

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.45:631.153.3:651.95

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_3_26

EDN: UAHTGZ

**Темпы разложения биомассы культур и формирования в почве
запаса растительных остатков прошлых лет в севообороте
с сахарной свеклой в условиях лесостепи ЦЧР**

Анатолий Владимирович Дедов^{1✉}, Геннадий Михайлович Крюков²

^{1,2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

¹ dedov050@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных в 2022–2024 гг. в микроделяночном полевом опыте, заложенном на базе многофакторного стационара кафедры земледелия Воронежского государственного аграрного университета с целью определения темпов разложения биомассы культур и формирования в почве запаса растительных остатков прошлых лет в севообороте с сахарной свеклой в условиях лесостепи ЦЧР. Установлено, что в чистом виде послеуборочные остатки сахарной свеклы и горчицы сарептской разлагались полностью за три года, тогда как остатки ячменя, озимой пшеницы и ржи – на 82,5–84,5%. Показано, что на скорость разложения биомассы в почве оказывал влияние порядок чередования культур в севообороте. При ежегодном поступлении в почву растительных остатков в порядке чередования культур в севообороте доля их неразложившейся массы через 3 года составила (в % от внесенного): горчица сарептская + озимая пшеница + сахарная свекла – 12,3%; сахарная свекла + ячмень + горчица сарептская – 24,2%; ячмень + горчица сарептская + озимая пшеница – 23,0%; озимая пшеница + сахарная свекла + ячмень – 13,5%. При условии ежегодного поступления в почву свежих послеуборочных остатков относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения, составляла: в первом звене севооборота (горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла) – 28,5%, после второго года – увеличивалась на 16,0%, на третий год – снижалась до 29,1%; во втором звене (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) масса остатков прошлых лет составляла соответственно 76,0 – 28,5 – 29,5%; в третьем звене (сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская) – 27,0 – 40,0 – 48,1%; в четвертом звене (ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница) – 51,5 – 51,3 – 38,7%.

Ключевые слова: севооборот с сахарной свеклой, растительные остатки, темпы разложения биомассы, накопление биомассы, лесостепь ЦЧР

Для цитирования: Дедов А.В., Крюков Г.М. Темпы разложения биомассы культур и формирования в почве запаса растительных остатков прошлых лет в севообороте с сахарной свеклой в условиях лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 3(82). С. 26–34. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_3_26–34.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Rates of decomposition of crop biomass and formation of plant residues
of prior years in the soil in crop rotation with sugar beet in the conditions
of the forest-steppe of the Central Chernozem Region**

Anatoliy V. Dedov^{1✉}, Gennadiy M. Kryukov

^{1,2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ dedov050@mail.ru✉

Abstract. The authors present the results of research conducted in 2022–2024 in a microplot field experiment laid in a multifactorial study station of the Department of Soil Management of Voronezh State Agrarian University in order to determine the rates of decomposition of crop biomass and formation of plant residue reserves from prior years in the soil in crop rotation with sugar beet in the conditions of forest-steppe of the Central Chernozem Region. It has been found that post-harvest residues of sugar beet and Chinese mustard in their pure form decomposed completely within three years, while the residues of barley, winter wheat and rye decomposed by 82.5–84.5%. It is shown that the rate of biomass decomposition in the soil was influenced by the order of crop rotation. With the annual supply of plant residues to the soil in the order of alternation in crop rotation the share of their undecomposed mass after 3 years was as follows (% of the amount supplied): 12.3% for Chinese mustard +

winter wheat + sugar beet; 24.2% for sugar beet + barley + Chinese mustard; 23.0% for barley + Chinese mustard + winter wheat; and 13.5% for winter wheat + sugar beet + barley. Provided that fresh post-harvest residues were supplied to the soil annually, the relative mass of residues from prior years (as % of the annually supplied amount of biomass) accumulated in the soil after the first year of decomposition was as follows: 28.5% in the first link (Chinese mustard – winter wheat – sugar beet), with the increase by 16.0% after the second year and decrease to 29.1% in the third year. In the second link (winter wheat – sugar beet – barley) the mass of residues from prior years was 76.0; 28.5; and 29.5%, respectively. In the third link (sugar beet – barley – Chinese mustard) it was 27.0; 40.0; and 48.1%, and in the fourth link (barley – Chinese mustard – winter wheat) it amounted to 51.5; 51.3; and 38.7%.

