А.И. ЖУКОВ П. Д. ПОПОВ

403. He 86 1098326

рациональное использование органических удобрений

РЕГУЛИРОВАНИЕ БАЛАНСА **TYMYCA** B NO4BE

# Рациональное использование органических удобрений

А.И.ЖУКОВ П.Д.ПОПОВ

# РЕГУЛИРОВАНИЕ БАЛАНСА ГУМУСА В ПОЧВЕ

ББК 41.4 Ж<del>38</del>-УДК 631.47

Рецензент К. В. Дьяконова

#### Производственное издание

# Александр Иванович Жуков Петр Дмитриевич Попов РЕГУЛИРОВАНИЕ БАЛАНСА ГУМУСА В ПОЧВЕ

Зав. редакцией Л.Л.Сам олю к Редактор О.В. Волкова Младший редактор А.С. Волкова Обложка художника С.В.Ленькова Художественный редактор И.Р.Обросков Технический редактор Т.Н. Каж дан Корректор Г.Д.Кузнецова

#### ИБ № 2586

Сдано в набор 27.11.87. Подписано в печать 17.03.88. Формат 84×108<sup>1</sup>/г». Бумага тип. № 2. Гарнитура журн.-рубл. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,1. Усл. кр.-отт. 2,31. Уч.-изд. л. 2,14. Тираж 30 600 экз. Заказ № 786. Изд. № 863. Цена 10 коп.

Росагропромиздат, 117218, г. Москва, ул. Кржижановского, д. 15, корп. 2.

ПО «Полиграфист», 509281, г. Калуга, пл. Ленина, 5.

ж <u>3802020000—132</u> м104(03)—88

ISBN 5-260-00226-1

© Росагропромиздат, 1988

Содержание в почве органического вещества, или гумуса,— важнейший показатель ее плодородия. Гумус влияет на тепловые, водные, воздушные свойства почвы, ее поглотительную способность и биологическую активность.

От запасов гумуса в почве зависит урожайность сельскохозяйственных культур. В необрабатываемых почвах содержание гумуса находится в равновесном состоянии, при распашке и использовании их это равновесие нарушается. В связи с этим возникает необходимость регулирования количества гумуса в почвах, создания условий для обеспечения его бездефицитного и положительного баланса. При этом важное значение приобретают рациональное применение органических и минеральных удобрений, выбор оптимальной системы обработки почвы и другие агротехнические приемы.

## СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПОЧВЕ, ЕГО СОСТАВ И СВОЙСТВА

Гумус — это сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков растительного и животного происхождения. Решающая роль в его накоплении принадлежит остаткам древесной, кустарниковой и травянистой растительности. Наибольшие запасы гумуса накапливаются при оптимальном количестве микроорганизмов в почве, что характерно для регионов с умеренным гидротермическим режимом.

На территории нашей страны распространены самые различные почвы. С севера на юг подзолистые и дерново-подзолистые почвы в лесной зоне сменяются

серыми лесными в лесостепной, черноземами и темнокаштановыми в степной, светло-каштановыми в сухостепной, бурыми и сероземами в полупустынной зоне, красноземами во влажных субтропиках. Все эти почвы различаются по своему генезису и свойствам, в том числе по содержанию и запасам гумуса. Наиболее гумусированы почвы черноземного типа, в верхних горизонтах которых содержится до 10—15% гумуса, а общие запасы его, например в типичных черноземах, достигают 700—800 т/га. На обрабатываемых видах этих почв 200—250 т/га гумуса сосредоточено в пахотном слое. Оподзоленные, обыкновенные и южные также содержат большое количество гумуса, хотя оно значительно меньше по сравнению с типичными мощными черноземами. Вниз по профилю чернозема содержание гумуса постепенно уменьшается, при этом общая мощность гумусового горизонта достигает 1 м и более.

Слабо гумусированы подзолистые и дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны. Содержание гумуса в верхних горизонтах этих почв составляет около 1-2%, на старопахотных супесчаных и песчаных почвах—часто ниже 1%. Общие запасы органического вещества при небольшой мощности гумусового горизонта составляют 50-80 т/га. Почти весь гумус дерново-подзолистых почв сосредоточен в верхнем горизонте, густо пронизанном корнями травянистых растений, который на обрабатываемых почвах обычно полностью вовлекается в пахотный слой. Ниже дернового горизонта содержание гумуса резко уменьшается, а на глубине 30-40 см он почти отсутствует.

Низкая гумусированность дерново-подзолистых почв обусловлена особенностями их формирования под пологом леса, слабым развитием травянистого покрова, небольшим поступлением в почву корневых и наземных остатков растительности, повышенной подвужностью формируемого в условиях кислой реакции среды гумуса и промывным типом водного режима почв, при котором часть образующихся гумусовых веществ и элементов пищи вымывается за пределы почвенного профиля.

Содержащееся в почве органическое вещество неоднородно. В его составе выделяют три группы соединений: свежее органическое вещество (неразложившиеся растительные остатки и органические вещества удобрений); промежуточные продукты разложения (детрит);

собственно гумусовые вещества, включающие новообразованный и стабильный гумус с периодом полного обновления от нескольких до сотен лет. Под влиянием микроорганизмов свежее органическое вещество разлагается в почве с выделением газообразных продуктов распада (СО2, NH4 и др.), а также минеральных солей и кислот, в том числе нитратов. Полнота разложения — 70—80% органической массы в первые 1—2 года. Остальные 20—30% свежего органического вещества подвергаются гумификации с образованием гумусовых веществ, которые составляют 80—90% всей органической части почвы.

Гумус относительно устойчив к разложению, значительно медленнее, чем свежее органическое вещество, минерализуется под воздействием почвенных микроорганизмов. По средним данным, скорость его разложения составляет 1—2% в год.

Гумусовые вещества представляют собой систему высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений кислотной природы. Различают две группы гумусовых кислот: темноокрашенные гуминовые кислоты, накапливающиеся в местах образования, и фульвокислоты желтого или бурого цвета, более подвижные и относительно легко передвигающиеся по профилю почвы. Кроме названных кислот, выделяют еще гумины — комплекс гуминовых и фульвокислот, прочно связанных с минеральной частью почвы и не выделяющихся из нее при обычных способах экстрагирования гумусовых веществ. В практике аналитических работ эти неэкстрагируемые вещества называют негидролизуемым остатком.

Гуминовые кислоты хорошо растворяются в щелочах и некоторых других растворителях. В воде растворимы очень слабо. Состоят из углерода — 52—62%, водорода — 2,8—5,8, кислорода — 31—39 и азота —1,7—5%. Наиболее обуглерожены гуминовые кислоты черноземов. Препараты гуминовых кислот содержат также зольные элементы (P, S, Al, Fe, Si). Основная масса гуминовых кислот находится в почве в виде органоминеральных коллоидов.

Фульвокислоты в отличие от гуминовых полностью растворимы в воде и других растворителях. Элементарный состав их следующий: углерод — 40—52%, водород — 4—6, кислород — 42—52 и азот — 2—6%. Кислотная природа фульвокислот обусловлена карбо-

ксильными группами, водород которых способен к обменным реакциям. Водные растворы их сильнокислые (рН 2,6—2,8), поэтому они энергично разрушают минеральную часть почвы, оказывая отрицательное влияние на почвенный поглощающий комплекс. Подзолистый горизонт в почвах лесной зоны образуется в результате длительного воздействия фульвокислот. Степень разрушающего воздействия фульвокислот на минералы зависит также от количества гуминовых кислот в данной почве. Чем меньше в ней гуминовых кислот, тем сильнее действие фульвокислот, и наоборот.

При взаимодействии гумусовых кислот с катионами алюминия, кальция, магния, натрия и другими в почве образуются соли гуминовых и фульвокислот (гуматы и фульваты), различающиеся своими свойствами, в том числе растворимостью в воде. Так, гуматы Са и Мд нерастворимы в воде и закрепляются в почве, а гуматы аммония и все фульваты растворимы и легко вымываются. В почве образуются также сложные алюмои железогумусовые соединения комплексной природы, при этом алюмои железофульватные соли слабо закрепляются в почве и вымываются осадками, образуя в глубоких горизонтах различные пленки на поверхности структурных отдельностей, а также органоминеральные конкреции.

При взаимодействии гумусовых кислот, гуматов и фульватов с тонкодисперсными частицами в почве образуются органо-минеральные коллоиды, в которых гумусовые кислоты прочно связаны с поверхностью минеральных коллоидов.

Фульвокислоты преобладают в составе гумусовых веществ дерново-подзолистых почв, формирующихся под лесной растительностью, гуминовые — в гумусе степных почв (черноземы, темно-каштановые и другие почвы). Отношение гуминовых кислот (ГК) к фульво-кислотам (ФК) в составе гумуса служит показателем его качества. По этому показателю различают фульватный (ГК:ФК < 0,6), гуматно-фульватный (0,6—1), фульватно-гуматный (1—2) и гуматный (>2) типы гумусовых веществ. Наиболее благоприятны фульватно-гуматный и гуматный типы с наименьшим количеством свободных фульвокислот.

В дерново-подзолистых почвах отношение ГК:ФК значительно меньше единицы (0,4-—0,6). В хорошо окультуренных вариантах оно приближается к единице

или больше единицы. В черноземных почвах это отношение всегда больше единицы, что свидетельствует о высоком качестве гумуса.

Другим важным показателем качества гумуса является отношение углерода к азоту. В среднем в гумусе содержится около 5% азота, но этот показатель для различных типов почв неодинаков. Доля азота в составе гумуса несколько возрастает в южном направлении, т. е. от подзолистых почв к черноземам, каштановым почвам и далее к сероземам, в направлении с запада на восток в соответствии с изменением гидротермического режима почв и других факторов.

