

$Y=50,9+0,42X_1+0,79X_2+0,53X_3+0,49X_4+0,44X_5+0,51X_6+0,43X_7+0,81X_8+0,27X_9+0,26X_{10}+0,56X_{11}+0,30X_{12}+0,58X_{13}+0,78X_{14}+0,54X_{15}+0,80X_{16}+0,71X_{17}+0,46X_{18}-375,9$,

где Y – урожайность сельскохозяйственных культур ц. ед/га; X_1 – общее количество микроорганизмов, млн/г почвы; X_2 – количество аммонификаторов, млн/г почвы; X_3 – микроорганизмы, усваивающие минеральный азот; млн/г почвы; X_4 – микромицеты, тыс/г почвы; X_5 – актиномицеты, млн/г почвы; X_6 – азотобактер, млн/г почвы; X_7 – олигонитрофилы, млн/г почвы; X_8 – целлюлозоразлагающие, млн/г почвы; X_9 – биомасса микроорганизмов, т/га; X_{10} – гумус, %; X_{11} – детрит, %; X_{12} – выпашанность, балл; X_{13} – растительные остатки, т/га; X_{14} – нитрификационная способность почвы, мг/кг; X_{15} – выделение CO_2 , мг/ч; X_{16} – активность каталазы, мл O_2 ; X_{17} – активность уреазы, мг NH_3 ; X_{18} – активность инвертазы, мг глюкозы/г почвы.

Определение уровней урожайности культур по этому уравнению дало результаты, сходные с фактическими. При этом в годы с гидротермическими условиями, близкими к средним многолетним, амплитуда колебаний составляла 4–6%, а в годы, значительно различающиеся по погодным условиям, она возросла до 9–14%.

Заключение. Внесение соломы озимой пшеницы, ячменя, дефеката, пожнивный посев горчицы сарептской в севооборотах с сидеральным и занятым паром по

фону НРК₍₁₀₀₋₃₅₀₎ способствуют поддержанию содержания гумуса на уровне контроля 1972 г.

Использование пашни длительное время без посева культур (бессменный пар) снижало содержание гумуса на 21,1%. Бессменные посевы сельскохозяйственных культур уменьшали его содержание на 16,2–33,0%, парные комбинации – на 14,5–21,1%.

При возделывании культур в парных комбинациях и севооборотах увеличивалось взаимовлияние культур и их послеуборочных остатков на биологические процессы в почве.

Полевые культуры ЦЧЗ, за исключением многолетних трав, не обеспечивают сохранение гумуса черноземных почв. Наибольшие потери гумуса под сахарной свеклой и в чистом пару. Лучше сохраняет органическое вещество черноземов плодосменный севооборот.

Литература

1. Звягинцев Д.Г. Почвы и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
2. Зезюков Н.И., Острецов В.Е. Сохранение и повышение плодородия черноземов. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1999. – 312 с.
3. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 152 с.
4. Коржов С.И. Микробиологическая активность чернозема выщелоченного при антропогенном воздействии. – Воронеж: Изд-во Истоки, 2005. – 153 с.
5. Трофимова Т.А., Коржов С.И., Маслов В.А. Основная обработка почвы и засоренность посевов// Земледелие. – 2011. – №8. – С.2–4.
6. Рябчикова В.В. Корневые гнили зерновых культур Центрально-Черноземного региона России. – Воронеж, 2012. – 224 с.

EFFECT OF FIELD CROPS AND BIOLOGIZATION METHODS ON SOIL FERTILITY PRESERVATION

S.I. Korzhov, T.A. Trofimova, G.V. Kotov, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ul. Michurina, 1, Voronezh, 394087, Russia, E-mail: Korzem@mail.ru

