

Based on a long-term study ($n = 24$) it is presented an extended statistical and kinetic estimation of nitrogen mineralizing potential (N_0) in chestnut and meadow-chernozem frozen soils with a new paradigm in diagnosing mineralizable nitrogen in arid and frozen soils of Transbaikalia. Differences in the kinetics (k) of mineralization of metabolic and stable pool of organic nitrogen of soils in the variants without fertilizers (control) and with the application of nitrogen fertilizers have been proved. It has been proposed due to the results of mathematical modeling, the diagnosis of a current mineralizable status of soil organic nitrogen (N_0) at a particular time (t_0) by the value of the process rate constant (k) as a stable and independent criterion in assessing the nitrogen-mineralizing effect in soils with critical characteristics of fertility, the nitrogen status and the hydrothermal state. For all soils and evaluation variants the nitrogen-mineralising potential (N_0) was subjected to an exponential function with different directednesses and turned to be extremely insignificant in the range of 0.1-2% of total nitrogen. The kinetics of the process, regardless of the soil fertility and nitrogen stock, on the variants without fertilizers differed that it was very weak ($k = 0.001 - 0.023 \text{ year}^{-1}$) and increased significantly under the influence of nitrogen fertilizers ($k = 0.053 - 0.355 \text{ year}^{-1}$).

Key words: fertility statistics of arid and frozen soils, nitrogen-mineralizing potential of soils and diagnostic models, kinetics of mineralization of metabolic and stable pool of soil nitrogen, exponent function and constant of nitrogen mineralization rate of cryoarid soils

УДК 631.452:631.8:631.821.1

DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.13

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

О.А. Савоськина, д.с.-х.н., А.В. Шитикова, д.с.-х.н., А.В. Константинович, к.с.-х.н.,
И.А. Заверткин, к.с.-х.н., Е.М. Куренкова, ФГБОУ ВО Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
Москва, Россия, ул. Тимирязевская, д. 49, osavoskina@rgau-msha.ru, e-mail: soa-18@mail.ru

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации в рамках программы развития Университета в соответствии
с программой академического стратегического лидерства "Приоритет-2030"
(Приказ № 1083 от 01.11.2022 г. "Научный фронт")

Для улучшения баланса органического вещества дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы рекомендуется совместное внесение органоминеральных удобрений с химическим мелиорантом (известью), что снижает темпы минерализации гумуса в почве и улучшает питание растений. Показано влияние минеральных удобрений, навоза и извести на баланс гумуса и его стабилизацию в агроэкосистеме длительного полевого опыта.

Ключевые слова: плодородие почвы, органическое вещество, растительные остатки, органические удобрения, минеральные удобрения, известкование, водопрочность и плотность почвы, полевые культуры.

Для цитирования: Савоськина О.А., Шитикова А.В., Константинович А.В., Заверткин И.А., Куренкова Е.М. Технологические приемы стабилизации содержания гумуса в дерново-подзолистой почве// Плодородие. – 2022. – №6. – С. 49-52. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.13.

Ведение устойчивого сельскохозяйственного производства решает ряд важных вопросов, касающихся использования разных источников энергии, эффективности применения различных видов удобрений и мелиорантов, воздействия на окружающую среду. Все это в совокупности способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур при сохранении и даже расширении почвенного плодородия [1].

В создании и сохранении почвенного плодородия органическое вещество почвы играет важную и многогранную роль. С его содержанием и качественным составом тесно связаны режим питания растений и различные свойства почвы (физико-химические, физико-механические, биологические и биохимические), что объясняется особенностями химического строения, биологической доступностью, высокой энергоемкостью и активностью органического вещества [2-5].

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства проблема накопления и сохране-

ния органического вещества дерново-подзолистых почв сохраняет свою актуальность, так как получение высокой урожайности полевых культур с высоким качеством продукции при наименьших затратах труда и невозполнимой энергии возможно только при оптимальных уровнях гумусированности почвы для конкретных условий агроландшафтов [6, 7].

Важное значение в воспроизводстве гумуса почвы, в частности плодородия, в целом имеют сельскохозяйственные культуры, которые оставляют различное количество растительных остатков для образования органического вещества почвы [8].

Решающую роль в расширенном воспроизводстве гумуса почвы играют органические удобрения, дозы внесения которых зависят от накопления в хозяйстве навоза крупного рогатого скота или птичьего помета, определяются структурой посевных площадей и видами севооборотов, наличием торфа и сапропеля на территории сельскохозяйственных предприятий или других альтер-

нативных удобрений, например, биочар или биоуголь.