Изменяется и отношение углерода к азоту (C:N) в составе гумуса. В гумусе почв черноземной зоны это отношение равно 10, что характеризует зрелый гумус, нечерноземной — 10—12 и выше, пустынностепной (сероземы и др.) — менее 10. Отношение C:N указывает на обогащенность гумуса азотом. Чем меньше это отношение, тем больше содержится азота в гумусе, и наоборот.

Колебания отношения С:N обнаруживаются и в пахотных почвах одной зоны, что связано с различным уровнем их окультуренности. Этот показатель следует учитывать при использовании различных видов органических удобрений, так как отношение углерода к азоту в составе их органического вещества может существенно колебаться.

# ВЛИЯНИЕ ГУМУСА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ, ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙ

Гумус и свойства почвы. Органическое вещество улучшает химические, физико-химические, физические, тепловые, технологические свойства почвы и ее биологическую активность.

Влияние его на химические свойства почвы связано прежде всего с накоплением азота и зольных элементов питания растений. В почве в органической форме аккумулировано 98% запасов азота, 60 — фосфора, 80% серы и большое количество других элементов, которые, находясь в органически связанной форме, надежно сохраняются в почве от вымывания и служат важнейшим источником питательных веществ для растений.

Органическое вещество улучшает способность почвы поглощать газы, пары воды и растворенные в воде вещества, регулирует ее питательный режим, реакцию, буферность, водно-физические свойства, обусловливает формирование гумусовых горизонтов.

Присутствие в почве даже относительно небольшого количества гумусовых веществ, входящих в состав органо-минеральных и органических коллоидов, повышает ее поглотительную способность в результате увеличения емкости обмена гумусовых кислот. Если емкость обмена минеральных коллоидов чернозема составляет 70—90, то органо-минеральных — 150—200, а органических — 400—500 мг экв на 100 г почвы. В среднем емкость обмена гумуса в 10 раз больше, чем минеральной части почвы. Так, в выщелоченном черноземе, несмотря на то, что гумус составлял менее десятой части массы верхнего горизонта, из общей емкости обмена, равной 57,9 мг экв, емкость органической части была 34 мг. экв, а минеральной лишь 19 мг. экв на 100 г почвы. В почвах легкого механического состава роль гумусовых веществ в формировании поглотительной способности еще значительнее. По данным ученых ГДР, увеличение содержания углерода в органическом веществе песчаных почв с 0,28 до 0,54% повышало емкость обмена на 30—34%. На каждые 0,1% гумуса она возрастала на 0,4 мг. экв на 100 г почвы, а влагоемкость — на 0,5—0,8%.

Окультуривание почв, повышение их гумусированности благоприятно влияют на реакцию среды. Особое значение это имеет для бедных гумусом дерновоподзолистых почв Нечерноземной зоны, сформированных на моренных глинах, содержащих большое количество подвижного алюминия (до 20-40 мг на 100 г почвы). Установлено, что отрицательное влияние повышенной кислотности здесь больше связано не с величиной рН, а с токсичностью алюминия, которая проявляется в кислой среде уже при содержании подвижного алюминия около 3 мг на 100 г почвы. Длительное одностороннее применение минеральных удобрений на неизвесткованных дерново-подзолистых почвах повышает его количество в пахотных и подпахотных горизонтах до 10—12 мг на 100 г почвы, что снижает урожай и может привести к полной гибели посевов. Известкование уменьшает содержание подвижного алюминия в почвенном растворе до безопасных концентраций. Аналогично действует органическое вещество почвы, которое благодаря высокой поглотительной способности связывает и выводит из раствора обменный алюминий, как и другие токсичные металлы. Установлено, что при любом значении рН по мере увеличения содержания органического вещества в почве количество обменного алюминия уменьшается.

Гумусовые вещества, особенно свежеобразованные, обладая склеивающей способностью, оказывают большое влияние на образование агрономически ценной, связной, водопрочной и пористой структуры почвы. Почвенная структура, образованная без участия гумусовых веществ, не обладает водопрочностью. Только участие органических коллоидов, в частности гуматов кальция, придает водопрочность. Такая структура характерна для черноземов и хорошо окультуренных почв, имеющих благоприятные плотность сложения, воздушный режим, характеризующихся хорошими водо- и воздухопроницаемостью, влагоемкостью и водоудерживающей способностью. Такие почвы менее склонны к переувлажнению, не заплывают после дождей, а при подсыхании не образуют корку, что создает более благоприятные условия для роста и развития корневой системы растений. Кроме того, окультуренные почвы менее тяжелы в обработке, физическая спелость их весной наступает раньше и продолжается более длительный период по сравнению с менее окультуренными. Они также более устойчивы к водной и ветровой эрозии.

Окультуривание почв, в частности Нечерноземной зоны, повышение в них количества и улучшение качества гумуса за счет систематического применения органических удобрений, возделывания многолетних трав способствует образованию в них водопрочной

структуры.

Органическое вещество почвы служит энергетическим материалом для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, играющих важную роль в обеспечении растений углекислотой и элементами питания. Окультуривание почвы ускоряет размножение микроорганизмов и усиливает их деятельность. В длительном опыте Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА) на участках, где вносили органические удобрения, продуцирование углекислого газа было в 1,5—2 раза выше по сравнению с контролем без удобрений

и с вариантом NPK, соответственно возросло поглощение пахотным слоем почвы кислорода. Количество микроорганизмов при этом соответствовало уровню дыхания почвы. На высокоокультуренных и гумусированных дерново-подзолистых почвах масса почвенных микроорганизмов в пахотном слое в 2—3 раза больше по сравнению с менее окультуренными.

Известно, что биологическая активность почв снижается при внесении больших доз минеральных удобрений. Депрессия биологической активности почв с повышенным содержанием гумуса отмечается лишь при очень высоких дозах туков.

Гумус и питание растений. Под воздействием обработки почвы гумус постепенно разлагается, высвобождаемые при этом в минеральной форме питательные вещества используются растениями. Особое значение имеет азот органического вещества почвы. При отсутствии азотных удобрений урожай однолетних небобовых растений почти целиком формируется за счет азота, высвобождаемого при минерализации почвенного гумуса. Внесение удобрений уменьшает долю почвенного азота в формировании урожая, однако даже при высоких дозах азота удобрений ( $N_{100}$ ) в общем хозяйственном выносе азота урожаем зерновых культур 2/3 составляет азот гумуса.

Исследования Всесоюзного института удобрений и агрохимии (ВИУА) с меченым азотом ( $^{15}$ N) показали, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах Владимирской области вынос азота из почвы урожаем зерновых культур составил по отношению к общему выносу при средних нормах азотных удобрений ( $N_{60}$ ) 68%, высоких ( $N_{120}$ )—58%; на среднесуглинистых (Калининская область) — соответственно 86 и 76%, на тяжелосуглинистых (Московская область) — 87 и 71%. В аналогичных исследованиях ТСХА вынос азота из почвы злаковым травостоем на орошаемом культурном пастбище (Московская область) составил от 71 до 83% общего выноса азота наземной массой трав.

В черноземной и других зонах страны доля почвенного азота в формировании урожая также высока. По данным Всесоюзного селекционно-генетического института, на южном черноземе при низких дозах азотных удобрений ( $N_{40}$ ) участие почвенного азота в общем вымосе его ячменем по разным предшественникам составило 63—77%, при высоких дозах

 $(N_{120})$  — 44—64% (озимой пшеницей соответственно 73—92 и 47—73%).

Таким образом, даже при внесении высоких доз минеральных удобрений роль гумуса в обеспечении азотным питанием растений велика. По данным Н. М. Глущука и Г. И. Ройченко (1985), в период с 1970 по 1980 г. на мощном черноземе за счет гумуса почвы формировалось выше 70% урожая озимой пшеницы, почти 60 — ячменя и 50% сахарной свеклы. На серых лесных почвах и оподзоленных черноземах за счет гумуса формируется соответственно 65 и 60% урожая озимых культур, 60 и 65 — яровых и 50% сахарной свеклы.

Количество азота, поставляемое растениям почвой, увеличивается с повышением содержания в ней гумуса. На окультуренной, лучше гумусированной почве значительно возрастает коэффициент использования азота минеральных удобрений. В опытах ТСХА на длительно унавоживаемой почве он составил 58%, на неокультуренной (без удобрений) — лишь 30,5%.

Разложение гумуса микроорганизмами высвобождает помимо азота и другие питательные вещества (фосфор, серу, микроэлементы), а также окись углерода (СО<sub>2</sub>), которая необходима для фотосинтеза растений. Например, для формирования урожая озимой пшеницы 50 ц/га в период ее интенсивного роста суточная потребность в окиси углерода составляет более 200 кг/га. Около 70% этого количества обеспечивает минерализация гумуса почвы, органических удобрений и растительных остатков.

Многие органические вещества, образующиеся при гумификации растительных остатков, участвуют в физиологических и биохимических процессах растительных организмов. К таким веществам относятся витамины, ауксины и другие биотические вещества, соединения индивидуальной природы (аминокислоты, янтарная, фумаровая и другие кислоты, являющиеся продуктами жизнедеятельности микроорганизмов), а также собственно гумусовые вещества.

Гуминовые и фульвокислоты в малых дозах активизируют процесс корнеобразования у растений, особенно на ранних стадиях их развития. Растворы гуминовых кислот активизируют ферментативные системы растений, при недостатке кислорода в водной среде облегчают их дыхание и улучшают углеводный обмен.

Гумус и урожай. Гумус оказывает на урожай прямое

и косвенное влияние. Прямое влияние обусловлено использованием растениями содержащегося в гумусе азота и других питательных веществ, освобождающихся при его минерализации, косвенное — в улучшении условий произрастания на более гумусированных почвах и в повышении коэффициента использования питательных веществ удобрений.

