

**Кластер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б., Горбунов В.В., Азаров А.В.**

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ**

**Ключевые слова:** плотность почвы, структура, водопотребление, плодородие.

**Аннотация.** В многофакторном стационарном опыте по разработке научных основ расширенного воспроизводства плодородия почвы проводились исследования по изменению показателей плотности почвы, коэффициента структурности и водопотребления растениями сахарной свёклы в зависимости от способа обработки почвы и различных доз органических и минеральных удобрений. Материалами исследований доказана положительная роль полуперепревшего навоза КРС как при самостоятельном применении, так и совместно с минеральными удобрениями в разуплотнении пахотного горизонта почвы. В этом случае плотность почвы не превышала значений  $1,15 \text{ г/см}^3$ . При введении в технологию возделывания сахарной свёклы органических удобрений также улучшается структура почвы. Значение коэффициента структурности почвы по сравнению с контролем без применения удобрений возрастает на 50-70 %. Насыщение органическими и минеральными удобрениями способствует более рациональному использованию влаги. Суммарное водопотребление в этом случае значительно сокращается. Оптимальным вариантам с точки зрения влагосбережения является совместное внесение органических и минеральных удобрений. В этом случае даже при значительно возросшей продуктивности сахарной свёклы суммарное водопотребление оставалось на уровне контрольного неудобренного варианта. Органо-минеральная система удобрения сахарной свёклы показала наиболее рациональное использование влаги на формирование урожая, показав величины коэффициента водопотребления  $67-79 \text{ м}^3/\text{т}$ . В данном случае зафиксированные значения находятся на уровне чисто минеральной системы удобрения со снижением анализируемого значения на  $7-14 \text{ м}^3/\text{т}$  в зависимости от изучаемых факторов.

### **Введение**

При возделывании сельскохозяйственных, а особенно, пропашных культур, необходимо регулировать агрофизические свойства эксплуатируемых почв посредством элементов агротехнологии, призванных удерживать данный показатель в пределах оптимально возможных величин [4].

Для сахарной свёклы на этапе созревания корнеплодов и увеличения их объема фактор разуплотнения корнеплодообитаемого слоя почвы носит принципиальный характер [1, 5]. При излишней слитизации почвы возможно сдавливание, искривление корнеплода и его удлинение в нижние слои почвы, что крайне нежелательно при механической уборке ввиду возможных потерь урожая.

Одной из основных характеристик любой почвы, вовлеченной в сельскохозяйственный оборот, является её способность сохранять в процессе вегетации культурных растений оптимальное структурное состояние, выражающееся в отношении агрономически ценных почвенных агрегатов к глыбистой и пылевой фракциям [3,9]. Данный показатель определяется коэффициентом структурности и показывает степень устойчивости почвенного профиля к воздействиям антропогенного характера при возделывании культур в экспериментальных севооборотах. Мы в своих исследованиях проанализировали данный показатель в период вегетации сахарной свёклы при различных условиях её возделывания.

Главным поставщиком жизненно необходимой как сельскохозяйственным культурам, так и микроорганизмам и другим представителям живого мира, влаги является почва [2, 6]. Трудно переоценить роль воды в жизни всего живого на Земле. Её роль огромна и многогранна. Насыщенные влагой почвы обеспечивают растениям беспрепятственное поступление растворенных питательных веществ, при участии воды происходят все биохимические процессы, осуществляется дыхание растений, развитие микроорганизмов, происходит фотосинтез. Таким образом, для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур непре-

менным условием является оптимальное обеспечение почвы влагой, особенно в критический период потребления питательных веществ. Сахарная свёкла предъявляет высокие требования к наличию влаги в почве, особенно в первые фазы вегетации. Вместе с тем за счёт развитой, глубоко проникающей корневой системы эта культура отличается хорошей засухоустойчивостью [7, 8]. Отличительной особенностью сахарной свёклы вместе с тем является её способность эффективно использовать влагу выпадающих во второй половине лета осадков для формирования массы корнеплода.

