

Научная статья

УДК 631.51:633.174.1

doi: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i5pp28-33>

**Плодородие почвы и накопление биофильных элементов
в растительных остатках сахарного сорго**

**Константин Евгеньевич Денисов¹, Елена Николаевна Ефремова², Николай Юрьевич Петров²,
Александр Иванович Беляев³, Юрий Николаевич Петров³**

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов, Россия

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

³Федеральный научный центр «Агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения»,
г. Волгоград, Россия

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Аннотация. При покрытии почвы растительными остатками происходит накопление влаги, что приводит к увеличению количества микроорганизмов, улучшению структуры почвы. В статье приводятся сравнительные данные по отвальной и нулевой обработке почвы. Нулевая обработка почвы предусматривает накопление и измельчение растительных остатков на поле. В задачу исследований входило определить количество биофильных элементов в растительных остатках сахарного сорго по отвальной и нулевой обработке почвы. Исследование проводили с 2009 по 2015 г. на землепользовании КФХ Попова С.А. Черноярского района Астраханского региона и ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района Волгоградского региона. Содержание биофильных элементов в растительных остатках зависело от влияния минеральных удобрений и биостимуляторов роста. Накопление азота, фосфора и калия в растительных остатках на всех вариантах исследования при прямом посеве было ниже, чем по зяблевой обработке почвы. При распределении растительных остатков по слоям по отвальной обработке почвы максимальное содержание наблюдали в горизонте 0,05...0,15 м – 2,64 т/га в условиях землепользования ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района Волгоградского региона и 2,76 т/га КФХ Попова С.А. Черноярского района Астраханского региона. По нулевой обработке в верхнем слое почвы и в слое 0,05 м происходило наибольшее распределение – 3,41 т/га в опытах ООО АКХ «Кузнецовская» и 3,55 т/га – КФХ Попова С.А.

Ключевые слова: биофильные элементы; растительные остатки; сахарное сорго; биостимуляторы роста; минеральные удобрения; отвальная обработка почвы; нулевая обработка почвы

Для цитирования: Денисов К. Е., Ефремова Е. Н., Петров Н. Ю., Беляев А. И., Петров Ю. Н. Плодородие почвы и накопление биофильных элементов в растительных остатках сахарного сорго // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 28–33. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i5pp28-33>.

AGRONOMY

Original article

Soil fertility and accumulation of biophilic elements in plant residues of sweet sorghum

Konstantin E. Denisov, Elena N. Efremova², Nikolai Yu. Petrov², Alexander I. Belyaev³, Yuri N. Petrov³

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Federal Research Center “Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation RAS”, Volgograd, Russia

³Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Abstract. When the soil is covered with plant residues, moisture accumulates, which leads to an increase in the number of microorganisms and an improvement in the soil structure. The article provides comparative data on moldboard and zero tillage. Zero tillage involves the accumulation and grinding of plant residues on the field. The objective of the research was to determine the amount of biophilic elements in plant residues of sweet sorghum using moldboard and zero tillage. The study was carried out from 2009 to 2015 on the land use of the KFH of Popov S.A., Chernoyarsk district of the Astrakhan region and LLC AKH “Kuznetsovskaya”, Ilovinsky district of the Volgograd region. The content of biophilic elements in plant residues depended on the influence of mineral fertilizers and growth biostimulants. The accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in plant residues in all variants of the study with direct seeding was lower than with autumn tillage. When distributing plant residues into layers after moldboard tillage, the maximum

© Денисов К. Е., Ефремова Е. Н., Петров Н. Ю., Беляев А. И., Петров Ю. Н., 2024



content was in the horizon of 0.05...0.15 m – 2.64 t/ha in the LLC AKH “Kuznetsovskaya”, Plovinsky district of the Volgograd region and 2.76 t/ha in the KFH of Popov S.A., Chernoyarsk district of the Astrakhan region. After zero tillage, the highest distribution occurred in the upper soil layer and in the 0.05 m layer – 3.41 t/ha in the experiments of LLC AKH “Kuznetsovskaya” and 3.55 t/ha in the KFH of Popov S.A.