Влияние гумуса на урожай сильнее проявляется на бедных органическим веществом почвах (дерново-подзолистых, сероземах и др.). По результатам обобщения полевых опытов, выполненных БелНИИПА, при увеличении количества гумуса в пахотном горизонте дерновоподзолистых супесчаных почв с 1,4 до 2,5% урожай ячменя возрастал с 26,0 до 58,0 ц/га, а увеличение количества гумуса в суглинистых почвах с 2,0 до 2,9% повышало урожай с 36,8 до 65,3 ц/га.

В условиях Латвийской ССР при увеличении количества гумуса в дерново-подзолистой почве с 1,5 до 3,0% урожай озимой пшеницы увеличивался с 25,3 до 43,5 ц/га, озимой ржи — с 31,3 до 42,8 ц/га. Существенно повышался урожай других культур.

Результаты исследований последних лет (В. Г. Минеев и др., 1986) показывают, что увеличение содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной известкованной почве на 1% в среднем за год повышает продуктивность севооборота не менее чем на 10 ц/га корм. ед., или более чем на 25%.

Повышение окультуренности почв, увеличение в них запасов гумуса способствует росту отдачи от минеральных удобрений и других средств химизации. На хорошо гумусированных почвах, характеризующихся высокой буферностью, не создается избыточной концентрации солей в почвенном растворе при внесении высоких и сверхвысоких доз туков, в результате снижается негативное влияние таких доз и эффективность удобрений возрастает в 1,5—2,0 раза.

В исследованиях ТСХА окупаемость единицы минеральных удобрений прибавкой урожая зерна ячменя увеличивалась на более гумусированных дерновоподзолистых почвах по сравнению с менее гумусированными на 28%, сухого вещества кукурузы — на 52%. При удвоенных дозах NPK на хорошо гумусированных почвах окупаемость удобрений повышалась соответственно на 28 и 60%.

О резком увеличении окупаемости минеральных

удобрений на обогащенных гумусом почвах свидетельствуют результаты полевых опытов (Т. Н. Кулаковская, А. П. Дедковская, 1975). С увеличением гумусированности дерново-подзолистых почв в 2 раза оплата 1 кг питательных веществ (NPK) урожаем возрастала в 3 раза.

Многочисленные исследования, проведенные в различных регионах страны в течение нескольких десятилетий, свидетельствуют, что при слабой степени смытости, когда содержание гумуса по-сравнению с несмытыми почвами уменьшается на 10—12%, урожай большинства культур снижается на 10—30%, при средней степени смытости (уменьшение содержания гумуса в почве на 20—50%) — на 30—60% и при сильной степени смытости (снижение содержания гумуса более чем на 50%) урожай снижаются на 60—80%. В целом по РСФСР снижение содержания гумуса на 0,5% сокращает максимально возможный урожай зерна на 2,4 ц/га (М. Н. Заславский, 1983).

Существует определенный уровень содержания гумуса, при котором обеспечиваются наивысшая эффективность применяемых средств химизации и получение максимальных урожаев. Такой уровень считается оптимальным. Его величина зависит от многих условий и неодинакова в различных регионах страны и для разных почв. По данным Почвенного института им. В. В. Докучаева и НПО «Подмосковье», примерное оптимальное содержание гумуса для песчаных разновидностей дерново-подзолистых почв составляет 1,6—2,0%, супесчаных—2,0—2,5, суглинистых—2,5—3,0, серых лесных—3,5—4,0%. В лесостепной и степной зонах показатели оптимального содержания гумуса выше и составляют для черноземов около 5—7%.

# ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И КАЧЕСТВА ГУМУСА ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЧВ

Гумус представляет собой относительно динамичную составную часть почвы, подвергающуюся количественным и качественным изменениям под влиянием целого ряда факторов, среди которых ведущим является хозяйственная деятельность человека. К настоящему

времени накоплено значительное количество данных, свидетельствующих о существенном снижении содержания гумуса в пахотных почвах. В последние два десятилетия во многих странах мира по сравнению с концом XIX — началом XX в. запасы гумуса в интенсивно используемых под пашню почвах уменьшились на 15—25%, в ряде случаев потери достигают 50% от исходного содержания. Эта негативная тенденция снижения гумуса в почве отмечена и в СССР.

В целинных почвах разложение (минерализация) гумуса соответствует его новообразованию за счет гумификации растительных остатков. После распашки равновесие нарушается, увеличивается доступ воздуха в почву, повышается окисляемость почвенного органического вещества (детрита). По данным Харьковского СХИ, разложение детрита, например, после распашки целинных мощных и южных черноземов снижает содержание гумуса на 1—2%.

Исчезновение детрита повышает степень гумифицированности органического вещества почвы и относительное содержание собственно гумусовых соединений, более стойких к микробному разложению, что в дальнейшем замедляет темпы минерализации гумуса и снижения его запасов в почве. Содержание гумуса в почве стабилизируется через 10—12 лет после распашки целины, но на более низком уровне, соответствующем принятой системе земледелия.

Изменение запасов гумуса в различных регионах РСФСР. В европейской части страны абсолютное снижение количества гумуса в почве за 20—50 лет использования составило в среднем от 0,6 (дерновоподзолистые почвы) до 3,6% (типичные черноземы), или 18—36% от его исходного содержания.

В Сибирском регионе (Западная Сибирь) потери заметно ниже — от 0,6 (выщелоченный и южный черноземы) до 1,47% (оподзоленный чернозем), что объясняется меньшей минерализацией гумуса в условиях более короткого теплового периода, менее интенсивной обработкой почвы и небольшой долей пропашных культур.

Во многих случаях потери гумуса значительно превышают приведенные средние показатели. По оценкам В. А. Ковды, за 70-80 лет потери гумуса в пахотных почвах страны по сравнению с началом века составили 40-50%.

В настоящее время в Центрально-Черноземной зоне черноземы вместо 10—13% (1960 г.) содержат всего 7—10 и даже 4—7% гумуса. Значительно увеличились площади эродированных почв с содержанием гумуса 2—4 и 0,5—1%, которые 80—90 лет назад встречались лишь отдельными пятнами.

Представляют интерес данные о снижении количества гумуса в почвах отдельных областей. В Воронежской области за 80 лет содержание гумуса в верхнем слое черноземов на старопахотных почвах снизилось на 3,0—3,5%. Наиболее интенсивные потери гумуса после распашки целины происходят при бессменном паровании полей.

В Курской области в черноземах 65-летнего использования количество гумуса уменьшилось с 9 до 5,6%, или на 33%. В Ростовской области уже через 8 лет после распашки целинного приазовского чернозема количество гумуса в слое 0-20 см снизилось на 0,4%, а через 50 лет — на 1,1%, или на 20% от его исходного содержания. Запас гумуса уменьшился и в подпахотном горизонте — на 0,8% от массы почвы, или на 17% от исходного количества.

В Нечерноземной зоне РСФСР современные темпы потерь гумуса, вызванных минерализацией органического вещества почвы при возделывании сельскохозяйственных культур, составляют 0.5-0.7 т/га пашни в год. Это означает, что и без того бедные гумусом дерновоподзолистые почвы за 20-25 лет теряют 0.3-0.6% гумуса, или около 1/4 запасов, содержащихся в пахотном горизонте. В почвах черноземной зоны потери гумуса за этот период достигают 0.6-1.5 т/га пашни в год, или 0.4-1.0% к массе почвы.

Одновременно с уменьшением гумусированности почв в них сокращается количество азота. Так, в почвах Центрально-Черноземной зоны содержание общего азота в слое 0—10 см составляет на залежи 0,27—0,51%, на пашне — 0,19—0,40%, гидролизуемого азота — соответственно 0,010—0,022 и 0,009—0,014%.

Потери гумуса почвами объясняются усилением минерализации органического вещества в результате повышения интенсивности их обработки и степени аэрации при недостаточном поступлении в пахотный слой пожнивных остатков и органических удобрений, увеличением доли пропашных культур и сокращением многолетних трав в полевых севооборотах, длительным одно-

сторонним применением минеральных удобрений (особенно физиологически кислых форм), неполным использованием растительных остатков на удобрение, выжиганием стерни, нередко сжиганием излишков соломы, отчуждением почвенного органического вещества с урожаем, проявлением водной и ветровой эрозии почв.

Вместе с ростом урожая увеличивается потребление и отчуждение за пределы поля азота гумуса. При этом чистые, т. е. некомпенсируемые новообразованием гумусовых веществ за счет стерни и корней, потери гумуса почвой при возделывании зерновых культур составляют в зависимости от уровня урожая 0,5—1,0 т/га в год и более. Под пропашными культурами расход гумуса, обусловленный формированием урожая и обработкой почвы, возрастает в 2—3 раза. Так, увеличение в севообороте доли пропашных культур лишь на 10% увеличивало потери гумуса на типичном мощном черноземе на 0,2—0,4 т/га (В. С. Носко, Г. А. Чесняк, 1983).

В ряде регионов очень большие потери гумуса почвой происходят под влиянием водной и ветровой эрозии (в среднем 0.1-0.4 т/га, на отдельных частях склонов — 1.0-1.5 т/га в год). В смытых почвах запасы гумуса уменьшаются на 50-60%.

В южных и юго-восточных районах страны потери гумуса часто связаны с ветровой эрозией, ущерб от которой плодородию почв очень велик. Например, в результате выдувания содержание гумуса в пахотном слое предкавказских черноземов (Новокубанский район Краснодарского края) за 15 лет уменьшилось на 0,7—0,8% от массы почвы, или на 13—16% от его исходных запасов. Только в результате пыльных бурь за один год в колхозе имени Ленина глубина выдувания пашни составила в среднем 7,8 см, а потери гумуса из пахотного слоя — 52 т/га.

