

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.86

ПОВЫШЕНИЕ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. М. Серая, И. М. Богдевич, Е. Н. Богатырева, И. С. Станилевич

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

Одним из главных показателей, определяющих плодородие дерново-подзолистых почв, является содержание органического вещества почвы. Гумус – главный компонент органического вещества почвы, представляет собой совокупность специфических (или гумусовых) и неспецифических органических веществ, потерявших свое анатомическое строение, является основой регулирования их агрофизических и биологических свойств. В почве постоянно происходят процессы образования и разрушения гумуса. В зависимости от того, какой процесс преобладает, содержание гумуса в почве увеличивается или уменьшается [1–4].

По влиянию на урожайность положительная роль гумуса в различных системах земледелия не одинакова. Наиболее полно его роль проявляется в органическом земледелии (экстенсивном) при полном отсутствии минеральных удобрений. В интенсивном земледелии обеспечение растений элементами минерального питания за счет гумуса уменьшается, а возрастает его экологическая роль. Оптимальные параметры содержания гумуса, при которых обеспечиваются высокие уровни урожаев сельскохозяйственных культур, зависят от гранулометрического состава дерново-подзолистых почв: для глинистых – 2,8–3,2 %, средне- и легкосуглинистых – 2,6–3,0 %, связносупесчаных – 2,4–2,8 %, рыхло-супесчаных – 2,2–2,6 %, песчаных – 2,0–2,4 %; для минеральных почв луговых земель – 3,5–4,0 % [5].

Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах всегда было невысоким, поэтому важно не только сохранить, но и повысить его запасы. Пути решения проблемы повышения запасов органического вещества в почвах пахотных земель следующие:

- увеличение объемов применения органических удобрений;
- регулирование соотношения пропашных культур и многолетних трав в структуре посевных площадей;
- возделывание промежуточных культур (пожнивных, поукосных);
- применение почвозащитных агроприемов, уменьшающих минерализацию гумуса и потери его с водной эрозией и дефляцией.

Кроме этого, для предотвращения угрозы дегумификации почв пахотных земель необходим поиск альтернативных мало затратных и эффективных источни-

ков пополнения органического вещества почвы. Запашка соломы в значительной степени оптимизирует физические свойства почвы, обеспечивает возврат в почву биофильных элементов [6–8]. При оценке соломы как органического удобрения важное значение имеет влияние ее на гумусовое состояние почв, обусловленное высоким содержанием в ней органического вещества, которое служит источником формирования различных гумусовых веществ [9].

Динамика органического вещества в почвах. За период с 1970 по 2018 гг., благодаря поддержанию положительного баланса гумуса в почвах, его средневзвешенное содержание в почвах пахотных земель увеличилось с 1,77 (1970 г.) до 2,24 % (2018 г.). За период между двумя последними турами крупномасштабного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных земель содержание гумуса в пахотных почвах увеличилось от 2,23 до 2,24 % (рис. 1).

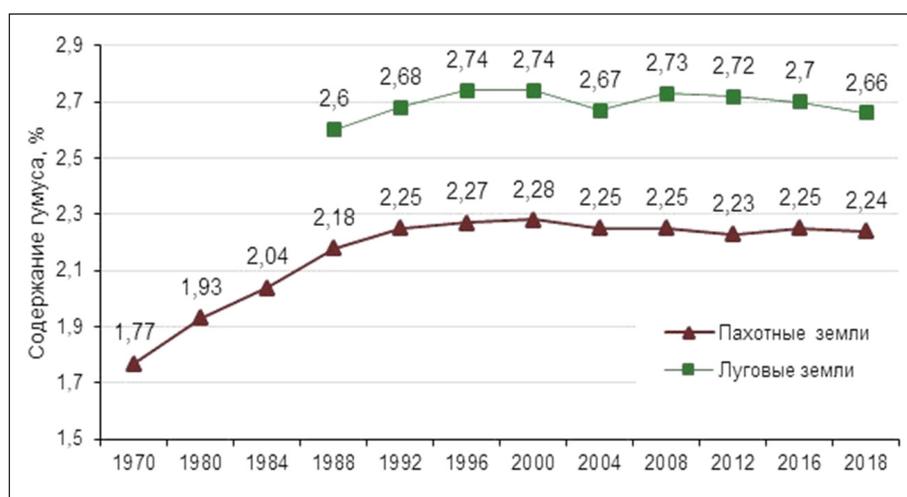


Рис. 1. Динамика содержания гумуса в почвах пахотных и луговых земель Беларуси

На содержание гумуса в пахотных почвах существенное влияние в период с 1970 по 1990 г. оказало применение высоких объемов органических удобрений – до 85–90 млн т, в составе которых использовалось до 50 млн т торфа. В среднем на почвах пахотных земель в 1986–1990 гг. вносилось 14,4 т/га органических удобрений. В этот же период в структуре пахотных земель на 1 га пропашных культур приходилось 2,0–2,7 га многолетних трав, что также благоприятно сказалось на содержании гумуса.

Распределение почв пахотных и луговых земель по группам содержания гумуса, по последним данным крупномасштабного агрохимического обследования почв (2015–2018 гг.), приведено в таблице 1. Почвы улучшенных луговых земель (сенокосов и пастбищ) характеризуются сравнительно более высоким содержанием органического вещества. Средневзвешенные показатели содержания гумуса различаются по областям: от 2,29 % в Могилевской области до 2,84 % в Брестской.

В 2020 г. завершился 14-й тур обследования и данные по агрохимической характеристике почв будучи скорректированы.