Key words: crop rotation with sugar beet, crop residues, biomass decomposition rates, accumulation of biomass, forest-steppe, Central Chernozem Region

For citation: Dedov A.V., Kryukov G.M. Rates of decomposition of crop biomass and formation of plant residues from prior years in the soil in crop rotation with sugar beet in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(3):26-34. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_3_26-34.

Введение

Основы современного представления о трансформации органического вещества в почвах заложены в трудах многих исследователей [3–5, 7–17].

Изучением процессов разложения биомассы сельскохозяйственных культур в условиях ЦЧР занимались В.М. Дудкин [7], Н.И. Зезюков [9], А.У. Павлюченко [14], Н.И. Придворев [15], Б.А. Сотников [17] и др. Однако, несмотря на наличие публикаций по данной проблеме, многие аспекты остаются не до конца изученными. Пока еще мало сведений о влиянии на скорость разложения растительных остатков гидротермических условий, более того, имеющиеся данные носят противоречивый характер. Нет убедительного ответа на вопрос о том, как долго разлагаются в почве послеуборочные остатки той или иной культуры. Отсутствуют данные о том, как влияет скорость и направленность процесса трансформации растительных остатков на плодородие почвы (новообразования и накопление гумуса). В большинстве случаев нет четкого ответа на тот или иной вопрос потому, что авторы уже опубликованных научных работ изучение темпов разложения послеуборочных остатков проводили разными методами.

В данной статье приведены результаты сравнительного изучения влияния культур севооборотов на скорость разложения биомассы и накопления массы растительных остатков прошлых лет.

Исследования проводили в микроделяночном полевом опыте многофакторного стационара кафедры земледелия Воронежского ГАУ «Определение оптимального сочетания биологических, экологических и техногенных приемов повышения плодородия черноземных почв».

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемоощный, тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 4,0–4,4%. Гидролитическая кислотность – 4 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 85%, рН – 5,8–6,3, содержание подвижного фосфора (по Чирикову) и обменного калия (по Масловой) – соответственно 6,8–13,0 и 16–28 мг/100 г абсолютно сухой почвы.

Закладка опыта и обработка экспериментальных данных осуществлялись по методике Б.А. Доспехова [6]. Размещение вариантов в опыте рендомизированное, повторность – трехкратная. Севообороты представлены всеми полями в пространстве и во времени. Площадь опытной делянки – 440 м², учетной – 120 м². Возделывание осуществлялось в севооборотах по рекомендованной для лесостепной зоны Воронежской области технологии.

В задачи представленного исследования входило изучение скорости разложения послеуборочных растительных остатков культур севооборота: горчицы сарептской, сахарной свеклы, озимой пшеницы, ячменя, а также скорости разложения растительных остатков этих же культур, но при ежегодном добавлении к ним остатков других культур (по схеме севооборота горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень).

Образцы для определения массы корневых остатков отбирали по Н.З. Станкову [18] буром через 10 см до глубины 30 см в трехкратной повторности. Темпы разложения биомассы культур севооборотов изучались в модельных полевых опытах. Для этого в капроновые сетчатые мешочки размером 15 × 30 см помещали 0,6 кг сухой почвы, которую предварительно просеивали через сито с диаметром отверстий 3 мм. Ежегодно добавляли по 20 г послеуборочных остатков (в пересчете на абсолютно сухое вещество) согласно чередованию по схеме севооборота. Подготовленные мешочки закапывали в слой почвы 0–30 см. Почва участка в течение вегетационного периода поддерживалась в рыхлом состоянии. Опыт заложен в трехкратной повторности, отмывка образцов проводилась через год. В соответствующие сроки методом декантации в воде отделяли органические остатки от почвы, сливая их через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Отмытую органическую массу высушивали в термостате (при $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$) до абсолютно сухого состояния, а затем взвешивали. По разности рассчитывали процент разложения [20].