Черноземы Северного Казахстана за 15 лет после

Черноземы Северного Казахстана за 15 лет после подъема целины до освоения почвозащитной системы земледелия потеряли в зависимости от механического состава почв 11—36% гумуса в пахотном слое, что значительно больше биологических потерь (Б. И. Кирюшин, 1983).

Влияние окультуривания почв на содержание и качество гумуса. Снижение содержания и запасов гумуса в пахотных почвах является следствием нерационального их использования. Высокая культура земледелия пре-

пятствует снижению количества гумуса. Так, при интенсивном окультуривании слабогумусированных дерновоподзолистых почв происходит не только восстановление ранее утраченных запасов гумуса и азота, но и дальнейшее постепенное наращивание их до уровней, превышающих исходное количество в целинных землях.

На Гатчинском ГСУ Ленинградской области при ежегодном внесении 10  $\tau/r$ а органических и 153 кг/га минеральных удобрений в течение 20 лет запасы гумуса в слое 0—30 см увеличились по сравнению с целиной на 1,9  $\tau/r$ а, а по сравнению с вновь освоенной пашней — на 22,6  $\tau/r$ а. В ОПХ «Новоселье» Ленинградской области при ежегодном внесении в течение 13 лет 9,7  $\tau/r$ а торфо-навозных компостов запасы гумуса в слое 0—28 см увеличились по сравнению с неокультуренной почвой на 43,4  $\tau/r$ а.

В период между почвенными обследованиями (12—20 лет) содержание гумуса в пахотных почвах Починковского ГСУ Смоленской области увеличилось на 0.3%, Ленинского ГСУ Калининградской области — на 0.2, Костромского ГСУ — на 0.5% от массы почвы, что соответствует его запасам 10-15 т/га. (А. Крылатов и др., 1983). Каждый гектар пашни за счет органических удобрений и многолетних трав ежегодно пополнялся 0.4-1.5 т свежего гумуса. Это обеспечивало получение высоких урожаев зерновых (до 35 ц/га и выше) и сена многолетних трав (50-60 ц/га).

В Нечерноземной зоне применение достаточно высоких доз органических удобрений (до 15—20 т/га пашни) на фоне общей высокой культуры земледелия увеличивает количество гумуса в почвах и повышает урожай. В 22 хозяйствах Ленинградской области за 13 лет количество гумуса в пахотном слое почв увеличилось с 2,8 до 3,2%, или на 0,4%. Ежегодная прибавка гумуса составила 0,8 т/га (О. Л. Веденин и др., 1982). Приросту гумуса способствовало ежегодное внесение 13—15 т/га органических удобрений.

В Черноземной зоне высокая культура земледелия и широкое использование органических удобрений также обеспечивают поддержание высокого уровня гумуса в почвах. На Воронежской сельскохозяйственной опытной станции через 50 лет типичные черноземы при правильной обработке почв и систематическом внесении удобрений ил ели лучшие свойства по сравнению с почвами располо енных рядом колхозных полей. Содержа-

ние гумуса при этом в почвах опытной станции было выше на 1,4%.

В черноземах лесостепной полосы Зауралья (Курганская область) за 26 лет существования госсортоучастков значительно увеличилась мощность гумусового горизонта, что обусловлено высоким уровнем агротехники и регулярным внесением органических и минеральных удобрений. Так, в выщелоченных черноземах Шадринского ГСУ запасы гумуса в пахотном слое увеличились на 10 т/га, азота — на 1,8 т/га, в обыкновенных маломощных черноземах — соответственно на 46 и 4,9 т/га.

Однако в отличие от дерново-подзолистых почв применение даже высоких доз органических удобрений не восстанавливает в них запасы гумуса до исходного уровня, характерного для почв целинных степей. Поэтому основная задача регулирования гумусового режима черноземных земель состоит в регулярном поступлении в почву свежего органического вещества в количестве, обеспечивающем высокие урожаи.

Групповой состав гумуса в пахотных почвах обычно изменяется мало, в них в целом сохраняется общий характер гумусообразования, свойственный тому или иному типу почв. Но в окультуренных почвах становится лучше отношение активной и пассивной частей гумуса, расширяется отношение гуминовых и фульвокислот, в том числе за счет накопления гуматов кальция, являющихся наиболее ценной фракцией почвенного органического вещества. На хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах тип гумуса изменяется в благоприятную сторону: из гуматно-фульватного он становится фульватно-гуматным или гуматным. Ценность такого гумуса сильно возрастает, так как гуминовые кислоты в большей степени способствуют окультуриванию почвы, улучшению ее водно-физических свойств. В окультуренных почвах также сужается ее отношение между углеродом и азотом, т. е. возрастает обогащенность гумуса азотом.

По мере повышения степени окультуренности почв в результате длительного применения органических удобрений увеличивается доля гуминовых кислот в составе гумуса. Так, в типичном черноземе Курской области при длительном применении навоза количество гуминовых кислот значительно повышалось не только по сравнению с низкоокультуренной пашней 65-летнего ис-

пользования, но также и по сравнению с целиной. Одновременно уменьшалась доля фульвокислот. В результате отношение ГК:ФК возросло по отношению к целине с 1,4 до 2,2.

Длительное (в течение 36 лет) применение органических удобрений на выщелоченном черноземе увеличило как содержание гумуса в пахотном горизонте (с 5.0 до 5.6%), так и долю гуминовых кислот в его составе (с 31.6 до 39%), снизило долю фульвокислот (с 24 до 14.9%) и изменило отношение ГК:ФК (с 1.3 до 2.65).

На темно-серой лесной почве 50-летнее внесение навоза также улучшило состав гумуса и повысило отношение ГК:ФК с 1,9 до 2,8—3,5 (П. Г. Копытко, Э. В. Геркиял, 1983). Таким образом, окультуривание почв увеличивает запасы гумуса в почвах и улучшает его качество.

Под влиянием эрозии почв резко ухудшается групповой состав гумуса. В дерново-подзолистых почвах нарастает фульватность гумуса (ГК:ФК сужается до 0.3 и менее), в черноземных почвах в составе гумуса уменьшается количество гуминовых кислот. Так, в пахотном слое карбонатного чернозема тип гумуса из гуматного на неэродированном черноземе (ГК:ФК = 1.8) становится фульватно-гуматным на среднеэродированном (ГК:ФК = 1.1).

Изменение типа гумуса в неблагоприятную сторону ухудшает агрономические свойства почвы, снижает их потенциальное и эффективное плодородие. И наоборот, плодородие почв повышается с улучшением качественного состава гумуса.

### БАЛАНС ГУМУСА И ПУТИ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В почве одновременно происходят два противоположно направленных процесса, связанных с трансформацией органического вещества — минерализация и гумификация. При внесении в почву свежего органического вещества 70—80% его массы минерализуется в течение 2 лет. Остальные 20—30% подвергаются гумификации. В свою очередь собственно гумус также минерализуется, хотя и значительно медленнее, теряя в среднем 1,5—2,0% исходных запасов в год. Интенсивность мине-

рализации гумуса зависит от его запасов в почве, от типа почвы и вносимых удобрений. Так, в суглинистых почвах она составляет 1,5-1,6% в год от общего запаса в пахотном слое, супесчаных — 1,7-1,8, песчаных — 1,9-2,0, типичных, обыкновенных и выщелоченных черноземах — 0,4-0,5, оподзоленных, южных черноземах и темно-серых лесных почвах — 0,5-0,7, серых и светлосерых лесных почвах — 0,8-1%.

Интенсивность минерализации органического вещества различна под разными культурами. Под пропашными она в 2-3 раза выше по сравнению с культурами сплошного сева. Новообразование гумуса за счет гумификации свежего органического вещества происходит как на целине, так и на пахотных почвах. Но на целинных землях в биологический круговорот органического вещества включена как корневая, так и наземная масса растений, на пахотных угодьях — только корни и стерня, так как основная часть наземной массы отчуждается в виде урожая сельскохозяйственных культур. В связи с этим количество новообразованного гумуса на пашне бывает меньше, чем на целине, и оно часто не может восполнить расхода гумуса в результате его минерализации. При недостатке в пахотных почвах энергетического материала, представленного лишь корневой системой культурных растений, микроорганизмы источника используют почвенный качестве его гумус, что снижает его содержание в почве. Интенсивная обработка пахотного слоя увеличивает поступление воздуха в почву и усиливает окисляемость органического вещества.

Баланс гумуса может быть бездефицитным (уравновешенным, компенсированным), если количество новообразованного гумуса за определенный период времени, например за год, соответствует количеству минерализовавшегося за тот же период. Он может быть также отрицательным (если количество новообразованного гумуса меньше минерализовавшегося) или положительным (если поступление в почву новообразованного гумуса превышает его расход в результате минерализации). Снижение содержания гумуса в пахотных почвах ряда районов страны является следствием его многолетнего отрицательного баланса, обусловленного характером использования почв и недостаточным поступлением в них свежего органического вещества.

Задача регулирования баланса гумуса на пашне

должна решаться двумя основными путями: во-первых, увеличением поступления в почву свежего органического вещества (пожнивно-корневые остатки, органические удобрения); во-вторых, применением приемов, уменьшающих минерализацию органического вещества почвы.

#### РОЛЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И СЕВООБОРОТА В РЕГУЛИРОВАНИИ БАЛАНСА ГУМУСА

Культурные растения оставляют после себя значительное количество пожнивных и корневых остатков, являющихся одним из основных источников органического вещества в почве. С урожаем зерновых культур и однолетних трав отчуждается 60—65% биомассы, кукурузы и картофеля—70—73, сена многолетних трав—40%. Остальная часть растений остается в почве или запахивается, где минерализуется или трансформируется в гумус.

