

## БАЛАНС ГУМУСА И ЕГО КАЧЕСТВО ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОВОМ СЕВООБОРОТЕ

Л. Трипольская, Д. Романовская, А. Шлепетене  
Литовский институт земледелия, Кедайняйский р-н, Литва

### ВВЕДЕНИЕ

Изменение структуры посевов в сторону увеличения площади зерновых культур вызывает определенные изменения в почве. В отношении почвенного органического вещества это влияние проявляется в том, что увеличивается поступление химически схожих органических веществ с широким соотношением С:N, в результате снижения разнообразия питательной среды изменяется ценоз микроорганизмов, увеличивается количество патогенов [1, 4, 5]. С целью активизировать и оптимизировать направление микробиологические процессы в почве, в зерновых фитоценозах рекомендуется включать посеvy культур на зеленое удобрение [2, 3, 16]. Их функции разнообразны: обогащение почвы органическим веществом, азотом, улучшение фитосанитарного состояния, физических свойств, водного режима и другие [8, 9, 14]. Для различных почв приоритет будут иметь определенные свойства органических удобрений, соответственно этому и подбирается такой агротехнический прием, который будет иметь наибольший экономический и экологический эффект. Для почв легкого гранулометрического состава наиболее актуальной проблемой является сохранение и обогащение почвы органическим веществом [11, 12]. Поэтому в зерновых агрофитоценозах эффективность зеленого удобрения чаще всего оценивается по его влиянию на баланс гумуса, как интегральному показателю, определяющему большинство свойств почвы.

*Цель данной работы* – выполнить сравнительный анализ влияния различных агротехнических приемов (внесения навоза, изменения структуры севооборота, основного и пожнивного зеленого удобрения, соломы) на баланс гумуса и его качественный состав.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования – различные виды органических удобрений (навоз, многолетние и однолетние бобовые растения, крестоцветные, растительность необрабатываемого пара, солома злаковых), применяемых в агрофитоценозах для стабилизации запасов органического вещества.

Исследования проводили в 1998-2005 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика перед закладкой опыта:  $pH_{KCl}$  5,47, подв.  $P_2O_5$  – 125 кг/кг, подвижного.  $K_2O$  – 220 мг/кг, гумуса – 2,34%. Эффективность различных агроприемов исследовали в севообороте с чередованием культур: ячмень, ячмень, озимая рожь, овес.

Изучаемые агротехнические приемы в течение севооборота применялись следующим образом: навоз (30 т/га) и пожнивное зеленое удобрение (редька масличная и подсев клевера красного) вносили под вторую культуру севооборота (ячмень), основное зеленое удобрение (отава клевера красного, люпин желтый, сегетальная флора необрабатываемого пара) вносили под озимую рожь, солому зерновых с добавкой азотных удобрений  $N_{30}$  вносили каждый второй год. Растения севооборота удобрялись средними дозами минеральных удобрений –  $N_{60-80}P_{60}K_{60}$ .

Содержание гумуса в пахотном слое (0-20см) определяли до закладки опыта и после окончания каждой ротации. После окончания исследований был определен качественный состав гумуса.

Количество гумуса определяли методом Тюринга, фракционный состав – методом Тюринга в модификации Пономаревой-Плотниковой [6]. Количество фиксированного растениями азота рассчитано по их фактическому урожаю, используя коэффициент Hopkins-Piters [10]. Данные результатов исследований обработаны методом дисперсионного анализа [15].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### *Биомасса растений, применяемых в качестве органического удобрения*

Количество сухого вещества (СВ), внесенного в почву в различных вариантах эксперимента, за две ротации севооборота было неодинаковым и варьировало от 2,97 т/га при внесении послеуборочных остатков гороха до 13,52 т/га при внесении соломы (табл. 1). Значительно отличалась и урожайность растений, выращиваемых на зеленое удобрение. В климатических условиях Восточной Литвы на супесчаных почвах при выращивании основного зеленого удобрения

наибольшую биомассу продуцирует люпин желтый (в среднем 7,38 т/га СВ), несколько меньше – клевер красный (6,98 т/га СВ). Биомасса сеgetальной флоры необрабатываемого пара, учитывая, что она формируется натурально из имеющихся в почве семян сорных растений, была только на 0,78-1,18 т/га СВ меньше, по сравнению с урожаем культурных растений.