Different techniques of preserving and enhancing soil fertility in long-term stationary experiments of the Department of Arable Farming of Voronezh State Agrarian University were studied. The soil of the plots was leached chernozem. The research was set up in 1972. The influence of cultivated crops, crop rotations, perennial grasses, green-manured fallow and stubble crops, and the application of winter wheat and barley straw, defecate, manure, and mineral fertilizers on humus content and dynamics of soil microorganisms was studied. Alfalfa cultivation on emergency fields and in crop rotations increased the humus content over 18 years by 0.15–0.44% with respect to its level in 1972. The greatest losses of humus content were registered in treatments with sugar beet cultivation. Up to 2.5–2.6 t/ha of humus on the average was removed annually from the topsoil. According to the mineralization rate of organic matter under conditions of intensive agriculture, the test cultures can be divided into three groups: the removal of humus is 0.9–1.1 t/ha in the year when grains are cultivated, 1.2–1.3 t/ha in the year when corn is cultivated for silage, and 1.8–1.9 t/ha in the year when sugar beet is cultivated and in case of fallow land. In paired combinations, the organic matter losses were lower. In farming rotations in the case of alternation between winter wheat and complete fallow, humus content in the soil was 3.38%, which was equal to that in the treatment of winter wheat cultivation as a monoculture, but significantly higher than under continuous land fallowing. Manure treatment in crop rotations both with green-manured fallow and sown fallow fostered the increase in humus content by 0.06–0.12%. The combined application of different techniques of biological agriculture contributed to the increase of humus content by 0.06–0.1%. Furthermore, optimum contents of soil microorganisms were determined: the content of organic nitrogen-assimilating bacteria is 38–40%; the content of microorganisms assimilating mineral forms of nitrogen is 35–37%; oligonitrophilic 21–24%, cellulolytic 1.1–1.2%, and actinomycetes 0.7–1.1%.

Keywords: fertility, crop rotation, chernozem, straw, manure, defecate, microorganisms.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ И БАЛАНСА ГУМУСА В ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТАХ ГЕОСЕТИ

В.Г. Сычёв, ак. РАН, Л.К. Шевцова, д.б.н., Г.Е. Мёрзлая, д.с.-х.н., М.В. Беличенко, к.б.н., ВНИИА 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия E-mail: info@vniia-pr.ru, lab.organic@mail.ru

Определены на основании анализа многолетних экспериментальных данных в 19 стационарных полевых опытах Географической сети основные параметры динамики и баланса органического вещества почв при длительном применении различных систем удобрения и разработаны критерии их оценки. Даны рекомендации по совершенствованию систем удобрения с целью оптимизации гумусного состояния почв и повышения их продуктивности.

Ключевые слова: длительные полевые опыты, системы удобрения, почвы, гумус, баланс, Геосеть, мониторинг.

В данной работе на примере 19 длительных опытов приводятся результаты исследований баланса и динамики

гумуса почв в виде содержания и запасов углерода (С, % и С, т/га соответственно) за длительный период от исходных (или близких к исходным) показателей содержания органического вещества до конечных, определяемых за учетный период времени. В некоторых опытах исследования в этом направлении проводили несколько раз за время наблюдений, что позволило сравнить темпы изменения содержания гумуса за разные периоды его трансформации.

Опыты, которые вошли в исследование: Соликамская опытная станция, Пермская обл. (1934–1960), ВНИИОУ, Владимирская обл. (1968–2008), ВНИИ льна, г. Торжок (1956–2011), РГАУ – МСХА, г. Москва (1912–1960), Перм-

ский НИИСХ (1946-1977), Долгопрудная агрохимическая опытная станция НИУИФ, Московская обл. (1931-1967), опыт Прянишникова с чистым паром (1937-1968) и опыт Щербы (1937-1967), ЦОС ВНИИА, Московская обл. (1964-1992), Украинский НИИ земледелия (Чебань), Киевская обл. (1960-1977), Владимирская оп.станция, г. Суздаль (1970-1977), НИИ лубяных культур, г. Глухов (Украина) (1931-1968), НИИ селекции озимой пшеницы, Киевская обл. 51севооборот (1912 – 1969), Новое опытное поле (бессменно кукуруза) (1929 - 1961), Эрастовская оп.станция, Днепропетровская обл. (1947-1965), Мордовская оп.станция, г. Саранск (1960-1974), Красноярский НИИСХ, (1969-1975), Бурятский НИИСХ (1967-2015), ВНИИА, Смоленский НИИСХ (1978-2008), Рязанский НИИПТИ (1991-1999). Длительность исследований до 50 лет. При этом во всех опытах изучены одни и те же варианты. Дозы применяемых удобрений в большинстве опытов невысокие, содержание элементов питания в сравниваемых вариантах навоза и минеральных удобрений, как правило, выравнено. Севообороты - типичные для разнообразных природных зон России.

