

Научная статья

УДК 631.86:633.15

EDN GDXWWH

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0480-0-137-144>

**Влияние органических удобрений на поступление
органического углерода в почву в посевах кукурузы**

Елена Ивановна Миллер¹, младший научный сотрудник

Евгений Александрович Дёмин², кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

^{1, 2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Тюменская область, Тюмень, Россия, gambitn2013@yandex.ru

Аннотация. Растительные остатки в агроэкосистемах являются основным источником углерода, поступающего в почву, который в процессе дальнейшей трансформации закрепляется в ней в виде гумуса. В работе рассмотрено влияние возрастающих доз органических удобрений на поступление в почву органического углерода с растительными остатками и навозом. Установлено, что под кукурузой, возделываемой на зеленую массу, в почву поступает 2,0 т/га органического углерода с корневыми и пожнивными остатками. Внесение органических удобрений на основе навоза крупного рогатого скота обеспечивает рост поступающего углерода в почву до 5,6–12,6 т/га.

Ключевые слова: кукуруза, навоз, органический углерод, корневые и пожневные остатки

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10005.

Для цитирования: Миллер Е. И., Дёмин Е. А. Влияние органических удобрений на поступление органического углерода в почву в посевах кукурузы // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 137–144.

Original article

**The effect of organic fertilizers on the supply
of organic carbon to the soil in corn crops**

Elena I. Miller¹, Junior Researcher

Evgeny A. Demin², Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

^{1, 2} State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen region, Tyumen, Russia

gambitn2013@yandex.ru

Abstract. Plant residues in agroecosystems are the main source of carbon entering the soil, which in the process of further transformation is fixed in it in the form of humus. The paper considers the effect of increasing doses of organic fertilizers on the intake of organic carbon from plant residues and manure into the soil. It has been established that 2.0 t/ha of organic carbon with root and crop residues enters the soil under corn cultivated for green mass. The application of organic fertilizers based on cattle manure ensures an increase in incoming carbon into the soil to 5.6–12.6 t/ha.

Keywords: corn, manure, organic carbon, root and crop residues

Funding: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-76-10005.

For citation: Miller E. I., Demin E. A. The effect of organic fertilizers on the supply of organic carbon to the soil in corn crops. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 137–144), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Введение. Плодородные почвы – одни из главных мировых ресурсов, которые способны обеспечивать продовольствием стремительно растущее население [1]. Важным фактором плодородия является высокое содержание органического углерода ($C_{орг}$) в почвах [2].

В агроэкосистемах постоянно происходит круговорот углерода. В результате биохимических процессов в почве имеет место трансформация органического вещества, в результате которого из органических веществ образуются минеральные соединения и выделяется углекислый газ, который поступает в атмосферу. В результате фотосинтеза растения усваивают диоксид углерода из воздуха и перерабатывают его в органические вещества, которые накапливаются в растительных тканях. Некоторая часть этих тканей в виде основной продукции растениеводства (зерно, семена, зеленая масса и т. д.) увозится с полей для дальнейшей переработки. Другая часть в виде побочной продукции (соломы, корневых, пожнивных остатков) остается на поле и является основным источником возврата $C_{орг}$ в почву [3, 4]. Для поддержания динамического равновесия или повышения запасов $C_{орг}$ в почве необходимо, чтобы количество отчуждаемого углерода из почвы в результате продуцирования диоксида

углерода было меньше, чем количество поступающего углерода в почву.

Добиться этого возможно с повышением биомассы побочной продукции растений в результате определенных агротехнических приемов, подбором определенных сортов и видов культурных растений, а также с помощью удобрений [5]. Дополнительно источником поступления $C_{орг}$ в почву могут являться различные органические удобрения: торф, сапропель, биоуголь, навоз и другие. В животноводческих предприятиях региона для получения сочных кормов возделывают кукурузу на зеленую массу, в результате чего в почву $C_{орг}$ поступает лишь с коревыми и пожнивными остатками (КПО), и этого не хватает для поддержания равновесия. Однако внесение навоза под основную обработку почвы под кукурузу является хорошей альтернативой для поддержания плодородия пашни [6].

Цель исследований – *установить влияние органических удобрений на основе навоза крупного рогатого скота на поступление органического углерода в почву при возделывании кукурузы в условиях Зауралья.*

Материалы и методы исследований. Исследование проведено в 2024 г. Технологические операции выполнены согласно используемой системе земледелия в регионе. Органические удобрения вносили осенью под основную отвальную обработку.

Результаты исследований. Кукурузу в Западной Сибири преимущественно возделывают для получения сочных кормов, в результате чего основная часть биомассы растений, в которой находится органический углерод, отчуждается с полей. Это приводит к тому, что основным источником поступления углерода в почву под данной культурой остается корневая система и в меньшей степени остаток наземной вегетативной массы, количество которого варьирует от высоты среза в период уборки.

