

УДК 631.417:631.164.22

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГУМУСОВОГО БАЛАНСА ПОЧВЫ В ИНТЕНСИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

А. М. ЛЫКОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Успешное выполнение задач, поставленных перед земледелием Черноземной зоны РСФСР, в значительной мере зависит от коренного повышения плодородия дерново-подзолистых почв.

В индустриальном специализированном земледелии почва как средство производства должна отвечать следующим требованиям:

1. Не только содержать достаточное количество питательных веществ и воды, но и обладать хорошо выраженной «трансформационной» функцией, т. е. в качестве посредника максимально эффективно воспринимать, аккумулировать и равномерно предоставлять растениям воду и питательные вещества, вносимые с удобрениями, а также обеспечивать условия оптимального воздушного и теплового режимов.

2. Быть пригодной для использования современных высокопроизводительных машин и орудий, применения новейших технологий обработки и выращивания полевых культур, быть устойчивой к различного рода факторам разрушения.

3. Характеризоваться сильно выраженной фитосанитарной функцией, т. е. способностью устранять в минимальные сроки явления «почвоутомления» при возделывании культур в узкоспециализированных севооборотах.

Повышение плодородия дерново-подзолистых почв чаще всего сдерживается вследствие объективных причин: недостатка органических и минеральных удобрений, извести, не всегда агротехнически благоприятной структуры посевных площадей и т. п. Определенным тормозом в этом важнейшем деле являются имевшие широкое распространение в прошлом и окончательно не изжитые до настоящего времени субъективные теории, в частности о «саморазвитии» почвенного плодородия (урожай — первопричина, плодородие почвы — следствие). Эта «теория» является результатом не критического перенесения на условия пахотных почв важнейшего положения о первостепенной роли биологического фактора в развитии плодородия почв под естественными фитоценозами. В условиях интенсивно используемых пахотных почв воспроизводство и увеличение почвенного плодородия невозможны без расширенного воспроизводства и поступления в почву питательных элементов и органического вещества.

Отсюда следует, что программирование почвенного плодородия в индустриальном земледелии необходимо в той же мере, что и программирование урожаев полевых культур. При этом большое значение имеют выбор обоснованных показателей плодородия, их универсальность и возможность практического использования [1, 4, 5, 9, 11—13].

Проведенные нами исследования показали, что при интенсивном земледелии важнейшим интегральным показателем высокого плодородия и окультуренности дерново-подзолистых почв является содержание в них органического вещества [3, 6, 7, 12].

Необходимость производственного регулирования баланса органического вещества в таких почвах теоретически обосновывается прямой

тесной зависимостью физических, физико-химических и технологических свойств пахотной почвы от содержания в ней гумуса; решающим влиянием органического вещества на биологические свойства почвы; участием органического вещества в превращении внесенных в почву с удобрениями питательных элементов, в частности азота; усилением регуляторного влияния органического вещества почвы при интенсивном применении минеральных удобрений и других приемов интенсивного земледелия.

Установлено, что при внесении высоких доз минеральных удобрений эффективность их удваивается, если содержание углерода в почве возрастает от 0,5—1,0 до 1,5—2,0% [6]. Одновременно повышается устойчивость урожаев по годам и улучшаются химический состав и качество продукции. Обогащение дерново-подзолистой почвы гумусом способствует также значительному снижению эксплуатационных затрат на обработку почвы при одновременном расширении интервала влажности, обеспечивающего поддержание почвы в спелом состоянии.

Вместе с тем в системе агрохимической службы СССР, учрежденной в 1964 г., показатели органического фонда почвы отсутствуют. Определение содержания гумуса в пахотных почвах предполагается лишь в перспективе.

Учитывая необходимость в прогнозировании и регулирования баланса органического вещества в пахотных дерново-подзолистых почвах, мы на основе предлагаемых нами исходных положений разработали расчетную методику определения гумусового баланса в севообороте. Широкое использование ее для программированного регулирования гумусового баланса в системе агрохимической службы СССР, по нашему мнению, обеспечит значительное повышение эффективности минеральных удобрений в ближайшей перспективе. Необходимо отметить, что в агрономической литературе этому вопросу уделяется недостаточное внимание [12].