Таблица 1

Распределение пахотных и луговых земель по группам содержания гумуса по результатам обследования 2015–2018 гг.

| Область | Площади почв по группам содержания гумуса, % | | | | | | Средневзвешенное содержание, % | |
|-----------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| | < 1,0 | 1,01–1,50 | 1,51–2,00 | 2,01–2,50 | 2,51–3,00 | > 3,00 | 2018 г. | ± к 2000 г. |
| Пахотные земли | | | | | | | | |
| Брестская | 1,4 | 10,1 | 26,0 | 23,4 | 13,0 | 26,1 | 2,32 | –0,26 |
| Витебская | 0,1 | 2,8 | 19,3 | 28,9 | 22,3 | 26,6 | 2,49 | 0,14 |
| Гомельская | 0,1 | 4,5 | 24,0 | 29,5 | 17,5 | 24,4 | 2,39 | –0,08 |
| Гродненская | 2,3 | 26,4 | 39,9 | 20,0 | 7,0 | 4,4 | 1,84 | –0,06 |
| Минская | – | 3,2 | 23,0 | 36,9 | 25,1 | 11,8 | 2,35 | –0,07 |
| Могилевская | 0,4 | 16,4 | 41,7 | 26,1 | 9,7 | 5,7 | 1,98 | –0,04 |
| Беларусь | 0,7 | 10,2 | 28,5 | 27,8 | 16,1 | 16,7 | 2,24 | –0,04 |
| Луговые земли | | | | | | | | |
| Брестская | 0,3 | 3,2 | 8,7 | 12,1 | 11,8 | 63,9 | 2,84 | –0,12 |
| Витебская | 0,1 | 2,0 | 14,2 | 27,6 | 24,2 | 31,9 | 2,59 | 0,09 |
| Гомельская | 0,1 | 1,8 | 8,6 | 14,4 | 13,7 | 61,4 | 2,78 | 0,02 |
| Гродненская | 1,1 | 10,1 | 18,3 | 16,8 | 10,9 | 42,8 | 2,51 | –0,25 |
| Минская | – | 1,5 | 11,2 | 22,4 | 21,0 | 43,9 | 2,71 | –0,05 |
| Могилевская | 0,4 | 10,2 | 28,0 | 24,9 | 13,6 | 22,9 | 2,29 | –0,28 |
| Беларусь | 0,3 | 4,0 | 13,5 | 19,6 | 16,6 | 46,1 | 2,66 | –0,08 |

Оптимизация соотношения пропашных культур и многолетних трав в структуре посевных площадей. По количеству органического вещества, поступающего в почву в виде послеуборочных растительных остатков, сельскохозяйственные культуры делятся на 3 группы:

- многолетние бобовые, бобово-злаковые и злаковые травы;
- однолетние культуры сплошного сева – зерновые, зернобобовые, рапс, гречиха, лен;
- однолетние пропашные культуры – картофель, свекла, кукуруза, овощи.

Пропашные культуры характеризуются высоким выносом элементов питания с урожаем, но оставляют в почве небольшое количество послеуборочных растительных остатков. Культуры сплошного сева по количеству оставляемых растительных остатков занимают промежуточное положение между многолетними травами и пропашными культурами. Многолетние травы, оставляя в почве наибольшее количество растительных остатков, обогащают почву органическим веществом. Особенно высокий положительный эффект характерен для многолетних бобовых трав, благодаря их способности фиксировать атмосферный азот и вовлекать его в биологический круговорот.

За период с 1995 по 2012 гг. доля многолетних трав в структуре посевных площадей снизилась с 24,2 до 12,7 %, а доля пропашных культур за счет расширения площадей под кукурузой и сахарной свеклой увеличилась с 8,5 до 23,8 %. Так, если в 1996 г. на 1 га пропашных культур приходилось 2,8 га

многолетних трав, то к 2012 г. это соотношение в среднем по республике снизилось до 0,5 га.

С 2013 г. наметилась обратная тенденция – площади под пропашными культурами начали несколько снижаться, а под многолетними травами – увеличиваться. В 2019 г. на 1 га пропашных культур приходилось 0,7 га многолетних трав (табл. 2).

Таблица 2

Удельный вес многолетних трав и пропашных культур в структуре посевных площадей по областям

| Область | Год | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------------|
| | 1995 | | | 2012 | | | 2018 | | | 2019 | | |
| | Пропашные, % | Многолетние травы, % | Многолетние травы / пропашные | Пропашные, % | Многолетние травы, % | Многолетние травы / пропашные | Пропашные, % | Многолетние травы, % | Многолетние травы / пропашные | Пропашные, % | Многолетние травы, % | Многолетние травы / пропашные |
| Брестская | 13,0 | 17,6 | 1,4 | 28,0 | 11,5 | 0,4 | 25,2 | 14 | 0,6 | 26,6 | 14,0 | 0,5 |
| Витебская | 2,7 | 32,7 | 12,1 | 12,3 | 13,8 | 1,1 | 9,0 | 26,6 | 3,0 | 10,5 | 21,2 | 2,0 |
| Гомельская | 11,9 | 19,2 | 1,6 | 34,4 | 8,5 | 0,3 | 33,4 | 11,0 | 0,3 | 36,5 | 11,7 | 0,3 |
| Гродненская | 10,3 | 19,6 | 1,9 | 23,5 | 15,0 | 0,6 | 20,7 | 19,1 | 0,9 | 22,4 | 18,4 | 0,8 |
| Минская | 9,9 | 23,6 | 2,4 | 23,2 | 13,4 | 0,6 | 20,0 | 20,4 | 1,0 | 22,8 | 19,5 | 0,9 |
| Могилевская | 5,1 | 29,1 | 5,7 | 19,9 | 14,9 | 0,8 | 15,6 | 20,1 | 1,3 | 19,1 | 19,9 | 1,0 |
| Беларусь | 8,5 | 24,2 | 2,8 | 23,8 | 12,7 | 0,5 | 21 | 18,4 | 0,9 | 23,4 | 17,4 | 0,7 |

В сельскохозяйственных организациях и районах, где наблюдается снижение содержания гумуса в почвах пахотных земель, для обеспечения его бездефицитного баланса необходимо оптимизировать структуру посевных площадей с насыщением севооборотов многолетними бобовыми и бобово-злаковыми травами.

