

# БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

*Н.И. Клостер, к.с.-х.н., В.В. Лоткова, В.Б. Азаров, д.с.-х.н.,*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»*

*В полевых стационарных опытах на чернозёме типичном в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона России изучали различные виды, дозы и способы применения органических удобрений в зерновом севообороте с чередованием культур соя – озимая пшеница – кукуруза на зерно. Основным показателем, определяющим эффективность органических удобрений, является биологическая активность почвы.*

*Компост на основе птичьего помета увеличивает биологическую активность почвы на 9,5-12%, сидеральные удобрения на 2,3-9,3%. Минеральные удобрения, наоборот, её подавляют на 3,0-6,8% в опыте 1, на 1,1-5,9% в опыте 2. С увеличением глубины почвы микробиологическая активность закономерно сокращается во всех изучаемых вариантах опыта. Свиноводческие стоки увеличивают активность на достоверную величину 1,55-4,55%, куриный помет на 7,95-13,05%. Среди гранулированных удобрений наиболее эффективен БГК-ВН в дозе 6 т/га весной, обеспечивающий её увеличение на 14,2-18,25% по сравнению с контролем. Способы обработки почвы влияют на биологическую активность в слое 20-40 см. Глубокая безотвальная вспашка способствует повышению активности микроорганизмов на 3,81-5,05% по сравнению с поверхностным способом обработки.*

*Ключевые слова: агротехнологии, органические удобрения, биологическая активность*

Для цитирования: Клостер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б. Биологическая активность чернозёма типичного при различных агротехнологиях в условиях ЦЧР// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 78-81.

DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.19.

Устойчивое и экологически сбалансированное земледелие на черноземах ЦЧР, характеризующихся высоким потенциальным плодородием, диктует необходимость постоянного контроля и разработки приемов их сохранения и воспроизводства при интенсивных технологиях возделывания энергоёмких культур. Главное значение в этом отношении имеет научно обоснованное применение органических удобрений, базирующееся на знании всего комплекса почвенных, агрохимических, экологических и агрофизических факторов, определяющих уровень минерального питания растений и интенсивность круговорота веществ в агроценозах [1].

Разработка оптимальных параметров биологических компонентов агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к каждому конкретному землепользованию, является в настоящий момент самой актуальной задачей. Наряду с этим необходимо учитывать уровень биологической активности пахотных земель, как основы для увеличения эффективности использования органических удобрений через минерализацию микроорганизмами питательных веществ из внесенных удобрений [3-5].

Комплексные исследования по изучению приёмов биологизации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в юго-западной части Центрально-Черноземного региона России и их влияния на продуктивность и изменение показателей плодородия черноземов проводились с 2016 по 2020 г.

В Белгородской области земледельческая отрасль АПК выполняет в основном функцию обеспечения кормами развитой отрасли животноводства. Все агропромышленные холдинги региона имеют структурные подразделения – зерновые компании, которые строят севообороты и моделируют структуру посевных площадей в зависимости от потребностей основной хозяйственной деятельности. Основным севооборотом в области является трехпольный зерновой: 1 – соя; 2 – озимая пшеница;

3 – кукуруза на зерно. Доля этих культур в общей площади посева составила в 2020 г. 55 %.

## **Опыт № 1. Ракитянский район Белгородской области.**

Исследования осуществляли в Ракитянском районе Белгородской области на полях агропромышленного холдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» путем закладки осенью 2015 г. полевого опыта по изучению эффективности различных видов органических удобрений, являющихся отходами животноводческой отрасли.

*Тема исследований* – изучить влияние органических удобрений в виде отходов отрасли животноводства холдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» на продуктивность зерновых культур и плодородие почвы.

*Вид исследований:* полевой двухфакторный опыт, развернутый во времени и пространстве.

*Годы проведения:* 2015-2018 г.