По величине гидротермического коэффициента годы исследований были различными. Так, 2022 и 2024 гг. были недостаточно увлажненными (ГТК = 1,0–1,3), 2023 г. – влажным (ГТК = 1,6) [1, 19].

Результаты и их обсуждение

Мнения исследователей при изучении скорости разложения биомассы в полевых условиях, когда факторы, влияющие на темпы разложения остатков, варьируют в зависимости от места проведения исследований, часто не совпадают. Основной причиной разногласий являются различия в методике проведения исследований.

Более точные данные в полевых условиях о трансформации растительных остатков можно получить при их разложении на «парующих» площадках [3, 15]. Но в этом случае мы не знаем, как влияет на процесс разложения возделываемая культура (корневые выделения, микроорганизмы, системы удобрения, обработки почвы и др.).

В последние годы изучение скорости разложения растительных остатков чаще проводят в капроновых мешочках: остатки изучаемой культуры смешивают с почвой в заданной пропорции и закапывают их в почву на определенную глубину. Это позволяет точнее судить о скорости разложения остатков сельскохозяйственных культур, и именно поэтому мы использовали этот метод исследования.

Наши исследования показали (табл. 1), что в течение первого года наиболее интенсивно разлагались послеуборочные остатки сахарной свеклы – 66,0%, горчицы сарептской (58,0%), медленнее – ячменя (28,0%) и озимой пшеницы (26,0%).

Это объясняется тем, что послеуборочные остатки зерновых содержат меньше легкодоступных микроорганизмам соединений и больше трудно разлагаемых (лигнина, воска, смол) по сравнению с сахарной свеклой и горчицей сарептской. Аналогичные результаты были получены в исследованиях, проведенных другими авторами [3, 8, 13–15].

Таблица 1. Скорость разложения растительных остатков полевых культур

Культура	Исходное	Разложилось от исходного		
		2022 г.	2023 г.	2024 г.
Ячмень	<u>20</u>	<u>5,6</u>	<u>12,4</u>	<u>16,9</u>
	100	28,0	62,3	84,5
Сахарная свекла	<u>20</u>	<u>13,2</u>	<u>14,9</u>	<u>18,7</u>
	100	66,0	74,7	93,5
Озимая пшеница	<u>20</u>	<u>5,20</u>	<u>12,2</u>	<u>16,5</u>
	100	26,0	60,1	82,5
Горчица сарептская	<u>20</u>	<u>11,6</u>	<u>13,8</u>	<u>19,2</u>
	100	58,0	68,8	96,1
НСП ₀₅	–	1,3	1,1	1,5

Примечание: над чертой – значение в граммах, под чертой – то же, в %.

В целом по скорости разложения растительной биомассы в первый год культуры севооборота можно расположить в следующем убывающем порядке: сахарная свекла – горчица сарептская – ячмень – озимая пшеница.

Скорость разложения послеуборочных остатков в течение второго года определялась в основном степенью их разложения в предыдущий период: чем больше их разлагалось в первый год, тем меньше их подверглось деструкции во второй.

За второй год масса остатков сахарной свеклы уменьшилась до 74,7%, горчицы сарептской – 68,8, ячменя – 62,3, озимой пшеницы – 60,1%.

На второй год скорость разложения остатков была в следующем убывающем порядке: ячмень – 34,3%, озимая пшеница – 34,1%, горчица сарептская – 10,8%, сахарная свекла – 8,7%.