Таблица 1

**Источники органического вещества и изменение гумусного состояния почвы  
Воле, 1998-2005 гг.**

Агротехнический прием	Растения	Внесено СВ т/га	Соотношение надземной массы и корней	Внесен азота с растениями кг/га	Гумус %	Sx	ГК:ФК
Без органических удобрений		–	–	–	<u>2,43</u> 2,21	<u>0,143</u> 0,082	0,950
Навоз (30 т/га)		12,00	–	–	<u>2,25</u> 2,26	-	0,965
Изменение структуры севооборота	Горох посевной	2,97		<u>96</u> 3	<u>2,36</u> 2,29	-	0,995
	Клевер красный	6,98	0,66	<u>112</u> 70	<u>230</u> 2,38	<u>0,129</u> 0,155	0,973
Зеленое удобрение под озимые	Люпин желтый	7,38	0,23	<u>166</u> 26	<u>2,34</u> 2,17	<u>0,298</u> 0,243	0,965
	Сеget. флора	6,20	0,74	<u>117</u> 13	<u>2,25</u> 2,27	<u>0,195</u> 0,267	0,978
Пожнивное зеленое удобрение	Подсев клевера красного	4,29	0,17	<u>80</u> 45	<u>2,31</u> 2,24	<u>0,133</u> 0,131	0,970
	Редька масличная	2,28	0,21	<u>84</u> 13	<u>2,27</u> 2,29	<u>0,225</u> 0,186	0,958
Солома	Ячень, оз. рожь	13,52		71	<u>2,29</u> 2,25	<u>0,100</u> 0,142	0,970

Поживные растения на зеленое удобрение в течение осеннего периода формируют значительно меньшую биомассу, чем основные посевы культур. Урожай редьки масличной составил в среднем 2,97 т/га СВ, подсев клевера красного – 4,29 т/га, однако их выращивание на зеленое удобрение экономически наиболее целесообразно, так как позволяет на том же поле получить кроме зеленой массы и урожай основной товарной продукции.

Сравнивая эффективность выращивания различных видов растений на зеленое удобрение, можно отметить преимущества подсева красного клевера – не требуется дополнительная обработка почвы и внесения азотных удобрений, меньшая вариация биомассы, обогащение почвы симбиотическим азотом. Для хозяйств с экстенсивным земледелием возможно применение в качестве зеленого удобрения под озимые сеgetальной флоры необрабатываемого пара, которая формируется с весны до начала июля. В этом случае с осени, применяя гербициды сплошного действия, необходимо уничтожить многолетние сорняки, а летом запахать биомассу до начала образования семян.

С точки зрения обогащения почвы азотом, наибольшее значение имеют бобовые растения. С отавой клевера и люпином в почву было внесено почти равное количество N – в среднем 182-192 кг/га, с подсевом клевера осенью – 125 кг/га. Немалое количество азота было аккумулировано в сеgetальной флоре (130 кг/га) и соломе (71 кг/га). Меньше всего баланс азота пополнила редька масличная, с массой которой в среднем было внесено 96 кг/га N. С послеуборочными остатками и корнями гороха почва пополнилась 99 кг/га N, хотя с литературных источников указывается, что горох может накапливать до 100 кг/га симбиотического азота [13].

*Изменения гумусированности почвы и фракционного состава гумуса*

Данные исследований подтвердили, что в зерновых агрофитоценозах на дерново-подзолистых супесчаных почвах без внесения органических удобрений происходит постепенное снижение содержания гумуса, которое в данном опыте за две ротации севооборота составило 0,22 проц. ед.

