

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.445.4:631.435:631.8

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_4_34

EDN: HZKRMJ

**Трансформация гранулометрического состава чернозема
выщелоченного в условиях многолетнего стационарного опыта**

**Елена Сергеевна Гасанова^{1✉}, Ангелина Владимировна Малявская²,
Константин Егорович Стекольников³, Николай Георгиевич Мязин⁴**

^{1, 2, 3, 4} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

¹ upravlenieopm@mail.ru✉

Аннотация. Гранулометрический состав, являясь одним из самых консервативных показателей, который определяется составом почвообразующих пород, влияет на водный и другие режимы почвы, определяет ее физические свойства. Анализ гранулометрического состава позволяет оценить состояние почвы и выбрать наиболее подходящие меры для его улучшения, что способствует оптимизации сельскохозяйственного производства и устойчивому развитию экосистем. Представлены результаты исследования, выполненного на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ в течение 2021–2023 гг. в звене зернопаропропашного севооборота озимая пшеница – ячмень – чистый пар. В почвенных образцах чернозема выщелоченного разных вариантов удобрения определяли содержание гумуса, гранулометрический состав, рассчитывали гумус-гранулометрические показатели и константы равновесия. Для сравнения были использованы результаты анализа многолетней залежи. Почвы всех анализируемых образцов по классификации Н.А. Качинского отнесены к пылевато-иловатым тяжелым суглинкам. Содержание физической глины в слое 0–20 см колебалось в пределах 46,79–52,05% по вариантам опыта, в образце с залежи составляло 53,99%. Вниз по профилю содержание физической глины снижалось до 43,35–51,76% на опытных вариантах и до 43,38% на залежи. Показано, что длительное использование почв в качестве пашни с внесением удобрений и известкованием приводит к обеднению верхней части профиля глинистыми частицами и некоторому увеличению их содержания в средней части профиля, что можно объяснить слабо-выраженным протеканием процесса лессиважа под влиянием антропогенного воздействия. Длительное применение удобрений и мелиоранта в условиях полевого опыта в зернопаропропашном севообороте также приводит к изменению одного из самых стабильных почвенных показателей – гранулометрического состава. Выявлено уменьшение насыщенности физической глины гумусом на всех опытных вариантах относительно залежи, отмечено преобладание в почвенных образцах фракций крупной пыли и ила.

Ключевые слова: гранулометрический состав, удобрения, мелиорант, гумус, физическая глина

Для цитирования: Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г. Трансформация гранулометрического состава чернозема выщелоченного в условиях многолетнего стационарного опыта // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 4(83). С. 34–46. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_4_34–46.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Transformation of granulometric composition of leached chernozem
under the conditions of long-term stationary experiment**

**Elena S. Gasanova^{1✉}, Angelina V. Malyavskaya²,
Konstantin E. Stekolnikov³, Nikolay G. Myazin⁴**

^{1, 2, 3, 4} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ upravlenieopm@mail.ru✉

Abstract. Granulometric composition, being one of the most conservative indicators, which is determined by the composition of soil-forming rocks, affects the water and other soil regimes, determines its physical properties. The analysis of granulometric composition makes it possible to assess the condition of the soil and choose the most appropriate measures to improve it, which contributes to the optimization of agricultural production and the sustainable development of ecosystems. The results of the research carried out during 2021–2023 on the territory

of the Agrotechnology ERTC of Voronezh State Agrarian University are presented in the link of grain-row-fallow crop rotation winter wheat - barley - black fallow. In soil samples of leached chernozem of different fertilization variants, the humus content, granulometric composition were determined, humus-granulometric parameters and equilibrium constants were calculated. For comparison, the results of the analysis of long-term fallow were used. The soils of all analyzed samples according to the classification of N.A. Kachinsky are classified as silty clay heavy loams. The content of physical clay in the 0-20 cm layer ranged from 46.79–52.05% according to the experimental variants, in the long-term fallow sample it was 53.99%. Down the profile, the content of physical clay decreased to 43.35–51.76% in experimental variants and to 43.38% in long-term fallow. It is shown that long-term use of soils as arable land with the application of fertilizers and liming leads to depletion of the upper layer of the profile with clay particles and a certain increase in their content in the middle layer of the profile, which can be explained by the weakly expressed process of lessivation under the influence of anthropogenic impact. Long-term use of fertilizers and ameliorant in the conditions of field experiment in grain-row-fallow crop rotation also leads to changes in one of the most stable soil indicators - granulometric composition. A decrease in the saturation of physical clay with humus was revealed in all experimental variants relative to long-term fallow, and the predominance of coarse silt and clay fractions in soil samples was noted.

Key words: granulometric composition, fertilizers, ameliorant, humus, physical clay

For citation: Gasanova E.S., Malyavskaya A.V., Stekolnikov K.E., Myazin N.G. Transformation of granulometric composition of leached chernozem under the conditions of long-term stationary experiment. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(4):34-46. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_4_34-46.

Введение

Почвенный покров Земли в настоящее время находится под влиянием интенсивных антропогенных нагрузок, поэтому практически все почвы, особенно относящиеся к землям сельскохозяйственного назначения, в той или иной степени подвержены деградационным процессам, присущим урботехнопедогенезу.

Одной из ведущих составляющих процесса деградации почв является физическая деградация, которая проявляется в ухудшении физических свойств почв: разрушении почвенной структуры, уплотнении, дезагрегации, появлении экранирующих слоев, а также неблагоприятной динамике изменения гранулометрического состава. Установлено, что сельскохозяйственные машины расплющивают и прессуют пахотный слой почвы, который содержит много воздушных полостей [11]. Уплотняющее воздействие колес и гусениц распространяется до 1 м в глубину и до 0,8 м в поперечном направлении, сохраняясь до следующего вегетационного сезона. Разрушенная структура почвы полностью не восстанавливается, почва распыляется, в результате чего пашня с течением времени деградирует.

Гранулометрический состав, представляющий собой совокупность минеральных, органоминеральных и органических частиц различного размера, является одной из важнейших базовых характеристик почв, влияющих на ее физические и химические свойства, а также определяющих способность удерживать влагу и поддерживать структурную целостность. В конечном итоге он играет решающую роль в определении общего уровня плодородия почвы (рис. 1).

