

## **Агротехника и механизация**

### **ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ С МАСЛИЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ**

**А.С. Бушнев,**  
кандидат сельскохозяйственных наук  
**Н.М. Тишков,**  
доктор сельскохозяйственных наук

ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии  
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, д. 17,  
Тел.: (861) 275-85-03, факс: (861) 254-27-80  
E-mail: vniimk-agro@mail.ru

В 1971–2011 гг. в стационарном опыте ВНИИМК в четырех ротациях десятипольного зернопропашного севооборота изучались системы основной обработки почвы (интенсивная, разноглубинная, минимальная и поверхностная) в севообороте с масличными культурами – подсолнечник, клевер, соя, рапс озимый и яровой. В первой ротации было отмечено, что общее содержание элементов питания в пахотном слое почвы при интенсивной, разноглубинной, минимальной и поверхностной обработках было близким. При системах разноглубинной и интенсивной обработки элементы питания распределялись более равномерно по профилю пахотного слоя, чем при мелких обработках. В последнем случае большее содержание питательных веществ отмечалось в верхних слоях. Через 20 лет содержание гумуса в пахотном слое почвы значительно снизилось во всех вариантах опыта. При длительном применении поверхностной обработки почвы потери были в 1,5 раза меньше, чем при интенсивной обработке. Через 40 лет (1970–2011 гг.) изменение содержания гумуса в слое 0–20 см в сравнении со значением при закладке опыта колебалось по вариантам опыта незначительно – от 0,51 до 0,57 %, в то время как за первые 20 лет (1970–1990 гг.) отмечалась более контрастная разница: от 0,58 до 0,81 %, то есть наблюдалось торможение процесса дегумификации. При ежегодной отвальной

вспашке к концу четвертой ротации севооборота содержание гумуса за последние 20 лет увеличилось на 0,17 % и составило 3,24 %, а по дисковому лушению уменьшилось на 0,08 % и составило 3,26 %.

The change of the humus content and agrochemical characteristics of leached chernozem under the prolonged usage of different tillage systems in oil crops rotation. Bushnev A.S., Tishkov N.M.

In 1971–2011, the systems of primary tillage (intensive, plowing at a different depth, minimal and surface) in oil crops rotation (sunflower, castor, soybean, winter and spring rapeseed) were studied in a VNIIMK stationary experiment in 4 rotations of ten-field grain-tilled crop rotation. In the first rotation it was noted that the total amount of nutrients in plow layer of soil was similar under intensive, minimal, surface tillage and tillage of plowing at a different depth. Under the intensive tillage system and tillage system of plowing at a different depth the nutrients were spreading more evenly along the plow layer than under the shallow tillage. In the latter case, a higher content of nutrients was observed in the upper layers. After 20 years, the humus content in the plow layer of soil decreased significantly in all variants of the experiment. Under the prolonged usage of surface tillage the losses were by 1.5 times less than under the intensive tillage. After 40 years (1970–2011), the change of humus content in the 0–20 cm layer in comparison with the value at the experiment's beginning ranged slightly in all variants – from 0.51 to 0.57 %, while during the first 20 years (1970–1990) a more contrast discrepancy was noted – from 0.58 to 0.81 %, i.e. the deceleration of dehumification process. With the annual moldboard plowing by the end of the fourth crop rotation the humus content for the past 20 years has increased by 0.17 % and made up 3.24 %, and under disk husking decreased by 0.08 % and made up 3.26 %.

**Ключевые слова:** питательный режим почвы, гумус, потери гумуса, основная обработка почвы, стационарный опыт, севооборот, масличные культуры

631.5:631.153.3

Питательный режим – один из важнейших показателей эффективного плодородия почвы. Культивируемые сельскохозяйственные виды растений неодинаково влияют на свойства почвы, особенно на содержание и трансформацию биогенных элементов.

По мнению О.В. Енкиной и В.Ф. Коробского (1999), особое внимание отво-

дится роли обработок почвы в ее потенциальном плодородии. Обработки почвы, изменяя биологическую активность, физико-химические свойства, водно-воздушный режим – являются важным фактором, регулирующим не только эффективное, но и потенциальное плодородие почвы.

В.А. Павленко и др. (1989) считают, что длительное сельскохозяйственное использование почвы приводит к уменьшению общего азота, а внесение только минеральных удобрений, хотя несколько и тормозит этот процесс, но является недостаточным для поддержания бездефицитного баланса общего азота в черноземе выщелоченном Кубани.

Н.М. Тишков отмечает, что за 50 лет – с 1939 по 1989 г. – в пахотном слое чернозема выщелоченного экспериментальной базы ВНИИМК содержание гумуса уменьшилось с 5,40 до 3,42 %, а ежегодная убыль составляет 0,04 %, или 1,12 т на 1 га [1].

Различные приемы обработки почвы по-разному влияют на гумусированность почвы. Считается, что вспашка способствует минерализации гумуса, а безотвальные и поверхностные обработки – стабилизации его содержания. А.Я. Ачканов и др. (2006) на основании многолетних исследований динамики содержания гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах деградированного староорошаемого чернозема в стационарном опыте отмечают, что при вспашке, как и ожидалось, отмечается потеря гумуса. Здесь как в начале первой ротации, так и второй, в пахотном слое наблюдалось снижение органического вещества. При безотвальной обработке, напротив, отмечена его прибавка в пахотном слое, что связано с концентрированием пожнивных остатков в верхнем слое, а при поверхностной обработке баланс близок к нулю.

В КубГАУ при проведении мониторинга содержания гумуса на опытном поле на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом было установлено, что рекомен-

дуемая для данной зоны обработка почвы (сочетание отвальной и безотвальной обработок), по сравнению с безотвальной почвозащитной (ежегодная обработка плоскорезом) и ежегодной отвальной вспашкой, имела явное преимущество, т.к. здесь отмечался рост содержания гумуса, который в динамике составил 0,39 % в пахотном и 0,47 % в подпахотном горизонте [1].

Н.Г. Малюга и др. (2006) отмечают, что по мере ротации культур в звене севооборота кукуруза на зерно – озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница наблюдалось снижение содержания гумуса в пахотном слое почвы по вариантам обработки почвы на 0,09–0,12 %. Так, если при возделывании культур в изучаемом звене севооборота по технологиям с применением безотвальной обработки почвы, содержание общего гумуса в среднем составляло 3,39 %, то на рекомендуемой или отвальной обработках, гумуса терялось на 0,04–0,09 % больше, с содержанием его соответственно 3,35 и 3,30 % ( $HCP_{05}=0,08$  %).

И.Л. Макаров и Н.И. Картамышев (1998) констатируют, что содержание органического вещества почвы имеет тенденцию стабилизироваться на определенном уровне для каждой применяемой системы обработки почвы. Так, вспашка отвальным плугом приводит к более высокой температуре почвы и способствует окислению органического вещества и распределению его по всему пахотному слою. При бесплужной обработке через несколько лет обычно происходит накопление органического вещества в верхнем слое толщиной несколько сантиметров [18].

Наиболее благоприятные условия для гумификации органического вещества, по мнению И.П. Здравкова и М.А. Бэца (1980), Я.Н. Мухортова (1977), создаются при периодическом чередовании мелкой и глубокой обработок [15; 25]. При этом достигается равномерное распределение растительных остатков по всей толще пахотного слоя.