*Изучаемые факторы:*

фактор А – способ заделки удобрений:

А1 – поверхностный (мелкий до 15 см);

А2 – вспашка (глубокая до 27 см, отвальная);

фактор В – применение органических и минеральных удобрений:

В 1 – без удобрений;

В 2 – с применением минеральных удобрений в дозе 120 кг д.в./га (по азоту) в расчете на планируемый урожай;

В 3 – свиноводческие стоки на планируемый урожай;

В 4 – свиноводческие стоки на планируемый урожай (осенью 0,5 дозы + весной до посева 0,5 дозы);

В 5 – куриный помет на планируемый урожай;

В 6 – с применением минеральных удобрений, ½ дозы на планируемый урожай;

В 7 – свиноводческие стоки, ½ дозы на планируемый урожай;

В 8 – куриный помет, ½ дозы на планируемый урожай;

В9 – свиноводческие стоки + куриный помет по ½ дозы.

Планируемый урожай: соя 3,0 т/га, пшеница 6,0, кукуруза 12,0 т/га зерна.

Ширина делянки 4 м, длина делянки 25 м. Защитный коридор между блоками делянок 10 м. Площадь делянки

100 м<sup>2</sup>. Схема опыта с изучаемыми вариантами приведена в таблице 1.

**1. Схема опыта по изучению влияния органических и минеральных удобрений и способов заделки на продуктивность зерновых культур и плодородие почвы**

Фактор А1 (обработка)	Фактор А2 (обработка)	Фактор В (применение удобрений)
Мелкая до 15 см (поверхностная)	Глубокая до 27 см (отвальная, вспашка)	1. Без применения удобрений (контроль). <i>В сокращении: К</i>
		2. Минеральные удобрения на ПУ. <i>В сокращении: МУ1,0</i>
		3. Свиноводческие стоки на ПУ. <i>В сокращении: СС 1,0</i>
		4. Свиноводческие стоки на ПУ (осенью 0,5 дозы + весной до посева 0,5 дозы). <i>В сокращении: СС 0,5 ос. + СС 0,5 вес.</i>
		5. Куриный помет на ПУ. <i>В сокращении: КП 1,0</i>
		6. Минеральные удобрения ½ дозы на ПУ. <i>В сокращении: МУ 0,5</i>
		7. Свиноводческие стоки ½ дозы на ПУ. <i>В сокращении: СС 0,5</i>
		8. Куриный помет ½ дозы на ПУ. <i>В сокращении: КП 0,5</i>
		9. Свиноводческие стоки + куриный помет по ½ дозы. <i>В сокращении: СС 0,5+КП 0,5</i>

*Примечание.* ПУ – планируемый урожай (здесь и в табл. 2).

Основоположник отечественной агрохимии Д.Н. Прянишников своими научными разработками убедительно доказал, что только при возмещении выноса азота до 80 % можно обеспечить получение устойчивых урожаев и создать условия для расширенного воспроизводства плодородия черноземов. Данный тезис нашел подтверждение и в наших исследованиях, проведенных на территории Белгородской области [6].

Подразделение холдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» семхоз «Ракитянский» в целях изучения эффективности новых видов гранулированных удобрений, расширения масштабов биологизации земледелия, перевода агротехнологий на органическую составляющую проявил заинтересованность в расширении программы исследований и закладке нового опыта по установлению эффективности инновационного гранулированного органического удобрения БГК-ВН, производимого на собственных мощностях холдинга. Данные исследования были проведены в 2018-2020 г.

**Опыт № 2. Ракитянский район Белгородской области.**

*Тема исследований* – изучить влияние гранулированных органических удобрений из отходов отрасли животноводства холдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» на продуктивность озимой пшеницы, кукурузы на зерно, сои и плодородие почвы.

*Вид исследований:* полевой двухфакторный опыт, развернутый во времени и пространстве в период ротации

трехпольного севооборота: 1 – озимая пшеница; 2 – кукуруза на зерно; 3 – соя.