Keywords: biophilic elements; plant residues; sweet sorghum; growth biostimulants; mineral fertilizers; moldboard tillage; zero tillage

For citation: Denisov K. E., Efremova E. N., Petrov N. Yu., Belyaev A. I., Petrov Yu. N. Soil fertility and accumulation of biophilic elements in plant residues of sweet sorghum. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(5):28–33. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i5pp28-33>.

Введение. Способность управления распределением растительных остатков после возделывания культур на поверхности почвы способствует росту физической прочности ее органических компонентов [7]. Пожнивные остатки являются активными стимуляторами формирования минеральных веществ почвы, которые способствуют созданию ее прочной структуры. Бактерии цитофага являются стимулирующими органическими веществами при увлажненных условиях почвы и повышенном уровне наличия кислорода, производят полиуронидные коллоидальные вещества, принимают активное участие в улучшении структурных показателей почвы [2, 4, 9], способствуют созданию благоприятных химических условий, так как иммобилизуют воднорастворимый алюминий, что повышает содержание фосфора, доступного для растений. Эти бактерии неэффективны, если растительные остатки заделываются в почву. Такой феномен позволяет быстро восстановить физические свойства за счет производства новой структуры почвы. Почва с призматическрий структурой способствует благоприятной инфильтрации и увеличивает водоудерживающую способность, которая постепенно приводит к повышению продуктивности [3, 5, 8].

Данные отечественных и зарубежных ученых относительно характеристики тепловых свойств почв при различных технологиях возделывания культур и, прежде всего, прямом посеве, различны и даже противоречивы [6, 11]. Так, Н.К. Шикла доказал, что минимальная обработка на глубину 0,10...0,12 м без применения мульчи приводит к большому снижению температуры почвы на поверхности и на глубине 0,05 м, чем по обычной обработке, а на глубине 0,10 и 0,20 м она бывает выше [10].

Материалы и методы. Объем пожнивно-корневых остатков устанавливали посредством отбора монолитов 0,3×0,3 м послойно через 0,1 м до 0,4 м по 2 монолита с одной повторности с дальнейшим отмыванием на сите с размером отверстия 1 мм [1]. Объем пожнивных остатков вычисляли одновременно на закрепленных площадках, на которых осуществлялся отбор монолитов для промывки корней. Исследование проводили с 2009 по 2015 г.

Эксперимент 1. Накопление биофильных элементов в растительных остатках сахарного сорго на опытных делянках ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района Волгоградской области.

Эксперимент 2. Содержание азота, фосфора и калия в растительных остатках сахарного сорго на светло-каштановых почвах на опытных делянках КФХ Попова С.А. Черноярского района Астраханской области.

Фактор А:

A₁: отвальная обработка почвы на глубину 0,20...0,22 м – контроль;

A₂: прямой посев.

Фактор В – применение биостимуляторов и минеральных удобрений для увеличения полевой всхожести и роста (вносили на первоначальных этапах развития).

	Эксперимент 1	Эксперимент 2
V ₁	Контроль (без применения биостимулятора и минеральных удобрений)	Контроль (без применения биостимулятора и минеральных удобрений)
V ₂	Лигногумат*	Энерген Экстра*
V ₃	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀ **	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅ **
V ₄	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅

*Предпосевная обработка сахарного сорго биостимулятором Лигногумат 1 %, расход препарата – 10 л/т семян (100 г/т), Энерген Экстра – расход рабочего раствора – 100...330 г/т. Обработка семян перед посевом. Расход препарата – 10 л/т.

**Удобрения вносили одновременно с посевом с поливной водой (азот – аммиачная селитра, фосфор – двойной суперфосфат, калий – калийная соль, до расчетных требований). Удобрения рассчитывали на планируемую урожайность 50 т/га зеленой массы сахарного сорго.





Опытные делянки ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района расположены на каштановых почвах зонального типа Нижнего Поволжья. ГТК на опытном участке ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района в 2009 г. был равен 0,37; 2010 г. – 0,21; 2011 г. – 0,39; 2012 г. – 0,27; 2013 г. – 0,59; 2014 г. – 0,80; 2015 г. – 0,50. По классификации Г.Т. Селянинова, 2009, 2010, 2011, 2012 гг. сухие; 2013, 2015 гг. – очень засушливые; 2014 г. – засушливый год. На опытном участке КФХ Попова С.А. Черноярского района Астраханской области ГТК составлял: 2009 г. – 0,79; 2010 г. – 0,21; 2011 г. – 0,43; 2012 г. – 0,27; 2013 г. – 0,44; 2014 г. – 0,44; 2015 г. – 0,46. Исходя из общепринятой классификации Г.Т. Селянинова, 2010, 2012 гг. – сухие; 2011, 2013, 2014, 2015 г. – очень засушливые; 2009 г. – засушливый год.