Н.Ф. Бенедичук и др. (1984) показали, что на черноземе обыкновенном с содержанием гумуса в слое 0–30 см 4,2 % система основной обработки почвы оказывает определенное влияние на распределение питательных веществ: на азотный режим она больше влияет в начале ротации севооборота, фосфорный – в конце, а для улучшения режима питания растений в севообороте необходимо сочетать безотвальное (плоскорезное) рыхление со вспашкой.

В севообороте, как правило, усиливается влияние самих культур на почвенное плодородие. Так, В.В. Конончук и др. (2008) отмечают, что на дерново-подзолистой почве в зернотравяном севообороте высокое насыщение (67 %) бобовыми культурами способствовало созданию положительного среднегодового баланса азота в почве (11–26 кг/га) при доле участия симбиотического азота в балансе 70–75 % и обогащению им почвы на 24–30 кг/га в год. Дефицит фосфора и калия в балансе достигал 31–34 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га и 67–81 кг K<sub>2</sub>O/га, темпы уменьшения содержания подвижных форм этих элементов – 12–15 и 15–20 мг/кг в год.

А.П. Карабутов и Г.И. Уваров констатируют, что в условиях Центрального Черноземья при длительном (20 лет) применении минеральных и органических удобрений в зернопропашном севообороте на фоне отвальной, безотвальной и минимальной обработок почвы происходят определенные изменения чернозема типичного. На фоне минеральных удобрений и навоза минимальная обработка почвы способствует увеличению содержания подвижного фосфора на 13 % по отношению к вспашке, в то же время при вспашке на удобренном фоне содержание гумуса повышается по сравнению с минимальной обработкой почвы на 0,11 %, а минимальная обработка почвы при минеральной системе удобрения способствует повышению гидролитической кислотности почвы на 23 % по отношению к вспашке [16].

Исследования В.Б. Азарова и др. (2003) показывают, что систематическая минимализация основной обработки почвы под культуры специализированных севооборотов предотвращала вымывание нитратов за пределы метрового профиля почвы.

Длительные опыты, проведенные В.Д. Соловйченко и В.Н. Самыкиным (2006) в Белгородском НИИСХ в многофакторном опыте по исследованию изменения плодородия чернозема типичного в зависимости от уровня внесения минеральных и органических удобрений, способов основной обработки почв и типов севооборотов, свидетельствуют о том, что после третьей ротации севооборотов произошли определенные изменения уровня плодородия почвы. В зернотравяном севообороте в контроле наблюдается увеличение содержания гумуса при безотвальной и минимальных обработках до 0,18–0,19 %, против 0,10 % при вспашке. Потери обменного калия в сравнении с исходными значениями здесь были незначительными – при вспашке 1,1, а при минимальной обработке – 3,6 мг/кг.

В результате исследований Г.Г. Морковкина и др. (2013) на черноземе выщелоченном среднемощном малогумусном среднесуглинистом выявлено, что наибольшему накоплению нитратного азота и обменного калия способствовали плоскорезная обработка почвы и сочетание плоскорезной обработки с обработкой почвы дисковой бороной, а на фонах разных обработок почвы в большей степени проявляется мобилизация подвижного фосфора и обменного калия. Теснота связи между способами обработки и нитратным азотом и подвижным фосфором наиболее высокая на фоне последствий позднего осеннего щелчевания, что свидетельствует об активном воздействии этого приема на мобилизацию указанных форм элементов минерального с растений.

Существенное влияние на накопление подвижных питательных веществ в почве оказывает способ основной обра-

ботки почвы. По мнению Е.Г. Пивоваровой (2005), на черноземе выщелоченном наиболее тесная взаимосвязь отмечается для нитратной формы азота ( $K_{эфф} = 0,4301$ ), что вполне объяснимо, поскольку интенсивность нитрификационных процессов в основном определяется гидротермическими условиями почвы (влажность и аэрация). Глубина и способ обработки почвы существенно влияют на водный, температурный режимы и микробиологическую активность почвы. Максимальное содержание нитратного и аммонийного азота отмечается по варианту с безотвальной обработкой, а более низкий уровень минеральных форм азота при отвальной обработке обусловлен, по-видимому, миграцией нитратов за пределы пахотного слоя. Плоскорезная обработка способствует максимальной мобилизации подвижных форм фосфора и калия. При отвальной обработке, равно как и при безотвальной, содержание подвижных фосфатов и обменного калия снижается. Запахивание стерни ранней осенью при отвальной и безотвальной (до 50 %) обработках способствует активизации микробиологических процессов и иммобилизации (биологической фиксации) подвижных питательных веществ почвы. В дальнейшем данный резерв питательных элементов становится доступным для растений, но в осенний период и ранней весной уровень подвижных фосфатов и калия может существенно снижаться. При плоскорезной обработке микробиологическая активность ниже, в почву запахивается не более 20 % стерни, а водно-воздушные условия менее благоприятны для развития микробной биомассы, поэтому содержание подвижных форм фосфора и калия сохраняется на высоком уровне.

В то же время В.Т. Мальцев и Е.Н. Дьяченко (2011) отмечают, что в условиях Прибайкалья в плодосменном севообороте в зависимости от способов основной обработки почвы (ежегодная

вспашка под все культуры - контроль; безотвальная под кукурузу и ячмень, запашка клевера под пшеницу; поверхностная обработка под кукурузу и ячмень, запашка клевера под пшеницу) достоверных различий в содержании подвижного азота в пахотном слое серой лесной тяжелосуглинистой почве в зависимости от способов основной обработки не установлено.

Пропашные культуры в большей степени, чем зерновые, снижают содержание гумуса. Под воздействием многократной обработки почвы усиливается аэрация, создаются условия для быстрого разрушения гумуса, ежегодная минерализация которого может достигать 3,0 % от его наличия [11].

Таким образом, интенсивное использование почв приводит к снижению их естественного плодородия и, прежде всего, его основы – гумуса. Проблема сохранения и повышения плодородия почв в сельскохозяйственном производстве, по-прежнему остается одной из актуальных. Процессы деградации почв и, в частности, их дегумификации усиливаются не только от неприменения органических удобрений, но и при неправильно выбранных системах, способах и приемах обработки почвы. Оценка влияния воздействия почвообрабатывающей техники на элементы агрохимического фактора плодородия возможна лишь в длительных исследованиях. Проведение комплексных исследований по оценке состояния, направленности и изменения почвенного плодородия и разработки научных основ управления его уровнем при учете агроэкологических аспектов в условиях Западного Предкавказья являются актуальными и имеют научное и практическое значение. В связи с этим, целью нашей работы являлось изучение влияния различных систем основной обработки почвы в специализированном зернопропашном севообороте с масличными культурами на изменение почвенного плодородия и агрохимических свойств чернозема выщелоченного.

**Материалы и методы.** В работе приводятся результаты исследований, проведенных в длительном стационарном полевом опыте ВНИИМК на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном тяжелосуглинистом в период с 1971 по 2011 гг.

Перед закладкой опыта содержание гумуса в пахотном слое колебалось от 3,8 до 4,6 %, гидролизуемого азота – от 3,6 до 3,9, подвижного фосфора (по Чирикову) – от 15 до 41, обменного калия (по Масловой) – от 23 до 38 мг/100 г почвы, рН (водной) от 7,0 до 7,2 [28; 31].