Внесение небольших доз навоза (30 т/га каждые 4 года), как и следовало, ожидать, позволило поддержать стабильный баланс гумуса. Замена злакового члена севооборота (ячменя) бобовым (горох) также была эффективной. Пожнивные остатки гороха и дополнительный азот клубеньковых бактерий, позволили восстановить потери от минерализации органического вещества почвы и его количество за две ротации севооборота незначительно увеличилось (+0,08 проц. ед.). Сравнение изменений количества гумуса при периодическом внесении (раз в четыре года) различных видов зеленого удобрения показало, что внесение зеленой массы в целом имеет положительное влияние на запасы органического вещества в почве. Вариация его количества в вариантах с внесением зеленого удобрения за две ротации составила от -0,04 до +0,08 проц. ед. Только при применении люпина его снижение было более значительным и составило в среднем 0,17 проц. ед. Исследования скорости разложения органического вещества зеленого удобрения по количеству минерального азота в почве показали, что в первые месяцы после внесения люпина его концентрация в почве была выше, чем после внесения клевера красного или сеgetальной флоры. Это свидетельствует о том, что при разложении биомассы люпина преобладают процессы минерализации, а направленность процессов определяется различиями в биохимическом составе растений [11, 16].

О положительном влиянии зеленого удобрения и соломы на гумусное состояние почвы указывает и изменение соотношения ГК и ФК, а также степени гумификации гумуса (соотношение С гуминовых кислот и  $C_{орг}$ ). В не удобряемой органическими удобрениями почве соотношение этих кислот составляло 0,950, а при внесении различных видов органических удобрений увеличилось до 0,958-0,995. Наряду с этим, в почве отчетливо наблюдалась тенденция увеличения и абсолютного количества гуминовых кислот (+0,09-0,21  $C_{орг}$ ). Замена злаковой культуры (ячменя) севооборота бобовой (клевером, горохом) также было положительным – абсолютное количество гуминовых кислот увеличилось. Это соответственно отразилось и на степени гумификации гумуса – при внесении различных видов зеленого удобрения и соломы злаковых она была выше (34,0-34,5%), по сравнению с почвой, удобряемой только минеральными удобрениями (33,9%). Сравнение направленности изменения трех показателей – содержания гумуса, изменения соотношения гуминовых и фульвокислот и степени гумификации гумуса позволяет констатировать положительное влияние зеленого удобрения и соломы на гумусное состояние почвы, хотя в большинстве случаев изменения при 95% уровне значимости были статистически незначительны.

Показатели соотношения ГК и ФК свидетельствуют о том, что гумус исследуемой почвы относится к гуматно-фульватному типу. Доля гуминовых кислот составляла 33,1-34,4%, фульвокислот – 34,0-35,8% от  $C_{орг}$ . В составе гуминовых кислот преобладали (46,7-50,5% от  $\sum C_{гк}$ ) подвижные кислоты первой фракции и стабильные кислоты третьей фракции (35,8-40,2% от  $\sum C_{гк}$ ), гуматы Са составляли только 12,2-14,9 %. Такое соотношение фракций ГК характерно для дерново-подзолистых кислых почв. Среди фульвокислот преобладали подвижные ФК 1 (31,0-38,6% от  $\sum C_{фк}$ ) и ФК 3 (36,8-39,9% от  $\sum C_{фк}$ ).

Под влиянием зеленого удобрения и соломы произошли изменения качественного состава гумуса. Не всегда эти изменения были статистически достоверны, но, анализируя несколько показателей качественного состава, можно отметить такие тенденции. В ходе деградации зеленого удобрения (за исключением люпина), в почве происходила аккумуляция ГК (+0,013-0,021%  $C_{орг}$ ) за счет образования свободных ГК (1 фракция) и ГК связанных с глинистыми минералами (3 фракция) (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние различных агроприемов на фракционный состав гумуса**

Агротехнический прием	Растения	Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			$\sum$ ГК	$\sum$ ФК	
		ГК 1	ГК 2	ГК 3	ФК 1а	ФК1	ФК2			ФК3
Без органических удобрений		0,211	0,067	0,158	0,075	0,19	0,056	0,180	0,436	0,460
Навоз (30 т/га)		0,203	0,075	0,167	0,072	0,137	0,075	0,178	0,444	0,461
Изменение структуры севооборота	Горох посевной	0,214	0,071	0,171	0,071	0,151	0,067	0,167	0,455	0,457
Зеленое удобрение под озимые	Клевер красный	0,231	0,061	0,164	0,074	0,144	0,071	0,167	0,456	0,456
	Люпин желтый	0,209	0,052	0,171	0,072	0,169	0,037	0,169	0,432	0,447
	Сеget. флора	0,215	0,061	0,177	0,068	0,180	0,031	0,184	0,453	0,463
Пожнивное	Подсев	0,207	0,062	0,179	0,071	0,151	0,068	0,168	0,448	0,458