#### Объекты и методы исследований

Многофакторный стационарный полевой опыт, расположенный на опытном поле в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Почва опытного участка чернозем типичный, среднесплодный, малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, с содержанием гумуса в пахотном слое 5,1-5,6 %, подвижного фосфора 48-57 мг и обменного калия 92-121 мг/кг почвы, рН<sub>KCl</sub> 5,8-6,4.

В опыте изучали два севооборота со следующим чередованием культур: зернопропашной – горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос и зерноотравапропашной – многолетние травы 1-го года пользования (эспарцет), многолетние травы 2-го года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + многолетние травы (фактор А).

Таблица 1. Схема применения удобрений

Насыщенность 1 га севооборотной площади		Удобрения сахарной свеклы	
Зерноотравапропашной севооборот			
Навоз т	НPK	Навоз т/га	НPK
-	-	-	-
-	N <sub>84</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
16	-	80	-
16	N <sub>84</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
Зернопропашной севооборот			
-	-	-	-
-	N <sub>124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
16	-	80	-
16	N <sub>124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>

Изучали два способа основной обработки почвы (фактор Б): вспашка на глубину 30-32 см плугом ПЛН-5-35; минимальная на глубину 12-14 см дискатором.

Изучали уровни удобрённости: навозом 0 и 16 т на 1 га севооборотной площади и минеральные удобрения: контроль (без удобрения), N<sub>84</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub> в зерноотравапропашном севообороте и N<sub>124</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub> в зернопропашном севообороте.

Схема опыта с сахарной свеклой включает варианты с минеральными и органическими удобрениями (фактор В): контроль (без удобрений), N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>, навоз 80 т/га, N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> + навоз 80 т/га.

Таблица 2. План размещения полевого многофакторного опыта

Севообороты			
Зернотравянопропашной		Зернопропашной	
Способы обработки почвы			
минимальная	вспашка	минимальная	Вспашка
Удобрения			
без удобрений	без удобрений	без удобрений	без удобрений
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>			
Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га

### Результаты исследований

Как показали результаты исследования показателей плотности почвы под посевами сахарной свёклы на опыте, выполненные в третьей декаде июня, данная величина прямо зависит от типа севооборота, способа обработки почвы и уровня удобренности. На контроле без использования удобрений лимитирующим фактором для создания благоприятных агрофизических свойств почвы выступает глубина и способ основной обработки почвы под культуру. Если при глубокой отвальной обработке по слоям пахотного горизонта почвы происходит четкая дифференциация с лучшими показателями в нижних слоях, то при мелкой обработке происходит обратная зависимость – наблюдается статистически доказанное уплотнение слоя почвы 20-30 см с величинами, выходящими за пределы оптимальных значений – 1,22-1,23 г/см<sup>3</sup> (табл. 3).

Вид используемых в агротехнологии возделывания сахарной свёклы удобрений является также важным фактором влияния на изменение показателей плотности почвы.

При использовании минеральных удобрений отмечаются аналогичные закономерности, как при неудобренных вариантах с некоторым изменением абсолютных величин. Так, в зернопропашном севообороте в нижнем слое зафиксированы показатели плотности на уровне 1,24-1,26 г/см<sup>3</sup>, что служит тормозящим фактором для получения потенциальной продуктивности культуры.