В таблице 3 приведен рекомендуемый удельный вес многолетних трав в структуре посевов на пашне и соотношение их с пропашными культурами по группам административных районов в зависимости от величины снижения содержания гумуса в почвах.

В 14 районах I группы, в которых содержание гумуса за 2 тура агрохимического обследования (2001–2018 гг.) снизилось на 0,21–0,41 %, а в структуре посевов на 1 га пропашных культур приходилось 0,6 га многолетних трав, для восстановления потерь органических веществ в почвах необходимо внедрение почвозащитных севооборотов с долей многолетних трав 25 % и более от площади пашни и соотношение площади многолетние травы / пропашные – 2,5 и выше.

В группе из 28 административных районов, где потери гумуса составили 0,11–0,20 %, рекомендуется в структуре посевов удельный вес многолетних бобовых и бобово-злаковых трав – 23–25 % и соотношение их к пропашным культурам – 1,8–2,0.

Таблица 3

**Рекомендуемый удельный вес многолетних трав в структуре посевов
на пашне и соотношение их с пропашными культурами
по группам районов в зависимости от величины снижения содержания гумуса
в почвах пахотных земель**

| Группа районов | Районы | Доля многолетних трав на пашне, % | Соотношение многолетних трав / пропашные культуры |
|----------------|---|-----------------------------------|---|
| I | Березовский, Брестский, Жабинковский, Ивановский, Ивацевичский, Кобринский, Ельский, Дзержинский, Минский, Бобруйский, Глусский, Могилевский, Осиповичский, Светлогорский | 25 и более | 2,5 |
| II | Дрогичинский, Ганцевичский, Каменецкий, Ляховичский, Пинский, Пружанский, Гомельский, Добрушский, Жлобинский, Калинковичский, Лельчицкий, Наровлянский, Петриковский, Рогачевский, Берестовицкий, Гродненский, Кореличский, Лидский, Островецкий, Ошмянский, Свислочский, Воложинский, Копыльский, Слуцкий, Солигорский, Столбцовский, Кировский, Славгородский | 23–25 | 1,8–2,0 |
| III | Районы, в которых не наблюдается снижения гумуса в почвах пахотных земель | 20–21 | 1,5–1,6 |

В районах, в которых не наблюдалось снижения содержания гумуса, рекомендуется сбалансированная структура посевов с долей многолетних трав на уровне 20 % от площади пашни и соотношение многолетних трав/пропашные культуры – 1,5–1,6.

Определение потребности в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель. В общем объеме поступающего в почву органического вещества доля растительных остатков составляет в среднем по республике 55 %, а доля органических удобрений – 45 %.

Максимальные объемы применения органических удобрений в республике были достигнуты в 1986–1990 гг., когда в среднем вносили 14,4 т/га пашни. С 1991 по 2006 г. наблюдалось сокращение объемов их внесения, а с 2007 г. наметилась тенденция увеличения доз внесения органических удобрений. В 2016–2019 гг. объемы их применения составили 47,8 млн т в год, или 9,6 т/га (табл. 4).

Таблица 4

**Динамика применения органических удобрений на пахотных землях
в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь**

| Годы | Внесено млн т в год | Внесено т/га в год | Доля торфа в органических удобрениях, % |
|-----------|---------------------|--------------------|---|
| 1981–1985 | 75,2 | 13,3 | 47 |
| 1986–1990 | 81,4 | 14,4 | 37 |

| Годы | Внесено млн т в год | Внесено т/га в год | Доля торфа в органических удобрениях, % |
|-----------|---------------------|--------------------|---|
| 1991–1995 | 61,1 | 11,6 | 5 |
| 1996–2000 | 40,7 | 8,1 | 3 |
| 2001–2005 | 28,7 | 6,3 | 2 |
| 2006–2010 | 36,8 | 8,0 | 1 |
| 2011–2015 | 48,6 | 10,2 | <1 |
| 2016–2019 | 47,8 | 9,6 | <1 |

Потребность в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель определяется на основании соотношения между пропашными культурами и многолетними травами в структуре посевов: чем меньше многолетних трав приходится на 1 га пропашных культур, тем выше должны быть дозы применения органических удобрений. Дозы органических удобрений, необходимые для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах, рассчитываются по формуле:

$$D_{\text{доу}} = \frac{(S_1 \cdot 420 + S_2 \cdot 1200 - S_3 \cdot 200) : K}{S_{\text{мин.пашни}}},$$

где $D_{\text{доу}}$ – доза органических удобрений, необходимая для поддержания бездефицитного баланса гумуса, т/га; S_1 – площадь культур сплошного сева на минеральных почвах (зерновые, зернобобовые, лен, рапс, гречиха, однолетние смеси); S_2 – площадь пропашных культур на минеральных почвах; S_3 – площадь многолетних трав на минеральных почвах; $S_{\text{мин.пашни}}$ – посевная площадь (на минеральных почвах); 420 кг/га гумуса необходимо восполнить за счет внесения органических удобрений для поддержания его бездефицитного баланса под культурами сплошного сева; 1200 кг/га гумуса необходимо восполнить за счет внесения органических удобрений для поддержания его бездефицитного баланса под пропашными культурами; 200 кг/га гумуса накапливается под многолетними травами; K – килограмм гумуса образуется из 1 т органических удобрений.