Сведения о гранулометрическом составе почвы и учет динамики его изменения при антропогенном воздействии является важным условием рациональной организации сельскохозяйственного производства и управления плодородием почв. Изучая отечественный и зарубежный опыт проведения оценки земель, можно сделать вывод, что практически во всех системах бонитировки, от примитивных до современных высокотехнологичных, одно из ведущих значений придавалось гранулометрическому составу как важнейшему фактору продуктивности растений и технологических свойств почв. Кроме того, во многих почвенных классификациях данные гранулометрического состава определяют отдельную таксономическую единицу – разновидность почв.

Гранулометрический состав современных почв отражает генезис почвообразующих пород и указывает направление их трансформации в различных условиях сельскохозяйственного использования.



Рис. 1. Влияние гранулометрического состава почв на некоторые показатели почвенного плодородия

Несмотря на консервативность изучаемого параметра, с течением времени по ряду объективных и субъективных причин он также трансформируется, изменяется соотношение и удельный вес почв различного гранулометрического состава.

Интенсивное земледелие с традиционной обработкой приводит к снижению содержания органического углерода в почве с последующим ухудшением ее физических свойств. Влияние внесения извести, удобрений и навоза на состояние органического вещества и физические свойства почвы сложно и многосторонне. В краткосрочной перспективе известкование может привести к диспергированию глинистых коллоидов и образованию поверхностных корок. Предполагается, что в долгосрочной перспективе оно способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, закреплению органического вещества в почве и, следовательно, структурированию почвы.

Минеральные удобрения применяются для повышения или поддержания уровня урожайности сельскохозяйственных культур. Регулярное внесение удобрений в долгосрочной перспективе стимулирует увеличение урожайности и возврат органических веществ в виде корней и остатков после уборки урожая. Это, в свою очередь, способствует накоплению гумуса в почве и повышению ее биологической активности по сравнению с участками, где удобрения не используются. Выявлено [7], что длительное применение удобрений в ряде случаев приводит к увеличению водопрочности агрега-

тов, пористости, инфильтрационной способности и гидравлической проводимости, а также к снижению плотности. Кроме того, внесение удобрений может оказывать физико-химическое воздействие, влияющее на агрегацию почвы. Фосфорные удобрения могут способствовать агрегации за счет образования агентов, связывающих фосфаты алюминия и кальция. Аммонийные удобрения стимулируют диспергирование глинистых коллоидов.

Внесение органических удобрений приводит к увеличению содержания органического вещества в почве. Многие исследования показали, что это приводит к увеличению водоудерживающей способности, пористости, инфильтрационной способности, водопрочности агрегатов, а также к снижению плотности и коркообразования [1, 5].

На основании представленных литературных данных можно заключить, что исследование трансформации гранулометрического состава почв под влиянием многолетнего применения минеральных и органических удобрений, а также кальциевого мелиоранта в условиях стационарного опыта является актуальной задачей.

Методика эксперимента

Исследование проводили в многолетнем стационарном полевом опыте с удобрениями, заложенном на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.

В качестве объектов исследования были использованы почвенные образцы метрового слоя чернозема выщелоченного среднетяжелого, малогумусного, тяжелосуглинистого на покровных суглинках с шагом 20 см.

В представленном исследовании анализировали следующие семь вариантов.

1. Без удобрений (контроль).
2. 40 т/га навоза – (фон) – последствие.
3. Фон + NPK.
5. Фон + 2 NPK.
12. Фон + NPK + дефекат (последствие).
13. Фон + дефекат (последствие).
15. NPK + дефекат (последствие).

Также были использованы данные по залежному участку [9].

В почвенных образцах были определены:

- содержание гумуса по методу Тюрина с фотоколориметрическим окончанием [3];
- гранулометрический состав методом пипетки (вариант Н.А. Качинского с подготовкой почвы к анализу пирофосфатным методом по С.И. Долгову и А.И. Личмановой) [4].

Для сравнения были использованы данные гранулометрического анализа многолетней залежи на метеостанции ВГАУ (залежь с 1948 г.) [8]. Известно, что гранулометрический состав является одним из консервативных показателей почвенного плодородия, поэтому подобное сравнение позволяет изучить динамику изменения данного параметра за длительный период времени (26 лет).

Результаты и их обсуждение

Выявлено, что почвы всех анализируемых образцов по классификации Н.А. Качинского относятся к пылевато-иловатым тяжелым суглинкам. Содержание физической глины в слое по вариантам опыта 0–20 см изменялось в пределах 46,79–52,05% (рис. 2). Причем высокие значения отмечены на варианте внесения минеральных удобрений на фоне последствия дефеката (вариант 15), а минимальные – на варианте применения минеральных и органических удобрений (вариант 3). В образце залежи содержание физической глины было максимальным – 53,99%. Вниз по профилю содержание физической глины снижалось до 43,35–51,76% на опытных участках и до 43,38% на залежи.