зеленое удобрение	клевера красного										
	Редька	0,221	0,059	0,171	0,073	0,176	0,039	0,183	0,451	0,471	
	масличная										
Солома	Ячмень, оз.	0,215	0,054	0,180	0,068	0,179	0,040	0,175	0,449	0,462	
	рожь										
НСР <sub>05</sub>		0,022	0,017	0,013	0,05	0,029	0,024	0,019	0,030	0,053	

При внесении соломы зерновых, подсева клевера или растительности необрабатываемого пара, увеличение количества этой фракции было статистически достоверным.

Исследуемые агроприемы не оказали существенного влияния на абсолютное количество фульвокислот в почве, а анализ изменений их фракционного состава показал, что при разложении соломы и растительности необрабатываемого пара в почве образуется меньше "агрессивных" (1а фракция) и свободных фульвокислот (1 фракция) – сокращение их количества в пахотном слое было существенным (-0,07%  $C_{орг}$ ). "Агрессивные" ФК отличаются большой подвижностью и определяют скорость процессов оподзоливания почвы, поэтому уменьшение их количества при применении соломы и некоторых видов зеленого удобрения свидетельствует о происходящем процессе окультуривания почвы.

Направление гумификации внесенного в почву растительного органического вещества также зависит от гидротермических условий после их внесения. Разложение биомассы основного зеленого удобрения (клевера красного), вносимого под озимые, происходит при относительно высокой температуре почвы (+10 - +15 °С) и в таких условиях формируется больше подвижных ГК 1 фракции – 50,8% от  $\Sigma C_{гк.}$ , в тоже время при его внесении поздно осенью перед замерзанием почвы их количество составляло только 46,1 % от  $\Sigma C_{гк.}$ . И наоборот, при разложении органического вещества при низких положительных температурах (около 0 °С), больше образуется (40,0% от  $\Sigma C_{гк.}$ ) ГК 3 фракции, нежели при внесении биомассы летом.

## ВЫВОДЫ

1. В зерновых агрофитоценозах на дерново-подзолистых супесчаных почвах внесение зеленого удобрения и соломы злаковых позволяет поддерживать, стабильный баланс гумуса и их эффективность адекватна внесению небольших доз (30 т/га) навоза. Периодическое внесение зеленого удобрения и соломы зерновых с добавкой азотных удобрений, активизирует синтез гуминовых кислот: соотношение в почве Сгк и С фк увеличилось до 0,958-0,995 (в удобряемой только минеральными удобрениями – 0,950), степень гумификации гумуса – до 34,0-34,5% (в контрольном варианте – 33,9%), отмечена тенденция увеличения абсолютного количества гуминовых кислот (+0,09-0,21%  $C_{орг}$ ).

2. Внесение зеленого удобрения оказывает влияние на качественный состав гумуса: при разложении их биомассы (за исключением люпина) в почве аккумулируются больше гуминовых кислот (+0,013-0,021%  $C_{орг}$ ) за счет накопления фракций свободных (ГК 1) и связанных с глинистыми минералами (ГК 3). При внесении соломы злаковых, подсева клевера красного и сеgetальной флоры увеличение фракции стабильных ГК было существенным. При разложении соломы и сеgetальной флоры существенно меньше образуется "агрессивных" и свободных фульвокислот.

3. Направление гумификации растительных остатков зависит от гидротермических условий разложения. При внесении биомассы клевера летом под озимые разложение происходит при более высокой температуре воздуха (+10 - -15 °С) и в таких условиях образуется больше подвижных гуминовых кислот 1 фракции – 50,8% от  $\Sigma C_{гк.}$ , по сравнению с внесением биомассы поздно осенью (46,1% от  $\Sigma C_{гк.}$ ). И наоборот, при деструкции биомассы клевера в условиях низких температур (около 0 °С) формируется больше стабильных ГК 3 (+ 4,1% от  $\Sigma C_{гк.}$ ) по сравнению с летним периодом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, А.И. Режим гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве и урожайность сельскохозяйственных культур при внесении органических и минеральных удобрений / А.И. Жуков // Агрохимия. – 1998. – №5. – С. 21-30.
2. Минерализация различных органических удобрений в дерново-подзолистой супесчаной почве: сб. науч. тр. / Лапа В.В. [и др.]. // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 2000. – С. 163-171.
3. Лукин, Л.И. Влияние удобрений на формирование баланса гумуса и растительных остатков в агроценозе озимой пшеницы / Л.И. Лукин, А.Н. Косилова // Почвы и их плодородие на рубеже столетий / Кн. 2. Актуальные проблемы плодородия почв в современных условиях. Минск, 2001. – С. 181-183.