В период, предшествующий закладке опытов, на участках в течение 4-х лет почву под озимые обрабатывали на 8–10 см, под пропашные – на 20–22 см. Схема опыта с 1971 по 2004 гг. включала пять вариантов основной обработки почвы: 1) отвальная вспашка на глубину 30–32 см под пропашные культуры и 20–22 см под озимую пшеницу (интенсивная обработка); 2) отвальная вспашка на 20–22 см под пропашные культуры и лущение дисковыми боронами на глубину 8–10 см под озимую пшеницу (разноглубинная обработка); 3) обработка почвы корпусным лущильником на глубину 12–14 см под пропашные культуры и дисковая обработка на 8–10 см под озимую пшеницу (минимальная обработка); 4) то же, но без внесения гербицидов (минимальная обработка без гербицидов); 5) дисковое лущение на 8–10 см под все культуры (поверхностная обработка).

Культуры в севообороте чередовались в следующей последовательности: подсолнечник – озимая пшеница – клещевица – озимая пшеница – сахарная свекла – озимая пшеница – соя – озимая пшеница – многолетние травы 2 года – озимая пшеница (опыт был заложен и проведен в первой ротации П.Н. Ярославской). Во второй и последующих ротациях севооборота сократили поля сахарной свеклы и многолетних трав. Кукуруза на силос была добавлена во второй ротации, а в третьей и четвертой – исключена. В четвертой ротации в севооборот были включены рапс озимый и яровой. Изучение проводили при четырехкратной повтор-

ности культур во времени в первой ротации и трехкратной – в последующих ротациях, и четырехкратной повторности в пространстве при систематическом размещении делянок. Площадь делянок 40 м × 16,8 м (672 м<sup>2</sup>), четвертый вариант – 40 м × 8,4 м (336 м<sup>2</sup>). Минеральные удобрения вносили под масличные культуры и кукурузу из расчета N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>, под сахарную свеклу N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, под озимую пшеницу N<sub>100</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> [5; 6; 8; 21–23; 31].

С 2005 г. нами была проведена корректировка схемы опыта. В 2005–2007 гг. изучались следующие способы основной обработки почвы под сою в севообороте: 1) отвальная вспашка на 20–22 см; 2) глубокое безотвальное рыхление на 25–27 см; 3) лущение дискатором на 10–12 см (мелкая безотвальная обработка); 4) лемешная обработка на 12–14 см (мелкая отвальная обработка); 5) дисковое лущение на 6–8 см (поверхностная обработка). Основная обработка почвы под рапс озимый в 2007–2009 гг. состояла из 2-кратного лущения стерни на глубину 6–8 см вслед за уборкой предшественника и далее вспашки с последующим дискованием или дискования, согласно схеме опыта. Основная обработка почвы под рапс яровой в 2009–2011 гг. состояла из 2-кратного лущения стерни на глубину 6–8 см вслед за уборкой предшественника и далее вспашки или дискования согласно схеме опыта. Под озимую пшеницу применяли дисковую обработку (на глубину 6–8 см) во всех вариантах опыта.

Закладка и проведение опытов, отбор почвенных образцов, анализы и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам. Почвенные образцы для агрохимического анализа отбирали в трех повторностях полевого опыта в двух местах каждой делянки. Образцы почвы для определения содержания гумуса отбирали из слоев 0–10, 10–20 и 20–30 см в четырех местах каждой делянки на первом и третьем повторениях. В 2011 г. химический анализ почвы проводился в ФГУ ЦАС «Краснодарский» по следующим методикам: содержание гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – по методу Мачи-

гина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), нитратный азот – по ГОСТ 27395-87 и аммиачный азот – по ГОСТ 26489-85.

**Результаты и обсуждение.** Исследованиями О.В. Енкиной и В.Ф. Коробского (1999) было установлено, что действие основной обработки почвы на ее биологическую активность выражается в том, что вспашка создаёт благоприятные условия для активной минерализационной деятельности почвенной микрофлоры во всем обрабатываемом слое. Поверхностные обработки – лемешные и дисковые повышают интенсивность микробиологических процессов в верхнем слое почвы (0–10 см) и угнетают в нижнем (20–30 см). Разноглубинная обработка занимает промежуточное положение. Создающаяся при различных системах обработки биологическая разнокачественность почвенных слоев объясняется различным распределением в них пожнивных и корневых остатков, а также режимами аэрации и влажности.

По мере продолжения ротации севооборота биологическая разнокачественность почвенных слоев возрастает, что приводит к изменениям в пищевом режиме и содержании гумуса в них. Наиболее четкая картина влияния различных систем основной обработки почвы на ее пищевой режим наблюдается на пропашных культурах. В посевах озимой пшеницы различия между вариантами опыта по содержанию питательных веществ нивелируются применением весной азотных подкормок [13].

Наблюдения первых лет исследований после закладки стационарного опыта позволили выявить некоторые закономерности. Д.С. Васильев и др. (1976) отмечают, что на первой культуре севооборота (подсолнечник) в первой ротации среднее содержание доступных растениям питательных веществ в слое почвы 0–30 см было близким по всем вариантам ее основной обработки (табл. 1). Однако распределение их по профилю пахотного слоя более благоприятным было при ин-

тенсивной и разноглубинной обработках, чем при минимальной.

Таблица 1

**Содержание нитратного азота и подвижного фосфора в почве на посевах подсолнечника (мг на 1 кг сухой почвы)**

Д.С. Васильев и др., 1976 г.

Основная обработка почвы	Фаза 3–5 пар настоящих листьев				Фаза образования корзинки			
	слой почвы, см							
	0–10	10–20	20–30	0–30	0–10	10–20	20–30	0–30
NO <sub>3</sub> в среднем за 1971–1974 гг.								
Интенсивная	10,6	14,2	16,0	13,6	13,8	6,8	6,6	9,1
Разноглубинная	11,3	12,9	13,7	12,6	14,1	5,3	5,3	8,2
Минимальная	15,0	11,8	12,7	13,2	25,3	5,2	5,1	11,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в среднем за 1971–1973 гг.								
Интенсивная	206,2	199,8	194,1	200,0	229,1	227,8	230,5	229,1
Разноглубинная	201,3	208,4	186,8	198,8	215,6	216,8	204,6	212,3
Минимальная	211,7	210,5	191,7	204,6	223,1	198,3	195,6	205,6

Нитратного азота и подвижного фосфора в первых двух вариантах содержалось больше в слоях 10–20 и 20–30 см; по минимальной обработке они концентрировались в поверхностном, быстро пересыхаемом горизонте почвы. Отмеченное распределение питательных веществ заметно отразилось на использовании их культурными растениями (табл. 2).

Таблица 2

**Потребление питательных веществ подсолнечником, кг/га (в среднем за 1971–1974 гг.)**

Д.С. Васильев и др., 1976 г.

Основная обработка почвы	Фаза 3–5 пар настоящих листьев			Фаза созревания (вегетативная масса)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Интенсивная	1,44	0,30	2,07	34,8	13,2	216,8
Разноглубинная	1,57	0,30	2,13	35,0	12,8	190,3
Минимальная	1,21	0,24	1,67	31,9	13,7	192,0

Д.С. Васильевым и др. (1976) были установлены близкий питательный режим под клещевинной (1973–1976 гг.) различно обработанной почвы (табл. 3), а также тенденция к некоторому увеличению среднего содержания доступных питательных веществ в слое 0–30 см при минимальной системе обработки почвы, хотя потребление элементов питания ею по всем вариантам основной обработки почвы было близким (табл. 4). Несколько

большее содержание питательных веществ в вариантах с минимальной обработкой почвы в сравнении с интенсивной и разноглубинной при одинаковом потреблении их культурными растениями, с точки зрения В.А. Францесона (1956), можно объяснить следующим. При длительной (в данном случае в течение 4 лет) замене вспашки мелкими рыхлениями в почве формируются агрегаты высокой плотности, в тончайших порах которых блокируется гумус и другие соединения, содержащие питательные вещества.