*Годы проведения:* 2018-2020

*Изучаемые факторы:*

фактор А – способ заделки удобрений:

А1 – поверхностный (мелкий до 15 см);

А2 – вспашка (глубокая до 27 см, безотвальная);

фактор В – применение органических удобрений:

В 1 – без применения удобрений (контроль);

В 2 – с применением органических удобрений

БГК-ВН на планируемый урожай;

В 3 – птичий компост на планируемый урожай;

В 4 – свиноводческие стоки на планируемый урожай;

В 5 – БГК-ВН, 2 т/га, что соответствует 64 кг/га азота, осенью;

В 6 – БГК-ВН, 4 т/га, что соответствует 128 кг/га азота, осенью;

В 7 – БГК-ВН, 6 т/га, что соответствует 192 кг/га азота, осенью;

В 8 – БГК-ВН, 2 т/га весной;

В 9 – БГК-ВН, 4 т/га весной;

В 10 – БГК-ВН, 6 т/га весной.

Планируемый урожай: соя 2,8 т/га, пшеница 5,9, кукуруза 11,9 т/га зерна. Содержание азота в гранулированном удобрении составляет 3,2 %.

Схема опыта с изучаемыми вариантами приведена в таблице 2.

**2. Схема опыта №5 по изучению влияния гранулированных органических удобрений из отходов отрасли животноводства холдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» на продуктивность зерновых культур и плодородие почвы**

Фактор А1 (способ заделки удобрений)	Фактор А2 (способ заделки удобрений)	Фактор В (применение удобрений)
Мелкая до 15 см (поверхностная)	Глубокий до 27 см (безотвальная)	1. Без применения удобрений (контроль) <i>В сокращении: К</i>
		2. БГК-ВН на ПУ
		3. Птичий компост на ПУ <i>В сокращении: КП 1,0</i>
		4. Свиноводческие стоки на ПУ <i>В сокращении: СС 1,0</i>
		5. БГК-ВН, 2 т/га, осенью
		6. БГК-ВН, 4 т/га, осенью
		7. БГК-ВН, 6 т/га, осенью
		8. БГК-ВН, 2 т/га, весной
		9. БГК-ВН, 4 т/га, весной
		10. БГК-ВН, 6 т/га, весной

Технология внесения: свиноводческие стоки – механизировано по технологии, принятой в хозяйстве; органический компост и гранулированные удобрения – разбросным способом, вручную.

Ширина делянки 4 м, длина делянки – 25 м. Площадь делянки 100 м<sup>2</sup>.

Сортовой материал в опыте: озимая пшеница – Майская юбилейная, соя – Белгородская 48. Обе культуры селекции Белгородского ГАУ. Кукуруза и сахарная свекла – известные зарубежные гибриды.

В биологическом земледелии, при условии максимального вовлечения в малый биологический

круговорот пожнивных-корневых остатков, нетоварной части урожая и органических удобрений, особенно важно сохранить высокую биологическую активность почвы. Микробное разложение органической массы – неперемное условие высокоэффективного хозяйствования, получения стабильных устойчивых урожаев и расширенного воспроизводства плодородия почвы.

Наиболее активными представителями почвенного микробного сообщества являются целлюлозоразлагающие микроорганизмы, использующие для своего метаболизма, главным образом высокоуглеродистые соединения, клетчатку органической массы.

Основной целью опыта, заложенного в Ракитянском районе, является определение эффективности местных органических удобрений. В программу эксперимента включена изучение биологической активности почвы, как важного показателя, способного выявить, насколько почва может переработать питательные вещества внесённой органики и перевести их в доступную для растений форму.

По существующей методике провели закладку льяного полотна номинальной массы на всех делянках опыта в двух горизонтах почвы с месячной экспликацией на посевах кукурузы на зерно. По интенсивности разложения тканевого образца определяли биологическую активность почвы в процентах разложения.