4. Надежкин, С.М. Изменения плодородия почв при использовании сидератов / С.М. Надежкин, Н.В. Корягина // Совершенствование методологии агрохимических исследований: материалы науч. конф. Москва, 1997. – С. 257-260.
5. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – Москва, 1990. – 325 с.
6. Понамарева, В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Понамарева, Т.А. Плотникова. – Ленинград: Наука, 1980. – 222 с.
7. Влияние зеленых удобрений на плодородие дерново-подзолистых песчаных почв / В.И. Сороко и [др.]. // Почвы и их плодородие на рубеже столетий. / Кн. 2. Актуальные проблемы плодородия почв в современных условиях. – Минск, 2001. – С. 278-280.
8. Шеин, Е.В. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов / Е.В. Шеин // Почвоведение. – 2003. – №1. – С. 53-61.
9. Arlauskienė, A. Molingu dirvožemiui savybių gerinimas ankstyvais augalais ju biomase panaudojant žaliajai trąšai / A. Arlauskienė // Zemdirbyste-Agriculture. – 2002. – T. 79. – P. 229-243.
10. Hamdy, Y.A. Application of nitrogen-fixing systems in soil improvement and management / Y.A. Hamdy // Soils Bulletin. – Rome, 1982. – Vol. 49. – 188 p.
11. Janušienė, V. Dirvožemio agrocheminių savybių, humuso kiekio ir kokybės sudėties kitimas priklausomai nuo pašalių struktūros ir tresimo / V. Janušienė, V. Zekoniene // Dirvotyros ir agrochemijos pasiekimai ir uždaviniai žemės ūkio reformos bei pereinimo į rinkos ekonomiką metu. – Kaunas, 1997. – P. 155-159.
12. Janušienė, V. Daugiamečių žolių agrobiologinė vertė / V. Janušienė, V. Zekoniene // Augalininkystė kalvoto reljefo salygomis. – Kaltinainiai, 2000. – P.172-175.
13. Lapinskas, E. Biologinio azoto fiksavimas ir nitraginas / E. Lapinskas Kedainiai, 1998, – 218 p.
14. MacRae R.J, Mehuys G.R The effect of green manuring on the physical properties of temperate-area soils // University of California. 1990. Advances in Soil Science, 1985. – Vol. 3. – P. 71-94.
15. Tarakanovas, P. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas / P. Tarakanovas, S. Raudonius // ANOVA. STAT. STAT-PILOT iš paketo SELEKCIJAI IRRISTAT. – Akademija, 2003. – 60 p.
16. Biochemical Quality of Crop Residues and Carbon and Nitrogen Mineralization Kinetics under Nonlimiting Nitrogen Conditions / I.Trinsoutrot [et al] // Soc. America Journal, 2000. – Vol. 64. – P. 918-926.

## **HUMUS BALANCE AND ITS QUALITY IN DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS IN CEREAL CROP ROTATION**

**L. Tripolskaya, D. Romanovskaya, A. Shlepetene**

### **Summary**

Experiments were conducted at the Voke Branch of Lithuanian institute of Agriculture during 1998-2005. Results of studying the effect of different soil and crop management on the humus status of loamy sandy *Haplic Luvisols* were generalized. It was found that the application of different green manure species (*Lupinus luteus* L., *Trifolium pratense* L., and *Raphanus sativus* L.) and straw from cereal crops (*Secale cereale*, *Hordeum* L.) under conventional conditions helped to sustain a stable humus budget in cereal agrophytocenoses. A significant change in the fractional composition of HAs and FAs occurred under the effect of green manure. The decomposition of green manure and the formation of humic substances also depended on the hydrothermal conditions during application of manure.

*Поступила 18 марта 2009 г.*