Расчетное прогнозирование гумусового баланса в севообороте не связано с дополнительными затратами и легко осуществимо в условиях хозяйства.

Исходными положениями при прогнозировании гумусового баланса в севообороте являются научно обоснованные статьи расхода — прихода органически связанного углерода в интенсивно используемой пахотной почве.

Расходной частью гумусового баланса является минерализация органического вещества почвы в условиях принятой технологии производства и вынос его из корнеобитаемого слоя за счет вертикального и поверхностного стока.

Приходная часть гумусового баланса складывается из поступления органического вещества с корневыми и пожнивными остатками полевых культур; с навозом и другими органическими удобрениями; с семенами и посадочным материалом; связывания некоторого количества углекислого газа атмосферы сине-зелеными водорослями.

По нашим данным, вымывание органического вещества из пахотного слоя длительного опыта Тимирязевской академии не превышает 30—40 кг углерода на 1 га в год. С поверхностным стоком дерново-подзолистые пахотные почвы теряют за год максимум 80—100 кг/га [10].

Поступление органического вещества с продуктами жизнедеятельности почвенных водорослей и с семенным материалом незначительно и колеблется в пределах 100—200 кг углерода на 1 га. Имеющиеся в литературе данные о большей роли почвенных водорослей и в целом микроорганизмов почвы в гумусовом балансе почвы [2] еще нельзя считать точными и использовать при расчетах. Тем не менее есть все основания полагать, что поступление органического вещества с продуктами жизнедеятельности автотрофных водорослей и с семенным материалом в дерново-подзолистых почвах полностью возмещает расход органического вещества вследствие вертикального и поверхностного стоков.

Таким образом, для упрощения расчетов вполне допустимо пренебречь указанными выше расходно-приходными статьями гумусового баланса пахотной дерново-подзолистой почвы.

В процессе минерализации гумуса образуются минеральные формы азота, которые используются растениями и микрофлорой почвы. Исходя из причинной количественно точно установленной связи содержания азота с содержанием углерода (С : N в гумусовых веществах пахотной дерново-подзолистой почвы в среднем 10 : 1) при расчете гумусового баланса прежде всего следует учитывать вынос азота с урожаем полевых культур. При внесении невысоких доз минерального азота последний участвует в создании урожая наряду с азотом гумуса. Использование растениями внесенного минерального азота определяется по нормативным данным. При больших его дозах, когда количество доступного азота равно или превосходит вынос его запланированным урожаем, можно принять (на основании результатов исследований Ф. В. Турчина, П. М. Смирнова, Д. А. Коренькова, Н. А. Сапожникова и собственных данных), что половина вынесенного растениями азота почвенного происхождения. Вынос азота с запланированным урожаем определяется по справочным данным.

При расчете гумусового баланса необходимо также исходить из того, что эффективность использования азота гумуса зависит от механического состава почвы и характера полевых культур. Это учитывается с помощью специальных (поправочных) коэффициентов.

Поправочные коэффициенты использования азота почвы для разных по механическому составу дерново-подзолистых почв и разных полевых культур следующие: для тяжелого суглинка — 0,8; среднего суглинка — 1,0; легкого суглинка — 1,2; супеси — 1,4; песка — 1,8; для многолетних трав — 1,0; зерновых и других однолетних культур сплошного посева — 1,2; пропашных — 1,6 [6].

Использование азота минеральных удобрений (при рекомендуемых дозах) равно 50%, навоза — 25, растительных остатков — 50. Обеспеченность потребности клевера в азоте за счет азота атмосферы в вариантах без удобрений принята за 80%, при внесении удобрений — 70%; для вико-овсяной смеси — соответственно 20 и 10%.

Наиболее существенной приходной статьёй гумусового баланса в современном земледелии является поступление в почву органического вещества корневых и пожнивных остатков полевых культур. Количество растительных остатков с ростом урожаев абсолютно повышается, однако на единицу урожая, наоборот, снижается.

На основе статистического анализа собственных и литературных данных об урожаях и количествах растительных остатков рассчитаны уравнения линейной регрессии, которые позволяют быстро определять количество растительных остатков, поступающих в почву.