Возделывание кукурузы без применения дополнительного питания и уборки на зеленую массу обеспечивает нарастание за вегетацию порядка 4,8 т/га

сухого вещества корневых и пожнивных остатков (рис. 1).

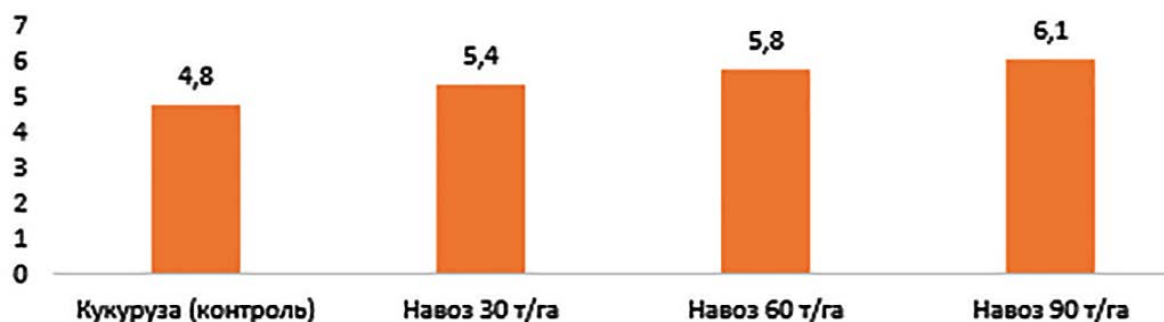


Рисунок 1 – Влияние органических удобрений на массу КПО, т/га

Дополнительно внесение органических удобрений в дозе 30 т/га перепревшего навоза КРС позволяет увеличивать нарастание массы КПО на 13 % (0,6 т/га) относительно контроля. Внесение удобрений в дозах 60 и 90 т/га навоза способствует дальнейшему повышению образования массы КПО на 21 % (1,0 т/га) и 27 % (1,3 т/га) соответственно относительно варианта без использования удобрений.

Увеличение массы КПО при дополнительном внесении органических удобрений может быть связано с рядом причин. Первая состоит в улучшении питательного режима почвы в связи с дополнительным поступлением питательных элементов [7]. Вторая причина – изменение агрофизических свойств почвы, в частности плотности, аэрации и водоудерживающей способности, из-за дополнительного поступления органического углерода в нее [8]. Третья причина – усиление биологической активности почвы из-за поступления с навозом дополнительно азота, который коррелирует с ферментативной и биологической активностью почвы [9]. Это, в свою очередь, приводит к более быстрой трансформации общих форм питательных элементов в доступные для растений соединения. В совокупности указанные причины способствуют повышению общей биомассы кукурузы, в том числе и увеличению мощности корневой системы и вегетативной массы.

Содержание органического углерода в КПО кукурузы составляло от 39,5 до 40,6 % сухого вещества и не зависело от норм внесения навоза (рис. 2). Отсутствие различий в содержании углерода в КПО связано в большей степени с биологическими особенностями культуры, а именно зависимостью от генотипа растений, нежели от изменяющихся природных факторов. Содержание $C_{орг}$ в навозе находилось в диапазоне от 36,7 до 37,5 % сухого вещества, что при внесении норм внесения удобрения от 30 до 90 т/га обеспечивало дополнительное поступление углерода в почву значительно больше, чем с КПО.

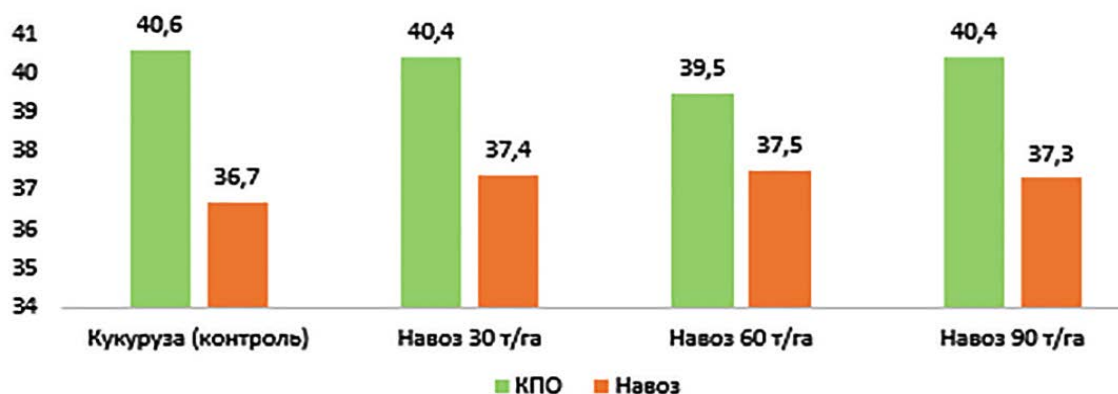


Рисунок 2 – Влияние органических удобрений на содержание $C_{орг}$ в КПО и навозе, процент сухого вещества

На контроле из-за отсутствия использования удобрений в почву $C_{орг}$ поступал только с КПО и его масса составляла 2,0 т/га (рис. 3).