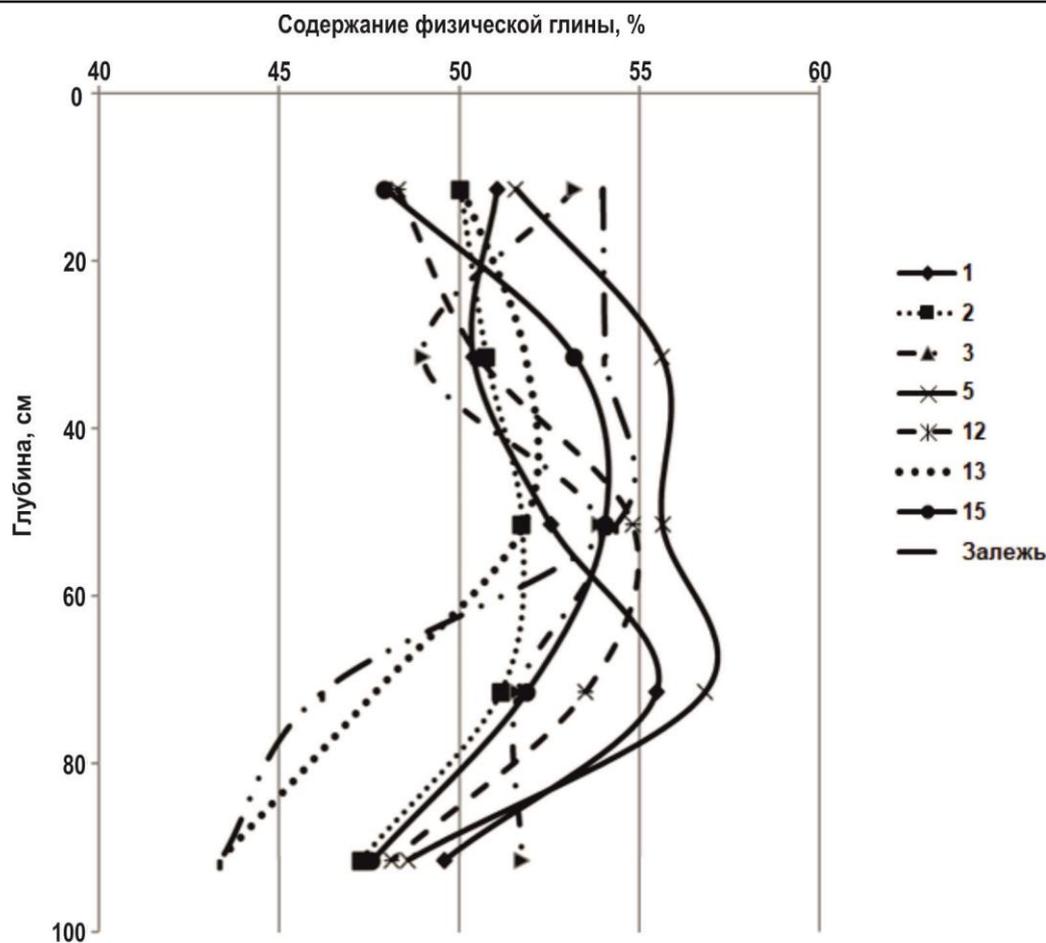


Рис. 2. Кривые профильного распределения содержания физической глины в почвенных образцах по вариантам опыта в соответствии со схемой

Распределение физической глины по профилю неодинаково. Для залежного образца характерен резко убывающий характер распределения с незначительным иллювированием в средней части почвенного профиля. Для контрольного варианта максимум содержания физической глины приходится на слой 60–80 см (55,50%), для фонового варианта и варианта применения одинарной дозы минеральных удобрений накопление отмечено в слое 40–60 см – соответственно 51,76 и 53,88%. Для варианта применения высоких доз минеральных удобрений на фоне навоза характерен S-образный тип распределения, сочетающий в средней части профиля процессы выноса и накопления. Для всех известкованных вариантов характерно иллювиование физической глины в средней части профиля в слое 40–60 см.

В пределах верхней части почвенного профиля залежи (0–40 см) содержание частиц физической глины изменялось незначительно (на 0,13%), что связано с отсутствием антропогенной нагрузки. Также контрольный и фоновый варианты характеризовались невысокой интенсивностью динамики содержания физической глины в пределах верхней части профиля – 1,31–1,43%. Однако варианты изучаемых агротехнических приемов характеризовались существенной динамикой изучаемого показателя в пределах слоя 0–40 см – 3,48–10,98%. Длительное использование почв в качестве пашни приводит к обеднению верхней части профиля глинистыми частицами и некоторому увеличению их содержания в средней части профиля, что можно объяснить слабовыраженным протеканием процесса лессиважа под влиянием антропогенного воздействия.

Общеизвестно, что каждая отдельная фракция гранулометрических элементов характеризуется особым химическим и минералогическим составом, а также физико-химическими и водно-физическими свойствами [1]. Преобладающая фракция определяет свойства и режимы почвы в целом.

Илистая фракция играет первостепенную роль в формировании плодородия почвы. Обладая значительной удельной поверхностью, которая может достигать 200–250 м²/г, она способствует важным физико-химическим взаимодействиям, происходящим в почвенной среде. Эта фракция характеризуется высокой поглотительной способностью, содержит значительное количество гумуса и питательных элементов. Ключевую роль в формировании структуры и создании почвенного поглощающего комплекса (ППК) играют коллоиды илистой фракции. В основном минеральные коллоиды представлены вторичными минералами, значительная часть из которых имеет кристаллическую форму. Основными представителями этой группы являются глинистые минералы, такие как монтмориллонит, каолинит, вермикулит и гидрослюды. Кроме того, в коллоидной фракции всегда присутствует небольшое количество тонкодисперсных первичных минералов, в основном кварца и слюд, которые не обладают коллоидными свойствами. Коллоидные частицы также могут быть органическими (гумусовые кислоты и белки) и органоминеральными (продукты взаимодействия гумусовых веществ с минеральной матрицей почвы).

Результаты определения содержания различных фракций гранулометрических элементов в анализируемых почвенных образцах представлены рисунке 3.

Как следует из приведенных данных, максимальное содержание крупного и среднего песка (1–0,25 мм) отмечается на варианте применения дефеката по минеральному фону (вариант 15) – 18,62%. В среднем по вариантам опыта оно составляло примерно 10%.

Максимальное содержание (21,05%) мелкого песка (0,25–0,05 мм) отмечено на варианте внесения дефеката по органическому фону (вариант 13) в слое 0–20 см, минимальное – на залежи также в слое 0–20 см (3,74%). В среднем по опыту оно равнялось 13,74%.

Фракция крупной пыли (0,05–0,01 мм) характеризовалась высокими показателями на залежном участке (38,12%) в слое 80–100 см, низкими – в слое 60–80 см на варианте использования одинарной дозы минеральных удобрений на унавоженном фоне (20,46%).

Содержание фракции средней пыли (0,01–0,005 мм) по вариантам опыта колебалось в достаточно узких пределах – от 4,12% на залежи в слое 80–100 см до 11,46% на том же участке в слое 0–20 см.

Наибольшее значение фракции мелкой пыли (0,005–0,001 мм) отмечено в слое 20–40 см на варианте применения дефеката на фоне навоза (вариант 13), низким этот показатель был на контрольном варианте (вариант 1) в слое 40–60 см.