Для озимой пшеницы (в диапазоне урожаев от 10 до 50 ц/га) уравнение регрессии имеет вид $Y = 0,41X + 19,88$; для ячменя (в том же диапазоне урожаев) — $Y = 0,54X + 10,11$; для картофеля (при урожаях 70—250 ц клубней на 1 га) — $Y = 0,07X + 3,54$; для кукурузы на силос (при урожаях 120—360 ц/га) — $Y = 0,1X - 6,27$; для вико-овсяной смеси (при урожаях 15—65 ц сена) — $Y = 0,25X + 14,74$; для клеверо-злаковых смесей (при урожаях 20—100 ц сена на 1 га) — $Y = 0,23X + 35,11$; для льна $Y = 3,12X - 3,19$. Здесь Y — количество растительных остатков (сухое вещество), оставляемое культурой на поле; X — урожаем культуры (основная продукция).

При необходимости уточнения уравнений регрессии (расширение диапазона урожаев, учет почвенной разности и т. д.) должны быть проведены дополнительные расчеты с привлечением по возможности большего количества данных, полученных для конкретных условий.

Коэффициенты гумификации (изогумусовые коэффициенты) органического вещества растительных остатков и навоза рассчитываются по

углероду. Для этого нами были использованы как собственные, так и литературные данные.

Для упрощения расчетов предлагаются единые коэффициенты гумификации. В дальнейшем, естественно, возникнет необходимость уточнения этих показателей в зависимости от механического состава почвы, системы удобрения и др.

Приняты следующие значения коэффициентов гумификации: для растительных остатков зерновых культур, зернобобовых, многолетних трав и льна — 25 %, для кукурузы и других силосных культур — 15, для картофеля и овощей — 8, навоза — 30, соломы на удобрение — 25 %.

Проверка правильности предлагаемой здесь методики расчета гумусового баланса была проведена на экспериментальной базе академии «Михайловское» Подольского района Московской области путем сравнения расчетных моделей гумусового баланса в двух 4-польных и двух 5-польных севооборотах при четырех вариантах удобрения (без удобрений; $N_{50}P_{75}K_{90}$; навоз 15 т/га; $N_{50}P_{75}K_{90}$ +навоз 15 т/га) и двух глубинах основной обработки почвы (20—22 и 30—32 см) с фактически определенным балансом. Полученные результаты показали правильность выбранных исходных положений и самой методики прогнозирования гумусовых балансов.

Применив указанную методику на материалах других длительных опытов, проводимых в Нечерноземной зоне РСФСР на разных почвах, мы получили дополнительные подтверждения ее правильности. Кроме того, на основе анализа обширного материала этих опытов были получены поправочные коэффициенты для дерново-подзолистых почв разного механического состава и разных полевых культур.

Ниже приводятся примеры расчета гумусового баланса почвы в 4-польном севообороте для двух систем удобрения: принятых в хозяйстве и высоких дозах.

Севооборот зерновой: пар занятой (картофель ранний) — озимая пшеница — ячмень — озимая пшеница. Почва дерново-подзолистая, слабо окультуренная, по механическому составу легкий суглинок. Система удобрения — принятые в хозяйстве дозы: под картофель вносится 20 т навоза на 1 га и $N_{40}P_{60}K_{40}$; под озимые — $N_{60}P_{60}K_{40}$; под ячмень — $N_{60}P_{40}K_{40}$; под озимые после ячменя — $N_{60}P_{60}K_{40}$. Запланированные урожаи картофеля — 150 ц/га, озимой пшеницы — 20, ячменя — 15 ц/га.

Прогнозирование гумусового баланса в севообороте проводится по форме, представленной в табл. 1.

Рассмотрим порядок расчета для поля раннего картофеля.

