



П.И. Никончик, член-корреспондент ААН РБ, доктор сельскохозяйственных наук
Белорусский НИИ земледелия и кормов
УДК 631.584:631.442.5

Влияние промежуточных культур в севооборотах на баланс органического вещества в почве

Изложены результаты исследований о влиянии различных видов промежуточных посевов в севооборотах (озимых, подсевных, пожнивных), включающих бобовые, злаковые и крестоцветные культуры при использовании на корм и зеленое удобрение, на баланс гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Одной из центральных задач земледелия является сохранение и повышение плодородия почвы. Важнейшее значение здесь имеет поддержание на оптимальном уровне содержания органического вещества в почве. До недавнего времени на протяжении многих лет баланс органического вещества поддерживался за счет широкого применения торфа на удобрение. В 80-е годы доля его по сухому веществу составляла 30% от всех источников и 50-60% от всех видов органических удобрений. При этом органические удобрения в общем количестве поставляемого в почву органического вещества занимали 50-52% и растительные остатки — 48-50%. Если же из баланса органических удобрений исключить торф, то на долю растительных остатков приходилось около 70%, что свидетельствует о большой их роли в поддержании и повышении плодородия почвы.

В настоящее время в связи с сокращением поголовья скота, заготовок кормов и резким уменьшением использования торфа на удобрение снижается количество применяемых органических удобрений. В последние годы их вносится под сельскохозяйственные культуры не более 40 млн.т (подстильного, жидкого, полужидкого навоза), или 8 т на 1 га пашни, а в пересчете на подстильный навоз — 29,2 млн.т. или 5,8 т на 1 га пашни. Для сравнения в 1985-1990 гг. вносилось ежегодно 77-83 млн.т, а в пересчете на подстильный навоз — 56,2-60,6 млн.т, или соответственно 13,8-14,4 и 11,1-12,0 т на 1 га пашни.

К тому же распределение органических удобрений по территории земледелия крайне неравномерное. Основное их количество вносится на ближайшие к фермам поля, главным образом под такие пропашные культуры, как кукуруза и корнеплоды. Более отдаленные поля содержатся практически на безнавозной системе. В этих условиях возрастает роль структуры посевных площадей в регулировании баланса органического вещества в почве. Различные сельскохозяйственные культуры оставляют после себя далеко не одинаковое количество корневых и пожнивных растительных остатков. По данным наших

The article provides the results of the research on the effect of different intermediary crops of the crop rotations (winter, subordinate, post harvest), including legume, cereal and cruciferous when using them for fodder and green manure on humus balance in soddy-podzolic light loamy soils.

опытов, при одинаковых условиях выращивания многолетние травы за счет корневых и пожнивных остатков накапливали 50,4-62,9 ц/га абсолютно сухой органической массы, зерновые — 25,2-29,1, однолетние бобово-злаковые культуры на зеленую массу — 11,2-28,1, корнеклубнеплоды — 7,0-11,2 ц/га.

Важным источником пополнения органического вещества в почве являются промежуточные культуры. В наших опытах озимая рожь на зеленую массу и пожнивные (редька масличная, горчица белая, озимый рапс) оставляли после себя на одном гектаре в виде корневых и пожнивных остатков 20,8-27,3 ц абсолютно сухой органической массы. По продолжительности вегетации, условиям произрастания и технологии возделывания промежуточные культуры отличаются от культур основных посевов. Неодинаков также и химический состав поступающей в почву растительной массы. По этим же признакам промежуточные культуры различаются между собой. Поэтому как источник органического вещества правильнее промежуточные культуры, как и все культуры севооборота, можно оценить по влиянию на накопление гумуса в почве, являющегося продуктом не только синтеза, но и разложения органического вещества.