Таблица 3

**Содержание доступных питательных веществ в почве (мг/кг) под клещевинной при различных системах основной обработки (в среднем за 1973–1976 гг.)**

Д.С. Васильев и др., 1976 г.

Основная обработка почвы	Фаза 3–5 пар настоящих листьев				Фаза образования центральной кисти			
	слой почвы, см							
	0–10	10–20	20–30	0–30	0–10	10–20	20–30	0–30
NO <sub>3</sub>								
Интенсивная	21,7	22,3	28,8	24,3	29,2	14,0	15,3	19,5
Разноглубинная	23,0	21,6	25,7	23,4	28,3	12,9	16,2	19,1
Минимальная	27,7	25,7	28,8	27,4	30,6	17,0	19,6	22,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								
Интенсивная	196,9	198,2	201,2	198,8	215,5	215,4	206,1	212,3
Разноглубинная	199,2	196,5	180,4	192,0	208,1	219,0	213,5	213,5
Минимальная	207,7	213,0	189,0	203,5	223,0	222,3	214,2	219,8

Таблица 4

**Потребление растениями клещевинной питательных веществ из почвы (кг/га) при различных системах ее основной обработки (в среднем за 1973–1976 гг.)**

Д.С. Васильев и др., 1976 г.

Время определения	Элемент питания	Система обработки почвы		
		интенсивная	разноглубинная	минимальная
Фаза 4–5 пар настоящих листьев	NO <sub>3</sub>	4,50	5,19	5,55
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,88	1,01	1,03
	K <sub>2</sub> O	3,92	4,12	4,15
Фаза образования центральной кисти	NO <sub>3</sub>	16,24	18,85	21,35
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,14	5,32	6,41
	K <sub>2</sub> O	13,75	14,71	14,52
Созревание вегетативной массы	NO <sub>3</sub>	58,48	59,80	53,12
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19,25	19,23	17,58
	K <sub>2</sub> O	116,38	105,21	91,27
Созревание семян	NO <sub>3</sub>	41,18	44,31	42,54
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15,52	16,16	15,37
	K <sub>2</sub> O	7,20	7,20	6,63

Установлено, что культурные растения, подсолнечник и клещевина, потреб-

ляли одинаковое количество питательных веществ из почвы независимо от глубины основной обработки почвы.

Выявлено, что при интенсивной обработке большее количество питательных веществ находится в более глубоких слоях, при разноглубинной и минимальной обработках доступные растениям питательные вещества концентрируются в верхней части пахотного горизонта. Среднее содержание питательных веществ в пахотном слое имеет тенденцию к увеличению при минимальной системе обработки почвы в севообороте.

О.В. Енкина и П.Н. Ярославская (1977) отмечают, что количество доступных растениям питательных веществ в слое почвы 0–30 см было близким по всем вариантам опыта. Отмечалась лишь тенденция к некоторому их увеличению при минимальной обработке, хотя растения потребляли одинаковое количество питательных веществ из почвы независимо от глубины ее основной обработки. Определение содержания гумуса под озимой пшеницей, высеваемой после клещевинной и сахарной свеклы, показало, что минимальная обработка способствует лучшему его сохранению в почве, чем ежегодная вспашка (табл. 5) [12].

Таблица 5

**Влияние различных способов основной обработки почвы на содержание в ней гумуса в посевах озимой пшеницы**

О.В. Енкина, П.Н. Ярославская, 1977 г.

Обработка почвы	Слой почвы, см	Озимая пшеница по клещевине, 1975 г.		Озимая пшеница по сахарной свекле, 1976 г.	
		гумус, %	достоверность различий (t) между горизонтами по отношению к интенсивной обработке	гумус, %	достоверность различий (t) между горизонтами по отношению к интенсивной обработке
Интенсивная	0–10	3,33	-	3,36	-
	10–20	3,44	-	3,31	-
	20–30	3,34	-	3,21	-
Разноглубинная	0–10	3,48	7,03	3,31	3,06
	10–20	3,36	2,46	3,38	6,32
	20–30	3,39	4,01	3,36	2,59
Минимальная	0–10	3,60	18,56	3,41	3,06
	10–20	3,60	8,11	3,31	0,00
	20–30	3,60	20,85	3,26	3,87

t табл. 0,95 = 2,13

Исследованиями установлено, что содержание гумуса в пахотном слое в посевах озимой пшеницы на 4-й и 6-й годы после начала опыта имело тенденцию к увеличению при минимальной системе обработки почвы в севообороте. Таким образом, было выявлено, что в первой ротации при отвальной вспашке на глубину 30–32 см, 20–22 см и 12–14 см, а также при поверхностной обработке дисковыми орудиями в слое почвы 0–30 см содержалось примерно одинаковое количество доступных форм азота и фосфора на всех фазах развития подсолнечника. Однако распределение их по глубине было разным. Если при вспашке доступные растениям питательные вещества распределялись, как правило, равномерно по всему 30-сантиметровому слою, то при поверхностной обработке дисковыми орудиями активная мобилизация питательных веществ происходила в основном в слое 0–10 см, с глубиной же она уменьшалась. Этим объясняется более мощный рост растений в вариантах с отвальной обработкой. Но на урожае семян в опыте на полях чистых от многолетних сорняков, где основная масса однолетников уничтожалась с помощью высокоэффективного гербицида трефлан, это существенно не отразилось [32].

Исследованиями П.Н. Ярославской и В.Н. Бородина (1984) было установлено, что в первой ротации применение минимальной основной обработки почвы в севообороте не приводило к ухудшению водного и пищевого ее режимов в сравнении с обычной при условии применения гербицидов. Наибольшие различия между вариантами обработки почвы отмечались по засоренности посевов. Выявлено, что при минимальной обработке без применения гербицидов засоренность посевов всех пропашных культур была в 5–14 раз больше, чем при использовании гербицидов. Наибольшее отрицательное влияние засоренности на пищевой режим почвы проявлялось на посевах сои и сахарной свеклы, которые слабее конкурируют с сорняками (табл. 7) [31].

Различные системы основной обработки почвы в севообороте оказывали не-

одинаковое влияние на ее пищевой режим при возделывании сахарной свеклы (1975–1977 гг.). Общее содержание нитратного азота в слое 0–30 см в вариантах с минимальной и поверхностной обработкой было весной на 25–47 %, а летом в два раза больше, чем при разноглубинной и интенсивной системах. Чередование различных глубин и способов обработки в севообороте способствовало более равномерному распределению  $\text{NO}_3$  по профилю пахотного слоя. При минимальной и поверхностной системах наибольшее количество нитратов содержалось в верхнем слое почвы (0–10 см), заметно снижаясь с глубиной. Аналогичная, но менее четкая зависимость между системами обработки почвы отмечалась и по содержанию подвижного фосфора (табл. 6) [10; 13].

Таблица 6

*Содержание доступных форм азота и фосфора в почве под сахарной свеклой (мг на 1 кг абсолютно сухой почвы, в среднем за 1975–1977 гг.)*

Д. С. Васильев и др., 1978 г.