Таблица 3. Плотность почвы под посевами сахарной свёклы в зависимости от интенсивности её использования (г/см<sup>3</sup>). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	1,21	1,17	1,19	1,12
	10-20	1,17	1,18	1,20	1,16
	20-30	1,28	1,23	1,31	1,22
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	1,22	1,16	1,19	1,19
	10-20	1,20	1,18	1,15	1,16
	20-30	1,26	1,24	1,25	1,26

40 т/га навоза  40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	1,13	1,15	1,12	1,16
	10-20	1,12	1,14	1,13	1,13
	20-30	1,17	1,16	1,14	1,15
	0-10	1,15	1,14	1,12	1,15
	10-20	1,16	1,15	1,15	1,14
	20-30	1,13	1,19	1,12	1,20
НСП <sub>05</sub> (обработка А)		0,12	0,17	0,12	0,17
НСП <sub>05</sub> (удобрения Б)		0,22		0,19	

Иная картина складывается при применении в качестве удобрительного продукта полуперепревшего навоза крупного рогатого скота. В этом случае даже в нижних слоях почвы величина плотности пахотной почвы не превышает градации оптимальных величин – 1,14-1,17 г/см<sup>3</sup>, что отвечает биологическим потребностям сахарной свёклы.

На наш взгляд, оптимальным вариантом по созданию благоприятных величин плотности почвы может служить совместное внесение органических и минеральных удобрений. Изучаемые дозы на уровне 40 т/га навоза и по 180 кг/га действующего вещества макроэлементов органических удобрений используются многими агрохолдингами и самостоятельными финансово независимыми хозяйствами в качестве основы при возделывании сахарной свеклы с колебаниями по количеству промышленных туков и вида органических удобрений. В нашем опыте значение плотности почвы на органо-минеральном фоне удобрённости несколько колеблется по способам обработки почвы, сохраняя зафиксированные выше закономерности.

Коэффициент структурности по слоям почвы на контрольном варианте без внесения удобрений при глубокой отвальной обработке почвы имел более высокие значения в середине пахотного горизонта в слое 10-20 см и составил 3,6 единицы. С углублением профиля данная величина имеет тенденцию к снижению, хотя и не на критическую величину. В этих условиях зафиксированное значение коэффициента структурности составило 3,4. В верхнем слое до 10 см отмечается снижение структурированности почвы до величин 2,5-2,8 с лучшими значениями в севообороте с многолетними травами. Данное обстоятельство возможно объяснить созданием так называемой «плужной подошвы», т.е. уплотнения почвы на нижней кромке глубины отвальной обработки, что косвенно подтверждают данные предыдущей таблицы (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициент структурности почвы под посевами сахарной свёклы в зависимости от интенсивности её использования (ед.). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Зернотравнопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	2,8	2,6	2,5	2,5
	10-20	3,6	3,5	3,4	3,3
	20-30	3,4	3,1	2,9	2,7
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	2,9	2,8	2,6	2,7
	10-20	3,3	3,5	3,4	3,4
	20-30	3,5	3,2	2,9	3,1

40 т/га навоза	0-10	4,2	3,8	4,0	3,8
	10-20	5,2	5,6	5,1	4,9
	20-30	5,4	4,8	5,5	5,1
40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	4,4	4,0	4,2	4,0
	10-20	5,2	5,5	5,0	4,6
	20-30	4,9	4,7	5,2	5,0
НСР <sub>05</sub> (обработка А)		0,15	0,17	0,13	0,12
НСР <sub>05</sub> (удобрения Б)		0,22		0,19	

При условии использования в агротехнологии сахарной свеклы минеральной системы удобрения значения величины коэффициента структурности не претерпевают существенных изменений по сравнению с вариантом абсолютного контроля вне зависимости от типа севооборота и способа основной обработки почвы. Иная картина складывается при введении в технологию возделывания сахарной свёклы органических удобрений в виде полуперепревшего навоза крупного рогатого скота. 40 т/га этого удобрительного продукта позволили значительно улучшить такой агрофизический показатель, как коэффициент структурности почвы. В этом случае наблюдается значительное улучшение структурности даже в верхнем слое пахотного горизонта почвы до величин 3,8-4,2 с преимуществом глубокой отвальной обработки почвы и почти при равной эффективности типов севооборотов. С увеличением глубины коэффициент структурности заметно улучшается, достигая значений 5,2-5,6 в зерно-травянопропашном севообороте и 4,9-5,1 в зернопропашном севообороте. В нижнем слое почвы 20-30 см данная тенденция сохраняется при некотором выравнивании значений по изучаемым севооборотам. По-видимому, данное обстоятельство можно объяснить разрыхляющей ролью навоза при интенсивном перемешивании почвы с большой массой органики, имеющей в своём составе солоmistую фракцию с плотностью, не превышающей 1 г/см<sup>3</sup>.