Черноземы типичные, представленные на большинстве полей юго-западной части Центрально-Черноземного региона России, имеют высокую потенциальную биологическую активность ввиду богатого набора почвенной биоты. Этот постулат нашел подтверждение в проводимом эксперименте, где даже в вариантах с дозой внесения удобрений, равной нулю, степень разложения льяного полотна достигала 14,0–15,1 % при поверхностном способе обработки почвы и 12,3–11,8 % по вспашке.

Минеральная система удобрения, рассматриваемая как объект сравнения с основными факторами опыта, органическими удобрениями, не показала существенных отличий от неудоженных вариантов, поскольку, не имея в своем составе органической составляющей, минеральные удобрения не способны предоставить биоте материал для питания и переработки.

На этих делянках биоактивность почвы составила 12,3–13,6 и 12,6–14,0 % при полной и половинной дозах соответственно, при поверхностном способе заделки удобрений. По вспашке зафиксированы следующие показатели 14,6–15,7 и 15,2–15,6 % при полной и половинной дозах соответственно.

Свиноводческие стоки, представляющие собой почти полностью жидкую фракцию, в среднем по опыту увеличили биологическую активность почвы на 2,70–4,55% в слое 0–20 см и на 1,55–3,85% в слое 20–40 см. В этом случае можно предположить, что дополнительное питание почвенные бактерии брали из азотистых составляющих удобрения, что снижало удобрительную ценность свиностоков.

Наиболее продуктивен, с позиции биологической активности почвы, компост на основе птичьего помёта, особенно в сочетании со свиноводческими стоками в половинных дозах применения. На данных делянках разложение льяного полотна составило в слое почвы 0–20 см 23,0–26,2 %. Это выше по сравнению с контролем на 9,85–13,05% при  $НСР_{95}=0,51$ , в слое 20–40 см на 21,4–

21,9%, превысив контрольный вариант на 7,95–8,45% при  $НСР_{95}=0,82$ .

Обращает на себя внимание тенденция зависимости уровня биологической активности от глубины внесения удобрения. Так, при поверхностном способе заделки удобрений, особенно в слое 20–40 см, наблюдается достоверное снижение биологической активности почвы по сравнению с вспашкой на 3,81 %.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что органические удобрения положительно влияют на биологическую активность почвы, особенно в виде компоста на основе птичьего помёта как в чистом виде, так и в сочетании со свиноводческими стоками в половинных дозах применения.

При изучении эффективности инновационных гранулированных органических удобрений отмечена высокая биологическая активность при весеннем сроке внесения.

По-видимому, органические гранулы, внесённые осенью, были быстро переработаны почвенной биотой в течение весеннего периода и к моменту закладки льяного полотна (июнь – начало июля) удобрение представляло собой минерализованные питательные вещества и связанные коллоидной частью почвы углеродистые соединения.

Весеннее же внесение, благодаря накопленной в почве влаге, сохранило органическую часть удобрения, служащую источником питания для целлюлозоразлагающих бактерий.

Разложение льяного полотна в варианте без применения удобрений в среднем за три года исследований составило 22,1–25,4 %, а при использовании свиноводческих стоков даже несколько снизилось – до 19,7–23,5 % в зависимости от культуры севооборота и способа основной обработки почвы. Компост на основе птичьего помёта способствовал повышению активности микроорганизмов до 28,3–29,6 %, что находилось на уровне осеннего внесения гранулированных органических удобрений в дозах 2–4 т/га. Дальнейшее увеличение дозы БГК-ВН до 6 т/га спровоцировало некоторый рост активности почвенных бактерий до 30,4 % разложения льяной ткани.

Весеннее предпосевное внесение БГК-ВН для сои и кукурузы на зерно и по вегетации для озимой пшеницы послужило причиной роста биологической активности почвы до 33,4–45,6 % в прямой зависимости от дозы внесения.