Для каждого конкретного хозяйства, района или области данный коэффициент рассчитывается следующим образом:

$$K = (S_{\text{сугл}} \cdot 50 + S_{\text{супесч}} \cdot 40 + S_{\text{песч}} \cdot 30) : (S_{\text{сугл}} + S_{\text{супесч}} + S_{\text{песч}}),$$

где $S_{\text{сугл}}$, $S_{\text{супесч}}$, $S_{\text{песч}}$ – площади суглинистых, супесчаных и песчаных почв, занятых под сельскохозяйственными культурами; 50 кг гумуса образуется из 1 т условного навоза на суглинистых почвах, 40 кг – на супесчаных и 30 кг – на песчаных почвах. Для Брестской области $K = 35$ кг, Витебской – 44, Гомельской – 34, Гродненской – 39, Минской – 41, Могилевской области – 43 кг, в среднем по республике $K = 40$ кг.

С учетом сложившейся структуры посевных площадей для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель республики потребность в органических удобрениях составляет 61974,0 тыс. т в год. На 1 га пашни необходимо применять ежегодно в среднем 12,5 т органических удобрений с колебаниями по областям от 8,3 т/га в Витебской области до 18,3 т/га в Гомельской области (табл. 5).

Таблица 5

Потребность в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель по областям республики

| Область | Требуется в год | |
|-----------------|-----------------|-------------|
| | тыс. т | т/га |
| Брестская | 10670,5 | 15,5 |
| Витебская | 6497,5 | 8,3 |
| Гомельская | 14728,4 | 18,3 |
| Гродненская | 8913,1 | 12,4 |
| Минская | 13548,3 | 11,7 |
| Могилевская | 7616,2 | 10,4 |
| Беларусь | 61974,0 | 12,5 |

Расчет возможных объемов производства органических удобрений и других источников для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель. Из видов органических удобрений наибольший эффект на воспроизводство органического вещества почвы оказывают подстилочный навоз, подстилочный птичий помет и торфонавозные компосты. Жидкий навоз, навозные стоки и органические удобрения, получаемые на выходе биогазовых установок (эффлюент), близки к минеральным удобрениям. Поэтому при учете и внесении органических удобрений все их виды переводятся в условный навоз, используя соответствующие коэффициенты. Доза внесения различных видов навоза устанавливается по содержанию в нем азота через коэффициенты корректировки в подстилочный навоз (табл. 6).

Таблица 6

Коэффициенты перевода различных видов органических удобрений в условный навоз при учете удобрений и их внесении

| Вид органических удобрений | Коэффициенты перевода органических удобрений в условный навоз | |
|--|---|--------------------|
| | при учете удобрений | при расчете их доз |
| Все виды подстилочного навоза, торфонавозного компоста | 1,0 | 1,0 |
| Полужидкий навоз крупного рогатого скота | 0,6 | 0,6 |
| Полужидкий свиной навоз | 0,6 | 0,8 |
| Жидкий навоз крупного рогатого скота | 0,2 | 0,35 |
| Жидкий свиной навоз | 0,2 | 0,45 |
| Навозные стоки | 0,06 | 0,1 |
| Куриный помет | 1,7 | 3,0 |
| Подстилочный помет | 2,0 | 4,0 |
| Сапропелевые удобрения органического типа | 0,5 | 0,8 |

Влияние органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур определяется в основном содержанием в них азота, в первую очередь в аммонийной форме. В подстилочном навозе доля аммонийного азота составляет 20–30 %, в жидком навозе – 50–70 %, в свиных навозных стоках – до 90 % от общего его содержания в удобрении. Эта форма азота хорошо усваивается растениями в первый год. Органически связанная часть азота в доступную для растений форму

превращается по мере минерализации органического вещества. В связи с этим жидкие органические удобрения по влиянию на урожайность более эффективны в год внесения, а для твердых органических удобрений характерно пролонгированное действие в течение 3–5 лет. Фосфор, содержащийся в жидком навозе, используется растениями лучше, чем фосфор минеральных удобрений. Калий в жидком навозе представлен растворимой формой и легко усваивается растениями.

В целом по Беларуси для расчета содержания элементов питания в условном навозе приняты средние величины содержания элементов питания из расчета на 1 т условного навоза: N – 3,5 кг, P₂O₅ – 1,8 кг, K₂O – 3,4 кг. В сельскохозяйственных организациях содержание элементов питания должно определяться в каждом конкретном виде навоза. На основании этих данных должны рассчитываться дозы внесения органических удобрений.

Нормативная прибавка от 1 т условного навоза для озимых зерновых составляет 25 кг зерна, картофеля – 105 кг клубней, сахарной свеклы – 125 кг корнеплодов, кормовых корнеплодов – 200 кг корней, кукурузы на силос – 190 кг зеленой массы, всех культур на пашне – 30 кормовых единиц.