Такой агрохимический приём, как совместное внесение органических и минеральных удобрений, позволил добиться некоторой стабилизации структурного состояния чернозёма. Значения коэффициента структурности несколько уступали варианту с внесением одной органики, однако оставались на достаточно высоком уровне 4,0-5,5 единиц с сохранением тенденции лучшей структурированности в средней части пахотного горизонта возделываемой почвы. Обобщая анализ изменений структурного состояния чернозёма под влиянием дифференциации системы удобрения сахарной свёклы, возделываемой в различных севооборотах, можно сделать вывод об общем благоприятном положении пахотных почв по этому показателю. При анализе структурных отдельностей обращает на себя внимание факт незначительного количества глыбистой фракции. Почти вся часть почвы, не входящая в агрономически ценный агрегатный ассортимент, представлена пылеватой фракцией, которая, хотя и не учитывается при расчёте коэффициента структурности, однако служит весомым обстоятельством в повышении роли почвенных коллоидов, увеличении поглотительной способности почвы за счёт значительного увеличения площади поверхности почвенных агрегатов.

Мы в своих исследованиях определяли запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в два срока в течение вегетации сахарной свёклы - сразу после посева и перед уборкой для более эффективного анализа влияния изучаемых факторов на этот важный агрофизический показатель. Обобщив полученный экспериментальный материал, мы можем констатировать, что запасы продуктивной влаги в почве весной находились на уровне 135-148 мм на варианте без внесения удобрений и от 145 до 170 мм на удобренных вариантах (табл. 5).

Между обработками почвы мы можем констатировать отсутствие различия при абсолютном контроле даже в пределах одного севооборота. С ростом удобренности ситуация не-

сколько меняется. При внесении минеральных удобрений в дозе 180 кг/га действующего вещества азота, фосфора и калия запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы значительно повышаются до величин 155-156 мм при вспашке и 137-145 мм при минимальной обработке почвы.

Таблица 5. Запасы продуктивной влаги в почве под посевами сахарной свёклы в зависимости от элементов агротехнологии (мм). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Зернотравянопропашной севооборот				Зернопропашной севооборот			
	Вспашка		Минимальная		Вспашка		Минимальная	
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Без удобрений	143	35	145	39	140	37	139	36
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	156	43	145	49	155	40	137	48
40 т/га навоза	170	49	156	56	166	42	160	51
40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	168	55	160	59	162	47	159	54
НСР <sub>05</sub> (А)	5,2	4,9	4,6	4,6				
НСР <sub>05</sub> (Б)	9,9		8,7					

Почва, удобренная с осени минеральными туками, задерживала большее количество влаги по сравнению с контролем, а глубокая отвальная обработка способствовала лучшему проникновению влаги в нижние слои почвы, учитываемые при анализе. Данная тенденция сохраняется и при введении в агротехнологию возделывания сахарной свёклы органических удобрений как в чистом виде, так и при совместном применении с минеральными. На этих делянках начальное количество влаги в почве составило 160-170 мм, что, безусловно, создаёт предпосылки для полноценного развития растений сахарной свёклы на ранних этапах вегетации. По типам севооборота не обнаружено существенного различия в начальных запасах влаги по причине, вероятнее всего, одинакового предшественника для сахарной свёклы в обоих севооборотах, коим являлась озимая пшеница. Этот факт создал примерно равные условия влагонакопления при видимом отсутствии ярко выраженной дифференциации абсолютных значений по данному показателю. Показатель влагообеспеченности почвы на завершающем этапе онтогенеза служит фактором интенсивности усвоения воды растениями, а также степенью удержания влаги в почвенном слое в зависимости от изучаемых в опыте факторов.