Илистые частицы размером менее 0,001 мм доминировали во всех почвенных профилях изучаемых вариантов. Максимальные значения характерны для слоя 40–60 см контрольного варианта (39,48%), минимальные (25,12%) – для варианта применения дефеката на фоне навоза (вариант 13).

Почва представляет собой естественную, неоднородную, открытую и изменчивую систему, обладающую способностью к саморегуляции и нацеленную на создание состояния устойчивого равновесия между всеми элементами. Для оценки устойчивости почвенной системы можно анализировать взаимосвязь между гранулометрическим составом и уровнем содержания гумуса. Для изучения данной взаимосвязи в контексте проведенного исследования авторы использовали методику В.С. Крыщенко [6].

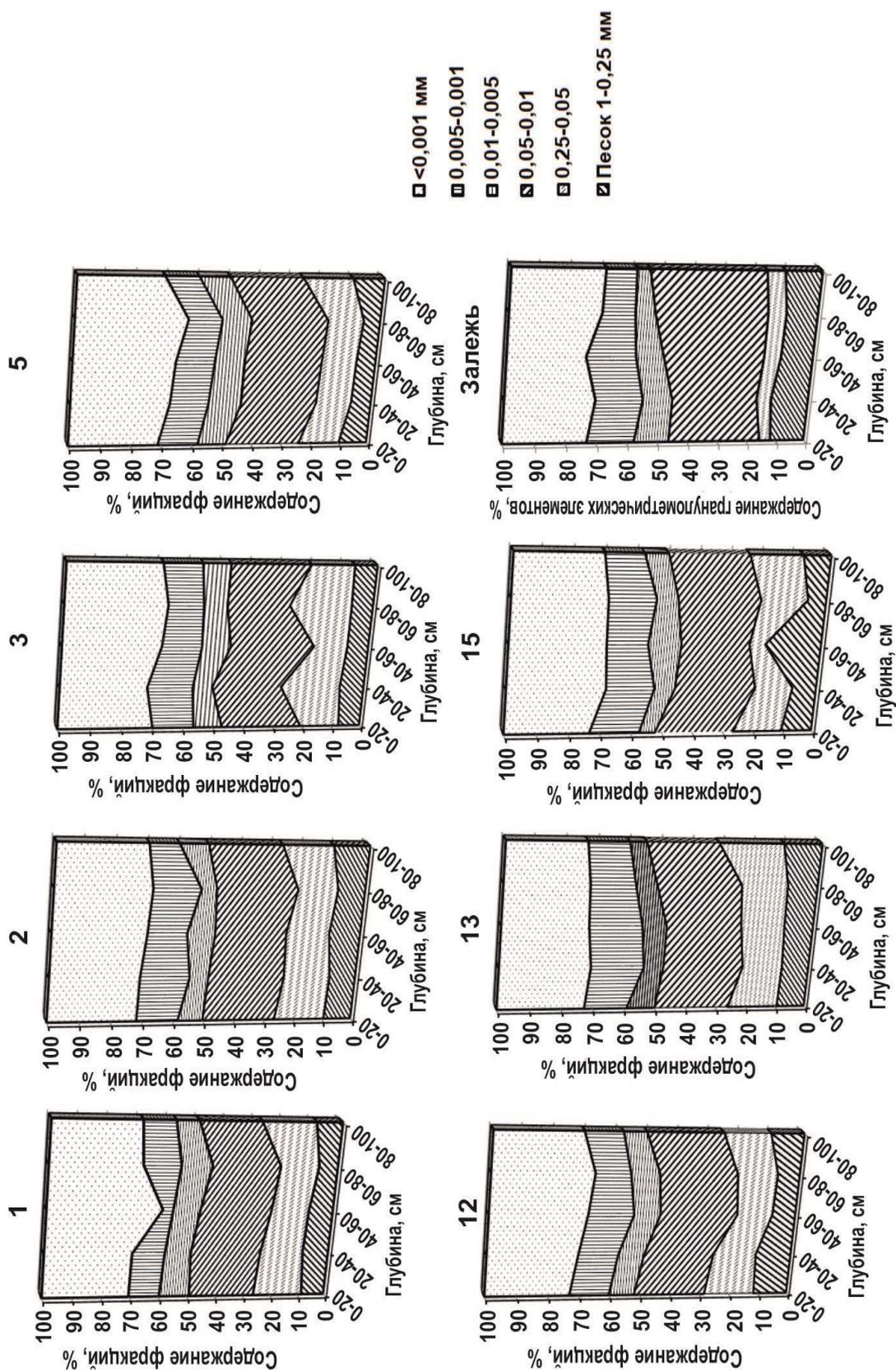


Рис. 3. Содержание различных фракций гранулометрического состава в исследуемых образцах по вариантам опыта в соответствии со схемой

Для определения гумус-гранулометрического соотношения все показатели условно делят на два блока [6]. Показатели первого блока характеризуют гранулометрические фракции почвенных образцов, представляя фактический гранулометрический состав образцов, базовые (эталонные) значения ила, степень насыщенности физической глины илом или пылью (по преобладающей фракции), а также константы динамического равновесия. Во второй блок включены такие два показателя, дающие представление о гумусированности почвенных образцов, как содержание гумуса в почве в целом и содержание гумуса в физической глине.

Содержание гумуса в анализируемых образцах в среднем за три года представлено на рисунке 4.