Система обработки почвы	Слой почвы, см	В фазе 2–3 настоящих листьев			При смыкании рядов		
		N- $\text{NO}_3$	N- $\text{NH}_3$	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N- $\text{NO}_3$	N- $\text{NH}_3$	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Интенсивная	0–10	19,2	42,2	217,7	8,8	25,4	218,0
	10–20	8,0	38,7	224,5	4,2	24,8	277,0
	20–30	11,4	45,1	239,7	4,1	28,7	235,7
	0–30	12,9	42,0	227,3	5,7	26,3	243,6
Разноглубинная	0–10	13,6	33,2	220,3	10,4	19,3	215,7
	10–20	9,3	42,2	231,8	5,7	22,6	230,3
	20–30	10,8	38,9	208,7	4,6	19,9	231,2
	0–30	11,2	38,1	220,3	6,9	20,8	225,7
Минимальная	0–10	21,0	40,6	237,2	20,1	21,7	237,8
	10–20	14,7	45,9	243,5	9,6	24,9	235,8
	20–30	12,6	38,0	211,0	5,4	18,1	240,5
	0–30	16,1	41,5	230,6	11,7	21,6	238,0
Поверхностная	0–10	23,9	54,4	294,3	22,0	23,8	288,5
	10–20	13,6	57,9	206,0	5,9	24,9	237,7
	20–30	12,1	41,2	188,5	5,1	20,2	228,3
	0–30	16,5	51,2	229,8	11,0	23,0	251,5

Отмеченные различия в содержании питательных веществ обусловлены микробиологической разнокачественностью почвенных горизонтов с распределением свежего органического вещества [12]. Содержание аммиака в почве весьма динамично и зависит от энергии его использования микроорганизмами и растениями. По-видимому это и являлось причиной отсутствия четкой закономерности между

изучаемыми вариантами обработки почвы [10]. Характерно, что при обычной обработке почвы в севообороте, при которой различные по глубине вспашки чередовались через год с дисковым лущением, питательные вещества распределялись более равномерно по профилю пахотного слоя; при минимальной – большее их количество содержалось в верхнем слое (0–10 см) [31].

Соя высевалась восьмой культурой в севообороте (1977–1980 гг.). При сложившихся в эти годы неодинаковых погодных условиях микробиологическая разнокачественность горизонтов пахотного слоя, обусловленная системами основной обработки почвы, проявлялась очень рельефно и накладывала отпечаток на обеспеченность почвы питательными веществами. Так, в среднем за четыре года содержание N-NO<sub>3</sub> при интенсивной обработке составляло в слое 0–10 см – 18,3, а при минимальной – 29,3 мг/кг; на глубине 20–30 см – 23,1 и 13,6 мг/кг. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> соответственно было при интенсивной обработке 278,3 и 247,3, при поверхностной – 316,3 и 235,5 мг/кг почвы. Следовательно, повышение биологической активности отдельных слоев почвы под влиянием ее различных обработок положительно сказывалось на мобилизации доступных форм питательных веществ. Такая закономерность наблюдалась при вспашках в нижнем слое почвы (20–30 см), а при мелких обработках – в верхнем слое (0–10 см) в периоды с достаточным количеством осадков. Во всем слое (0–30 см) содержание элементов минерального питания, как правило, оказывалось выше при поверхностных обработках, чем при вспашках [13].

Следовательно, общее содержание нитратного азота в слое 0–30 см, как правило, было при системах минимальной и поверхностной обработок выше, чем при интенсивной. Чередование по годам глубоких и мелких обработок в севообороте способствовало более равномерному распределению питательных веществ по всему профилю пахотного слоя. При длительном применении минимальной и поверхностной обработок почвы наиболь-

шее количество питательных веществ сосредотачивалось в верхнем слое (0–10 см), заметно снижаясь с глубиной (табл. 7) [9].

Таблица 7

*Содержание питательных веществ в почве под соей (мг на 1 кг абсолютно сухой почвы, в среднем за 1977–1980 гг.)*

Д.С. Васильев и др., 1981 г.

Система обработки почвы	Слой почвы, см	В фазе 3–5 настоящих листьев			В фазе образования бобов		
		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Интенсивная	0–10	20,1	22,0	239,9	24,8	16,8	278,3
	10–20	16,3	21,7	246,0	8,0	19,3	253,2
	20–30	16,2	17,0	223,8	11,8	23,1	247,3
Разноглубинная	0–10	35,9	28,7	235,0	25,8	27,3	258,2
	10–20	20,7	30,8	228,1	8,3	19,2	281,3
	20–30	16,3	19,2	220,4	9,4	18,0	245,1
Минимальная	0–10	28,7	21,4	282,1	30,9	21,1	267,3
	10–20	14,7	21,6	265,9	11,4	22,5	257,3
	20–30	14,0	17,3	240,6	5,3	21,2	223,8
Минимальная, без гербицидов	0–10	32,1	21,1	296,5	16,9	22,3	314,6
	10–20	15,7	18,7	244,4	7,1	19,9	290,0
	20–30	10,4	16,6	216,5	4,4	17,6	245,4
Поверхностная	0–10	34,3	21,3	313,5	29,5	27,5	316,3
	10–20	10,8	18,6	238,2	9,4	20,2	263,0
	20–30	12,4	27,0	229,8	11,6	15,3	235,3

Отмеченная закономерность в распределении элементов питания связана с биологической разнокачественностью почвенных слоев при различных системах основной обработки почвы. Характерно, что при благоприятном сочетании метеорологических факторов в период вегетации сои мобилизация доступных форм питательных веществ в пахотном слое проходила более активно и различия между вариантами обработки сглаживались: при значительном недоборе осадков или их обильном выпадении и пониженном температурном режиме микробиологическая разнокачественность почвенных слоев, обусловленная различными системами обработки, проявлялась рельефнее и способствовала некоторому влиянию на содержание элементов питания. Отмеченные различия в распределении питательных веществ в пахотном слое, обусловленные обработкой почвы, как правило, не оказывали отрицательного влияния на потребление их растениями сои. В вариантах с минимальной обработкой в первую половину вегетации соя потребляла азота на 5–49, фосфора – на 16–35 % больше, чем в варианте с ежегодной вспашкой [9; 33].

Различные системы основной обработки заметнее сказывались на пищевом режиме. Общее содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см в начале и середине вегетации сои при минимальной обработке было на 4–5, фосфора на 26–35 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы больше, чем при интенсивной и разноглубинной. Но в последних случаях питательные вещества распределялись более равномерно по всему профилю пахотного слоя. При длительном применении мелких обработок почвы в севообороте наибольшее количество питательных веществ сосредотачивалось в верхнем горизонте (0–10 см), заметно снижаясь с глубиной.

Потребление растениями сои основных элементов питания из почвы зависело не столько от глубины основной ее обработки, сколько от степени засоренности посева. Так, в фазе цветения вынос питательных веществ растениями сои в среднем за три года при обычной и минимальной обработках почвы соответственно составил (кг/га): с применением гербицидов – азота 49 и 55, фосфора – 13,4 и 14,5. При минимальной обработке почвы без гербицидов, где засоренность посевов была значительной, соя выносила из почвы азота 35, фосфора 8,2 кг/га. В фазе физиологической спелости вынос соей азота из почвы составлял: при обычной и минимальной обработках почвы с использованием гербицидов около 150 кг/га, а в вариантах с минимальной обработкой без гербицидов – 96 кг/га [31].