Стабилизирующее значение в гумусообразовании имеют минеральные удобрения и известь [9].

Цель наших исследований – установить содержание органического вещества в бессменных посевах полевых культур, чистом пару и севообороте во времени при различном использовании факторов интенсифика-

ции земледелия в длительном полевом опыте.

Методика. Исследования проводились в длительном полевом опыте ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, который был заложен в 1912 г. профессором А.Г. Дояренко по инициативе академика Д.А. Прянишникова, расположенном в пределах 55°50'25" СШ и 37°33'29" ВД. Опыт – трехфакторный (рис.).

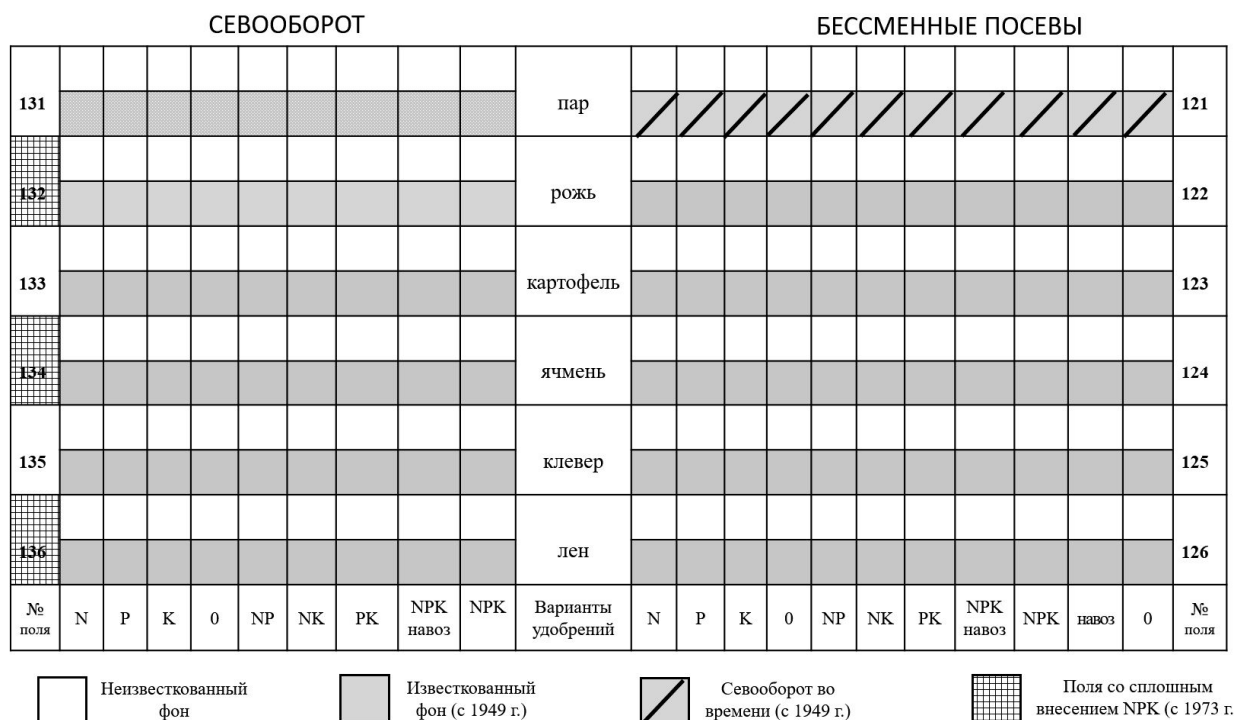


Рис. Схематический план длительного опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

На опытном поле выращивают культуры – лен-долгунец, клевер, ячмень, картофель, озимая рожь и есть поле чистого пара. На одной половине участка развернут севооборот (поля 131-136), а на другой – проводится бессменное возделывание культур (поля 122-126) и на поле 121 развернут севооборот во времени (на известкованном фоне с 1973 г.) и чистый пар (на фоне без извести). Известь в длительном опыте вносят с 1949 г. 1 раз в ротацию севооборота в дозах, рассчитанных по гидролитической кислотности.

Азот в опыте вносят в виде аммиачной селитры, фосфор – двойного гранулированного суперфосфата, калий – хлористого калия. В качестве органических удобрений используют навоз крупного рогатого скота.