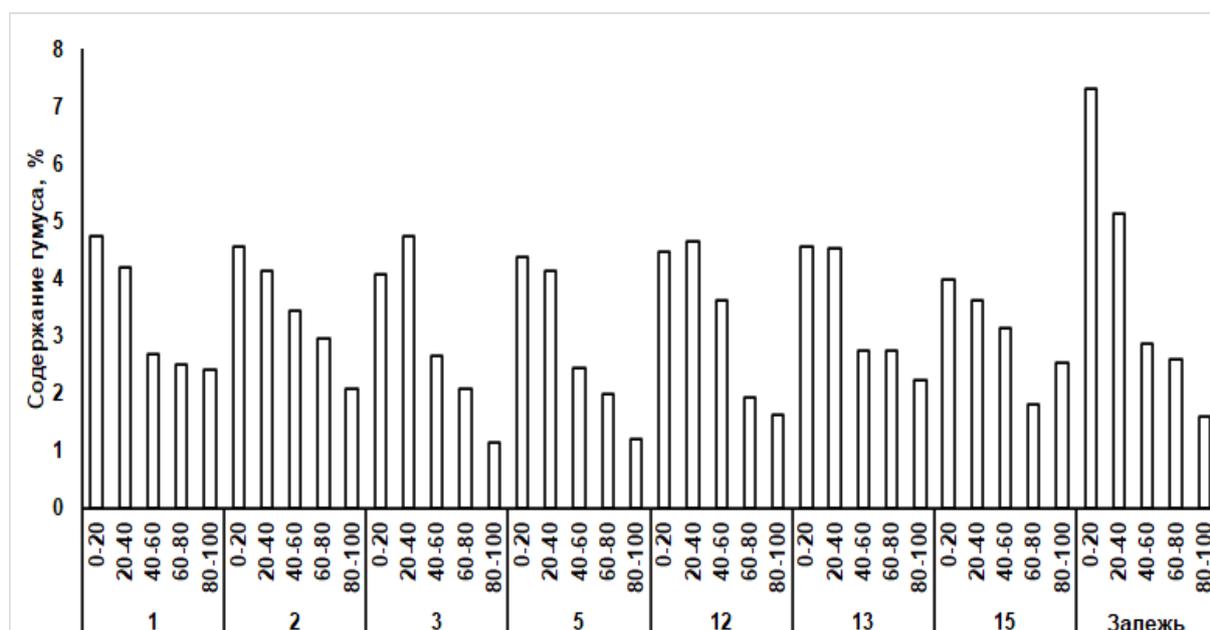


Рис. 4. Содержание гумуса в анализируемых почвенных образцах по вариантам опыта в соответствии со схемой, %

Максимальное содержание гумуса было отмечено на залежи и составляло 7,32% в слое 0–20 см. Содержание гумуса на опытных участках в пахотном слое колебалось в пределах 3,98–4,74%. С глубиной содержание гумуса снижалось до 1,13–2,41%. Обращает на себя внимание увеличение содержания гумуса в подпахотном слое 20–40 см на вариантах применения одинарной дозы минеральных удобрений (вариант 3) и совместного применения удобрений и известкования (вариант 12), далее вниз по профилю содержание гумуса закономерно снижалось.

Данные, характеризующие гранулометрический состав и гумусность почв территории УНТЦ «Агротехнологии» Воронежского государственного аграрного университета, представлены в таблице. Обработка данных выполнена с помощью «Пакета анализа Microsoft Excel».

При оценке устойчивости почв важную роль играет не только общее количество гумуса в почве, но и его наличие в физической глине как в важнейшем компоненте почвенного поглощающего комплекса (ППК). При этом необходимо учитывать соотношение содержания ила и пыли во фракции частиц размером менее 0,01 мм.

Взаимосвязь гранулометрического состава и гумусности почв разной степени агрогенной трансформации УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ

Горизонт, глубина отбора образца, см	Фактическое содержание фракций			Базовое содержание фракций		Насыщенность физ. глины илом, %	Насыщенность физ. глины пылью, %	Константы динамического равновесия	Гумус, %		Насыщенность физ. глины гумусом, %
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм				в почве	в физ. глине	
Залежь											
0–20	53,99	27,06	26,93	26,08	24,84	50,12	49,88	0,93	7,32	5,41	12,59
20–40	54,06	29,02	25,04	25,39	24,84	53,68	46,32	0,99	5,14	4,94	9,44
40–60	54,36	29,33	25,03	27,61	24,81	53,96	46,04	0,99	2,86	3,84	5,22
60–80	46,2	29,23	16,97	30,79	24,86	63,27	36,73	1,37	2,59	2,57	7,68
80–100	43,38	29,47	13,91	24,61	24,56	67,93	32,07	1,57	1,59	2,98	5,74
Вариант 1											
0–20	51,06	29,76	21,30	25,04	24,99	58,29	41,71	1,14	4,74	5,19	10,59
20–40	50,40	29,99	20,40	25,77	25,00	59,52	40,48	1,18	4,18	4,60	9,80
40–60	52,55	39,48	13,07	26,79	24,94	75,13	24,87	1,43	2,69	3,86	7,31
60–80	55,49	31,69	23,80	26,18	24,70	57,10	42,90	1,03	2,50	3,48	4,64
80–100	49,61	30,49	19,12	22,36	25,00	61,46	38,54	1,24	2,41	2,64	6,02
Вариант 2											
0–20	50,04	28,47	21,57	25,04	25,00	56,90	43,10	1,14	4,57	4,37	10,37
20–40	50,76	28,67	22,09	25,77	24,99	56,48	43,52	1,11	4,13	5,49	9,05
40–60	51,76	30,06	21,70	26,79	24,97	58,07	41,93	1,12	3,44	2,88	7,45
60–80	51,16	30,85	20,31	26,18	24,99	60,30	39,70	1,18	2,96	2,55	6,81
80–100	47,28	28,58	18,70	22,36	24,93	60,45	39,55	1,28	2,07	1,27	5,58
Вариант 3											
0–20	53,21	30,44	22,77	28,31	24,90	57,21	42,79	1,08	4,07	4,78	8,21
20–40	49,00	27,81	21,19	24,01	24,99	56,75	43,25	1,16	4,74	4,28	11,20
40–60	53,88	31,57	22,31	29,03	24,85	58,60	41,40	1,09	2,65	2,60	5,35
60–80	51,62	32,69	18,93	26,65	24,97	63,34	36,66	1,23	2,08	2,21	4,94
80–100	51,74	30,09	21,65	26,77	24,97	58,15	41,85	1,12	1,13	1,40	2,46
Вариант 5											
0–20	51,58	28,97	22,60	26,60	24,98	56,17	43,83	1,09	4,39	4,78	9,27
20–40	55,64	32,08	23,56	30,95	24,68	57,65	42,35	1,04	4,13	4,28	7,69
40–60	55,65	33,03	22,62	30,97	24,68	59,35	40,65	1,07	2,43	2,60	4,67
60–80	56,84	36,15	20,69	32,31	24,53	63,59	36,41	1,12	1,98	2,21	3,89
80–100	48,58	27,57	21,01	23,60	24,98	56,75	43,25	1,17	1,20	1,40	2,88
Вариант 12											
0–20	48,30	27,12	21,18	23,32	24,97	56,14	43,86	1,16	4,46	5,18	10,73
20–40	50,53	29,10	21,43	25,53	25,00	57,60	42,40	1,14	4,66	5,31	10,51
40–60	54,81	31,40	23,41	30,04	24,77	57,30	42,70	1,05	3,61	3,77	6,88
60–80	53,51	32,75	20,76	28,63	24,88	61,21	38,79	1,14	1,93	2,21	4,13
80–100	48,14	28,27	19,86	23,17	24,97	58,73	41,27	1,22	1,62	1,98	4,11
Вариант 13											
0–20	50,10	27,47	22,63	25,10	25,00	54,83	45,17	1,09	4,57	5,00	9,97
20–40	51,85	28,72	23,13	26,88	24,97	55,40	44,60	1,07	4,53	4,85	9,34
40–60	51,82	27,26	24,56	26,85	24,97	52,61	47,39	1,02	2,73	2,77	5,35
60–80	47,68	26,73	20,95	22,73	24,95	56,06	43,94	1,18	2,74	3,22	6,75
80–100	43,35	25,12	18,24	18,79	24,56	57,94	42,06	1,34	2,22	2,96	6,84
Вариант 15											
0–20	47,95	26,80	21,16	22,99	24,96	55,88	44,12	1,17	3,98	4,64	9,67
20–40	53,22	31,20	22,02	28,32	24,90	58,63	41,37	1,10	3,63	4,00	7,51
40–60	54,06	30,37	23,69	29,23	24,83	56,18	43,82	1,04	3,15	3,27	6,05
60–80	51,88	29,97	21,91	26,92	24,96	57,77	42,23	1,11	1,80	2,00	3,86
80–100	47,59	27,75	19,85	22,65	24,94	58,30	41,70	1,22	2,52	3,09	6,49