Результаты исследования данного показателя выявили характерные закономерности по запасам продуктивной влаги в метровом слое почвы перед уборкой в зависимости от уровня удобренности и, особенно, от способа основной обработки почвы. Так, при отсутствии фактора удобренности, запасы влаги в почве осенью составили примерно равную величину вне зависимости от факторов опыта – 35-39 мм. При внесении одних минеральных удобрений всё более отчётливее проявляется положительная роль во влагоудержании минимализации обработки почвы. Различия по севооборотам между минимальной обработкой почвы и вспашкой составили 6-8 мм, что превышает наименьшую существенную разницу по фактору, а стало быть, достоверны. При органо-минеральной и, особенно, при органической системе удобрения сахарной свёклы данная тенденция сохраняется при увеличении значений в абсолютном выражении.

Данное обстоятельство, на наш взгляд, необходимо объяснить меньшей порозностью почвы в верхних горизонтах почвенного слоя при минимальной обработке и, соответственно, ограниченной возможностью интенсивного испарения почвенной влаги в атмосферу. При глубокой вспашке, напротив, рыхлый верхний слой слабо удерживает влагу, лучше прогревается на большую глубину и провоцирует непродуктивное расходование почвенной влаги.

В таблице 5 нами представлены данные по влиянию типа севооборота, способа основной обработки почвы и степени насыщенности органическими и минеральными удобрениями на суммарное водопотребление за период вегетации и на коэффициент водопотребления сахарной свёклы, показывающий количество воды на формирование единицы товарной продукции, в нашем случае корнеплодов. Общие значения суммарного водопотребления растениями сахарной свёклы показывают, что эта величина находится в пределах 3900-4700 м<sup>3</sup>/га, что говорит об интенсивном метаболизме этой культуры, расходующей в процессе жизнедеятельности значительное количество влаги на формирование вегетативных и генеративных органов (табл. 6).

Таблица 6. Водопотребление сахарной свёклы в зависимости от элементов агротехнологии (мм). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га				Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т			
	ЗТП* севооборот		ЗП севооборот		ЗТП* севооборот		ЗП севооборот	
	В**	М	В**	М	В**	М	В**	М
Без удобрений	3980	3865	4058	3896	157	195	183	220
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	4292	3904	4470	4117	87	76	93	83
40 т/га навоза	4512	4255	4722	4399	116	101	119	107
40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	4006	3811	4117	4045	75	67	79	76
НСП <sub>05</sub> (А)	156	149	162	153				
НСП <sub>05</sub> (Б)	182		201					

\*- ЗТП – зернотравянопропашной севооборот; ЗП – зернопропашной севооборот.

\*\*.- В – вспашка; М – минимальная обработка почвы

Данный показатель по данным наших исследований во многом зависит как от типа севооборота, так и от способа обработки почвы и уровня удобрения.

Минимальное количество влаги на гектар посевной площади расходуется на контроле без использования удобрений и выражается величиной 3865-4058 м<sup>3</sup>/га, что объясняется невысокими показателями урожайности корнеплодов на этих вариантах. Большие значения водопотребления на неудобренных делянках отмечены при вспашке. При условии внесения минеральных удобрений суммарное водопотребление на единицу площади значительно возрастает, доходя до 4470 м<sup>3</sup>/га при глубоком отвальном способе обработки почвы. Уменьшение глубины воздействия на почву способствовало более экономному расходованию почвенной влаги. Следует отметить, что по всем вариантам удобрения и способам обработки почвы суммарное водопотребление больше на 200-300 м<sup>3</sup>/га на полях зернопропашного севооборота по сравнению с зернотравянопропашным.

Органические удобрения способствовали дополнительному расходованию влаги на формирование урожая сахарной свёклы до значительных величин на уровне 4500-4700 м<sup>3</sup>/га при отвальной обработке.