Наибольшее количество органического вещества в почве оставляют после себя многолетние травы. В зависимости от условий возделывания и уровня урожаев сухая масса пожнивно-корневых остатков трав составляет 45—75 ц/га и более, достигая в отдельных случаях 100—200 ц/га. Значительное количество органического вещества остается и после других культур. По накоплению растительных остатков относительно многолетних трав культуры располагаются в следующем порядке: в Нечерноземной зоне — кукуруза — 56%, озимые — 50, яровые зерновые — 39, зернобобовые — 28, картофель — 20%; в Центрально-Черноземной зоне — озимая пшеница — 48%, кукуруза — 38, яровые зерновые — 37, подсолнечник — 36, зернобобовые — 35, сахарная свекла — 31%.

С повышением урожайности культур количество пожнивных и корневых остатков увеличивается, а доля их в общей биомассе снижается. В условиях Нечерноземной зоны озимые зерновые при урожаях 10—15 ц/га оставляли после себя 23,0 ц/га растительных остатков, а яровые зерновые — 18,0 ц/га, в то время как при урожае 30—40 ц/га соответственно 45 и 35 ц/га. Картофель при урожае 100 ц/га оставлял 7 ц/га, при урожае 250—300 ц/га — 17 ц/га растительных остатков. Интенсивность разложения и гумификации растительных остатков в почве определяется их химическим соста-

вом, уровнем агротехники, почвенно-климатическими условиями.

Процесс разложения и гумификации растительных остатков зависит от соотношения С:N в составе их органического вещества. В остатках клевера оно составляет 12—25:1, картофеля — 14—20:1, свеклы — 14—15:1, кукурузы — 30—40:1, горчицы — 35—40:1, зерновых и конопли — 40—50:1. При этом отношение C:N в корнях большинства культур, за исключением картофеля, меньше, чем в стерне. Так, в соломе злаковых культур оно достигает 70-100. Оптимальным, при котором гумификация остатков протекает наиболее является отношение С:N, равное 15-25:1. Если оно превышает указанные значения, процессы разложения замедляются и происходит иммобилизация почвенного азота, а при меньших значениях — интенсивная минерализация органического вещества растительных остатков. В результате резко уменьшается количество новообразованного гумуса. Наибольшую ценность представляют растительные остатки многолетних бобовых трав, большое количество и благоприятный химический состав которых способствуют образованию значительного количества гумуса в почве. Наоборот, гумификация пожнивно-корневых остатков зерновых и ряда других культур, имеющих широкое отношение С:N, протекает медленно, и полнота ее возрастает лишь при использовании внешних источников азота.

Долю (или процент) свежего органического вещества, трансформирующегося в почве в гумус, называют коэффициентом гумификации, или изогумусовым коэффициентом. Коэффициенты гумификации сухого органического вещества пожнивно-корневых остатков изменяются в пределах 0,05—0,20, органических удобрений — 0,10—0,30. Они выше для остатков многолетних бобовых трав, имеющих более благоприятное отношение С:N, и ниже для пропашных культур (картофеля, овощей, корнеплодов), а также наземной массы зеленого удобрения. По данным М. Себейота, из растительных остатков сельскохозяйственных культур образуется следующее количество гумуса (табл. 1).

Новообразование гумуса зависит от типа почвы. Так, в суглинистой почве коэффициенты гумификации несколько выше, чем в песчаной, в черноземах — выше, чем в дерново-подзолистых почвах или сероземах.

Роль различных растений в восполнении запасов

Таблица 1. Количество гумусь, образующегося в почве и пожнивно-корневых остатков (на 1 га посева за год)

	Коли	480780		
Культура	растительных остатков (сухов вещество), т/га	образующегося гумуса, кг/га	Изогуму- совый коэффициент	
Сахарная свекла	3—6	450—900	0,15	
Картофель	0,5	Ничтожно мало	_	
Пшеница (солому вывозили)	2—4	200600	0,15	
Ячмень (солому вывозили)	1—2	150—300	0,15	
Кукуруза (стебли запахивали)	5	750	0,15	
Солома пшеницы	4	400	0,1	
Люцерна второго года жизни	58	500800	0,1	
Травы третьего года жизни	1618	750— <del>9</del> 00	0,05	
Белая горчица на зеленое удобрение	3	3	Около 0	
Panc	1—1,5	200	0,150,20	

гумуса в пахотных почвах неодинакова. Лишь гумификации пожнивно-корневых остатков многолетних бобовых трав обеспечивается не только восстановление запасов минерализованного гумуса, но и увеличение его количества в почве. В среднем многолетние травы в зависимости от срока возделывания и уровня урожаев накапливают в почве 0,5—1,0 т/га гумуса. При разложении и гумификации пожнивно-корневых остатков небобовых культур израсходованный гумус восполняется лишь частично. Убыль гумуса на дерново-подзолистых почвах при бессменном возделывании зерновых составляет в среднем за год 0,3—0,7 т/га, пропашных в 2-3 раза больше. Особенно значительны потери гумуса в неудобряемом чистом пару — до 2,0—3,0 т/га в год.

Баланс гумуса в севообороте в значительной мере зависит от структуры посевных площадей. Так, по данным некоторых исследователей, в севообороте с чистым паром, двумя полями зерновых и по одному полю картофеля, льна и клевера за счет пожнивно-корневых остатков восполнилось 27% минерализованного гумуса, в севообороте без чистого пара — 38%.

В севообороте, включающем 25% зерновых, 50—

В севообороте, включающем 25% зерновых, 50—пропашных и 25% клевера, ежегодная убыль почвенного гумуса составляет в среднем 12,8 ц/га. В то же время в зернотравяном севообороте, где многолетние бобовые травы занимают 40% и более, растительные остатки

сельскохозяйственных культур полностью восполняют потери гумуса в результате его минерализации. В севообороте, включающем 75% многолетних трав, содержание гумуса ежегодно увеличивается в среднем на 21,1 ц/га.

Таким образом, в комплексе мероприятий по регулированию баланса гумуса в пахотных почвах весьма важное значение имеют совершенствование структуры посевных площадей, введение и освоение правильных севооборотов, возделывание многолетних бобовых трав, рост урожайности сельскохозяйственных культур, что обеспечивает увеличение поступления в почву пожнивнокорневых остатков растений и повышение коэффициентов их гумификации.

#### ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Минеральные и органические удобрения. Баланс гумуса в пахотных почвах зависит от баланса органически связанного азота. Если баланс азота характеризуется отрицательной величиной, потребности растений в этом элементе питания покрываются за счет использования азота гумуса. Внесение минерального азота снижает потери гумуса почвой. Кроме того, азот минеральных удобрений участвует в процессах гумификации свежего органического вещества (растительных остатков, навоза) и тем самым увеличивает количество новообразованного гумуса. В результате часть азота минеральных удобрений закрепляется в почве в органической форме.

Исследования ТСХА с меченым <sup>15</sup>N азотом минеральных удобрений показали, что доля минерального азота, закрепляющегося в почве в форме органических соединений, за 3 года составляет около 18—19% от внесенного. Однако даже при высоких дозах минеральных удобрений и положительном балансе азота урожай культурных растений наполовину и более формируется за счет запасов почвенного азота, содержащегося в гумусе. Поэтому одностороннее применение минеральных удобрений не может стабилизировать гумусовый режим почвы, но расход азота, образующегося при минерализации органического вещества почвы, гораздо выше при отсутствии или низких дозах удобрений. Низкие дозы минеральных удобрений не снижают потерь гумуса почвой. Так, в опытах на черноземных почвах применение 2—2,5 т навоза или 15—20 кг азота в составе

полного минерального удобрения на 1 га севооборотной площади не только не уменьшило, но даже увеличило дефицит почвенного азота и гумуса. Такое явление обусловлено дополнительным использованием на слабоудобренных участках азота почвы («экстра»-азота).

Решающая роль в обеспечении бездефицитного и положительного баланса гумуса принадлежит органическим удобрениям, особенно в сочетании с оптимальными нормами минеральных туков.

В таблице 2 приведены результаты некоторых полевых опытов по изучению влияния систем удобрений на изменение содержания гумуса в различных типах почв. Приведенные данные показывают, что как в вариантах без применения удобрений, так и с односторонним внесением минеральных удобрений содержание гумуса заметно снижается уже через 5—10 лет. В длительных опытах (15—25 лет) это снижение превышает 30% исходного запаса. Внесение достаточного количества органических удобрений, особенно на фонеминеральных, увеличивает или стабилизирует содержание гумуса на исходном уровне.

Увеличение доз органических удобрений на фоне NPK обеспечивает расширенное воспроизводство гумуса. Так, на дерново-подзолистых песчаных почвах за две ротации четырехпольного севооборота с травами содержание гумуса увеличилось при среднегодовой дозе торфонавозного компоста  $10\ \text{т/ra}$  на 0,17%,  $20\ \text{т/ra}$  на 0,46 и  $30\ \text{т/ra}$  — 0,69% (И. А. Юшкевич, В. Г. Шныриков, 1981).

Научными учреждениями страны разработаны нормы внесения органических удобрений для различных зон и почв. Для Нечерноземной зоны эти дозы на суглинистых почвах составляют 10 т/га пашни в год, на супесчаных — 12—15; для мощных черноземов Черноземной зоны в севообороте без трав — 6—8, с травами — 4; для Северного Кавказа на выщелоченных черноземах — 7—12, обыкновенных — 6—8, на каштановых почвах — 4—5 т/га пашни в год.