На третий год скорость разложения остатков была в следующем убывающем порядке: горчица сарептская – 27,3%, озимая пшеница – 22,4%, ячмень – 22,2%, сахарная свекла – 18,8%.

В течение третьего года разлагалось 18,8–27,0% послеуборочных остатков, что связано с недостатком субстрата для разложения. За это время практически полностью разложилась биомасса сахарной свеклы и горчицы сарептской, а растительные остатки озимой пшеницы и ячменя – только на 82,5–84,5%.

В целом по массе, разложившейся за три года, культуры можно расположить в следующем убывающем порядке: горчица сарептская – сахарная свекла – ячмень – озимая пшеница.

Скорость разложения послеуборочных остатков определяется факторами, среди которых наиболее значимыми являются гидротермические условия в период их разложения.

Темпы разложения были выше в 2022 и 2023 гг., тогда как в 2024 г. они снижались, что связано с неблагоприятными погодными условиями.

Таким образом, в чистом виде послеуборочные остатки сахарной свеклы и горчицы сарептской разлагались полностью за три года, тогда как остатки озимой пшеницы и ячменя – на 82,5–84,5%.

При изучении темпов разложения остатков важно знать, какова будет скорость деструкции при смешивании различной биомассы остатков. Для этого был заложен модельный полевой опыт, в котором имитировалась схема севооборота стационарного опыта – пар (занятый, сидеральный) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень.

Исследования показали, что в первый год высокими темпы разложения были у растительных остатков горчицы сарептской и сахарной свеклы, более низкими – у озимой пшеницы и ячменя (табл. 2).

На второй год, когда к этим остаткам добавили растительные остатки следующей по схеме севооборота культуры, темпы разложения биомассы изменились. Если за первый год разложилось 71,3% остатков горчицы сарептской, то при добавлении к ним остатков (пожнивных и корневых) озимой пшеницы за последующий год масса остатков уменьшилась всего лишь на 55,5%. Аналогичное отмечалось на варианте с остатками сахарной свеклы, к которым были добавлены остатки ячменя: скорость разложения снизилась с 73 до 60%. Практически прежними были темпы разложения смеси ячменя и горчицы сарептской, где скорость разложения не снижалась, что объясняется наличием свежей биомассы в разлагающейся смеси.

При добавлении к растительным остаткам озимой пшеницы остатков сахарной свеклы скорость разложения биомассы увеличилась соответственно с 24,0 до 71,5%.

На третий год скорость разложения смесей остатков была следующей: горчица сарептская + озимая пшеница + сахарная свекла – 70,9%; сахарная свекла + ячмень + горчица сарептская – 51,9%; ячмень + горчица сарептская + озимая пшеница – 61,3%; озимая пшеница + сахарная свекла + ячмень – 70,5%.

Таблица 2. Скорость разложения биомассы культур полевого севооборота (имитация севооборота в модельном поле в опыте)

Культура	Очередность поступления в почву биомассы			
	Горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла	Озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень	Сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская	Ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница
2022 г.				
Внесено при закладке опыта, г	20	20	20	20
То же, %	100	100	100	100
Разложилось через год, г	14,3	4,8	14,6	9,7
То же, в % к внесенному	71,3	24	73,0	48,7
2023 г.				
Добавлено свежих остатков, г	20	20	20	20
Общая масса остатков после добавления в 2023 г., г	27,7	35,2	25,4	30,3
Разложилось через год, г	15,3	25,1	15,2	14,7
То же, в % к внесенному за 2 года	55,5	71,5	60,0	48,7
2024 г.				
Добавлено свежих остатков, г	20	20	20	20
Общая масса остатков после добавления в 2024 г., г	32,4	31,1	30,2	35,6
Разложилось через год, г	23,0	22,0	15,7	21,8
То же, в % к внесенному за 3 года	70,9	70,5	51,9	61,3
Среднее за 2022–2024 гг.				
Добавлено свежих остатков, г	60	60	60	60
Разложилось за 3 года, г	52,6	51,9	45,5	46,2
То же, в % к внесенному за 3 года	87,7	86,5	75,8	77,0