В анализируемых почвенных образцах содержание гумуса в физической глине значительно превышает его общее содержание в почве, поскольку для исследуемых агрогеннопреобразованных почв константа динамического равновесия $>1,0$, что свидетельствует об избытке ила в физической глине, причем наибольший разбавляющий эффект наблюдается в верхних горизонтах исследуемых почв (рис. 6).

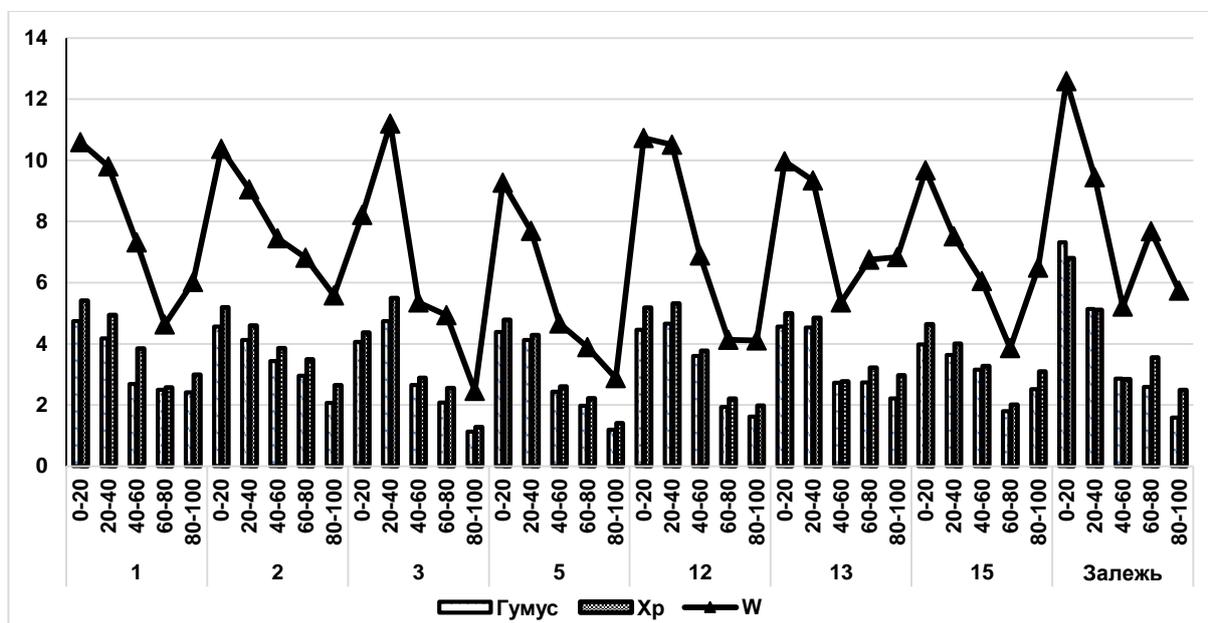


Рис. 5. Фактические и расчетные характеристики гумусного состояния анализируемых образцов по вариантам опыта в соответствии со схемой: Хр – содержание гумуса в физической глине; W – степень насыщенности физической глины гумусом

Из рисунка 5 видно, что на залежи наблюдается наивысшее содержание гумуса в почве (7,32%) и физической глине (6,80%), а также максимальная степень насыщенности физической глины гумусом (12,59%). Анализ опубликованных источников информации показывает, что в естественных условиях содержание гумуса значительно превышает таковое в культурных почвах [2, 13]. В опытных вариантах эти параметры имели тенденцию к снижению. Наименьшее количество гумуса в почве и физической глине отмечено в случаях, когда использовались одинарные и двойные дозы минеральных удобрений на унавоженном фоне (варианты 3 и 5). Аналогичная ситуация выявлена на варианте внесения минеральных удобрений на известкованном фоне (вариант 15).