Продолжительный период агрогенного воздействия на почву позволил впервые сформулировать принципы и провести анализ параметров баланса и динамики гумуса в длительных опытах, таких как оценка минимального и оптимального уровня содержания гумуса в конкретном опыте за определенный период наблюдения.

За минимальное содержание гумуса (C_{min} , %) или запасов (C , т/га) в опыте за исследуемый период наблюдения, независимо от зонального расположения и типа почвы, принимают содержание (или запасы) углерода в контрольном варианте (без удобрений).

Опыты, расположенные на дерново-подзолистых почвах легкого и тяжелого гранулометрического состава заметно различаются по содержанию углерода. Наименьшее исходное содержание гумуса в супесчаных почвах Соликамской опытной станции – 0,68% и ВНИИОУ – 0,70, в легкосуглинистой почве ВНИИ льна выше – 1,13, в окультуренной легкосуглинистой почве опыта в Смоленской области – 1,4, в среднесуглинистых почвах Пермского НИИСХ – 1,39, а в тяжелосуглинистых почвах Долгопрудной опытной станции и Центральной опытной станции ВНИИА – 1,09 и 1,0% соответственно.

Самое низкое содержание общего углерода в конце наблюдений отмечается на контроле (без удобрений). На супесчаных почвах Соликамской опытной станции за первые 27 лет этот показатель снизился на 0,44 %, а за последующие 9 лет только на 0,04 %, т.е. на контроле содержание углерода практически больше не менялось, достигнув своего минимума, определяющегося главным образом гранулометрическим составом почвы [1]. Аналогичная динамика углерода наблюдается и в остальных опытах, расположенных на дерново-подзолистых почвах. Так, в опыте ВНИИОУ за 34 года содержание гумуса на контроле составило 0,62 % при исходном – 0,70%. Такая же закономерность и в опытах, расположенных на дерново-подзолистых почвах тяжелого гранулометрического состава. В суглинистых дерново-подзолистых почвах минимальное содержание гумуса несколько выше, чем в супесчаных и составляло в конце срока наблюдения 1,0-0,75 %.

В суглинистых дерново-подзолистых почвах минимальное содержание гумуса до 1,3%, при положительном его балансе, отмечено только в опыте С.В. Щербы

(ДАОС) в вариантах с более высокими, чем в других опытах, дозами навоза и навоза + NPK. В большинстве опытов на тяжелых дерново-подзолистых почвах, как и на супесчаных, при всех системах удобрения бездефицитный баланс гумуса не достигнут.

В отношении опыта на серых лесных почвах исходные данные по содержанию гумуса не сохранились, и в качестве минимального для агротехнических и природных условий каждого конкретного опыта принято его содержание на контроле. Наименьшее значение этого показателя в опыте Украинского НИИ земледелия на среднесуглинистых почвах – 0,71 % (контроль), наибольшее – в варианте навоз + NPK, где за 17 лет оно увеличилось до 0,85 %.

Самыми большими природными запасами органического вещества характеризуются серые лесные почвы Владимирского НИИСХ (г.Суздаль), где на контроле содержание гумуса составляет 2,33 %, что соответствует запасам 62,9 т/га. В варианте NPK за 7 лет исследований оно повысилось до 67,7 т/га.

Интересен и опыт НИИ лубяных культур (Украина, г. Глухов) с бессменной культурой конопли. За 37 лет на контроле содержание гумуса сохранилось на уровне 1,93 %, а в варианте с навозом оно увеличилось до 2,45 %.

Таким образом, в исследованиях на серых лесных почвах проблема гумуса имеется только в опытах Украинского НИИ земледелия, где содержание гумуса за 17 лет составляло лишь 0,71 %, что критически даже для дерново-подзолистых почв.