Приведенные нормы обеспечивают бездефицитный баланс гумуса при обязательном соблюдении принятых севооборотов, передовой агротехники, зональных доз минеральных удобрений для различных зон и почв и других факторов.

Коэффициенты гумификации органического вещества навоза зависят от механического состава почв. Из 1 т

Таблица 2. Изменение содержания гумуса в полевых опытах с удобрениями

			С	одержан		ca		Дс			
Почва	Длитель- ность	без удобрений			навоз или навоз + NPK		PK	в структура посевов, %		Гумификация сухого вещества	Норма навоза для бездефицитного
	лет	исход- н <del>ое</del>	ко- начное	исход- ное	ко- нечное	исход- нов	ко- нечное	пропаш- ных культур	много- летния прав	навоза, %	баланса гумуса, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дерново-подзолистая легко- суглинистая	8	2,16	2,06	2,22	2,64	2,18	2,13	14,0	14,0	29,4	12,7
Дерново-подзолистая сред- несуглинистая	7	1,86	1,71	1,71	1,77	1,76	1,66	14,0	28,6	31,2	8,3
Дерново-подзолистая тяже- лосуглинистая	15	1,76	1,27	1,62	1,63	1,68	1,58	75,0	5,6	23,3	18,1
Серая лесная тяжелосугли- нистая	7	5,1	4,9	4,8	5,0	5,1	5,0	28,0	_	12,0	6,0
Чернозем выщелоченный	6	<b>7</b> ,78	7,59	7,73	7,69	7,85	7,56	33,0	_	41,7	6,3
Чернозем мощный (Миро- новская опытная станция)	25	4,18	4,05	4,18	4,21	4,18	4,11	_		10,7	4,0
Чернозем мощный (Красно- ярский НИИСХ)	6	7,52	7,22	8,08	7,88	8,20	7,94	33,0	_	10,7	10,7
Чернозем обыкновенный	4	4,26	4,15	4,26	4,38	4,26	4,17	_	_	35,0	8,0
Чернозем южный мало- мощный	6	2,90	2,80	3,00	3,40	-	_	33,0	_	67 <b>,6</b>	7,0
Светло-каштановая	6	1,86	1,82	1,88	2,02	1,88	1,97	16,7	33,3	27,5	2,0

подстилочного навоза влажностью около 75% при внесении его в дерново-подзолистую суглинистую почву образуется около 60 кг, супесчаную — 50 кг гумуса.

В настоящее время среди производимых и вносимых в почву органических удобрений все большую долю составляет бесподстилочный полужидкий и жидкий навоз влажностью до 90—97%, широко используются компосты на торфяной основе, применяются зеленое удобрение, излишки соломы и другие нетрадиционные источники органического вещества. По влиянию на гумус почвы они не равноценны подстилочному навозу. Это связано как с неодинаковым содержанием сухого органического вещества в этих видах удобрений из-за различий в их влажности, зольности, так и с его качеством, прежде всего отношением C:N, что сказывается на величине коэффициента гумификации. Так, торф и торфонавозные компосты характеризуются более узким отношением C:N и более высоким содержанием гуминовых соединений по сравнению с навозом и соломой. Поэтому при использовании органических удобрений на торфяной основе в почве накапливается на 15—20% больше гумуса, чем по соломистому навозу. Например, за 26 лет опыта содержание гумуса в дерновоподзолистых суглинистых почвах при внесении навоза увеличилось по сравнению с исходным на 36,8%, а торфонавозного компоста (соотношение 1:1) — на 53,6%. В опытах на дерново-подзолистых песчаных и легкосуглинистых почвах наибольшее накопление гумуса происходило при внесении высоких доз торфоминерально-аммиачных удобрений (ТМАУ) (0,16— 0,26% С), аналогичные дозы навоза не обеспечивали такого же накопления гумуса (прибавка 0,10—0,22% С) на этих почвах вследствие более интенсивной его минерализации.

Использование на песчаных дерново-подзолистых почвах торфонавозной смеси в соотношении 1:1 обеспечивает высокий темп гумусонакопления, составляющий около 80 кг на 1 т удобрений при среднем коэффициенте гумификации в расчете на сухое вещество от 27 до 35%.

Солома на удобрение. Солома — важный и еще недостаточно используемый резерв органического вещества для пополнения запасов гумуса в почве. Ее можно использовать как для компостирования с навозом,

так и непосредственно запахивать в почву. Но в связи с широким отношением С: N в соломе злаковых культур (70:100) для повышения коэффициента гумификации при ее запахивании на удобрение необходимо дополнительно вносить в почву 8—12 кг минерального азота в расчете на каждую тонну соломы. Если этого не делать, то при ее разложении микроорганизмы будут потреблять (иммобилизовывать) почвенный азот, что может отрицательно сказаться на урожае первой культуры.

По содержанию органического вещества и влиянию на воспроизводство гумуса 1 т соломы приравнивается к 3—4 т подстилочного навоза. По данным Латвийского научно-исследовательского института земледелия и экономики, правильное применение 4—6 т/га соломы на удобрение с добавкой минерального азота по эффективности в севообороте на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах не уступает подстилочному навозу в дозе 40 т/га. При этом затраты труда и расходы соответственно на 85 и 76% ниже по сравнению с приготовлением и использованием навоза.

В исследованиях, проведенных на опытном поле Почвенно-агрономической станции им. В. Р. Вильямса, после семилетнего внесения соломы озимой пшеницы и ячменя (среднегодовая доза около 3  $\tau/ra$ ) совместно с NPK содержание гумуса возросло на 0,24% по сравнению с вариантом без удобрений. По влиянию на органическое вещество почвы эффективность соломы не уступала варианту навоз + NPK. При этом было закреплено в почве 26,1% органического вещества соломы.

В полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве запахивание соломы в дозе 5 т/га совместно с NPK дало прибавку урожая викоовсяной смеси на 47,9 ц/га больше по сравнению с действием одних минеральных удобрений и повысило содержание гумуса в почве (Комаревцева Л. Г., 1982).

За 8 лет опыта внесение соломы совместно с азотом (0,7 кг N на 1 ц соломы) повысило содержание гумуса в пахотном слое южного чернозема по сравнению с исходным на 0,2%, а при внесении навоза (60 т за ротацию севооборота) запасы гумуса возросли на 0,21% (А. В. Тихонов, 1980). Прибавки урожая подсолнечника от удобрения соломой составили в среднем за годы опыта 20,4%, кукурузы — 12,7, гороха — 6,7% относительно контроля без удобрений.

Использование соломы в качестве мульчи и запашка ее — эффективный прием в борьбе с эрозией почв. В стационарном опыте (Курская область) применение этих приемов в 2—9 раз сократило смыв тонко-дисперсной части почвы, а вместе с ней гумуса в период весеннего снеготаяния. После 6 лет опыта на вариантах с мульчированием соломой содержание гумуса увеличилось на 0,3%, в то время как по вспашке без мульчирования оно уменьшилось на 0,24%.

Зеленое удобрение. На зеленое удобрение используют преимущественно растения из семейства бобовых (люпин, горох, сераделлу, донник), а также небобовые культуры (озимый и яровой рапс, белую горчицу, редьку масличную и др.).

По характеру возделывания и использования различают следующие виды зеленого удобрения: самостоятельные посевы культуры на удобрение (в занятых парах), промежуточные (поукосные и пожнивные) после раноубираемых культур, подсевные культуры. Самостоятельные посевы культур (например, люпина) весьма эффективны на легких, с низким естественным плодородием почвах Нечерноземной зоны. Под влиянием запаханной органической массы люпина, как и других видов зеленого удобрения, в пахотном слое почвы повышается содержание азота и гумуса, увеличиваются поглотительная способность и связность рыхлых песчаных почв.

По валовому содержанию азота зеленая масса люпина близка навозу (люпин — 2,1, навоз — 2,65% к сухой массе). Коэффициент использования азота люпина — 20—25%, т. е. не меньше чем навоза. По данным бывшей Судогодской опытной станции, однолетний люпин, возделываемый на корм, оставляет 80—160 ц/га корневых и пожнивных остатков. Многолетний люпин накапливает до 20—30 т/га и более корней, из которых при коэффициенте гумификации 0,15—0,20 в почве образуется до 2—4 т/га свежего гумуса. Запашка всей массы люпина на удобрение, исходя из содержания в ней азота, может заменить собой внесение в почву 30—80 т навоза, или 150—400 т/га азота.

Однолетний люпин на зеленое удобрение под озимые высевают в качестве самостоятельной культуры в парах, а под яровые — как промежуточную культуру. Для промежуточных посевов наиболее пригодны скоро-

спелые сорта люпина. Перспективен подсев многолетнего люпина к озимой ржи с запашкой его массы осенью или рано весной под картофель или под яровую культуру. Применение сидератов на малоплодородных песчаных почвах в занятом пару повышает урожай зерна озимых на 5—8 ц/га, увеличивает содержание гумуса, особенно при систематической их запашке. Так, в опытах Новозыбковской опытной станции ВИУА после двукратного применения люпинового пара содержание гумуса в пахотном слое рыхлых песчаных почв увеличилось до 0,6% против 0,33% по унавоженному пару (исходное содержание гумуса 0,15%). На супесчаных почвах той же опытной станции в результате применения зеленого удобрения количество гумуса в пахотном слое увеличилось с 0,45 до 0,87%.

В восьмилетних опытах на дерново-подзолистых почвах навоз и многолетний люпин оказывали примерно одинаковое влияние на содержание гумуса: количество гумуса возросло с 1,61—1,66 до 1,72—1,85% от массы почвы. Запахивание только надземной массы люпина мало влияло на содержание гумуса в почве. Запахивание всей растительной массы (надземной части и корней) и запахивание корневых и пожнивных остатков примерно одинаково повышало коли ство гумуса (до 1,73—1,77 и 1,69—1,80%). Наиболее эффективной была весенняя запашка (К. И. Довбан, 1981).