Выход навоза зависит от вида животных, количества подстилки и продолжительности стойлового периода. Для расчета выхода экскрементов все поголовье скота переводится в условные головы по коэффициентам: коровы и быки – 1,0, прочий крупный рогатый скот – 0,6, свиньи – 0,3, овцы и козы – 0,1, лошади – 1,0, птица – 0,02. В сутки от одной условной головы выход экскрементов составляет 40 кг. В качестве годового норматива выхода экскрементов с учетом 15 % потерь при хранении принято 9,5 т на условную голову. К общему количеству экскрементов от всех видов животных прибавляется вес подстилки и определяется выход подстилочного навоза в целом по хозяйству. При расчете выхода жидкого навоза к количеству экскрементов добавляется количество воды, используемой для гидросмыва.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь на 01.01.2020 г., в сельскохозяйственных организациях насчитывалось 4201,7 тыс. голов крупного рогатого скота, 2544,8 тыс. голов свиней, 48190,8 тыс. голов птицы, 15,3 тыс. лошадей и 13,3 тыс. овец, что в пересчете составило 4838,4 тыс. условных голов скота. Расчеты показали, что с учетом имеющегося поголовья скота годовой выход экскрементов составляет 46,0 млн т. При сложившейся системе содержания животных в сельскохозяйственных организациях республики для подстилки необходимо 4,8 млн т соломы. В результате прогнозный выход органических удобрений составит **50,8 млн т в год** (табл. 7).

Таблица 7

**Возможные объемы заготовки органических удобрений
в сельскохозяйственных организациях Беларуси**

| Область | Поголовье скота на 01.01.2020 г., тыс. условных голов | Выход экскрементов, тыс. т | Требуется на подстилку соломы, тыс. т | Выход органических удобрений, тыс. т в год |
|-----------------|---|----------------------------|---------------------------------------|--|
| Брестская | 876,8 | 8329,4 | 869,8 | 9199,2 |
| Витебская | 647,3 | 6149,6 | 641,0 | 6790,6 |
| Гомельская | 693,2 | 6585,2 | 680,0 | 7265,2 |
| Гродненская | 786,9 | 7475,5 | 769,3 | 8244,8 |
| Минская | 1246,4 | 11840,6 | 1284,2 | 13124,8 |
| Могилевская | 587,8 | 5583,9 | 601,1 | 6185,0 |
| Беларусь | 4838,4 | 45964,2 | 4845,4 | 50809,6 |

Таким образом, расчеты показали, что, с учетом потребности для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель и прогнозных объемов заготовки органических удобрений, дефицит их составляет в целом по республике 11,2 млн т, или 2,3 т/га (табл. 8).

Таблица 8

Баланс органических удобрений по областям республики

| Область | Потребность | | Выход | | Баланс, тыс. т |
|-----------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|-----------------|
| | тыс. т | т/га | тыс. т условного навоза | т/га | |
| Брестская | 10670,5 | 15,5 | 9199,2 | 13,1 | -1471,3 |
| Витебская | 6497,5 | 8,3 | 6790,6 | 8,6 | 293,1 |
| Гомельская | 14728,4 | 18,3 | 7265,2 | 8,9 | -7463,2 |
| Гродненская | 8913,1 | 12,4 | 8244,8 | 11,2 | -668,3 |
| Минская | 13548,3 | 11,7 | 13124,8 | 11,1 | -423,5 |
| Могилевская | 7616,2 | 10,4 | 6185,0 | 8,3 | -1431,2 |
| Беларусь | 61974,0 | 12,5 | 50809,6 | 10,2 | -11164,4 |

Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах необходимо дополнительно использовать все возможные источники органического вещества, включая солому и сидераты. Ценность соломы как удобрения обусловлена высоким содержанием в ней органического вещества. По содержанию углерода солома в 3,5–4,0 раза превосходит подстилочный навоз. Из 1 т соломы может синтезироваться 105–200 кг гумуса, а из 1 т подстилочного навоза – 30–50 кг.

Общее количество соломы, которое может быть использовано в качестве удобрения (с заделкой в почву), рассчитывается по валовому сбору товарной продукции той или иной культуры с учетом коэффициента перевода зерна и семян в солому (приложение 3). Количество соломы для использования на удобрение определяется по результатам баланса, который необходимо проводить в каждом хозяйстве. Расчет баланса соломы проводится по следующим статьям:

– *общий выход соломы* (C_1):

$$C_1 = V_1K_1 + V_2K_2 + V_3K_3 + \dots + V_nK_n,$$

где V – валовой сбор зерна или семян разных культур, K – коэффициенты пересчета в солому;

– *потребность в соломе на корм животным* (C_2):

$$C_2 = P_c \cdot П \cdot 220 \cdot 1,25 \cdot 0,001,$$

где P_c – суточный рацион, кг; $П$ – поголовье скота, условные головы (перевод в условные головы проводят по коэффициентам: коровы и быки – 1,0; прочий крупный рогатый скот – 0,6; свиньи – 0,3; овцы и козы – 0,1; лошади – 1,0; птица – 0,02); 220 – средний стойловый период, дней; 1,25 – коэффициент страхфонда; 0,001 – коэффициент пересчета в тонны;

– *солома для силосования* (C_3);

– *солома на подстилку* (C_4):

$$C_4 = H_n \cdot П \cdot 270 \cdot 0,001,$$

где H – норма подстилки в сутки, кг; $П$ – поголовье скота, условные головы; 270 – средняя продолжительность подстилочного периода, дней; 0,001 – коэффициент пересчета в тонны;

– солома для хозяйственных нужд населения (C_5):

$$C_5 = X \cdot 1,5,$$

где X – количество работников, которым требуется солома для хозяйственных нужд; 1,5 – норма соломы на 1 работника, т;

– солома на удобрение (непосредственная заделка в почву) (C_6):

$$C_6 = C_1 - (C_2 + C_3 + C_4 + C_5).$$

На основании фактической урожайности сельскохозяйственных культур за последние 5 лет и соответствующих нормативов (приложение 3) рассчитан примерный баланс соломы по областям республики. В среднем ежегодно возможно заделывать в почву около 3,2 млн т соломы зерновых культур, рапса и листостебельной массы кукурузы, убираемой на зерно, что в пересчете на условный навоз составляет **11,2 млн т** (табл. 9).