Основная обработка почвы включает дискование боронами дисковыми тяжелыми на глубину 10-12 см, внесение фосфорных, калийных и органических удобрений (по вариантам) и вспашку плугом с предплужником на глубину 20-22 см.

Объект исследований – дерново-подзолистая легко-суглинистая почва опытного участка, отобранная с глубины пахотного слоя (0-20 см) после уборки полевых культур.

Научные наблюдения и анализы проводили в бессменных посевах культур, поле чистого пара и севообороте во времени (поля 121-126).

Учеты производили в 2013-2019 г. в вариантах:

Контроль (без удобрений); Контроль на известкованном фоне; Навоз; Навоз по известкованному фону (навоз + Ca); Полное минеральное удобрение (NPK); Полное минеральное удобрение по известкованному

фону (NPK + Ca); Совместное применение полного минерального удобрения и навоза (NPK+навоз); Совместное применение полного минерального удобрения и навоза по известкованному фону (NPK + навоз + Ca).

Определение содержания органического вещества проводили по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), основанному на окислении органического вещества почвы хромовой кислотой до образования углекислоты.

Результаты и их обсуждение. Два взаимно противоположных процесса (синтез и разложение) характеризуют количественные и качественные изменения органического вещества. В естественных условиях эти операции находятся в равновесии, а каждая почва характеризуется присущим ей определенным уровнем содержания органического вещества, которое довольно длительное время сохраняется. В агроэкосистемах под влиянием различных факторов наблюдается дисбаланс между процессами поступления в почву органического вещества и его потерями.

Растения играют решающую роль в динамике органического вещества почвы, так как в естественных ценозах их остатки оказываются основным ресурсом воспроизводства плодородия почвы. В агроэкосистемах происходит снижение этой роли растительных остатков вследствие уменьшения массы их корневой системы и изъятия урожая.

Перед закладкой опыта содержание гумуса в почве на выбранном участке составляло 2,06 %. В последующем на протяжении более 100 лет происходило его уменьшение различными темпами в зависимости от

способа возделывания культур, системы удобрения и химической мелиорации (табл.).

По нашим данным, парование дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в течение свыше 100 лет без интенсификации земледелия обусловило резкое снижение ее гумусированности до уровня 0,95 %, что составляет 46,1 % от исходного. Стабилизирующее действие оказывало внесение органического удобрения (навоз, 20 т/га), где содержание гумуса составило 1,82 %, что на 11,7 % ниже, чем перед закладкой опыта. Применение органоминеральной системы удобрения сдерживало темпы потери гумуса и стабилизировало его на уровне 1,65 %. Так как длительное парование почвы проходит на известкованном фоне, то внесение полного минерального удобрения $N_{100}P_{150}K_{120}$ из-за физиологически кислой реакции было малоэффективным в воспроизводстве плодородия почвы и гумусированность в данном варианте составила 1,18 %.

Содержание гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в бессменных посевах культур, чистом пару и севообороте во времени, %

| Культура, севооборот | Контроль (без удобрений) | | $N_{100}P_{150}K_{120}$ | | Навоз, 20 т/га | | $N_{100}P_{150}K_{120}$ + навоз, 20 т/га | |
|-----------------------|--------------------------|--------|-------------------------|--------|----------------|--------|--|--------|
| | Са | Без Са | Са | Без Са | Са | Без Са | Са | Без Са |
| Лен-долгунец | 1,77 | 1,82 | 2,23 | 1,93 | 2,93 | 2,57 | 2,61 | 2,34 |
| Клевер | 2,04 | 2,02 | 2,17 | 2,12 | 2,84 | 2,64 | 2,44 | 2,32 |
| Ячмень | 2,10 | 1,87 | 2,27 | 2,24 | 2,88 | 3,08 | 3,21 | 3,14 |
| Картофель | 1,82 | 1,77 | 1,94 | 1,92 | 2,14 | 2,12 | 2,10 | 2,01 |
| Озимая рожь | 1,65 | 1,94 | 2,10 | 2,37 | 2,74 | 3,02 | 2,97 | 3,06 |
| Севооборот во времени | 1,32 | | 1,64 | | 1,91 | | 1,85 | |
| Чистый пар | | 0,95 | | 1,18 | | 1,82 | | 1,65 |
| Среднее | 1,78 | 1,73 | 2,06 | 1,96 | 2,57 | 2,54 | 2,53 | 2,42 |
| Станд. отклонение | 0,28 | 0,39 | 0,24 | 0,42 | 0,44 | 0,50 | 0,51 | 0,58 |