Результаты исследований. Содержание биофильных веществ в пожнивно-корневых остатках сахарного сорго в эксперименте 1 (таблица 1) в наземной массе по нулевой обработке было выше на фоне совместного внесения биостимулятора роста и удобрения: 1,61 % – азота; 0,39 % – фосфора; 1,29 % – калия. Динамика аккумуляции азота в корнях сахарного сорго изменялась с 0,48 до 0,59 %, фосфора – с 0,18 до 0,31 %, калия – с 0,85 до 0,96 % соответственно.

Содержание биофильных элементов в корнях сахарного сорго было меньше, чем в наземной массе. На фоне внесения минеральных удобрений наблюдали увеличение накопления элементов в корнях. Количество вынесенных биофильных элементов наземной массой сахарного сорго связано с его стеблевой массой.

Таблица 1 – Содержание биофильных элементов в растительных остатках сахарного сорго, % на сухое вещество (эксперимент 1, среднее за 2009...2015 гг.)

Table 1 – Content of biophilic elements in plant residues of sweet sorghum, % of dry matter (experiment 1, average for 2009...2015)

Фактор А	Фактор В	Наземная составляющая			Корневая масса		
		азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Отвальная обработка почвы	Контроль	1,51	0,33	1,17	0,53	0,23	0,90
	Лигногумат	1,39	0,29	1,12	0,51	0,20	0,86
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	1,58	0,37	1,25	0,59	0,28	0,94
	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	1,65	0,41	1,31	0,67	0,33	0,99
Прямой посев	Контроль	1,49	0,30	1,15	0,49	0,21	0,88
	Лигногумат	1,38	0,27	1,11	0,48	0,18	0,85
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	1,56	0,35	1,21	0,52	0,26	0,92
	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	1,61	0,39	1,29	0,59	0,31	0,96

В растительных остатках сахарного сорго в эксперименте 2 (таблица 2) показатели азота в наземной массе изменялись с 1,20 до 1,51 % по нулевой обработке и с 1,24 до 1,57 % по отвальной обработке. Количество фосфора в наземной части составляло 0,22...0,34 и 0,26...0,36 % соответственно в зависимости от способа обработки почвы. При одновременном применении биостимулятора и удобрений количество элементов повышалось. Азота, фосфора и калия в наземной массе на данном варианте по отвальной обработке накапливалось 1,57; 0,36; 1,21 %. В растительных остатках сахарного сорго по нулевой обработке почвы данный показатель был ниже, составив 1,51; 0,34; 1,20 % соответственно.

Доля содержания азота в корнях сахарного сорго изменялась с 0,39 до 0,51 и с 0,46 до 0,53 % соответственно. Содержание калия в корнях изменялось с 0,81...0,91 и 0,87...0,92 % в зависимости от способа обработки почвы.

По итогам анализа видно, что накопление биофильных элементов в растительных остатках сахарного сорго на варианте прямого посева было ниже, чем при отвальной обработке почвы.

Таблица 2 – Содержание биофильных элементов в растительных остатках сахарного сорго, % на сухое вещество (эксперимент 2, среднее за 2009...2015 гг.)

Table 2 – Content of biophilic elements in plant residues of sweet sorghum, % of dry matter (experiment 2, average for 2009...2015)

Фактор А	Фактор В	Наземная составляющая			Корневая масса		
		азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Отвальная обработка почвы	Контроль	1,46	0,27	1,10	0,46	0,16	0,87
	Энерген Экстра	1,25	0,26	1,11	0,48	0,16	0,87
	$N_{180}P_{120}K_{75}$	1,52	0,31	1,18	0,51	0,19	0,88
	Энерген Экстра + $N_{180}P_{120}K_{75}$	1,56	0,35	1,21	0,53	0,21	0,92
Прямой посев	Контроль	1,42	0,25	1,09	0,42	0,15	0,85
	Энерген Экстра	1,20	0,22	1,07	0,39	0,14	0,81
	$N_{180}P_{120}K_{75}$	1,45	0,30	1,15	0,49	0,17	0,88
	Энерген Экстра + $N_{180}P_{120}K_{75}$	1,51	0,34	1,20	0,51	0,20	0,91