Таблица 9

**Баланс органических удобрений с учетом использования
в качестве удобрений соломы**

| Область | Потребность | | Выход (в пересчете на условный навоз) | | | | Баланс, млн т |
|-----------------|-------------|-------------|---------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|------------------|
| | млн т | т/га | всего | | в том числе за счет, млн т | | |
| | | | млн т | т/га | навоза и компостов | соломы | |
| Брестская | 10,7 | 15,5 | 11,6 | 16,2 | 9,2 | 2,4 | +0,9 |
| Витебская | 6,5 | 8,3 | 8,0 | 10,4 | 6,8 | 1,2 | +1,5 |
| Гомельская | 14,7 | 18,3 | 8,6 | 10,7 | 7,3 | 1,3 | -6,1 |
| Гродненская | 8,9 | 12,4 | 10,4 | 14,0 | 8,2 | 2,2 | +1,5 |
| Минская | 13,5 | 11,7 | 16,0 | 13,5 | 13,1 | 2,9 | +2,5 |
| Могилевская | 7,6 | 10,4 | 7,4 | 9,7 | 6,2 | 1,2 | -0,2 |
| Беларусь | 62,0 | 12,5 | 62,0 | 12,2 | 50,8 | 11,2 | 0 |

Общий объем применения органических удобрений составит **62,0 млн т**, в том числе за счет внесения навоза и компостов – 50,8 млн т, за счет запахивания соломы – 11,2 млн т. За счет этих источников возможно обеспечить их положительный баланс в Брестской, Витебской, Гродненской, Минской областях. В Могилевской и особенно в Гомельской областях отмечается недостаток органических удобрений для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах. Поэтому в структуре посевных площадей рекомендуется вводить не менее 10 % промежуточных (познивных, поукосных) культур. Включение в севообороты промежуточных культур обеспечит также повышение использования агроклиматических ресурсов, улучшение биологической активности почвы, увеличение содержания в ней лабильного гумуса.

Технологические аспекты повышения эффективности органических удобрений. Повышения эффективности органических удобрений возможно достичь посредством совершенствования машинных технологий, соблюдения технологии приготовления компостов, правильного хранения и внесения в лучшие агротехнические сроки, быстрой заделки после внесения.

Снижение удобрительной ценности навоза происходит в результате потерь в процессе производства и хранения. Из 100 т солоमистого навоза при хранении

в неуплотненных буртах, особенно при беспорядочном хранении, теряется до 200 кг азота. Одной из главных причин низкой эффективности органических удобрений является неравномерное внесение из-за плохих физико-механических свойств и несвоевременной заделки в почву. Неравномерность их внесения не только уменьшает урожайность, но и влияет на качество урожая, приводит к усилению пестроты почвенного плодородия и загрязнению окружающей среды.

Эффективность органических удобрений снижается также из-за того, что в самой массе удобрения элементы питания распределены неравномерно. Для повышения эффективности применения компостов необходимо перемешивание компостной смеси в период закладки и компостирования. Готовые компосты должны иметь мелкокомковатую сыпучую структуру. В компостах должны отсутствовать яйца и личинки гельминтов, патогенная микрофлора в опасных концентрациях, жизнеспособные семена сорняков.

Технологический процесс производства компостов включает выполнение следующих основных операций: подготовку площадки; формирование влагопоглощающей подушки; формирование бурта; 1–2 перебивки бурта; погрузку и транспортирование к месту внесения. Место для компостирования следует выбирать исходя из наименьших затрат на погрузку и перевозку используемых компонентов, а также на погрузку и транспортировку приготовленного компоста на поля. Готовить компосты следует на специально оборудованных площадках, имеющих бетонное или упрощенное грунтовое покрытие, у ферм или на краю поля.

В процессе компостирования органические соединения навоза превращаются в легкоусвояемую для растений форму, уничтожаются патогенная микрофлора, яйца и личинки гельминтов, семена сорных растений, разлагаются антибиотики. Скорость разложения органического вещества зависит от условий увлажнения, температуры и аэрации навоза. Наиболее интенсивно навоз разлагается при влажности 55–75 %. При снижении влажности скорость разложения резко замедляется. Особенно сильно влияет на темпы разложения аэрация. Чем больше кислорода воздуха поступает в штабель навоза, тем интенсивнее и при более высокой температуре идет этот процесс. Аэрация и температура при разложении навоза зависят от объема штабеля и степени его уплотнения и увлажнения.

Сроки компостирования подстилочного навоза и компостов зависят от температуры воздуха. Лучшие термические условия создаются при весенне-летнем сроке компостирования. Уничтожение семян сорных растений и дегельминтизация наиболее активно протекают при температуре в бурте выше 50 °С (термофильный режим). При достижении в смеси температуры 55 °С, полная дегельминтизация наступает через четверо суток. Из-за неодинаковой температуры по сечению бурта в реальных условиях период дегельминтизации увеличивается до 1 месяца при положительной температуре наружного воздуха. При более низких температурах компост обезвреживается только через 4 месяца, при этом семена сорняков могут оставаться всхожими. Потеря всхожести сорняков наблюдается при температуре 40 °С через 4 недели, при 43 °С – через 3 недели, при 50 °С – через неделю, при 55 °С – через двое суток.