Под бессменными культурами на известкованном фоне, по сравнению с паром, содержание общего углерода значительно выше – на 39,7 % в среднем по изучаемым вариантам. Самое высокое содержание гумуса зафиксировано в поле клевера – 2,02 %, что говорит о снижении темпов минерализации органического вещества. При возделывании зерновых культур гумусированность пахотного слоя почвы составляла 1,94 % под озимой рожью и 1,87 % под ячменем. Озимая рожь незначительно уступает многолетним травам по содержанию гумуса почвы. Эти различия находятся в пределах ошибки определения. Следовательно, клевер и зерновые культуры обеспечивают поддержание баланса гумуса почвы и его стабилизацию в интервале 1,87-2,02 % С, что свидетельствует о большой почвозащитной и экологической роли этих культур в сохранении гумуса почвы.

Выращивание технической культуры льна-долгунца на известкованном фоне приводило к снижению содержания гумуса (до 1,82 %) из-за отчуждения с поля растительных остатков. Пропашная культура (картофель) способствует усилению процесса дегумификации вследствие технологии возделывания (из-за многократных междурядных обработок) и наблюдается снижение содержания гумуса до 1,77 %. Как видно, само по себе возделывание различных культур не способно предотвратить снижение содержания органического вещества в почве при длительном ее сельскохозяйственном использовании.

Применение различных систем удобрения (минеральной, органоминеральной, органической) повышало

гумусированность пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Так в варианте внесения навоза происходило увеличение содержания гумуса относительно исходного под всеми возделываемыми культурами от 2,9 % под картофелем до 49,5 % при возделывании ячменя с подсевом клевера. Максимальное содержание гумуса, отмеченное при возделывании ячменя, связано с низкой урожайностью культуры и как следствие с небольшим отчуждением органического вещества. Применение органоминеральной системы удобрения несколько уступало органической, однако и здесь не отмечено снижение уровня плодородия почвы при длительном интенсивном его использовании. Внесение минерального удобрения поддерживало бездефицитный баланс органического вещества после свыше 100-летнего бессменного возделывания культур.

В почве плодосменного севооборота гумусированность стабилизировалась на уровне 1,32 %, что обусловлено, с одной стороны, наличием чистого пара и картофеля, характеризующихся высокой минерализацией органического вещества, с другой, – клевером и зерновыми культурами, сдерживающими темпы снижения гумуса. Это вызвано поступлением свежего органического вещества в почву в виде корневых выделений, а также повышением активности микроорганизмов.

Изменение структуры посевной площади севооборота позволит регулировать в почве уровни стабилизации гумуса и тем самым обеспечить различные подходы к воспроизводству органического вещества.

Известкование почвы оказывает незначительное влияние на сохранение её гумусированности.

Полевые культуры и пар по действию их влияния на баланс гумуса почвы располагаются в следующем убывающем ряду: клевер – озимая рожь – ячмень – картофель – пар.

Заключение. В результате проведенных исследований в длительном полевом опыте установлены экологически обоснованные уровни гумусового баланса дерново-подзолистых почв и технологические приемы его стабилизации.

В бессменном пару без применения удобрений за счет естественных процессов содержание гумуса стабилизировалось на уровне 0,95% при исходном его содержании 2,06 %.

Бессменные культуры сплошного посева (озимая рожь, ячмень, клевер, лен-долгунец) без применения удобрений способны поддерживать гумусовый баланс, равный около 1,90 %, картофель – 1,82 %.

В плодосменном севообороте (чистый пар – озимая рожь – картофель – ячмень с подсевом клевера – клевер – лен) без применения удобрений устойчивый гумусовый баланс формируется на уровне 1,32 %, в основном за счет поступающих в почву растительных остатков.

Применение органического удобрения и его совместное внесение с полным минеральным удобрением обеспечивают расширенное воспроизводство органического вещества.

Известкование не оказывало влияния на уровень гумусового баланса почвы под бессменными культурами и в севообороте.

Прогноз повышения или понижения уровня гумусового баланса при данных технологических приемах возможен при изменении структуры посевной площади севооборота с учетом влияния культур и пара на содержание органического вещества.