Оптимальным вариантам с точки зрения влагосбережения является совместное внесение органических и минеральных удобрений. В этом случае даже при значительно возросшей продуктивности сахарной свёклы суммарное водопотребление оставалось на уровне контрольного неудобренного варианта. Анализируя полученные данные по коэффициенту водопотребления, можно сделать вывод о том, что на формирование одной тонны корнеплодов сахарной свёклы расходуется различное количество влаги. Так, наибольших значений этот индекс достигает на контрольных вариантах. При технологиях возделывания сахарной свёклы без применения удобрений коэффициент водопотребления составляет от 157 до 183 м<sup>3</sup>/т при вспашке и 195-220 при минимальном способе обработки почвы. Эти цифры свидетельствуют о крайне нерациональном использовании влаги при экстенсивном способе хозяйствования. Минеральные удобрения в дозе N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> снизили коэффициент водопотребления по вспашке в 2 раза, а по минимальной обработке более, чем в 2,5 раза, доведя его до величин 76-93 м<sup>3</sup>/т. Внесение 40 т/га навоза потребовало дополнительного обеспечения влагой почвы при коэффициенте водопотребления более 100 м<sup>3</sup>/т с сохранением вышеописанных тенденций. Органо-минеральная система удобрения сахарной свёклы представила наиболее рациональное использование влаги на формирование урожая, показав величины коэффициента водопотребления 67-79 м<sup>3</sup>/т. В данном случае зафиксированные значения находятся на уровне чисто минеральной системы удобрения со снижением анализируемого значения на 7-14 м<sup>3</sup>/т в зависимости от изучаемых факторов.

### **Выводы**

1. Черноземы региона при грамотной эксплуатации показывают приемлемые значения плотности на уровне 1,15 г/см<sup>3</sup> при оптимальных показателях структурности почвы на фоне органо-минеральной системы удобрения сахарной свёклы в пределах 4,0-5,5 единиц коэффициента структурности, что при условии высокой культуры земледелия и выполнения всех агротехнологических приемов в оптимальные сроки служит значимым фактором получения стабильных высоких урожаев такой ценной для региона технической культуры, как сахарная свекла.

2. Полученный экспериментальный материал убедительно доказывает существенную зависимость рационального водопотребления от таких элементов агротехнологии, как насыщение севооборота минеральными и органическими удобрениями и применение на их фоне энергосберегающих поверхностных способов обработки почвы. В этом случае зафиксировано наиболее рациональное использование влаги на формирование урожая, показав величины коэффициента водопотребления 67-79 м<sup>3</sup>/т.

### **Список литературы**

1. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения: монография. – Белгород: «Отчий край», 2022. – 216 с.
2. Клостер Н.И. Повышение продуктивности сахарной свёклы при органической системе удобрения в Центрально-Чернозёмной зоне // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2 (30). – С. 190-195.
3. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Соловиченко В.Д. Технологические качества свеклосахарного сырья в зависимости от условий возделывания в ЦЧР // Сахарная свёкла. – 2012. – № 4. – С. 14-17.
4. Косов А.В., Клостер Н.И., Азаров В.Б. Экологическое состояние чернозёмов при биологизации земледелия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2020. – № 164. – С. 70-85.
5. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современной земледелии. Белгород, 2013. 213 с.
6. Сурков Н.А. Свеклопроизводство / Н.А. Сурков, А.В. Турьянский и др. – Белгород: Крестьянское дело, 2002. – 160 с.

7. Смуров С.И., Чурсин А.С. Питательный фон и продуктивность сахарной свеклы // Сахарная свекла. – 2006. – № 5. – С. 14-20.

8. Черный А.Г., Смуров С.И. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от степени биологизации земледелия и способов основной обработки почвы // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: матер. науч.-практ. конф. – Белгород, 2005. – С. 41-42.