В графе 3 дается произведение выноса азота с урожаем ($150 \text{ ц} \times 0,5 = 75 \text{ кг/га}$), поправочного коэффициента на почвенную разность (1,2) и поправочного коэффициента для пропашной культуры (1,6). В графе 4 показано количество доступного растениям азота в 20 т среднего по качеству навоза ($20 \text{ т} \times 0,5 \times 25 \%$, где последнее число — использование азота растениями). В графе 5 дано возможное поступление азота из минеральных удобрений ($40 \text{ кг} \times 50 \%$). Чтобы получить данные графы 6, нужно сначала определить количество растительных остатков в почве после картофеля по формуле $Y = 0,07X + 3,54$, где Y — количество сухого вещества растительных остатков, ц/га; X — урожай клубней. Следовательно, $Y = 0,07 \times 150 + 3,54 = 14,04$. Содержание азота в растительных остатках около 1 %, использование азота растениями 50 %. Количество доступного азота, таким образом, составит $14,04 \times 1 \% \times 50 \% = 7 \text{ кг}$. В графе 7 приведено суммарное количество доступного растениям азота удобрений и растительных остатков. В графе 8 показано, какое количество гумуса должно минерализоваться для покрытия дефицита азота при выращивании запланированного урожая. Оно получается от умножения разности граф 3 и 7 (дефицита) на 10 (соотношение C:N в гумусе). Количество новообразованного гумуса (графа 9) определяется с использованием коэффициентов гумификации

Прогноз гумусового баланса (по углероду)
в специализированном зерновом севообороте

Культуры севооборота	Планируемый урожай, ц основной продукции на 1 га	Вынос с урожаем	Гоступление				Минерализуется гумуса для покрытия дефицита	Количество новообразованного гумуса	Нетто-баланс гумуса
			из навоза	из минеральных удобрений	из растительных остатков	всего			
№ графы	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Картофель ранний	150	144	25	20	7	52	920	795	-125
Оз. пшеница	20	72	—	30	14	44	280	282	+2
Ячмень	15	56	—	30	9	39	170	182	+12
Оз. пшеница	20	72	—	30	14	44	280	282	+2
Итого									-109

Примечание. При принятой системе удобрения для покрытия дефицита гумуса в севообороте необходимо вносить дополнительно за ротацию 3 т навоза или 1 т соломы на 1 га.

и содержания углерода в растительных остатках. Так, из растительных остатков картофеля образуется гумуса $14,04 \times 40\%$ (содержание углерода) $\times 8\%$ (коэффициент гумификации) — 44,9 кг, из навоза — соответственно $20 \times 50\%$ (содержание углерода) $\times 30\%$ (коэффициент гумификации) = 750. Суммарное количество новообразованного гумуса равно $44,9 + 750 \approx 795$ кг углерода.

В графе 10 показан нетто-баланс углерода (разность граф 9 и 8).

Рассчитав баланс гумуса по каждой культуре, определяем суммированием баланс гумуса за всю ротацию севооборота или средний баланс за год. Далее выявляется возможное дальнейшее улучшение гумусового баланса и конкретно указывается накопление органического вещества на 1 га пашни.

Таблица 2

Прогноз гумусового баланса (по углероду) в специализированном зерновом севообороте при высоких дозах минеральных удобрений и навоза (40 т/га под ранний картофель)

Культуры севооборота	Планируемый урожай, ц основной продукции на 1 га	Вынос азота с урожаем		Минерализуется гумуса почвы	Количество новообразованного гумуса			Нетто-баланс	
		всего	в т. ч. из почвы		навоза	растительных остатков	всего		
									кг/га
№ графы	2	3	4	5	6	7	8	9	
Картофель ранний	200	192	96	960	1500	56	1556	+596	
Оз. пшеница	40	144	72	720	—	363	363	-357	
Ячмень	30	108	54	540	—	263	263	-277	
Оз. пшеница	40	144	72	720	—	363	363	-357	
Итого									-395

Примечание. Для покрытия дефицита гумуса необходимо дополнительно вносить за ротацию 10 т навоза на 1 га или 4 т соломы на 1 га.

Представленные в табл. 1 данные показывают не только состояние баланса углерода в севообороте, но и направление его изменения. Из этой таблицы следует также, что минерализация гумуса выше под картофелем ранним. По технологическим соображениям в этом поле удобно увеличить дозу навоза до 23 т/га, обеспечив тем самым бездефицитный баланс гумуса в севообороте.

В табл. 2 приводятся данные о балансе гумуса в том же севообороте при внесении высоких доз минеральных удобрений, обусловивших резкое увеличение урожаев полевых культур. В этом варианте принято, что половину азота растения потребляют из почвенных запасов, а другую половину — из минеральных и органических удобрений и растительных остатков. Как следует из табл. 2, баланс органического вещества почвы остается дефицитным, несмотря на удвоение дозы навоза под картофель (40 т вместо 20 т/га, вносимых в первом варианте прогноза). При невысоких дозах удобрений для обеспечения бездефицитного баланса гумуса требовалось внесение примерно 5 т навоза на 1 га, при высоких — уже около 10 т/га. Таким образом, регулирование гумусового баланса по мере увеличения применения минеральных удобрений и роста урожаев становится все более необходимым.