Литература

1. Yasnolob, I.O., Chayka, T.O., Gorb, O.O., Galych, O.A., Kalashnyk, O.V., Konchakovskiy, Ye.O., Moroz, S.E., Shvedenko, P.Yu. (2019). Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 244-250
2. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 322 с.
3. Wander M. Soil Organic Matter Fractions and Their Relevance to Soil Function, Soil organic matter in sustainable agriculture. Eds. F. Magdoff, R.R. Weil. Boca Raton etc: CRC Press, 2004, pp. 67–102
4. A. Mandal, A.K. Patra, D. Singh, A. Swarup, R.E. Mastro, Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages *Biores. Technol.* 98, 3585–3592 (2007).
5. Иванов А. Л., Козут Б. М., Семенов В. М., Тюрина – Оберландер М.И., Ваксман Шанбахер Н. Развитие учения о гумусе и почвенном

- органическом веществе: от Тюрина и Ваксмана до наших дней // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2017. – Вып. 90. – С. 3-38. doi: 10.19047/0136-1694-2017-3-38
6. Kosolapova A, Yamaltdinova V., Mitrofanova E., Fomin D. and Teterlev I. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of west ural depending on fertilizer system *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22 (No 3) 2016, 381–385
 7. Мазуров М.А., Матюк Н.С., Полин В.Д., Малахов Н.В. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы// Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 33-36.
 8. Magdoff F., Weil R.R. Soil organic matter management strategies // Soil organic matter in sustainable agriculture / Eds. Magdoff F., Weil R.R. Boca Raton etc: CRC Press, 2004. P. 45–65.
 9. Матюк Н.С., Шевченко В.А. Действие различных систем удобрения и приемов обработки дерново-подзолистой почвы на содержание гумуса, элементов питания и урожайность культур севооборота// Плодородие. – 2017. – № 1. – С. 26-29.

TECHNOLOGICAL METHODS FOR STABILIZING THE HUMUS CONTENT OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL.

Savoskina O.A., Shitikova A.V., Konstantinovich A.V., Zaverkin I.A., Kurenkova E.M.
Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
49 Timiryazevskaya str., Moscow, Russia, osavoskina@rgau-msha.ru

To improve the balance of organic matter of sod-podzolic light loamy soil, it is recommended to apply organomineral fertilizers together with chemical meliorant (lime), which reduces the rate of humus mineralization in the soil and improves plant nutrition. The article shows the effect of mineral fertilizers, manure and lime on the balance of humus and its stabilization in the agroecosystem of Long-term field experience.

Keywords: soil fertility, organic matter, plant residues, organic fertilizers, mineral fertilizers, liming, water resistance and soil density, field crops.

УДК 631.559:631.45:631.81:

DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.14

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

А.М. Алиев, д.с.-х.н., Е.Н. Старостина, Г.А. Иващенко,
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127550, Москва, ул. Прянишникова, д.31а, e-mail: info@vniia-pr.ru

Работа выполнена по государственному заданию № 0429-2021-0002

Показаны в длительном полевом опыте на окультуренной дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве влияние микроэлементов и регуляторов роста в сочетании с минеральной и органоминеральной системами удобрения на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя, а также баланс элементов питания за 10-ю ротацию полевого севооборота. Установлено, что комплексное применение средств химизации обеспечивает максимальную урожайность зерна 71 и 56 ц/га соответственно, что выше контроля без удобрений в 2 раза, при этом баланс элементов питания был отрицательный. Применение микроэлементов и регуляторов роста повышает коэффициенты использования азота, фосфора и калия на фонах систем удобрения в среднем на 34-40 %.

Ключевые слова: баланс элементов питания, севооборот, коэффициенты использования NPK, комплексное внесение средств химизации, вынос питательных элементов растениями.

Для цитирования: Алиев А.М., Старостина Е.Н., Иващенко Г.А. Влияние комплексного применения средств химизации на баланс питательных элементов в условиях Центрального Нечерноземья// Плодородие. – 2022. – №6. – С. 52-55. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.14.

Важнейшие задачи земледелия – поддержание и улучшение плодородия почвы, получение запланированных урожаев хорошего качества. Для этого очень важно поддерживать оптимальный биологический круговорот веществ в агроэкосистемах, соблюдать баланс питательных элементов в севообороте в данных конкретных почвенно-климатических условиях [1-3]. Многолетние стационарные опыты являются уникальными объектами по изучению баланса и использованию питательных элементов в земледелии, программированию

внесения удобрений для эффективного их применения в сельском хозяйстве [4-8].

Совместное применение систем удобрения с другими средствами химизации в севообороте существенно изменяют фитосанитарное состояние посевов, продуктивность культур, и в значительной степени – потребление питательных элементов культурными и сорными растениями, при этом изменяется и баланс питательных веществ. Эти вопросы в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны мало изучены и представляют большой теоретический и практический интерес.