В черноземных почвах содержание гумуса на контрольных делянках опытов было довольно близким и колебалось к концу срока наблюдений (13-24 года) от 2,05 % в черноземе карбонатном Молдавского СХИ до 2,49 % в опыте Мироновского НИИ селекции озимой пшеницы (Украина). Высоким содержанием гумуса характеризовались черноземы Мордовской опытной станции и Красноярского НИИСХ, где количество углерода в почве контроля составляло 5,76 и 4,64%, соответственно. Таким образом, черноземные почвы даже за длительный период использования без удобрений сохранили свой статус почв, обеспеченных органическим веществом. К сожалению, качество органического вещества в них значительно ухудшилось, так как была утрачена наиболее активная, легко минерализуемая часть гумуса, остался «выпаханный» чернозем, требующий внесения органических и минеральных удобрений для обеспечения необходимого уровня продуктивности почвы [2].

На каштановых почвах Бурятии исследования проводили в длительном опыте в течение 48 лет [3]. Хорошо проявляется уменьшение отрицательного сальдо баланса гумуса по срокам наблюдения. Если в первые годы опыта содержание гумуса в контрольном варианте снизилось на 11%, то в последующие сроки его убыль шла менее заметно.

За весь период наблюдений (в течение 48 лет) содержание гумуса на контроле стабилизировалось на минимальном уровне – 0,55-0,50 С%. Сохранить исходный уровень гумуса в этом опыте удавалось только при применении 20 т/га навоза в паровом поле.

По данным М. Кёршенса и др. [4, 5], уровень содержания гумуса в контрольных вариантах многолетних опытов близок к показателям, полученным на участках с бессменным чистым паром, поэтому в наших расчетах он принят за критерий минимального уровня для почв конкретных опытов. Учитывая, что длительные опыты,

как правило, располагаются на типичных для региона почвах, количественное значение минимального уровня гумуса в длительном опыте можно экстраполировать на весь ареал подобных почв региона. Этот уровень оценивается как критический. Дальнейшее снижение ведет к деградации и полной утрате плодородия почв.

За оптимальное содержание гумуса конкретного опыта принято количество углерода в варианте с наиболее высоким его показателем в конечный срок наблюдения. Во всех исследуемых опытах это были, в основном, варианты навоз или навоз + NPK, или NPK + известь. Оптимальное содержание гумуса (до 1,3 %), при положительном балансе отмечено и на дерново-подзолистой почве в опыте С.В. Щербы (ДАОС) в вариантах с более высокими, чем в других опытах, дозами навоза + NPK. Уровень продуктивности почвы в этих вариантах опыта был, как правило, наиболее высоким.

Несмотря на то, что в приведенных вариантах опытов на дерново-подзолистых почвах не всегда достигался бездефицитный баланс гумуса, интенсивность и скорость утраты органического вещества были значительно ниже, чем на контроле. Это позволяло долго сохранять исходное плодородие почвы и устойчивость ее продуктивности.

К важнейшим параметрам баланса гумуса относятся темпы снижения – накопления гумуса в почве при применении различных систем удобрения.

Темпы снижения - прироста содержания гумуса определяются по сальдо баланса (- ΔC , % или т/га) между исходным при закладке опыта содержанием (запасами) гумуса и «минимальным – оптимальным» за исследуемый период наблюдения. Наибольшую интенсивность процессов снижения запасов углерода имели варианты без удобрения на самых бедных супесчаных и легкосуглинистых почвах Соликамской опытной станции и ВНИИ льна, где за 34-52 года было утрачено 45-55 % исходных запасов гумуса соответственно.

Сравнение среднегодовых темпов «снижения-прироста» гумуса позволяет оценивать направленность и интенсивность воздействия исследуемых в опытах систем удобрения на запасы гумуса в почве, а также перспективы их изменений при дальнейшем использовании первоначальных схем или при их существенном изменении.