Для большинства пахотных почв Нечерноземной зоны РСФСР требуется не только создание бездефицитного баланса, но и быстрее накопление гумуса. Расчетный метод определения гумусового баланса позволяет контролировать этот процесс и моделировать необходимые и возможные в данных условиях темпы обогащения почвы органическим веществом. Решающими мерами для повышения гумусированности интенсивно используемой дерново-подзолистой почвы является возрастающее применение органических удобрений, в частности соломы, экономически обоснованное расширение площади под многолетними травами, введение в севооборот промежуточных культур на удобрение. Каждая тонна среднего по качеству навоза дает около 40 кг углерода, или 65—75 кг гумуса. Каждая тонна соломы, использованной для удобрения почвы, дает 100 кг углерода, или 170—180 кг гумуса.

При урожае сена многолетних трав 40—50 ц/га содержание углерода в почве повышается на 5—6 ц/га (800—900 кг гумуса на 1 га). Как было показано выше, повышение гумусированности пахотных дерново-подзолистых почв с 1,0 % углерода в слое 0—20 см до 2 % примерно вдвое повысит окупаемость минеральных удобрений, применяемых в зоне. Однако решение этой задачи непростое дело, поскольку увеличение запаса углерода на 1 га в слое 0—20 см на 2,5—3,0 ц/га повышает гумусированность всего только на 0,01 % С.

Важнейшим условием обогащения дерново-подзолистых почв гумусом является полная замена чистых паров занятыми. Каждый гектар чистого пара разрушает такое количество гумуса, которое могут возместить примерно 4 га многолетних трав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н. С. О потенциале растений и преодолении вредного действия удобрений при высоких урожаях. — Вестн. с.-х. науки, 1978, № 10, с. 52—62. — 2. Аристовская Т. В. Теоретические аспекты численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. — В кн.: Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. Л., «Наука», 1972, с. 7—20. — 3. Егоров В. В. Органическое вещество почвы и ее плодородие. — Вестн. с.-х. науки, 1978, № 5, с. 15—20. — 4. Кулаковская Т. Н. Прогнозируемый уровень плодородия почв

Белоруссии. — В кн.: Проблемы индустриализации с.-х. производства. Минск, 1973, с. 153—165. — 5. Кулаковская Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. Минск, «Урожай», 1978. — 6. Лыков А. М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия. Автореф. докт. дис. М., 1976. — 7. Лыков А. М., Гриценко В. В., Вьюгин С. М. Влияние обработки на гумусовый баланс дерново-подзолистых почв в интенсивном земледелии. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 4, с. 3—11. — 8. Михнов-

ский В. К. Баланс питательных веществ и основные статьи их прихода и расхода в земледелии области. — В кн.: Почвы Московской области. М., «Московский рабочий», 1974, с. 573—618. — 9. Рюбензам Э., Рауэ К. Земледелие. Пер. с нем. М., «Колос», 1969. — 10. Соболев С. С. Борьба с эрозией почв. М., Россельхозиздат, 1968. — 11. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М., «Наука», 1965. — 12. Шеняв-

ский А. Л. Оценка плодородия почвы методом гумусового баланса. М. ВНИИТЭИСХ, 1973. — 13. Empfehlungen zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit und Erzielung einer hohen Ackerkultur bei Übergang zur industriemaßigen Pflanzenproduktion in den KAP, LPG— und VEG Pflanzenproduktion. Teil II, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 1976.

Статья поступила 11 мая 1979 г.

SUMMARY

Principles and methods of calculating humic balances of the soil in crop rotations are discussed. In forecasting humic balances one should take into consideration: the removal of nitrogen with the yield of crop, the efficiency of consumption of soil and fertilizer nitrogen depending on the kind of soil and the type of crop, the amount of crop residues (determined on the base of regression equations), differentiated humification coefficients. The technique of calculated balance of humus has been approved in field trials with four experimental crop rotations.