Запаханная масса зеленых удобрений (люпина и других бобовых) в связи с обогащенностью ее легкоразлагаемыми углеводами и другими органическими соединениями и узким отношением С: N быстро минерализуется в почве, при этом бурно развивающиеся микроорганизмы могут осваивать и часть перегноя почвы. Одним из важных способов регулирования разложения зеленой массы является увеличение глубины ее заделки в почву. При заделке на глубину 30 см и более разложение растительной массы сидератов существенно задерживается в связи с меньшим доступом воздуха и преобладанием на этой глубине анаэробных условий. Разложение замедляется также при запахивании сидератов в поздний период, когда их масса обогащается целлюлозой и лигнином, а отношение С: N расширяется. Другой прием улучшения условий образования гумуса из зеленого удобрения — добавление к зеленой массе сидерата органического вещества с более широким отношением С: N (солома, корни злаковых трав и др.), а также комбинирование его с навозом, навозной жижей.

В качестве поукосных и пожнивных культур на зеленое удобрение или на корм и удобрение на дерновоподзолистых почвах используют также рапс, редьку масличную, горчицу, горохово-овсяную и вико-овсяную смеси, озимую рожь и др. Их возделывание позволяет без сокращения площади хозяйственных посевов дополнительно к органическим удобрениям, применяемым в севообороте, ежегодно вносить в почву от 25 до 80 ц/га сухого органического вещества корневых и пожнивных остатков без затрат на вывозку, разбрасывание и заделку. Зеленое удобрение наиболее целесообразно использовать на полях и участках, которые находятся далеко от скотных дворов, так как это исключает затраты на погрузку, вывоз и внесение навоза или компоста.

Промежуточные бобовые сидераты накапливают до 350—400 кг/га экологически чистого биологического азота и обеспечивают прибавку урожая первой культуры в среднем: картофеля — 60—90 ц/га, силосных культур (кукурузы и подсолнечника) — 50—150, зерна гречихи — 5—8, ячменя, овса, озимой ржи — 6—10 ц/га и более (К. И. Довбан, 1987). Установлено высокое последействие сидератов на вторую и последующие культуры. Поэтому в районах с нормальной и повышенной влажностью вместо чистых паров целесообразно использовать сидеральные пары.

Из органического вещества зеленого удобрения в связи с его повышенной минерализацией в почве образуется меньше гумуса, чем из того же количества органического вещества навоза. Если коэффициент гумификации органического вещества навоза принять за 1, то для зеленого удобрения он составит 0,4. Но в связи с большой массой запахиваемого зеленого удобрения содержание гумуса в почве, как правило, пополняется.

Известкование наряду с ликвидацией избыточной кислотности почв способствует накоплению в них азота и гумуса, так как гумификация проходит быстрее и активнее в менее кислой и более богатой кальцием среде. При наямчии кальция образуются устойчивые, менее растворимые в воде гумусовые вещества, минерализация которых замедленна.

Примером сильно гумусированных почв являются

рендзины (перегнойно-карбонатные почвы), в которых накопление большого количества гумуса (до 15—20%) обусловлено развитием их на богатых кальцием породах (известняках, мергелях).

Известкование улучшает условия развития клубеньковых бактерий бобовых трав и является важным приемом повышения фиксации атмосферного азота, накапливающегося в корневых остатках растений и участвующего затем в гумусообразовании. При этом гумификация обогащенного азотом органического вещества растительных остатков протекает полнее. В исследованиях темпы накопления органического азота на сильноизвесткованной делянке (3,3% CaCO<sub>3</sub>) были в 1,5 раза выше, чем на слабоизвесткованной.

### ОБРАБОТКА ПОЧВЫ И ЗАЩИТА ЕЕ ОТ ЭРОЗИИ

Обработка почвы играет большую роль в балансе гумуса. Чем чаще почву обрабатывают, тем больше минерализуется гумуса. Это объясняется тем, что разложение органического вещества наиболее энергично происходит в анаэробных условиях, т. е. при доступе воздуха. Часть продуктов минерализации (азот, углекислота) усваивается растениями, другая часть непроизводительно теряется. Особенно возрастает минерализация гумуса при обработке чистых паров и пропашных культур. С увеличением доли пропашных культур в севообороте в 3 раза (с 25 до 75%) минерализация гумуса возрастает в 4 раза (с 0,5 до 2 т/га). В длительном опыте ТСХА 60-летнее парование поля снизило запасы гумуса в дерново-подзолистой почве наполовину. По другим данным, при паровании черноземов Предуралья и Поволжья потери гумуса за 9 лет составили 20% запасов пахотного слоя. Все это вызывает необходимость применения приемов рациональной (минимальной) обработки почвы.

Сокращение числа обработок почвы, замена глубокой отвальной вспашки мелкими поверхностными обработками, использование вместо механической химической прополки, уменьшение обрабатываемой поверхности (полосное земледелие) и т. д. снижают минерализацию гумуса, уменьшают его непроизводительные потери.

Исследования на выщелоченных черноземах Запад-

ной Сибири (СибНИИСХоз) показали, что количество гумуса в слое почвы 0,25 см после ежегодной поверхностной обработки (на глубину 8—10 см) через 12 лет использования под бессменную озимую пшеницу не уменьшилось, в то время как при ежегодной вспашке (на глубину 20—22 см) убыль гумуса в почве составила 22% по сравнению с исходным уровнем. В севообороте содержание гумуса в почве при поверхностной обработке через 12 лет заметно возросло, улучшилось его качество, что выразилось в уменьшении доли фульвокислот в его составе и увеличении отношения  $C_{r\kappa}$ :  $C_{\phi\kappa}$  (с 1,8 на целине до 1,59 по вспашке и до 2,4 по поверхностной обработке).

На дерново-подзолистых почвах в 20-летнем полевом опыте ТСХА наиболее эффективной была поверхностная дисковая обработка, при которой относительное количество гумуса по сравнению со вспашкой увеличилось на 9,8%. В опыте ТСХА на дерновоподзолистой суглинистой почве фрезерная минимальная обработка почвы (на 8—10 см) также оказалась более благоприятной для накопления гумуса в почве. Через 8 лет опыта по этому варианту (при внесении навоза и NPK) содержание гумуса возросло на 0,22% по сравнению с исходным и достигло 1,87%, в то время как при обычной вспашке оно оставалось на прежнем уровне (1,57%).

Почвенным институтом им. В. В. Докучаева выделены зоны с ожидаемой высокой, сниженной и низкой эффективностью минимальных обработок почвы. Зона ожидаемой высокой эффективности совпадает с высоко- и среднегумусными почвами, имеющими водопрочную структуру и сохраняющими в течение вегетационного периода благоприятное для роста сельскохозяйственных культур сложение пахотного слоя. К этой категории относятся в основном черноземы.

Зона ожидаемой пониженной эффективности включает серые лесные, темно-каштановые и каштановые почвы, где число обработок уменьшают незначительно. К зоне с низкой эффективностью минимальной обработки относятся дерново-подзолистые, светло-серые, бурые, светло-каштановые, сероземные почвы с низкой водопрочностью структуры.

В Нечерноземной зоне целесообразно применение отдельных элементов минимальной обработки, например использование комбинированных агрегатов, вы-

полняющих за один проход несколько операций (культивацию, боронование, внесение удобрений и т. д.). В более полном объеме ее применяют в хозяйствах с высокой культурой земледелия, имеющих глубокий (не менее 25 см), однородный, очищенный от многолетних сорняков пахотный слой. Глубокую отвальную вспашку (раз в 3—5 лет) можно чередовать с поверхностными обработками (дискованием, фрезерованием) при уничтожении сорняков высокоэффективными гербицидами.

Важным приемом улучшения гумусового режима почв является глубокая запашка навоза и растительных остатков, при которой создаются условия для анаэробного разложения органического вещества, в результате минерализация его замедляется, а коэффициент гумификации повышается. В опытах НПО «Подмосковье», выполненных на дерново-подзолистых суглинистых почвах, при заделке навоза на границу пахотного и подпахотного горизонта (на глубину 18—27 см) содержание гумуса увеличилось с 1,6 до 2,3% при внесении 50 т/га навоза и до 2,8% — при внесении 100 т/га, а урожайность сельскохозяйственных культур повысилась на 16,6—19,3% против 7—10% при заделке обычным плугом.

Защита почвы от эрозии. Эрозия наносит большой ущерб плодородию почв, что выражается в потере верхней, наиболее плодородной, богатой питательными веществами и гумусом части пахотного горизонта.

Эрозионные потери гумуса часто достигают очень больших величин: у черноземов — 100—200 т/га, дерново-подзолистых почв — 30—50 т/га. Для восстановпотерь гумуса применяют комплекс ления таких мероприятий по защите почв от смыва и дефляции. В этот комплекс входят организационно-хозяйственные, лесомелиоративные, агро- и гидротехнические мероприятия. Сюда относятся меры по правильному (с учетом эрозионной опасности земель) размещению сельскохозяйственных угодий на территории землепользования, посадка полезащитных лесных и приовражных полос, введение и освоение правильных севооборотов с набором культур, защищающих растительным покровом почву от смыва и выдувания, а также агротехнические приемы. Особенно большое значение имеет при этом противоэрозионная обработка почвы, которую дифференцируют в зависимости от почвенно-климатических условий и особенностей землепользования конкретного хозяйства.