Таким образом, при недостаточном количестве минеральных удобрений, вносимых под культуры (особенно азотных), на скорость разложения биомассы в почве оказывали влияние порядок чередования культур в севообороте. При ежегодном поступлении в почву растительных остатков в порядке чередования культур в севообороте их неразложившаяся масса через 3 года составила (в % от внесенного): горчица сарептская + озимая пшеница + сахарная свекла – 12,3%; сахарная свекла + ячмень + горчица сарептская – 24,2%; ячмень + горчица сарептская + озимая пшеница – 23,0%; озимая пшеница + сахарная свекла + ячмень – 13,5%. Поэтому для того, чтобы в период от уборки предшественников до посева следующей культуры большая часть послеуборочных остатков успевала разложиться и высвободилось как можно больше элементов питания, необходимо чередовать остатки, богатые легкодоступными соединениями, с остатками, в которых этих соединений мало, чтобы ускорить разложение биомассы последних. К аналогичному выводу пришли ранее другие исследователи [3–5, 13, 15].

Изучение темпов разложения биомассы сельскохозяйственных культур, возделываемых в ЦЧР, показало, что от момента поступления остатков в почву до полного их разложения проходит несколько лет. Поступление в пахотный слой почвы послеуборочных негумифицированных остатков происходит ежегодно (стерня, корни и др.), поэтому там всегда присутствует определенный запас растительных остатков прошлых

лет, которые находятся на разной стадии разложения. Следовательно, на момент уборки культуры в почве присутствуют растительные остатки убранной культуры и остатки культур, ранее возделываемых на этом поле, то есть остатки прошлых лет, которые в значительной степени определяют потенциальное плодородие почвы. Запас в почве остатков прошлых лет восполняет баланс биогенных элементов, определяет возможности новообразования гумусовых веществ, так как продукты разложения этой части растительных остатков важны для устойчивости гумусовых веществ. В этой связи представляет значительный научный и практический интерес изучение процесса формирования в почве запаса остатков прошлых лет под различными полевыми культурами и в целом по севообороту. К сожалению, опубликованные данные полевых опытов, посвященных этим вопросам и проведенных в условиях ЦЧР, носят фрагментарный характер. Для восполнения этого пробела нами были проведены исследования, которые показали, что при разложении свежих послеуборочных остатков относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения, имела следующие значения: в почве под сахарной свеклой – 41%, озимой пшеницей – 75 %, горчицей сарептской – 77%, ячменем – 74% (табл. 3).

Таблица 3. Темпы накопления остатков прошлых лет в почве под сельскохозяйственными культурами

Культура	Исходное	Неразложившийся остаток		
		2022 г.	2023 г.	2024 г.
Ячмень	<u>20</u> 100	<u>14,4</u> 72,0	<u>7,5</u> 37,7	<u>3,1</u> 15,5
Сахарная свекла	<u>20</u> 100	<u>6,8</u> 34,0	<u>5,1</u> 25,3	<u>1,3</u> 6,5
Озимая пшеница	<u>20</u> 100	<u>14,8</u> 74,0	<u>7,8</u> 39,9	<u>3,5</u> 17,5
Горчица сарептская	<u>20</u> 100	<u>8,4</u> 23,0	<u>6,2</u> 31,2	<u>0,8</u> 3,9
НСР ₀₅	–	1,3	1,1	1,5

Примечание: над чертой – значения в граммах, под чертой – то же, в %.

На второй год разложения этот запас уменьшался в 2,4–3,4 раза по всем культурам, на третий год – в 2,1–10,2 раза. При этом следует отметить, что остатки сахарной свеклы за три года практически разложились, в то время как остатки зерновых культур – на 13,5–16,2%.