При устойчивых отрицательных температурах потери тепла из штабеля превышают выделение тепла в результате микробиологических процессов. Процесс

компостирования затухает и прекращается, смесь замерзает и консервируется. Для прохождения процесса компостирования в зимнее время бурты необходимо укрывать слоем торфа или соломы толщиной не менее 20–30 см, что невыгодно экономически и технически. Поэтому наиболее рациональным приемом при работе в зимнее время является накопление смеси в одном сплошном штабеле максимально возможной высоты. С наступлением положительных температур, после оттаивания, смесь зимнего приготовления перебивается и рыхло укладывается в бурты для прохождения биотермического процесса. В результате компостирования навоза органическая масса становится более однородной, в результате чего улучшается качество распределения удобрений по поверхности поля.

В зависимости от стадии разложения навоз, приготовленный на соломенной подстилке, подразделяют на свежий, полуперепревший, перепревший и перегной. Свежий навоз представляет собой слабаразложившуюся массу, солома в которой незначительно изменяет цвет и прочность. Полуперепревший навоз – солома приобретает темно-коричневый цвет, теряет прочность и легко разрывается. В этой стадии разложения навоз теряет 10–30 % первоначальной массы и такое же количество органического вещества. Перепревший навоз представляет собой однородную массу. Солома разлагается настолько, что нельзя обнаружить отдельные соломины. При доведении до такой степени разложения убыль массы навоза и потери сухого органического вещества достигают 50 %. Перегной – рыхлая темная масса. В этой стадии разложения навоз теряет до 75 % массы и сухого органического вещества.

На дерново-подзолистых почвах наиболее эффективно действие полуперепревшего навоза, полученного при плотном (холодном) способе хранения. Не следует доводить навоз до перепревшего или перегнойного состояния. При длительном хранении навоза содержание органического вещества уменьшается в 2–3 раза, при этом теряется значительное количество азота. Не рекомендуется вносить и свежий навоз, так как в нем содержится большое количество семян сорных растений и возбудителей болезней.

В свежем курином помете, как правило, нет аммиачных форм азота, но при хранении в кучах помет сильно разогревается, и вследствие превращения мочевой кислоты в аммиачные соединения азот улетучивается. Потери азота при таком хранении за 1,5–2 месяца могут достигать 30–60 %. Эти потери можно устранить, если свежий помет компостировать с торфом, соломой или опилками. Куриный помет по своим удобрительным качествам превосходит навоз, а по скорости действия не уступает минеральным удобрениям.

Оптимальный срок внесения подстилочного навоза и компостов на всех почвах, за исключением избыточно увлажненных песчаных, – осенью под зябь. По данным исследований, на связных дерново-подзолистых почвах агрономическая эффективность осеннего и весеннего внесения навоза примерно одинаковая. Однако осеннее внесение навоза имеет организационное преимущество. Традиционно сложившаяся практика использования основного количества органических удобрений в период посева яровых культур создает большое напряжение в весенне-полевых работах, отрицательно сказывается на качестве распределения по полю и заделке удобрений, приводит к переуплотнению почвы и затягиванию сроков сева. Переуплотнение почв ходовыми системами мобильных машин нарушает условия роста и развития растений, снижает урожайность

сельскохозяйственных культур по следу колесных машин на 15–25 %, повышает удельное сопротивление почв при последующей обработке в 1,5–1,9 раза, ухудшает рельеф поверхности полей.

Для обеззараживания жидкого навоза его следует хранить 6 месяцев. При хранении он расслаивается на твердую и жидкую части, которые имеют различную удобрительную ценность. Для равномерного внесения жидкого навоза по полю, а также для более надежной работы насосов цистерн-разбрасывателей нельзя допускать расслоение навоза, его следует перемешивать в хранилищах с помощью специальных устройств.

Для эффективного использования бесподстилочного навоза в качестве удобрения необходимо соблюдать следующие требования. Доза внесения определяется по потребности растений в азоте на планируемую урожайность с учетом содержания его в навозе, коэффициента использования, степени окультуренности почвы и наличия удобрений в хозяйстве. Применять жидкий навоз рекомендуется на тех полях, где его можно быстро заделать в почву. В осеннее время бесподстилочный навоз рекомендуется вносить в первую очередь на полях с высокой емкостью поглощения. Следует избегать внесения навоза в зимний период на затопляемых весной участках, а также на склонах, где возможен смыв удобрений тальными водами. На склонах можно применять жидкий навоз только при условии своевременной заделки в почву.

Твердые виды органических удобрений наиболее эффективны при внесении под пропашные и озимые зерновые культуры, т. е. культуры с длительным периодом вегетации. Жидкий навоз следует вносить под культуры, усваивающие большое количество элементов питания уже с самого начала вегетации: кукуруза, кормовые корнеплоды, однолетние и многолетние травы. При условии равномерного распределения по полю жидкий навоз дает хорошие результаты при внесении под яровые зерновые культуры.