Степень насыщенности физической глины гумусом имеет значительное теоретическое и практическое значение. Этот показатель отражает общий принцип взаимосвязи между гранулометрическим составом и гумусностью почв с учетом всего разнообразия связей между различными гранулометрическими фракциями и их влиянием на гумусность физической глины и содержание гумуса в почве. Насыщенность физической глины гумусом характеризуется минимальными значениями на варианте внесения одинарной дозы минеральных удобрений – 8,21% в слое 0–20 см (вариант 3), максимальные – на варианте совместного применения органических и минеральных удобрений на фоне известкования (10,73% в слое 0–20 см). На основании представленных данных установлено, что в высококультурной почве изучаемые показатели высокие во всем почвенном профиле.

На рисунке 6 представлены расчетные значения константы динамического равновесия анализируемых почв, которые помогают привести к единому масштабу показатели содержания гумуса в почве и используются для установления коэффициента пропорциональности между гумусированностью и гранулометрическим составом почвы.

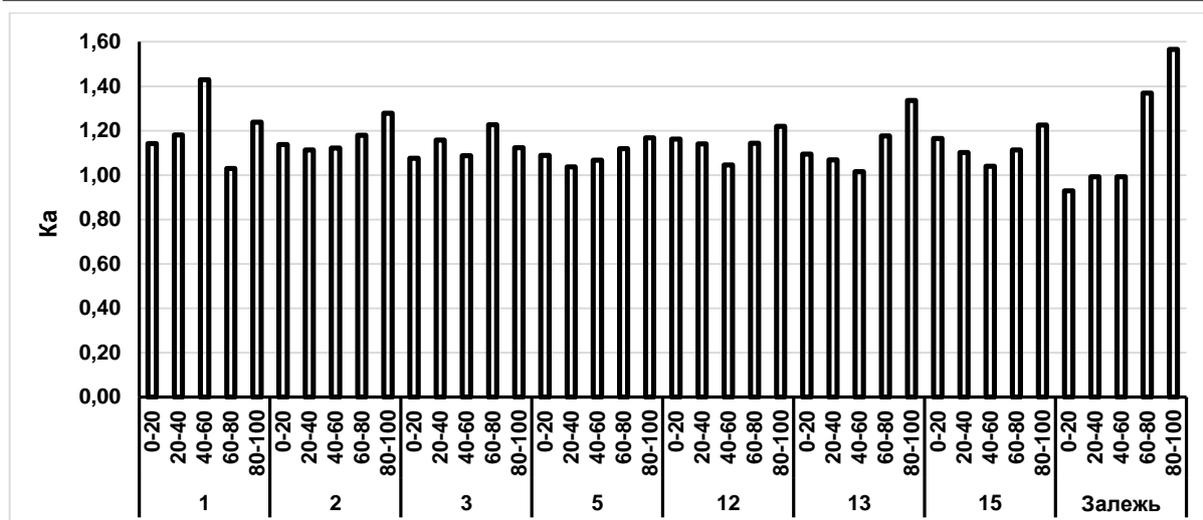


Рис. 6. Константы динамического равновесия почв по вариантам опыта в соответствии со схемой

Достаточно высокие показатели констант динамического равновесия отмечаются в средней и нижней частях почвенного профиля. Максимальные параметры характерны для слоя 60–100 см залежного участка, а также для слоя 40–60 см контрольного варианта.

Также выявлено, что на залежных и окультуренных участках показатели содержания гумуса в почве, гумуса в физической глине и насыщенности физической глины гумусом снижаются вниз по профилю.

Выводы

На основании результатов проведенного исследования почвы УНТЦ «Агротехнология» ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ всех анализируемых участков по классификации Н.А. Качинского отнесены к пылевато-иловатым тяжелым суглинкам.

В пределах верхней части почвенного профиля залежи (0–40 см) содержание частиц физической глины изменяется незначительно (на 0,13%), что связано с отсутствием антропогенной нагрузки. Контрольный и фоновый варианты характеризуются невысокой интенсивностью динамики содержания физической глины в пределах верхней части профиля – 1,31–1,43%.

Почвы изучаемых агротехнических приемов характеризуются существенной динамикой данного показателя в пределах слоя 0–40 см – 3,48–10,98%.

Установлено, что длительное использование почв в качестве пашни с внесением удобрений и известкованием приводит к обеднению верхней части профиля глинистыми частицами и некоторому увеличению их содержания в средней части профиля, что можно объяснить слабовыраженным протеканием процесса лессиважа под влиянием антропогенного воздействия. В почвенных образцах преобладают фракции крупной пыли и ила.

Максимальное количество гумуса выявлено в слое 0–20 см на залежи – 7,32%. Содержание гумуса на опытных участках в пахотном слое колебалось в пределах от 3,98 до 4,74%. С глубиной содержание гумуса снижалось до 1,13–2,41%.

Показано, что на залежи наблюдается наивысшее содержание гумуса в физической глине (6,80), а также максимальная степень насыщенности физической глины гумусом (12,59%). Наименьшее количество гумуса в почве и физической глине отмечено в случаях, когда использовались одинарные и двойные дозы минеральных удобрений на унавоженном фоне. Аналогичная ситуация выявлена на варианте внесения минеральных удобрений на известкованном фоне. Насыщенность физической глины гумусом минимальна на варианте внесения одинарной дозы минеральных удобрений – 8,21% в слое 0–20 см (вариант 3), максимальные значения отмечены на варианте совместного применения органических и минеральных удобрений на фоне известкования – 10,73% в слое 0–20 см.

В соответствии с полученными данными можно сделать вывод, что высокими изучаемые показатели являются в высококультуренной почве (вариант 12) во всему почвенному профилю.

Достаточно высокие показатели константы динамического равновесия отмечены в средней и нижней частях почвенного профиля, максимальные параметры характерны для слоя 60–100 см залежи, а также для слоя 40–60 см контрольного варианта.

Таким образом, выявлено, что длительное применение удобрений и мелиоранта в условиях полевого опыта в зернопаропропашном севообороте приводит к изменению одного из самых стабильных почвенных показателей – гранулометрического состава. Происходит обеднение глинистыми частицами верхней частей почвенного профиля, изменяется насыщенность физической глины гумусом.