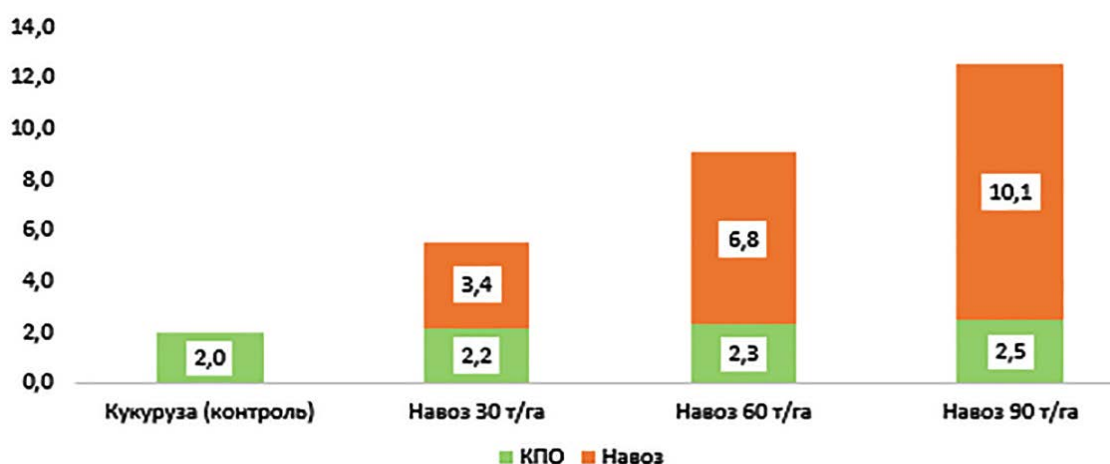


Рисунок 3 – Влияние органических удобрений на поступление $C_{орг}$ с побочной продукцией и навозом в почву, т/га

При внесении 30 т/га навоза с КПО $C_{орг}$ поступало на 8 % больше относительно контрольного варианта. С навозом при этом вернулось порядка 3,4 т/га $C_{орг}$, что в 2,8 раз выше, чем на контроле. На варианте с дозой внесения 60 т/га с КПО в почву поступило 2,3 т/га, а с навозом – 6,8 т/га, что в сумме больше, чем на контроле, в 4,6 раза. На максимальном изучаемом питательном фоне в почву поступало порядка 2,5 т/га $C_{орг}$ с КПО и 10,1 т/га с навозом; данная масса $C_{орг}$ была в 6,3 раза выше контроля.

Таким образом, отмеченное изменение в поступлении органического углерода с КПО на фоне внесения возрастающих доз органических удобрений может свидетельствовать, что основным источником поступления углерода в данном случае будет являться навоз. Зависимость поступающего в почву органического углерода с КПО на фоне внесения органических удобрений составляет не более 0,2–0,5 т/га, что является крайне низким показателем, особенно на фоне того, что под кукурузой эмиссия диоксида углерода может достигать более 11 т/га [10] или 3,2 т/га чистого углерода [6].

Заключение. *Возделывание кукурузы на зеленую массу без применения удобрений является крайне нерациональным в связи с тем, что в почву возвращается не более 2,0 т/га органического углерода. Внесение органических удобрений на основе навоза крупного рогатого скота в дозе от 30 до 90 т/га обеспечивает повышение поступления органического углерода с корневыми и пожнивными остатками на 8–15 % относительно контроля. С навозом при этом в почву дополнительно поступает от 3,4 до 10,1 т/га при внесении навоза в дозах от 30 до 90 т/га.*

Список источников

1. Суханов П. А. Земля и почва, почва и земля – двуединый ресурс? // Агрохимический вестник. 2020. № 3. С. 3–6.
2. Комиссарова И. В., Мирошниченко Н. В., Человечкова А. В., Еремин Д. И. Оценка почвенного плодородия балансовым методом // Вестник

Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (27). С. 27–30.

3. Ларионов Ю. С. Роль углерода и круговороты на его основе как предпосылки совершенствования системы мониторинга плодородия почв // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4. № 2. С. 124–134.

