL EM-1 AND MINERAL FERTILIZERS

Kulikova A., Yashin E. A., Antonova S. A.

Key words: *typical Chernozem, balance of nutrients, millet, yield, straw.*

It is shown that the use of straw, nitrogen supplements thereto (10 kg D. V./t of straw) and a biological product Baikal EM-1 баланс of nutrients in the arable layer of Chernozem typical in the cultivation of millet negative: nitrogen in the range of 41 to 48 kg/ha, phosphorus-7 – 10 kg/ha, potassium – 39 – 42 kg/ha. a Significant improvement in the balance of nutrients was observed with the use of mineral fertilizers.