Список источников

1. Артемьева З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы: монография. Москва: ГЕОС, 2010. 240 с.
2. Афанасьева Т.И., Труфанов А.М., Иванова М.Ю. и др. Динамика содержания гумуса почвы при различном по интенсивности ее сельскохозяйственном использовании // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 3(55). С. 5–11. DOI: 10.35694/YARCX.2021.55.3.001.
3. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв: монография. Москва: ГЕОС, 2006. 400 с.
4. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению: учебное пособие. Москва: Агроконсалт, 2002. 280 с.
5. Громовик А.И., Горбунова Н.С., Девятова Т.А. Сорбция гумуса и его распределение в профиле черноземов в зависимости от гранулометрического состава // Сорбционные и хроматографические процессы. 2023. Т. 23, № 5. С. 958–964. DOI: 10.17308/sorpchrom.2023.23/11730.
6. Крыщенко В.С., Рыбнянец Т.В., Замулина И.В. и др. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения // Живые и биокосные системы. 2013. № 2. С. 9.
7. Мязин Н.Г., Машур И. Особенности формирования гранулометрического состава выщелоченного чернозема при длительном применении различных систем удобрения, в условиях Центрального Черноземного региона Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2007. № 5. С. 39–43.
8. Мязин Н.Г., Парахневич Т.М. Почвы территории стационарного опыта кафедры агрохимии Воронежского госагроуниверситета // Химизация и экология в земледелии ЦЧЗ. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки, 1999. С. 32–38.
9. Парахневич Т.М. Изменение почвенно-агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного и пути их регулирования в парозернопропашном севообороте: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Воронеж, 1999. 212 с.
10. Семендяева Н.В., Крупская Т.Н., Карловец Л.А. Влияние севооборотов на гранулометрический и микроагрегатный состав чернозема выщелоченного Новосибирского Приобья в длительных опытах // Агрохимия. 2015. № 1. С. 23–34.
11. Синещев В.Е., Слесарев В.Н., Ткаченко Г.И. и др. Гранулометрический и микроагрегатный состав черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47, № 1(254). С. 18–24.
12. Arthur E., Tuller M., Moldrup P. et al. Clay content and mineralogy, organic carbon and cation exchange capacity affect water vapor sorption hysteresis of soil // European Journal of Soil Science. 2020. Vol. 71(2). Pp. 204–214. DOI: 10.1111/ejss.12853.
13. Olayemi O.P., Wallenstein M.D., Kallenbach C.M. Distribution of soil organic matter fractions are altered with soil priming // Soil Biology and Biochemistry. 2022. Vol. 164. Pp. 108494. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108494.

References

1. Artemyeva Z.S. Organic matter and particle-size soil structure system: monograph. Moscow: GEOS Publishers; 2010. 240 p. (In Russ.).
2. Afanasyeva T.I., Trufanov A.M., Ivanova M.Yu. et al. Dynamics of soil humus content under different intensity of its agricultural use. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2021;3(55):5-11. DOI: 10.35694/YARCX.2021.55.3.001. (In Russ.).
3. Vorobieva L.A. Theory and practice of chemical analysis of soils: monograph. Moscow: GEOS Publishers; 2006. 400 p. (In Russ.).
4. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. Workshop on soil science: study guide. Moscow: Agrokonsult Publishers; 2002. 280 p. (In Russ.).
5. Gromovik A.I., Gorbunova N.S., Devyatova T.A. Sorption of humus and its distribution in the profile of chernozems depending on the granulometric composition. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2023;23(5):958-964. DOI: 10.17308/sorpchrom.2023.23/11730. (In Russ.).
6. Kryshchenko V.S., Rybianets T.V., Zamulina I.V. et al. Simulation of correlation between the elements of a polydisperse soil system based on a reference standard. *Live and bio-abiotic systems*. 2013;(2):9. (In Russ.).
7. Myazin N.G., Mashkhur I. Features of the formation of the granulometric composition of leached chernozem with long-term use of various fertilizer systems in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation. *Izvestia of Saint Petersburg State Agrarian University*. 2007;5:39-43. (In Russ.).
8. Myazin N.G., Parakhnevich T.M. Soils of the territory of stationary experiment of the Department of Agrochemistry of Voronezh State Agrarian University. In: Chemicalization and ecology in agriculture of the Central Chernozem Zone. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 1999:32-38. (In Russ.).
9. Parakhnevich T.M. Changes in soil and agrochemical indicators of fertility of leached chernozem and ways of their regulation in fallow grain-row crop rotation: Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.04. Voronezh; 1999. 212 p. (In Russ.).
10. Semendyaeva N.V., Krupskaya T.N., Karlovets L.A. Influence of crop rotation on the granulometric and microaggregate composition of leached chernozem of Novosibirsk Oblast in long-term experiments. *Agricultural Chemistry*. 2015;1:23-34. (In Russ.).
11. Sineshchekov V.E., Slesarev V.N., Tkachenko G.I. et al. Granulometric and microaggregate composition of leached chernozems at reduced tillage. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2017;47(1):18-24. (In Russ.).
12. Arthur E., Tuller M., Moldrup P. et al. Clay content and mineralogy, organic carbon and cation exchange capacity affect water vapor sorption hysteresis of soil. *European Journal of Soil Science*. 2020;71(2):204-214. DOI: 10.1111/ejss.12853.
13. Olayemi O.P., Wallenstein M.D., Kallenbach C.M. Distribution of soil organic matter fractions are altered with soil priming. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022;164:108494. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108494.

Информация об авторах

Е.С. Гасанова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», upravlenieorm@mail.ru.

А.В. Малявская – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», angelina.malyavskaya@mail.ru.

К.Е. Стекольников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», soil@agrochem.vsau.ru.

Н.Г. Мязин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Information about the authors

E.S. Gasanova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, upravlenieorm@mail.ru.

A.V. Malyavskaya, Postgraduate Student, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, angelina.malyavskaya@mail.ru.

K.E. Stekolnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, soil@agrochem.vsau.ru.

N.G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 20.07.2024; одобрена после рецензирования 29.09.2024; принята к публикации 10.10.2024.

The article was submitted 20.07.2024; approved after reviewing 29.09.2024; accepted for publication 10.10.2024.

© Е.С. Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г., 2024