Темпы накопления остатков прошлых лет зависят от многих факторов, среди которых наиболее значимыми являются гидротермические условия в период их разложения.

Так как в 2022 г. скорость разложения остатков была высокой, а в 2023 и 2024 гг., напротив, низкой (в связи с неблагоприятными климатическими условиями), то и накопление в почве остатков прошлых лет в 2022 г. было меньшим, а в 2023 и 2024 гг. – большим (табл. 4).

При условии ежегодного поступления в почву свежих послеуборочных остатков относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения, составляла в первом звене (горчица сарептская – озимая пшеница – сахарной свеклы) 28,5%, на второй год увеличивалась на 16,0%, на третий – снижалась до 29,1%; во втором звене (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) была соответственно 76,0 – 28,5 – 29,5%; в третьем звене (сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская) – 27,0 – 40,0 – 48,1%; в четвертом звене (ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница) – 51,5 – 51,3 – 38,7%.

Таблица 4. Накопление остатков прошлых лет культурами севооборота

Культура	Очередность поступления в почву биомассы			
	Горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла	Озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень	Сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская	Ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница
2022 г.				
Внесено при закладке опыта, г	20	20	20	20
То же, %	100	100	100	100
Не разложилось через год, г	5,7	15,2	5,4	10,3
То же, в % к внесенному	28,5	76,0	27,0	51,5
2023 г.				
Добавлено свежих остатков, г	20	20	20	20
Общая масса остатков после добавления в 2023 г., г	27,7	35,2	25,4	30,3
Не разложилось через год, г	12,4	10,1	10,2	15,6
То же, в % к внесенному за 2 года	44,5	28,5	40,0	51,3
2024 г.				
Добавлено свежих остатков, г	20	20	20	20
Общая масса остатков после добавления в 2024 г., г	32,4	31,1	30,2	35,6
Не разложилось через год, г	9,4	9,1	9,9	13,8
То же, в % к внесенному за 3 года	29,1	29,5	48,1	38,7
Среднее за 2022–2024 гг.				
Добавлено свежих остатков, г	60	60	60	60
Не разложилось за 3 года, г	7,4	8,1	14,5	14,8
То же, в % к внесенному за 3 года	12,3	13,5	24,2	23,0

Таким образом, из данных таблиц 3 и 4 следует, что чем дольше будут разлагаться в почве послеуборочные остатки той или иной культуры, тем больше будет в почве масса остатков прошлых лет. Максимальная величина запаса остатков прошлых лет в почве под конкретной культурой будет формироваться ко времени полного разложения остатков первого года поступления, то есть период формирования постоянного по массе запаса остатков прошлых лет (относительно массы свежих послеуборочных остатков) в почве под конкретной культурой равен периоду полного разложения послеуборочных остатков этой культуры.

На величину запаса остатков прошлых лет в почве под той или иной культурой будут оказывать влияние погодные условия, а также другие факторы в период разложения. Ухудшение условий разложения будет способствовать увеличению периода их разложения и, как следствие, увеличению массы остатков прошлых лет в почве и наоборот.

Аналогичные результаты были получены ранее в исследованиях А.В. Дедова [3], А.У. Павлюченко [14], Н.И. Придворева [15], Б.А. Сотникова [17].

Заключение

1. В чистом виде послеуборочные остатки сахарной свеклы и горчицы сарептской разлагались полностью за три года, тогда как остатки озимой пшеницы и ячменя – на 82,5–84,5%. На скорость разложения биомассы в почве оказывал влияние порядок чередования культур в севообороте.

2. При ежегодном поступлении в почву растительных остатков в порядке чередования культур в севообороте доля их неразложившейся массы через 3 года составила (в % от внесенного): горчица сарептская + озимая пшеница + сахарная свекла – 12,3%; сахарная свекла + ячмень + горчица сарептская – 24,2%; ячмень + горчица сарептская + озимая пшеница – 23,0%; озимая пшеница + сахарная свекла + ячмень – 13,5%.