9. Kloster N.I. Azarov V.B. Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Volume 36, 2021.

**Клостер Наталья Ивановна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

**Лоткова Виктория Викторовна** – студентка агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: lotkova2001@mail.ru

**Азаров Владимир Борисович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: azarov.v.@mail.ru

**Горбунов Василий Васильевич** – аспирант агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: gorbunovVV@mail.ru

**Азаров Алексей Владимирович** – младший научный сотрудник ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ», 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, e-mail: alexey06@mail.ru

---

UDC 631.8

**N. Kloster, V. Lotkova, V. Azarov, V. Gorbunov, A. Azarov**

## **TRANSFORMATION OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM UNDER THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF AGROTECHNOLOGY**

**Keywords:** soil density, structure, water consumption, fertility.

**Abstract.** In a multifactorial stationary experiment on the development of scientific foundations for extended reproduction of soil fertility, studies were conducted on changes in soil density, structural coefficient and water consumption by sugar beet plants depending on the method of tillage and various doses of organic and mineral fertilizers. Research materials have proved the positive role of semi-ripened cattle manure both when used independently and in conjunction with mineral fertilizers in the decompression of the arable soil horizon. In this case, the soil density did not exceed 1.15 g/cm<sup>3</sup>. When organic fertilizers are introduced into the technology of sugar beet cultivation, the soil structure also improves. The value of the structure coefficient. The best option from the point of view of moisture conservation is the joint application of organic and mineral fertilizers. In this case, even with a significantly increased productivity of sugar beet, the total water consumption remained at the level of the control non-maneuverable variant. The organo-mineral system of sugar beet fertilization showed the most rational use of moisture for the formation of the crop, showing the values of the water consumption coefficient of 67-79 m<sup>3</sup>/t. In this case, the recorded values are at the level of a purely mineral fertilizer system with a decrease in the analyzed value by 7-14 m<sup>3</sup>/t, depending on the factors studied.

### References

1. Kloster N.I., Azarov V.B., Lotkova V.V. Organic fertilizers: Monograph. – Belgorod: Fatherland Publ., 2022. – 216 p.
2. Kloster N.I. Increasing the productivity of sugar beet with an organic fertilizer system in the Central Chernozem zone // Innovations in agriculture: problems. Beet production. – Belgorod, 2002. – 160 p.
3. Kloster N.I., Azarov V.B., Solovichenko V.D. Technological qualities of sugar beet raw materials depending on the conditions of cultivation in the CDR // Sugar beet. – 2012. – No. 4. – Pp. 14-17.
4. Kosov A.V., Kloster N.I., Azarov V.B. Ecological state of chernozems during biologization of agriculture // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 164. – Pp. 70-85.
5. Rodionov V.Ya., Kloster N.I. Fertilizers in modern agriculture / V.Ya. Rodionov. – Belgorod, 2013. – 213 p.
6. Surkov N.A. Beet production / Surkov N.A., Turyansky A.V. and others // Publishing house. – Belgorod: Peasant business Publ., 2002. – 160 p.
7. Smurov S.I., Chursin A.S. Nutritional background and productivity of sugar beet // Sugar beet. – 2006. – No 5. – Pp. 14-20.
8. Cherny A.G. Smurov S.I. Productivity of sugar beet depending on the degree of biologization of agriculture and methods of basic tillage // Materials of the scientific and practical conference "Problems of agricultural production at the present stage and ways to solve them. – Belgorod, 2005. – Pp. 41-42.
9. Kloster N.I. Azarov V.B. Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Volume 36, 2021.

**Kloster Natalia** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

**Lotkova Victoria** – student of the Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1, e-mail: lotkova2001@mail.ru

**Azarov Vladimir** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1, e-mail: azarov.v.@mail.ru

**Gorbunov Vasily** – postgraduate student of the Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1, e-mail: gorbunovVV@mail.ru

**Azarov Alexey** – Junior Researcher of the Belgorod FANC, 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58, e-mail: alexey06@mail.ru