Большинство растений накапливает азот энергичнее в первый период роста. В последующие сроки, несмотря на продолжающееся абсолютное увеличение содержания азота в урожае, относительное его накопление резко понижается. Это означает, что прирост органических веществ, синтезируемых растением, опережает поступление минеральных элементов через корни.

Пожнивные остатки, расположенные на поверхности, поглощали азот двумя способами: физическое поглощение, которое осуществлялось, когда сухие и свежие пожнивные остатки соприкасались с азотом и увлажненной почвой; биологический способ – растительные остатки бывают достаточно влажные, чтобы вызвать повышенную активность микроорганизмов почвы.

На количество и дислокацию растительных остатков по почвенному профилю биостимулятор и минеральное удобрение не оказывали существенного влияния, динамика этих показателей зависела от способа обработки почвы.

При анализе данных по дислокации побочной, пожнивно-корневой продукции сахарного сорго наибольшее количество растительных остатков по нулевой обработке почвы наблюдали на приземном слое и верхней части почвы 0,0...0,10 м, при отвальной обработке пожнивно-корневые остатки дислоцировались в нижние слои почвы 0,05...0,15 м (таблица 3).

На почвах эксперимента 1 по отвальной обработке наибольшее накопление растительных остатков наблюдали в слое 0,05...0,15 м – 2,64 т/га. Общее количество остатков по данной обработке почвы составило 5,17 т/га.

Таблица 3 – Влияние обработки почвы на сухое вещество побочной, пожнивно-корневой продукции сахарного сорго, т/га (среднее за 2009...2015 гг.)

Table 3 – Effect of tillage on the dry matter of by-products, stubble and root products of sweet sorghum, t/ha (average for 2009...2015)

Фактор А	Распределение по слоям, м						Всего, т/га
	верхний слой почвы (0,1 м)	0,00...0,05	0,05...0,10	0,10...0,15	0,15...0,20	0,20...0,25	
Эксперимент 1							
Отвальная обработка	0,56	0,47	1,19	1,45	0,89	0,61	5,17
Нулевая обработка	2,28	1,13	0,85	0,59	0,25	0,12	5,22
Эксперимент 2							
Отвальная обработка	0,51	0,45	1,24	1,52	0,76	0,47	4,95
Нулевая обработка	2,14	1,41	0,77	0,57	0,26	0,11	5,26





Общее накопление пожнивно-корневой продукции по нулевой обработке почвы после сахарного сорго составило 5,22 т/га, наибольшую дислокацию отмечали в верхнем слое почвы и в слое 0,00...0,05 м – 3,41 т/га.

В эксперименте 2 содержание побочной, пожнивно-корневой продукции, после посева сахарного сорго по отвальной обработке составляло 4,95 т/га. По нулевой обработке отмечали общую закономерность накопления растительных остатков в верхнем слое и в слое 0,00...0,05 м – 3,55 т/га. Общее количество растительных остатков сахарного сорго было 5,26 т/га.

Заключение. Содержание в корнях сахарного сорго элементов азота составил 0,42...0,67 %, накопление фосфора было в средних значениях. Накопление побочной, пожнивно-корневой продукции сахарного сорго в эксперименте 1 составило в среднем 5,2 т/га, в эксперименте 2 – 5,1 т/га.

По нулевой обработке почвы, на которой остается побочная, пожнивно-корневая продукция сельскохозяйственных культур, наиболее важной группой микроорганизмов являются гетеротрофные микроорганизмы, т.к. они отвечают за усвоение и трансформацию органического углерода, содержащегося в растительных остатках. Эти микроорганизмы являются активными производителями гумифицированного материала.