3. При условии ежегодного поступления в почву свежих послеуборочных остатков относительная масса остатков прошлых лет (в % к ежегодно поступающей биомассе), накопившаяся в почве после первого года разложения, составляла: в первом звене севооборота (горчица сарептская – озимая пшеница – сахарная свекла) – 28,5%, после второго года – увеличивалась на 16,0%, на третий год – снижалась до 29,1%; во втором звене (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) масса остатков прошлых лет составляла соответственно 76,0 – 28,5 – 29,5%; в третьем звене (сахарная свекла – ячмень – горчица сарептская) – 27,0 – 40,0 – 48,1%; в четвертом звене (ячмень – горчица сарептская – озимая пшеница) – 51,5 – 51,3 – 38,7%.

Список источников

1. Агrometeorological bulletins for Voronezh Oblast for 2011–2020 years [Электронный ресурс] // Воронежский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, филиал Центрально-Черноземного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/activity/gidrometeo/> (дата обращения: 28.05.2024).
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Издательство Московского гос. университета, 1962. 491 с.
3. Дедов А.В. Воспроизводство органического вещества почвы в земледелии ЦЧР (вопросы теории и практики): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2000. 36 с.
4. Дедов А.В., Придворов Н.И., Верзилин В.В. и др. Воспроизводство плодородия черноземов в севообороте // Земледелие. 2003. № 4. С. 5–7.
5. Довбан К.И., Довбан В.К., Бердинов Ф.Г. Сидерация в интенсивном земледелии: обзорная информация. Москва: ВНИИТЭИ агропром, 1992. 68 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Дудкин В.М., Павлюченко А.У. Накопление и разложение растительных остатков полевых культур в почве // Агрохимия. 1980. № 3. С. 72–77.
8. Зезюков Н.И., Дедов А.В., Придворов Н.И. и др. Скорость минерализации гумуса в черноземе выщелоченном // Агрохимический вестник. 2000. № 3. С. 14–17.
9. Зезюков Н.И. Научные основы воспроизводства плодородия черноземов ЦЧЗ: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 1993. 36 с.
10. Зезюков Н.И., Придворов Н.И., Дедов А.В. Сидеральные пары ЦЧЗ России // Агрохимия. 1999. № 4. С. 24–34.
11. Котлярова О.Г., Черенков В.В. Накопление органического вещества сидеральными культурами и поступление питательных веществ в почву при их запашке // Агрохимия. 1998. № 12. С. 15–20.
12. Морозова Е.В. Изменение биологических показателей плодородия чернозема выщелоченного при комплексном повышении плодородия почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2000. 16 с.
13. Надежкин С.М. Органическое вещество почв агроландшафтов лесостепи Приволжской возвышенности и пути его регулирования: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27. Воронеж, 1993. 36 с.
14. Павлюченко А.У. Накопление и разложение растительных остатков в почве основных звеньев свекловичных севооборотов лесостепи Центрально-Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 1986. 17 с.
15. Придворов Н.И. Научные основы оптимизации содержания органического вещества в черноземе выщелоченном: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2002. 379 с.
16. Свиридов А.К. Теоретические и практические основы полевых севооборотов в интенсивном земледелии ЦЧЗ РСФСР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. Москва, 1989. 30 с.
17. Сотников Б.А. Влияние приемов биологизации на динамику лабильных форм органического вещества и урожайность культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2003. 16 с.
18. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. Москва: Колос, 1964. 280 с.
19. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. Ленинград: Гидрометиздат, 1978. 191 с.
20. What is decantation? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geeksforgoeks.org/decantation/> (дата обращения: 20.07.2023).

References

1. Agrometeorological Bulletins for Voronezh Oblast for 2011–2020. Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Branch of the Central Chernozem Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/activity/gidrometeo/>. (In Russ.).