Если защита почв от эрозии в том или ином хозяйстве не осуществляется или же проводится не в полной мере и продолжаются потери наиболее плодородной верхней части пахотного слоя, а вместе с ним и гумуса, никакие специальные приемы регулирования гумусового режима (например, внесение рекомендуемых в этих целях доз органических удобрений) не будут иметь ожидаемого эффекта, а бездефицитный и тем более положительный баланс гумуса в таких условиях практически не может быть обеспечен.

# РАСЧЕТ БАЛАНСА ГУМУСА И ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ

Баланс гумуса представляет разницу между его расходом или минерализацией при возделывании сельскохозяйственных культур и новообразованием в почве за счет гумификации пожнивно-корневых остатков и вносимых органических удобрений. Его рассчитывают с целью прогнозирования изменения содержания гумуса и определения потребности в органических удобрениях, предотвращающих снижение (бездефицитный баланс) или создающих условия для его постепенного накопления в почве (положительный баланс).

Убыль (минерализацию) почвенного гумуса определяют по расходу органически связанного азота при формировании урожая сельскохозяйственных культур. Так как содержание азота в гумусе составляет около 5%, то каждой части органического азота, отчуждаемой из почвы с урожаем культур (кроме бобовых), соответствует убыль двадцатикратного количества гумуса почвы. Размеры убыли азота и гумуса зависят от вида культурных растений, размеров отчуждаемого урожая, а также от величины текущего прихода азота в почву.

Зерновые культуры уносят с урожаем (зерно + солома) из почвы в среднем 3 кг азота на 1 ц основной и побочной продукции. Соответствующие потери гумуса, которые не компенсируются новообразованием гумусовых веществ из корней и стерни, выражаются в следующих величинах:

потери почвенного азота, кг/га 20 40 60 80 100 потери гумуса, ц/га 4 8 12 16 20

Используя общий подход, предложенный для расчета баланса гумуса И. В. Тюриным, А. М. Лыков (1985) конкретизировал его применительно к условиям Нечерноземной зоны. При этом исследованиями с меченым <sup>15</sup>N установлено и затем принято при расчетах гумусового баланса, что в условиях интенсивного земледелия при использовании высоких доз минеральных удобрений половина (50%) азота, отчуждаемого с урожаем основной и побочной продукции из почвы, является азотом гумуса. Непроизводительные потери гумуса, связанные с неодинаковой интенсивностью обработки почв и различиями в их механическом составе, рассчитывают, используя поправочные коэффициенты к выносу почвенного азота урожаем: для тяжелого суглинка — 0,8, среднего — 1, легкого суглинка — 1,2, супеси — 1,4 и песка — 1,8; для многолетних трав — 1, зерновых и других культур сплошного сева — 1,2, пропашных — 1,6. Потери азота гумуса в чистых парах определяются по интенсивной пропашной культуре.

Под бобовыми культурами учитывают поступление азота в почву из атмосферы. Принято, что поступление азота за счет азотфиксации составляет у многолетних бобовых трав 70%, у зернобобовых и однолетних бобовых — 60% от общего выноса азота урожаями этих культур. В смешанных посевах однолетних трав (вика, горох с овсом) с преобладанием бобовых растений (около 60%) поступление азота за счет азотфиксации составляет около 37% общего выноса.

Наиболее существенная приходная статья гумусового баланса в современном земледелии — поступление в почву органического вещества корневых и пожнивных остатков полевых культур. С ростом урожая количество их повышается, но на единицу урожая снижается.

На основании обобщения результатов исследований последних лет при расчете баланса гумуса в условиях Нечерноземной зоны нами приняты следующие усредненные коэффициенты гумификации пожнивно-корневых остатков: многолетние травы, люпин — 0,18; зерновые, зернобобовые культуры, однолетние травы, лен — 0,10; картофель, корнеплоды, овощи — 0,05. Сухое вещество навоза — 0,20.

В качестве примера приводим расчет баланса

Табанца 3, Расчет баланса гумуса в зернотравляюм савообороте ОПХ ВНИПТИОУ (почвы супесчаные дерново-подзолистые)

Hom op nons	Культура	Площадь, га	Плани- русмый урожей, м/ге	Вънос азота урежавм, иг/га		Общий	Минера-	Hauon-	Образо-	
				scero	# 10M # 400 # 10M # 10M # 10M # 10M	расход азота почвы, кт/га	янзация гумуса, ц/го	MODHES ME OCTATEOR, U/Fa	вание гум уса, ц/га	rymyca, ± q/ra
1	2	3	4	5	6	7	8	•	10	11
1	Ячмень	84	25	62,5	31,25	52,5	10,5	30	4,5	6,0
	Однолетние травы	55	250	75	37,5	63	12,6	37,5	5,6	<b>—7,0</b>
2	<b>Многолетние травы</b>	20	50	130	19,5	27,3	5,5	65	11,7	+6,2
	Osec	23	26	75,4	37,7	63,3	12,7	31,2	4,7	8,0
3	Люпин (зеленая масса)	45	300	120	18	25,2	5,0	51	9,2	+4,2
4	Озимая рожь	69	26	67,6	33,8	56,8	11,4	33,8	5,1	6,3
	He 1 re			80,3	30,7	55,0	11,0	39,2	6,95	-4,05

гумуса в зернотравяном севообороте ОПХ ВНИПТИОУ (Владимирская область, табл. 3). Исходя из планируемого урожая, используя справочные данные, определяют общее потребление азота (кг/га) урожаем с учетом его азотфиксации под бобовыми, в том числе из почвы. Доля почвенного азота в формировании урожая зависит от доз удобрений: при высоких дозах минерального азота (более 80—90 кг д. в. на 1 га посева) она составляет около 50%, при более низких дозах — увеличивается до 55—60% и более,

К последней величине вводят поправочные коэффициенты на механический состав почвы (в данном случае 1,4) и интенсивность ее обработки (поправка на культуру). Получают общий расход почвенного азота. Умножая его на 20 (коэффициент перевода азота в гумус), рассчитывают минерализацию гумуса под возделываемой культурой.

Затем рассчитывают накопление пожнивно-корневых остатков и образование из них гумуса. В итоге определяют баланс гумуса под отдельными культурами и в целом по севообороту. По дефициту гумуса определяют потребность в навозе для его бездефицитного баланса (в тоннах на 1 га пашни и на всю площадь севооборота).

Из таблицы 3 видно, что минерализация гумуса на 1 га севооборотной площади составляет 11,0 ц, новообразование (за счет пожнивно-корневых остатков) — 6,95 ц/га, а баланс гумуса (11,0—6,95 ц/га) в целом имеет отрицательный характер — минус 4,05 ц/га.

Потребность в органических удобрениях рассчитывают, исходя из содержания в навозе сухого органического вещества и коэффициента его гумификации. В 1 т обычного подстилочного навоза (с влажностью до 75%) содержится около 250 кг сухого вещества, из каждой тонны такого навоза в супесчаной дерновоподзолистой почве (коэффициент гумификации 0,20) образуется 50 кг гумуса. Следовательно, для покрытия образующегося дефицита гумуса (—4,05 ц/га) в принятом севообороте при планируемой урожайности необходимо внесение на 1 га севооборотной площади 8,1 т подстилочного навоза (4,05 ц:0,50 ц), или 2398 т (8,1 т/га · 296 га) в расчете на всю площадь.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Довбан К. И. Применение зеленых удобрений в интенсивном земледелии.— Минск: Ураджай, 1981.

Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использова-

ние и охрана.— М.: Наука, 1981.

Крылатов А., Муртазин Р., Жиров А. Гумус — определяющий фактор плодородия почв//Сельское хозяйство России.— 1983.

Культура люпина в повышении плодородия легких почв Нечерноземной зоны СССР/Методические рекомендации.— М.: Колос, 1984.

Колмаков П. П. Минимальная обработка почвы.— М.: Колос, 1981.

Листопадов М. Н., Шапошникова Н. И. Плодородие почвы в интенсивном земледелии.— М.: Россельхозиздат, 1984.

Лошаков В. Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны.— М.: Россельхозиздат, 1980.

Лыков А. М. Гумус и плодородие почв.— М.: Московский рабочий, 1985.

Левин Ф. И. Вопросы окультуривания, деградации и повышения плодородия пахотных почв.— М.: Изд-во МГУ, 1983.

Орлов Д. С., Лозановская И. Н., Попов П. Д. Органическое вещество почв и органические удобрения.— М.: Изд-во МГУ, 1985.

Русский чернозем. 100 лет после Докучаева.— М.: Наука, 1983.

Щербаков А. П., Рудай И. Д. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ.— М.: Колос, 1983.

### СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПОЧВЕ, ЕГО СОСТАВ И СВОЙСТВА
ВЛИЯНИЕ ГУМУСА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ, ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ
И УРОЖАЙ
ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И КАЧЕСТВА ГУМУСА ПРИ
ВРОП ИИНАВОЕЛОПОИ МОННЭВТОЙКЕОХОЙОНЭО
БАЛАНС ГУМУСА И ПУТИ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
Роль культурных растений и севооборота в регулировании баланса гумуса
Применение удобрений
Обработка почвы и защита ее от эрозии
РАСЧЕТ БАЛАНСА ГУМУСА И ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ОРГА-
НИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ
CRIACOV RIATED A TVOLI

# Жуков А. И., Попов П. Д.

Ж38 Регулирование баланса гумуса в почве.— М.: Росагропромиздат, 1988.— 40 с.— (Б-чка «Рациональное использование органических удобрений»).

В брошюре рассматривается значение органического вещества в воспроизводстве почвенного плодородия. Показаны пути повышения содержания гумуса в почве. На примере передовых хозяйств даны эффективные способы восстановления плодородия пахотных земель. Рассчитана на специалистов и руководителей хозяйств.

ж 3802020000— 132 M104[03]—88