Проведенные во ВНИИМК опыты, показали, что различные системы основной обработки почвы в первой ротации уже через 5–7 лет привели к четкой дифференциации почвенных слоев по их потенциальному плодородию. Так, интенсивная обработка в результате регулярного глубокого рыхления почвы, усиливая процессы минерализации, приводила к более быстрому разрушению гумуса по всему почвенному профилю. Ежегодные мелкие рыхления без вспашки сопровождалась уплотнением нижних слоев почвы, затуханием биохимической активности микроорганизмов, что замедляло темпы

разложения в них гумуса. В верхнем горизонте почвы при мелких обработках содержание гумуса было на 0,12–0,18 % выше, чем при вспашках, что объясняется распределением в нем основной массы растительных остатков и оптимальным уровнем биологической активности почвы. Следовательно, мелкие рыхления обеспечивали более благоприятное соотношение процессов минерализации и гумификации органических веществ в почве, чем вспашки. Разноглубинная обработка занимала промежуточное положение. Верхний ее горизонт по количеству гумуса приближался к интенсивной обработке, а нижний – к поверхностным. Таким образом, основное различие в содержании гумуса при изучаемых системах обработки заключается в том, что ежегодные вспашки приводили к уменьшению его содержания не только в верхнем, но и в нижних слоях почвы по сравнению с поверхностными обработками (табл. 8) [13].

Таблица 8

**Влияние обработок почвы на содержание гумуса (%) в первой ротации севооборота (1975–1980 гг.)**

О.В. Енкина, В.Ф. Коробской, 1999 г.

Слой почвы, см	Обработка почвы				Разница между поверхностной и интенсивной
	интенсивная	разноглубинная	минимальная	поверхностная	
0–10	3,72	3,72	3,84	3,88	+0,16
10–20	3,64	3,69	3,64	3,65	+0,01
20–30	3,47	3,57	3,52	3,55	+0,08
0–30	3,60	3,66	3,67	3,69	+0,09

О.В. Енкина и В.Ф. Коробской (1999) отмечают, что во времени изменение содержания гумуса подчинялось общей закономерности для всех обработок почвы – снижение его по мере продолжения ротации севооборота. Так, на 8-й год проведения опыта в посеве озимой пшеницы содержание гумуса в слое 0–30 см в разных вариантах опыта было на 0,04–0,11 % ниже, чем на 5-й год севооборота в посеве сахарной свеклы. Поскольку описанные выше изменения в количестве гумуса произошли за сравнительно короткий промежуток времени (5–8 лет), можно

предположить, что они являлись результатом трансформации молодых лабильных фракций гумуса, а также различных промежуточных продуктов минерализации свежих растительных остатков.

Во второй ротации севооборота разложение гумуса проходило более быстрыми темпами. Так, за 20 лет (1970–1990 гг.) потери гумуса из слоя 0–20 см по сравнению с его содержанием при закладке опыта колебались по вариантам опыта от 0,51 до 0,79 %, т.е. ни одна из применяемых обработок почвы не обеспечивала сохранение исходного уровня гумуса (табл. 9) [13].

Таблица 9

**Влияние 20-летнего применения различных систем обработки почвы на содержание гумуса (%)**

О.В. Енкина, В.Ф. Коробской, 1999 г.

Год определения	Обработка почвы	0–10 см			10–20 см			20–30 см		
		озимая пшеница	кукуруза	среднее	озимая пшеница	кукуруза	среднее	озимая пшеница	кукуруза	среднее
При закладке опыта, 1970 г.		3,91			3,81			3,86		
Через 20 лет, 1990 г.	Интенсивная	3,10	3,07	3,08	3,06	3,03	3,05	3,08	3,05	3,07
	Разноглубинная (контроль)	3,09	3,12	3,10	3,12	3,10	3,11	3,11	3,12	3,11
	Минимальная	3,16	3,26	3,21	3,21	3,15	3,18	3,19	3,21	3,20
	Поверхностная	3,54	3,42	3,48	3,28	3,13	3,20	3,41	3,30	3,35
НСР <sub>05</sub>		0,08			0,10			0,07		

Наиболее медленно гумус разлагается при минимальной и особенно поверхностной обработках в слое 0–10 см, где сосредотачивалась основная масса растительных остатков. Поэтому многочисленная микрофлора этого слоя источниками питания и энергии была обеспечена значительно лучше, что снизило темпы деструкции гумуса. За 20 лет из слоя 0–10 см потери гумуса при интенсивной обработке достигали 20,5 т/га, а при поверхностной значительно сократились, составив – 10,5 т/га [13]. Аналогичная тенденция отмечена Есаулко А.Н. и др. (2009): безотвальные способы обработки почвы существенно замедляли потери гумуса в пахотном слое, способствовали его межгоризонтной дифференциации.

Д.С. Васильев и др. (1991) отмечают, что при ежегодной вспашке содержание гумуса в пахотном слое снижается, особенно когда в почву не вносят органические удобрения. Так, в стационарном опыте в течение 20 лет органические удобрения не применяли, а вспашка (на 30–32 и 20–22 см), как и мелкие обработки на 12–14 и 8–10 см, чередовалась через год с поверхностной обработкой почвы на 8–10 см. За две ротации севооборота произошли существенные изменения в содержании гумуса в слое 0–10 см (табл. 10) [8].

Таблица 10

**Содержание гумуса в почве (%) при различной обработке в севообороте за 2 ротации (среднее из 12 повторений)**

Д.С. Васильев и др., 1991 г.

Основная обработка почвы под пропашные культуры	Слой почвы, см (%)		
	0–10	10–20	0–20
Интенсивная	3,09	3,06	3,08
Разноглубинная (контроль)	3,10	3,11	3,11
Минимальная	3,18	3,18	3,18
Минимальная, без гербицидов	3,25	3,21	3,23
Поверхностная	3,40	3,17	3,29
НСР <sub>05</sub>	0,09	0,13	0,12

Н.Г. Малюга и др. (2006) в стационарном опыте КубГАУ при возделывании культур по экологически допустимой технологии на фоне рекомендуемой основной обработки почвы, то есть с чередованием поверхностной под колосовые и отвальной под пропашные, отмечают потерю гумуса лишь 0,012 % в год, тогда как на вариантах этой технологии с безотвальной и ежегодной отвальной с последствием глубокого рыхления обработками, дегумификация почвы составляла 0,030 и 0,27 % в год, а при возделывании культур с применением ежегодной отвальной обработки почвы и интенсивной технологии способствовало наибольшим темпам разрушения гумуса. Ежегодно здесь терялось до 0,06 % органического вещества, что больше в 5 раз, чем при возделывании культур по экологически допустимой технологии на фоне рекомендуемой обработки почвы. Анало-

гичные данные были получены и в исследованиях ВНИИМК.

Результаты исследований показали, что вспашка в сравнении с поверхностной обработкой почвы обеспечивает получение более высоких урожаев масличных культур и следующей за ними озимой пшеницы, но ведет к существенному снижению содержания гумуса в пахотном слое. В условиях опыта это противоречие меньше проявилось при обработке почвы на глубину 12–14 см (вариант с минимальной обработкой почвы), где проблема засоренности снималась применением высокоэффективных гербицидов [8].

Через 40 лет после закладки опыта в 2011 г. нами был произведен агрохимический анализ почвы под озимой пшеницей и рапсом яровым (табл. 11).