4. Семенов В. М., Лебедева Т. Н. Проблема углерода в устойчивом земледелии: агрохимические аспекты // Агрохимия. 2015. № 11. С. 3–12.

5. Кудрявцев А. Е., Ваганов Е. С., Канунников С. В., Локтионов В. А. Факторы, определяющие секвестрацию, депонирование, эмиссию углекислого газа в агроценозах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (231). С. 37–44.

6. Демин Е. А. Органические удобрения как фактор положительного баланса органического углерода пахотных почв // Устойчивость природных ландшафтов и их компонентов к внешнему воздействию : материалы науч.-практ. конф. Грозный : Чеченский государственный университет, 2024. С. 178–181.

7. Чеботарев Н. Т., Юдин А. А., Облизов А. В. Органические и минеральные удобрения как факторы повышения продуктивности агроценозов (на примере северной тайги Республики Коми). Сыктывкар : Коми республиканская академия государственной службы и управления, 2019. 130 с.

8. Родькина В. Н., Ершова Г. И. Изменение водно-физических свойств дерново-подзолистых почв под влиянием органических и минеральных удобрений // Актуальные вопросы тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы : материалы всерос. науч.-практ. круглого стола. Рязань : Академия Федеральной службы исполнения наказаний России, 2019. С. 98–102.

9. Ямалтдинова В. Р., Завьялова Н. Е., Субботина М. Г. Влияние длительного применения систем удобрений на агрохимические и биологические показатели дерново-подзолистой почвы среднего Предуралья // Пермский аграрный вестник. 2019. № 3 (27). С. 95–102.

10. Шахова О. А., Демин Е. А. Эмиссия диоксида углерода в посевах различных сельскохозяйственных культур и паров // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. Калуга : ИП Якунина, 2024. С. 97–101.

References

1. Sukhanov P. A. Land and soil, soil and land – a two-pronged resource? *Agrokhimicheskii vestnik*, 2020;3:3–6 (in Russ.).

2. Komissarova I. V., Miroshnichenko N. V., Chelovechkova A. V., Eremin D. I. Assessment of soil fertility by the balance method. *Vestnik Kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2018;3(27):27–30 (in Russ.).

3. Larionov Yu. S. The role of carbon and cycles based on it as prerequisites for improving the soil fertility monitoring system. *Interekspo Geo-Sibir'*, 2019;4;2:

124–134 (in Russ.).

4. Semenov V. M., Lebedeva T. N. The problem of carbon in sustainable agriculture: agrochemical aspects. *Agrokimiya*, 2015;11:3–12 (in Russ.).

5. Kudryavtsev A. E., Vaganov E. S., Kanunnikov S. V., Loktionov V. A. Factors determining sequestration, deposition, and carbon dioxide emissions in agroecosystems. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024;1(231): 37–44 (in Russ.).

6. Demin E. A. Organic fertilizers as a factor in the positive balance of organic carbon in arable soils. Proceedings from Resistance of natural landscapes and their components to external influences: *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 178–181), Groznyi, Chechenskii gosudarstvennyi universitet, 2024 (in Russ.).

7. Chebotarev N. T., Yudin A. A., Oblizov A. V. *Organic and mineral fertilizers as factors of increasing the productivity of agroecosystems (on the example of the northern taiga of the Komi Republic)*, Syktyvkar, Komi respublikanskaya akademiya gosudarstvennoi sluzhby i upravleniya, 2019, 130 p. (in Russ.).

8. Rodkina V. N., Ershova G. I. Changes in the water-physical properties of sod-podzolic soils under the influence of organic and mineral fertilizers. Proceedings from Current issues of logistical support of the penal system: *Vserossiiskii nauchno-prakticheskii kruglyi stol*. (PP. 98–102), Ryazan', Akademiya Federal'noi sluzhby ispolneniya nakazanii Rossii, 2019 (in Russ.).

9. Yamaltdinova V. R., Zavyalova N. E., Subbotina M. G. Influence of long-term application of fertilizer systems on agrochemical and biological parameters of sod-podzolic soil of the middle Urals. *Permskii agrarnyi vestnik*, 2019;3(27):95–102 (in Russ.).

10. Shakhova O. A., Demin E. A. Carbon dioxide emissions in crops of various agricultural crops and vapors. Proceedings from *Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 97–101), Kaluga, IP Yakunina, 2024 (in Russ.).

© Миллер Е. И., Дёмин Е. А., 2025

Статья поступила в редакцию 26.03.2025; одобрена после рецензирования 15.05.2025; принята к публикации 09.07.2025.

The article was submitted 26.03.2025; approved after reviewing 15.05.2025; accepted for publication 09.07.2025.