Результаты исследований динамики содержания гумуса в почвах разных типов позволили определить особенности воздействия различных систем удобрения для каждого типа почв. Активные изменения в начале опытов завершаются стабилизацией на определенном уровне, при постоянном использовании одних и тех же опытных программ и приемов их агротехнического обеспечения.

Установление равновесного состояния указывает на то, что системы удобрения, заложенные более 30-50 лет тому назад, уже не соответствуют современным требованиям сельскохозяйственного производства и нуждаются в модернизации для решения современных проблем сохранения устойчивости гумусного фонда почв и повышения их плодородия.

Важнейшим направлением исследований могла бы стать программа разработки мер усиления темпов воздействия на сохранение и повышение запасов органического вещества в почвах до уровня бездефицитного баланса, что позволит существенно улучшить качественные показатели гумуса, повысить устойчивость и продуктивность почв.

Заключение. Базовой основой устойчивого увеличения продукции сельскохозяйственного производства служит формирование оптимального уровня содержания гумуса в почве в соответствии с ее гранулометрическим составом и зональными особенностями процессов почвообразования. Исследование изменений гумусного состояния почв в длительных (до 50 лет) опытах на разных типах почв с широким зональным охватом позволило определить основные параметры динамики и баланса органического вещества почв при длительном применении различных систем удобрения и разработать критерии их оценки.

Основными показателями изменений содержания (запасов) органического вещества в почвах являются исходное (или близкое к исходному) содержание гумуса и его изменение в вариантах опытов с разными системами удобрения по периодам наблюдений.

Главные критерии оценки баланса гумуса - показатели его минимального и оптимального содержания в конкретном опыте в соответствующих вариантах. Важными следует считать показатели интенсивности изменений содержания (запасов) гумуса и скорость этих изменений за исследуемый период проведения опыта.

Примеры критического состояния гумуса в дерново-подзолистых и каштановых почвах показывают, что системы удобрения, разработанные в исторический период образования Географической сети, за 30-50 лет воздействия на почву не обеспечивают необходимого воспроизводства гумуса и нуждаются в модернизации в соответствии с современными требованиями аграрной науки и практики. Возникает необходимость в оценке систем удобрения, оптимизации их доз, эффективных приемов биологизации, включающих использование соломы, сидератов, биологического азота в сочетании с модернизацией севооборотов, введением новых сортов сельскохозяйственных культур, что будет способствовать устойчивости гумусного состояния почв, а следовательно воспроизводству их плодородия.

Литература

1. Кёришенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // Почвоведение. - 1992. - №10. - С.122-131.
2. Шарков И.Н. Изучение минерализации и баланса органического вещества в почвах агроценозов // Методы исследования органических веществ почв. - М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИИОУ, 2005. - С. 359-376.
3. Билтуев А., Будажапов Л. В., Лапухин Т.П. Динамика изменения гумуса в каштановых почвах Западного Забайкалья при длительном применении удобрений // Плодородие. - 2017. - №3. - С. 8-10.
4. Кёришенс М., Шульц Е., Титова Н.А. Динамика гумуса в мощном черноземе // Почвоведение. - 2002. - №5. - С. 601-606.
5. Koershens M., Weigel A., Schulz E. Turnover of soil organic matter and long-term balances - tools for evaluating sustainable productivity of soils // Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 1988. V.161. P. 409-424.

EVALUATION OF RESULTS OF MONITORING THE CONTENT AND BALANCE OF HUMUS IN LONG-TERM EXPERIMENTS OF GEONETWORK

V.G. Sychev, L.K. Shevtsova, G.E. Merzlaya, M.V. Belichenko, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
ul. Pryanishnikova 31A, Moscow, 127550 Russia E-mail: info@vniia-pr.ru, lab.organic@mail.ru

On the basis of long-term experimental data analysis in 19 stationary field experiments of Geographical Network, the key parameters of the dynamics and balance of soil organic matter at the long-term use of different fertilizing systems are determined, and criteria of their estimation are developed. Recommendations are made for the improvement of fertilizing systems with the aim of optimizing the humus status of soils and increasing their efficiency.

Keywords: long-term field experiments, fertilizing system, soil, humus, balance, Geonetwork, monitoring.