Нами установлено, что под рапсом яровым при всех способах основной обработки почвы содержание подвижного фосфора было повышенным, а содержание обменного калия – средним. Наибольшее количество подвижного фосфора было отмечено в варианте с поверхностной обработкой почвы – 37,5 мг/кг, а калия в варианте с глубокой безотвальной обработкой – 265,0 мг/кг. Наибольшее содержание нитратного азота отмечено в варианте с поверхностной обработкой почвы (10,0 мг/кг), а аммиачного – в вариантах с вспашкой (13,4 мг/кг) и поверхностной обработкой почвы (10,2 мг/кг). Содержание гумуса в почве в изучаемых вариантах низкое, это характеризует почву как слабогумусной. Наименьшее содержание гумуса отмечено в вариантах с отвальной вспашкой и поверхностной обработкой – 3,13–3,17 %. Под озимой пшеницей наблюдались некоторые отличия. Наибольшее количество подвижного фосфора и обменного калия было отмечено в варианте с отвальной вспашкой почвы – 39,25 и 247,5 мг/кг соответственно, а нитратного азота отмечено – в варианте с мелкой отвальной обработкой почвы (3,30 мг/кг), аммиачного – в варианте с отвальной вспашкой (9,45 мг/кг). Наибольшее содержание гумуса в почве отмечено в вариантах с отвальной вспашкой и поверхностной обработкой – 3,34 %.

Таблица 11

**Агрохимические показатели почвенного плодородия в зависимости от систем основной обработки почвы (0–20 см)**

ВНИИМК, 2011 г.

Вариант*	Гумус, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N-NH <sub>3</sub> , мг/кг	Подвижный фосфор, мг/кг	Обменный калий, мг/кг
Яровой рапс (всходы)					
1	3,13	6,4	13,4	34,0	252,5
2	3,34	5,4	9,4	35,8	265,0
3	3,34	7,5	8,0	35,5	255,0
4	3,26	4,9	7,9	35,0	255,0
5	3,17	10,0	10,2	37,5	235,0
Озимая пшеница (весеннее возобновление вегетации)					
1	3,34	3,2	9,4	39,2	247,5
2	3,21	3,2	8,2	35,8	230,0
3	3,26	2,9	6,8	35,0	222,5
4	3,30	3,3	7,7	34,5	235,0
5	3,34	3,0	7,0	34,0	222,5

*Примечание:* \* система основной обработки почвы, глубина: 1 – Интенсивная (отвальная вспашка, 20–22 см), 2 – Разноглубинная (глубокая безотвальная, 24 см), 3 – Минимальная (мелкая безотвальная, 12–14 см), 4 – Минимальная (мелкая отвальная, 12–14 см), 5 – Поверхностная (дисковое лущение, 8–10 см)

В четвертой ротации севооборота отмечено снижение содержания нитратного и аммиачного азота в почве. Так, в 2011 г. содержание нитратного азота в слое 0–20 см по сравнению с его содержанием при закладке опыта (12,6 мг/кг) колебалось по вариантам опыта от 2,6 до 7,7 мг/кг. Аналогичная тенденция отмечена и по содержанию аммиачного азота (табл. 12).

Таблица 12

**Содержание N-NO<sub>3</sub> и N-NH<sub>3</sub> в почве (мг на 1 кг абсолютно сухой почвы) в севообороте (0–20 см)**

ВНИИМК, 2011 г.

Система обработки почвы	Первая ротация			Конец четвертой ротации* (2011 г.)	
	начало (1971–1974 г.)	конец (1977–1980 гг.)		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>
	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>		
Интенсивная	12,4	18,2	21,9	6,4	13,4
Разноглубинная	12,1	28,3	29,8	5,4	9,5
Минимальная	13,4	21,7	21,5	7,5	8,1
Минимальная, без гербицидов	-	23,9	19,9	4,9	7,9
Поверхностная	-	22,6	20,0	10,0	10,2

*Примечание:* \* – схема опыта изменена

К концу четвертой ротации севооборота содержание гумуса стабилизировалось.

Через 40 лет (1970–2011 гг.) изменение содержания гумуса в слое 0–20 см по сравнению с его количеством при закладке опыта колебались по вариантам от 0,51 до 0,57 %, в то время как в первые 20 лет (1970–1990 гг.) отмечалась более контрастная разница – от 0,58 до 0,81 % (табл. 13).

Таблица 13

**Динамика содержания гумуса в почве (%) в севообороте за 4 ротации в зависимости от способов основной обработки почвы**

ВНИИМК, 1970–2011 гг.

Год определения	Обработка почвы	0–20 см		
		озимая пшеница	кукуруза*/рапс яровой**	среднее
При закладке опыта, 1970 г.		3,86		
Через 20 лет, 1990 г.	Интенсивная	3,08	3,05*	3,07
	Разноглубинная	3,11	3,11*	3,11
	Минимальная	3,19	3,21*	3,20
	Поверхностная	3,41	3,28*	3,34
Через 40 лет***, 2011 г.	Интенсивная	3,35	3,13**	3,24
	Разноглубинная	3,21	3,34**	3,27
	Минимальная (безотвальная)	3,26	3,35**	3,30
	Минимальная (отвальная)	3,30	3,26**	3,28
	Поверхностная	3,35	3,17**	3,26

Примечание: \*\*\* – схема опыта изменена

Нами отмечено, что за последние 20 лет в вариантах с интенсивной и разноглубинной системами основной обработки почвы, как масличных культур, так и озимой пшеницы, хорошо отзывающейся на последствие таких обработок, отмечено сохранение и стабилизация содержания общего гумуса, по сравнению с предшествующим периодом. Такая дифференциация обусловлена различием в характере распределения пожнивных остатков и вносимых минеральных удобрений в пахотном слое, так как создаются различные условия для разложения органической массы. В аэробных условиях верхнего слоя почвы активизируется процесс ее гумификации, что и приводит к более высокому содержанию гумуса в верхнем слое. Последние научные данные свидетельствуют, что дифференциация пахотного слоя почвы на фоне постоянной минимальной обработки по содержанию доступных форм питательных веществ не относится к факторам, ограничивающим получение в этих условиях

стабильно высоких урожаев. Этот вывод подтверждается и экспериментальными данными, полученными в нашем стационаре.

**Заключение.** В результате 40-летнего применения различных систем основной обработки почвы в зернопропашном севообороте с масличными культурами произошло изменение содержания гумуса и агрохимических свойств пахотного слоя чернозема выщелоченного.

В первой ротации было отмечено, что общее содержание элементов питания в пахотном слое почвы при интенсивной, разноглубинной, минимальной и поверхностной обработках было близким. При системах разноглубинной и интенсивной обработок элементы питания распределялись более равномерно по профилю пахотного слоя, чем при мелких обработках. В последнем случае большее содержание питательных веществ отмечалось в верхних слоях.

Через 20 лет содержание гумуса в пахотном слое почвы значительно снизилось во всех вариантах опыта. При длительном применении поверхностной обработки почвы потери были в 1,5 раза меньше, чем при интенсивной обработке.