Так, в среднем по опыту в слое 0–20 см все виды органических удобрений способствовали повышению биологической активности почвы, за исключением свиноводческих стоков, при внесении которых произошло достоверное снижение показателя на 1,6% на посевах сои при  $НСР_{95}= 1,00$ . На посевах озимой пшеницы и кукурузы на зерно различия находились в пределах ошибки опыта.

При использовании в качестве удобрений птичьего компоста разложение льяного полотна составило 28,75% на посевах пшеницы, 29,3% на посевах кукурузы, что существенно выше, чем в контрольном варианте без внесения удобрений на 4,40–4,75%.

Новые инновационные гранулированные удобрения обеспечили значения показателя на посевах сои от 28,4% при внесении БГК-ВН, 4 т/га осенью до 39,9% при дозе БГК-ВН, 6 т/га весной, что выше контроля на 2,7–14,2% при  $НСР_{95}= 1,00$ .

На посевах озимой пшеницы сохранилась такая же тенденция. При осеннем внесении БГК-ВН в дозе 2, 4, 6 т/га, в полной дозе на планируемый урожай биологическая активность почвы составила 27,6–29,5%, что выше контроля на 3,25–5,2%. При весеннем внесении показатель увеличился до 42,6% в варианте БГК-ВН, 6 т/га весной, превысив контроль на 18,25% при НСР<sub>95</sub>=1,48.

На посевах кукурузы на зерно влияние гранулированных органических удобрений аналогично результатам по сое и пшенице. Осеннее внесение обеспечивает уровень биологической активности от 27,4% при БГК-ВН, 4 т/га до 30,3% при полной дозе на планируемый урожай при контроле, равном 24,55%, что достоверно выше на 2,85–5,75%. При весеннем применении БГК-ВН разложение льняного полотна составило 37,05% в варианте БГК-ВН, 2 т/га – 42,1% в варианте БГК-ВН, 6 т/га существенно превышая контроль на 12,5–17,55% при НСР<sub>95</sub>=1,06.

В среднем по опыту в слое 20–40 см внесение свиноводческих стоков также по всем культурам обеспечивает биологическую активность почвы на уровне контроля, в частности, 22,9% на сое, 23,1% на пшенице и достоверное снижение на 1,45% на кукурузе на зерно при значении показателя 21,15%.

Птичий компост на посевах сои и кукурузы оказывал положительное влияние на разложение льняного полотна, обеспечивая существенное превышение по сравнению с контролем – от 1,2% на кукурузе до 2,4% на сое. На посевах озимой пшеницы различия значений находились в пределах ошибки опыта.

Применение гранулированных удобрений БГК-ВН в дозах 2, 4, 6 т/га весной обеспечивает наибольшую биологическую активность почвы в изучаемом слое 20–40 см – 26,0–26,8% на сое, 26,6–30,75 на пшенице, 25,5–30,3% на кукурузе, что существенно выше контрольного варианта – на 3,0–3,8%, 3,2–7,35, 2,9–7,7% соответственно.

Следует отметить, что в слое 20–40 см общие тенденции по влиянию органических удобрений на биологическую активность почвы сохранились аналогично слою 0–20 см.

В целом активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов по слоям почвы была разной. Если почвенная микробиота проявляла большую активность в верхнем слое почвы 0–20 см на уровне 30,0–30,3% на сое, 29,5–31,35 на пшенице, 31,0–31,6 % на кукурузе, то в нижнем слое 20–40 см активность составляла 21,9–26,9, 22,2–28,1, 21,9–27,5% соответственно.

В среднем по опыту биологическая активность в верхнем слое почвы не зависела от способа обработки почвы. В нижнем слое произошло существенное снижение

изучаемого показателя при поверхностной обработке почвы на 5,05% по сравнению с контрольным вариантом глубокой безотвальной вспашки при НСР<sub>95</sub>=0,4.

В целом общая активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в своем абсолютном выражении в значительной степени зависит от достаточного количества влаги в почве. Если в период наблюдений почва обеднена влагой (2016, 2017 г.), то величина биологической активности будет значительно ниже по сравнению с оптимальными по влагообеспеченности периодами.