Воспроизводство органического вещества на отдаленных от ферм участках. В связи с высокой стоимостью транспортировки органических удобрений вблизи животноводческих комплексов и ферм целесообразно размещать севообороты с насыщением пропашными культурами, характеризующимися большой потребностью в органических удобрениях. Воспроизводство гумуса в почвах в таких севооборотах осуществляется преимущественно за счет традиционных органических удобрений. На удаленных от комплексов и ферм полях следует размещать зернотравяные и травяно-зерновые севообороты. В этих севооборотах воспроизводство плодородия почв можно обеспечить за счет послеуборочных остатков многолетних трав и зерновых культур, включая использование на удобрение соломы, а также сидератов.

Солома является одним из самых дешевых и доступных источников органического вещества. Измельчение соломы зерновых, зернобобовых, рапса, гречихи и кукурузы осуществляется во время уборки комбайнами, оборудованными измельчителями. От длины резки соломы зависит скорость разложения ее в почве: чем короче солома, тем быстрее она минерализуется. Измельченную солому необходимо максимально равномерно распределять по полю во избежание увеличения пестроты почвенного плодородия.

Не следует оставлять солому на полях, где планируется обработка глифосат-содержащими гербицидами, так как эффективность обработки будет снижаться

из-за неполного покрытия препаратом всходов сорняков. Не следует измельчать солому на полях, где планируется посев озимого рапса, так как солома будет препятствовать качественному севу и равномерным всходам.

На полях, куда не вносится навоз, отмечается низкая биологическая активность почвы. Заделка соломы без компенсирующих доз азота на таких участках приводит к угнетению растений последующей культуры. Поэтому для ускорения минерализации соломы и снижения негативного эффекта на таких почвах обязательным агроприемом является внесение компенсирующих доз азота в виде КАС, карбамида или жидкого навоза по измельченной соломе в дозе 30–50 т/га. Солома с жидким навозом по своему действию на содержание гумуса и урожайность сельскохозяйственных культур не уступает подстилочному навозу. После внесения компенсирующих доз азота по соломе в максимально сжатые сроки проводят лущение на глубину 10–12 см. Через 3–4 недели после прорастания сорных растений и падалицы предшествующей культуры проводят вспашку.

В Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, внесено микробиологическое удобрение Жыцень, предназначенное для ускорения разложения растительных остатков и подавления патогенной микрофлоры. Данный микробный препарат активизирует биологическую активность почвы, ускоряет разложение соломы и снижает ее негативное влияние на рост и развитие последующей культуры. Жыцень рекомендуется применять по соломе в дозе 3 л/га с последующей заделкой в почву.

Эффективным приемом улучшения гумусового состояния и биологической активности почвы является совместное использование соломы и сидератов. После заделки сидерата зеленая масса быстро минерализуется, высвобождая элементы питания, что приводит к их непроизводительным потерям на почвах легкого гранулометрического состава. Так, отношение углерода к азоту в зеленой массе люпина составляет 12 : 1, а при совместном использовании зеленого удобрения и соломы разложение органического вещества протекает при отношении C : N в пределах 20–30 : 1, т. е. этот показатель приближается к оптимальному.

В качестве промежуточной культуры, высеваемой по измельченной соломе, рекомендуется горчица белая, редька масличная, люпин сидеральный. Посев пожнивной культуры производится не позднее 3-й декады июля – 1-й декады августа. После измельчения соломы вносят азотные удобрения из расчета 60 кг/га действующего вещества или 30–50 т/га жидкого навоза, сразу проводят дискование на глубину 10–12 см и посев промежуточной культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлова, Н. Е. Современные процессы гумусообразования в окультуренных дерново-подзолистых почвах северо-запада России / Н. Е. Орлова, Л. Г. Бакина // Агрохимия. – 2002. – № 11. – С. 5–12.

2. Тарасенко, С. А. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв при применении органно-минеральных систем удобрения / С. А. Тарасенко // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1. – С. 124–131.

3. *Андреева, И. М.* О процессах взаимодействия новообразованных гумусовых кислот с минеральной частью почвы / И. М. Андреева // Записки ЛСХИ. – 1970. – Т. 137. – С. 12–16.

4. *Завьялова, Н. Е.* Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы окультуренности / Н. Е. Завьялова, А. И. Косолапова, В. Р. Ямалтдинова // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 5–10.

5. Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 45 с.

6. Рекомендации по применению различных видов органических удобрений под сельскохозяйственные культуры / В.В. Лапа [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. В. В. Лапы. – Минск, 2010. – 40 с.

7. Параметры высвобождения элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от видового состава и удобрения азотом / Т. М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 70–77.

8. Влияние заделки побочной продукции и минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т. М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2015. – № 11. – С. 30–36.

9. *Богатырева, Е. Н.* Влияние севооборотов и систем удобрения на показатели гумусного состояния дерново-подзолистых суглинистых почв разной степени эродированности / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 1 (№ 58). – С. 85–94.

INCREASING THE STOCK OF ORGANIC SUBSTANCE IN SOILS AGRICULTURAL LANDS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

T. M. Seraya, I. M. Bogdevich, E. N. Bahatyrova, I. S. Stanilevich

Summary

The article presents an analysis of the dynamics of organic matter in soils and the distribution of soils of arable and meadow lands by humus content groups according to the latest data of the large-scale agrochemical survey of soils of the republic (2015–2018). In order to increase the reserves of organic matter, optimal ratios of row crops and perennial grasses in the structure of sown areas are proposed, the need for organic fertilizers is determined and the calculation of possible volumes of production of organic fertilizers and other sources to ensure a deficiency-free balance of humus in the soils of arable lands is given. In the process of applying organic fertilizers, technological aspects of increasing the efficiency of their use are presented.

Поступила 06.12.21