Через 40 лет (1970–2011 гг.) изменение содержания гумуса в слое 0–20 см в сравнении со значением при закладке опыта колебалось по вариантам опыта незначительно от 0,51 до 0,57 %, в то время как за первые 20 лет (1970–1990 гг.) отмечалась более контрастная разница – от 0,58 до 0,81 %, то есть отмечается торможение процесса дегумификации. При ежегодной отвальной вспашке к концу четвертой ротации севооборота содержание гумуса за последние 20 лет увеличилось на 0,17 % и составило 3,24 %, а по дисковому лушению уменьшилось на 0,08 %, составив соответственно 3,26 %.

Список литературы

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края / Под общ. ред. И.Т. Трубилина. – Краснодар, 2002. – 284 с.
2. Азаров В.Б., Завалин А.А., Акулов П.Г., Соловйченко В.Д., Азаров Б.Ф. Влияние типов севооборотов, способов основной обработки почвы и уровней удобрённости на содержание минераль-

ного азота в черноземе типичном // *Агрохимия*. – 2003. – № 3. – С. 5–17.

3. *Ачканов А.Я., Василько В.П., Югов А.В., Животовская Е.В.* Баланс гумуса на деградированном староорошаемом черноземе в зависимости от способа основной обработки и системы удобрения // *Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Труды КубГАУ*. – Краснодар, 2008. – Вып. 431 (459). – С. 202–204.

4. *Бенедичук Н.Ф., Рыбка В.С., Усенко Ю.И.* Минимализация обработки почвы // *Зерновое хозяйство*. – 1984. – № 5. – С. 33–35.

5. *Бушнев А.С.* Особенности обработки почвы под подсолнечник // *Земледелие*. – 2009. – № 8. – С. 13–15.

6. *Бушнев А.С.* Особенности обработки почвы под сою // *Земледелие*. – 2010. – № 3. – С. 21–23.

7. *Васильев Д.С., Лукашев А.И., Ярославская П.Н., Енкина О.В.* Биологическая активность и пищевой режим почвы при различных системах ее основной обработки в севообороте // *Отчет о законченной НИР*. – Краснодар, 1976. – 17 с.

8. *Васильев Д.С., Марин В.И., Токарева Л.И., Тишков Н.М.* Разноглубинная обработка почвы в севообороте // *Земледелие*. – 1991. – № 4. – С. 58–60.

9. *Васильев Д.С., Баранов В.Ф., Ярославская П.Н.* Система основной обработки почвы в звене севооборота: озимая пшеница – соя – озимая пшеница // *Отчет о законченной НИР*. – Краснодар, 1981. – 21 с.

10. *Васильев Д.С.* Система основной обработки почвы под сахарную свеклу и озимую пшеницу в севооборотах с масличными культурами // *Отчет о законченной НИР*. – Краснодар, 1978. – 21 с.

11. *Дрогалит П.В., Казанкова В.И., Тарасенко Н.Д.* Севооборот – урожай и качество. – Краснодар: Кн. изд-во, 1983. – 112 с.

12. *Енкина О.В., Ярославская П.Н.* Биологическая активность почвы при различных системах ее основной обработки в севообороте // *Основная обработка почвы и удобрения под масличные культуры (сборник научных работ)*. – Краснодар, 1977. – С. 60–66.

13. *Енкина О.В., Коробской Н.Ф.* Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани. – Краснодар, 1999. – С. 86–107.

14. *Есаулко А.Н., Гречишкина Е.И., Подколзин О.А.* Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрений в севообороте // *Проблемы агрохимии и экологии*, 2009. – № 1. – С. 3–7.

15. *Здравков И.П., Бэц М.А.* Динамика гумуса карбонатного чернозема в связи с системами основной обработки почвы в севообороте // *Плодородие и обработка почвы в севооборотах*. – Кишинев, 1980. – С. 89–95.

16. *Карабутов А.П., Уваров Г.И.* Изменение агрохимических показателей чернозема при длительном применении удобрений и обработок // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 7. – С. 25–28.

17. *Конончук В.В., Штырхунов В.Д., Тимошенко С.М., Лисеенко Е.Н.* Баланс элементов питания и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы за ротацию зерноотрава севооборота // *Агрохимия*. – 2008. – № 12. – С. 3–11.

18. *Макаров И.Л., Картамышев Н.И.* Пути совершенствования обработки почвы // *Земледелие*.

– 1998. – № 5. – С. 17–18.

19. *Мальцев В.Т., Дьяченко Е.Н.* Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на содержание подвижного азота в серой лесной почве и продуктивность севооборота // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 12. – С. 8–11.

20. *Малюга Н.Г., Терпелец В.И., Аветянц Л.Х. [и др.]* Влияние культур севооборота и агротехнологий на содержание и баланс гумуса в черноземе выщелоченном равнинного агроландшафта // *Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Труды КубГАУ*. – Краснодар, 2008. – Вып. 431 (459). – С. 44–48.

21. *Марин В.И., Токарева Л.И.* Основная обработка почвы под подсолнечник // *Технические культуры*. – 1988. – № 5. – С. 7–8.

22. *Марин В.И., Токарева Л.И., Панфилова О.В.* Способы и глубина основной обработки почвы в звене севооборота с соей // *Науч.-тех. бюл. ВНИИМК*. – 1991. – Вып. 3 (114). – С. 42–46.

23. *Марин В.И., Кондратьев В.И., Панфилова О.В., Емельяничкова В.В.* Минимализация основной обработки почвы в севообороте // *Науч.-тех. бюл. ВНИИМК*. – Краснодар, 2002. – Вып. 127. – С. 89–93.

24. *Морковкин Г.Г., Жандарова С.В., Аверьянова И.П.* Влияние способов основной обработки почвы и оптимизированных норм минеральных удобрений на мобилизацию подвижных элементов минерального питания растений и урожайность зерна яровой пшеницы // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2013. – № 7 (105). – С. 29–34.

25. *Мухортов Я.Н.* Влияние способов и глубины основной обработки почвы на процессы минерализации растительных остатков // *Тр. Воронеж СХИ*. – Воронеж, 1977. – Т. 91. – С. 62–70.

26. *Павленко В.А., Тишков Н.М., Енкина О.В.* Азотный режим почвы при длительном применении удобрений // *Науч.-тех. бюл. ВНИИМК*. – 1989. – Вып. 2 (105). – С. 19–24.

27. *Пивоварова Е.Г.* Влияние антропогенных воздействий на изменение содержания подвижных питательных веществ в почве // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2005. – № 2 (18). – С. 22–27.

28. *Семихненко П.Г., Ярославская П.Н.* Влияние основной обработки на структуру и сложение пахотного слоя выщелоченного чернозема // *Почвоведение*, 1977. – № 8. – С. 93–99.

29. *Соловчиненко В.Д., Самыкин В.Н.* Плодородие почвы и продуктивность выращиваемых культур при разных типах севооборотов, способах обработки почвы и уровнях удобрений // *Достижения науки и техники АПК*. – 2006. – № 8. – С. 21–23.

30. *Франценсон В.А.* Плодородие целинных и залежных земель и его изменение при систематической распашке // *Агробиология*. – 1956. – № 8. – С. 22–25.

31. *Ярославская П.Н., Бороздин В.Н.* Минимальная обработка почвы и гербициды // *Земледелие*. – 1984. – № 11. – С. 22–24.

32. *Ярославская П.Н., Ригер А.Н., Зорин Н.А.* Система обработки почвы под подсолнечник // *Зерновое хозяйство*. – 1977. – № 12. – С. 40.

33. *Ярославская П.Н., Ригер А.Н.* Основная обработка почвы // *Соя*. – М.: Колос, 1984. – С. 193–201.