**Заключение.** Из результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что наиболее эффективным видом и способом внесения органических удобрений на посевах сои, озимой пшеницы и кукурузы на зерно является БГК-ВН, 6 т/га весной, обеспечивающий повышение биологической активности на 14,2–18,25% по сравнению с контрольным вариантом без внесения удобрений. Птичий компост повышает изучаемый показатель на 3,15–4,75%. Свиноводческие стоки или достоверно снижают активность почвы, или формирует её на уровне контроля. Способы обработки почвы влияют на биологическую активность в слое 20–40 см. Глубокая безотвальная вспашка способствует повышению активности микроорганизмов на 5,05% по сравнению с поверхностным способом обработки.

#### *Литература*

1. *Айдиев А.Ю.* Основные направления биологизации земледелия / А. Ю. Айдиев, В. И. Лазарев // Инновационно-технологические основы развития земледелия: сб. докл. Всероссийской научно-практической конференции (Курск, 19–21 сент. 2006 года). – Курск, 2006. – С. 48–51.
2. *Косов А.В.* Экологическое состояние черноземов при биологизации земледелия / А. В. Косов, Н. И. Клостер, В. Б. Азаров // Политематический сетевой электронный науч. журнал КубГАУ. – 2020. – № 10 (164). – С. 70–85. – URL: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-164-005> (дата обращения: 16.01.2023).
3. *Лукин С.В.* Роль органических удобрений в земледелии Белгородской области / С. В. Лукин // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – основа повышения плодородия почвы, роста продуктивности с.-х. культур и сохранения окружающей среды: материалы Всероссийской науч.-практической конф. Белгородского науч.-исслед. ин-та сельского хозяйства Россельхозакадемии (Белгород, 12–13 июля 2012 г.): в 2 т. – Т. 2. – Белгород: Отчий край, 2012. – С. 3–8.
4. *Постников П.А.* Сохранение плодородия почвы через биологизацию земледелия / П. А. Постников // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 5. – С. 1128–1133.
5. *Клостер, Н. И.* Органические удобрения / Н. И. Клостер, В. Б. Азаров, В. В. Лоткова. – Белгород: Отчий край, 2022. – 216 с.
6. *Lotkova, V.* Prospects for the introduction of biologization techniques in agriculture of the Belgorod region / V. Lotkova, V. Azarov // Innovative technologies in agriculture: International scientific and practical conference, Orel, 23–24 марта 2022 года. – Orel: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2022. – P. 51.

#### **BIOLOGICAL ACTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEM UNDER VARIOUS AGROTECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE CDR**

*N.I. Kloster, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
V.V. Lotkova, V.B. Azarov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
"Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin"*

*In stationary field experiments on chernozem typical in the conditions of the southwestern part of the Central Chernozem region of Russia, various types, doses and methods of using organic fertilizers in grain crop rotation with alternating crops of soy- winter wheat- corn for grain were studied. The main indicator determining the effectiveness of organic fertilizers is the biological activity of the soil.*

*Compost based on bird droppings increases the biological activity of the soil by 9.5–12%, sideral fertilizers by 2.3% – 9.3%. Mineral fertilizers, on the contrary, suppress it by 3.00–6.80% in experiment 1, by 1.1 – 5.9% in experiment 2. With an increase in the depth of the soil, microbiological activity naturally decreases for all the studied variants of the experiment. Pig runoff increases activity by a significant amount of 1.55–4.55%, chicken manure by 7.95–13.05%. Among granular fertilizers, the most effective is BGC-VN 6 t/ha in spring, providing an increase of 14.2–18.25% compared to the control. Tillage methods affect the biological activity in a layer of 20–40 cm. Deep fall-free plowing contributes to an increase in the activity of microorganisms by 3.81–5.05% compared to the surface treatment method.*

*Keywords: agrotechnologies, organic fertilizers, biological activity.*