2. Arinushkina E.V. Manual on chemical analysis of soils. Moscow: Moscow State University Publishers; 1962. 491 p. (In Russ.).
3. Dedov A.V. Reproduction of soil organic matter in agriculture of the Central Chernozem Region (issues of theory and practice): Author' Abstract of Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 2000. 36 p. (In Russ.).
4. Dedov A.V., Pridorev N.I., Verzilin V.V. et al. Reproduction of fertility of chernozem soils in crop rotation. *Zemledelie*. 2003;4:5-7. (In Russ.).
5. Dovban K.I., Dovban V.K., Berdinov F.G. Sideration in intensive agriculture: survey information. Moscow: All-Russian Scientific Research Institution of Information and Technical&Economic Studies of Agro-Industrial Complex Publishers; 1992. 68 p. (In Russ.).
6. Dospelkov B.A. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Dudkin V.M., Pavlyuchenko A.U. Accumulation and decomposition of plant residues of field crops in the soil. *Agrohimiya*. 1980;3:72-77. (In Russ.).
8. Zezyukov N.I., Dedov A.V., Pridvoren N.I. et al. Rate of mineralization of humus in leached chernozem. *Agrochemical Herald*. 2000;3:14-17. (In Russ.).
9. Zezyukov N.I. Scientific foundations of reproduction of fertility of chernozem soils of the Central Chernozem Region: Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 1993. 36 p. (In Russ.).
10. Zezyukov N.I., Pridvoren N.I., Dedov A.V. Green-manured fallows of the Central Chernozem Region of Russia. *Agrohimiya*. 1999;4:24-34. (In Russ.).
11. Kotlyarova O.G., Cherenkov V.V. Accumulation of organic matter in green-manured fallows and the intake of nutrients into the soil during their plowing. *Agrohimiya*. 1998;12:15-20. (In Russ.).
12. Morozova E.V. Dynamics of biological indicators of fertility of leached chernozem due to comprehensive increase in soil fertility: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 2000. 16 p. (In Russ.).
13. Nadezhkin S.M. Organic matter of soils of agro-landscapes of the forest-steppe of the Volga Upland and ways of its regulation: Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Biological Sciences: 03.00.27. Voronezh; 1993. 36 p. (In Russ.).
14. Pavlyuchenko A.U. Accumulation and decomposition of plant residues in the soil of the main links of beet crop rotations in the forest-steppe of the Central Chernozem Region: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 1986. 17 p. (In Russ.).
15. Pridvoren N.I. Scientific foundation of optimization of the content of organic matter in leached chernozem: Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 2002. 379 p. (In Russ.).
16. Sviridov A.K. Theoretical and practical foundations of field crop rotations in intensive agriculture of the Central Chernozem Region of the RSFSR: Author' Abstract of Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Moscow; 1989. 30 p. (In Russ.).
17. Sotnikov B.A. The influence of biologization techniques on the dynamics of labile forms of organic matter and crop yield: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 2003. 16 p. (In Russ.).
18. Stankov N.Z. The root system of field crops. Moscow: Kolos Publishers; 1964. 280 p. (In Russ.).
19. Shashko D.I. Agro-climatic zoning of the USSR. Leningrad: Hydrometeorological Publishing House; 1978. 191 p. (In Russ.).
20. What is decantation? URL: <https://www.geeksforsgeeks.org/decantation/>.

Информация об авторах

А.В. Дедов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dedov050@mail.ru.

Г.М. Крюков – аспирант кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», gena.kryukov.1998@bk.ru.

Information about the authors

A.V. Dedov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dedov050@mail.ru.

G.M. Kryukov, Postgraduate Student, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, gena.kryukov.1998@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 30.08.2024; одобрена после рецензирования 26.09.2024; принята к публикации 27.09.2024.

The article was submitted 30.08.2024; approved after reviewing 26.09.2024; accepted for publication 27.09.2024.

© Дедов А.В., Крюков Г.М., 2024