Исследование выполнено в рамках Гос. задания «Цифровые технологии управления агролесосистемами на основе математического моделирования, динамических характеристик биопродуктивности лесных полос и агрофитоценозов в условиях изменяющегося климата Юга России»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доспехов Б. А. Практикум по земледелию. М.: Колос, 1977. 383 с.
2. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Определение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарного сорго в условиях Астраханской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 143–152.
3. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Воздействие агротехнических приемов на качественный и количественный состав микроорганизмов в почве после сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 174–182.
4. Корсаков К. В., Семин Д. С., Асташов А. Н., Пронько В. В. Значение минеральных удобрений и препаратов на основе гуминовых кислот в повышении урожайности кормовых культур на почвах засушливого Поволжья (аналитический обзор) // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 19–22. DOI 10.28983/asj.y2022i3pp19-22.
5. Липский Д. Д. Особенности орошения сахарного сорго // Наука и молодежь: новые идеи и решения: сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей. 2018. С. 438–441.
6. Лихоманова М. А., Липский Д. Д. Способы, режимы орошения и водопотребления сахарного сорго // Стратегия развития гидромелиорации в современных условиях: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения Мелихова Михаила Николаевича. 2018. С. 37–39.
7. Сидорова В. В. Влияние растительных остатков на ход микробиологических процессов в почве и условия корневого питания растения // Использование микроорганизмов для повышения урожая сельскохозяйственных культур: сб. трудов. Л.: Колос, 1966. С. 15–22.
8. Смирнов С. А. Система нулевой обработки почвы, её плюсы и минусы // Advances in Science and Technology: сб. статей VIII Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 132–133.
9. Фомин Д. В. Влияние предшественников и удобрений на физические свойства, водный режим почвы и урожайность сахарного сорго // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 1(43). С. 50–55.
10. Шикула Н. К. Ответ оппонентам бесплужного земледелия // Земледелие. 1989. № 11. С. 11–17.
11. Gabbasova I. M., Suleymanov P. R., Garipov T. T. Using local fertilizers, trichoderma Koningioudem soil fungus and No-till treatment to improve the agrochernozem in the Southern Urals // Agricultural Biology. 2018. No. 53(5). P. 1004–1012.

REFERENCES

1. Dospekhov B. A. Practical training in agriculture. Moscow, 1977. 383 p. (In Russ.).
2. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Yu. Determination of biological activity and soil toxicity in sugar sorghum crops in the Astrakhan region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022;3(67):143–152. (In Russ.).
3. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Yu. The impact of agrotechnical techniques on the qualitative and quantitative composition of microorganisms in the soil after sugar sorghum in the conditions of the Lower Volga region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023;1(69):174–182. (In Russ.).
4. Korsakov K. V., Semin D. S., Astashov A. N., Pronko V. V. The importance of mineral fertilizers and preparations based on humic acids in increasing the yield of forage crops on soils of the arid Volga region (analytical review). *Agrarian Scientific Journal*. 2022;(3):19-22. (In Russ.). DOI 10.28983/asj.y2022i3pp19–22.
5. Lipsky D. D. Features of irrigation of sugar sorghum. *Science and Youth: New Ideas and Research*. 2018:438–441. (In Russ.).
6. Likhomanova M. A., Lipsky D. D. Methods, modes of irrigation and water consumption of sugar sorghum. The Strategy of Development of Hydraulic Reclamation in Modern Conditions. 2018:37–39. (In Russ.).
7. Sidorova V. V. Influence of plant residues on the course of microbiological processes in soil and conditions of root nutrition of plants. *The Use of Microorganisms to Increase Crop Yield*. Leningrad, 1966:15–22. (In Russ.).
8. Smirnov S. A. Zero waste treatment system, E.P.L. and disadvantages. *Achievements of Science and Technology*. 2017:132–133. (In Russ.).
9. Fomin D. V. Influence of precursors and fertilizers on physical properties, soil water regime and yield of sugar sorghum. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2017;12;1(43):50–55. (In Russ.).
10. Shikula N. K. The answer to the opponents of ploughless agriculture. *Agriculture*. 1989;11:11–17. (In Russ.).
11. Gabbasova I. M., Suleymanov P. R., Garipov T. T. The use of local fertilizers against the soil fungus trichoderma Koningioudem and No-till treatment to improve agrochernozem in the Southern Urals. *Agricultural biology*. 2018;53(5):1004–1012.

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 29.02.2024; принята к публикации 10.03.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 29.02.2024; accepted for publication 10.03.2024.