В Белорусском НИИ земледелия и кормов проведены исследования в стационарном опыте по изучению влияния различных видов промежуточных культур в плодосменном севообороте на баланс гумуса и другие показатели плодородия почвы. Опыт был заложен на экспериментальной базе "Жодино" Смолевичского района Минской области.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеоподзоленная, развитая на легком песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 50-70 см мореным суглинком. Содержание гумуса в пахотном слое 2,45%, подвижного фосфора 150-160 мг и обменного калия 100-120 мг на 1 кг почвы. Изучение проводилось в севооборотах со следующим чередованием культур:

Севооборот 1 (без промежуточных культур)	Севооборот 3
<ol style="list-style-type: none"> 1. Люпин кормовой на з/м 2. Озимая рожь 3. Картофель 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь 8. Овес 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Оз.рожь+сераделла подсевная 3. Картофель 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь 8. Овес
Севооборот 4	Севооборот 5
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Озимая рожь+пожнивная горчица на корм 3. Картофель 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь + пожнивная горчица на корм 8. Овес 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Озимая рожь+пожнивная горчица на зеленое удобрение 3. Картофель 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь+пожнивная горчица на зеленое удобрение 8. Овес
Севооборот 6	Севооборот 7
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Озимая рожь+подсеивной многолетний люпин кормовой 3. Картофель 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь+сераделла подсевная 8. Овес 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Озимая рожь+подсеивной многолетний люпин на зеленое удобрение 3. Картофель 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь+подсевная сераделла на зеленое удобрение
Севооборот 8	Севооборот 9
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Озимая рожь+клевер подсеивной 3. Клевер+картофель поукосно 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь+сераделла подсевная 8. Овес 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оз.рожь на з/м+люпин поукосный 2. Озимая рожь 3. Оз.рожь на з/м+картофель поукосный 4. Ячмень 5. Клевер 6. Ячмень 7. Озимая рожь+пожнивная горчица 8. Овес

В исследуемых севооборотах в качестве фона вносили навоз по 11,2 т на 1 га пашни (45 т/га под картофель и 45 т/га под озимую рожь, идущую после ячменя). Минеральные удобрения применяли в следующих дозах: под зерновые $N_{60}P_{60}K_{60}$, картофель $N_{90}P_{90}K_{120}$, люпин и клевер $P_{60}K_{60}$, озимую рожь на зеленую массу и пожнивную горчицу $N_{80}P_{60}K_{60}$.

О влиянии корневых и пожнивных остатков на содержание гумуса в почве в литературе нет других мнений, кроме положительного. Что же касается использования промежуточных культур на зеленое удобрение, как и в целом этого вопроса, то мнения разноречивы. Одни исследователи считают, что при использовании промежуточных культур на зеленое удобрение ценными являются только корневые и пожнивные остатки. Молодая наземная масса в почве быстро разлагается, не оказывая суще-

ственного влияния на накопление в почве органического вещества, и ее целесообразнее использовать на корм. Другие же делают заключение, что запаханная зеленая масса, повышая урожай последующей культуры, одновременно служит источником накопления гумуса в почве.

Новейшими исследованиями с применением изотопов показано, что при разложении свежего растительного вещества почвенно-биологические процессы активизируются в такой степени, что это вызывает даже расходование запаса гумуса почвы (Э.Рюбензам, К.Рауэ, 1969).

Так, с помощью C^{14} было установлено, что разложение гумуса в почве усиливается с увеличением количества вносимой зеленой массы и что при зеленом удобрении невозможно повышение или сохранение почвенного гумуса. Это подтверждается исследованиями Шпрингера (по Э.Рюбензаму и др., 1969), который установил, что при

внесении навоза количество связанного углерода в почве было в 10 раз больше, чем при использовании в большой дозе зеленых удобрений.

Дж. У. Кук (1970), обобщая опыты с зеленым удобрением, проведенные в Вуберне (E.M. Grow, H.H. Man), заключает, что польза от зеленого удобрения была меньше, чем ожидалось. Он приводит данные опытов по изучению восстановления потерь азота при непрерывном 12-летнем выращивании полевых культур (A.S. Low, F.S. Piter, P.J. Roberts, 1963). Запашка горчицы на зеленое удобрение не восстанавливала, а, наоборот, увеличивала потери азота почвы. В то же время выращивание люцерны или райграса на зеленое удобрение повысило содержание азота в почве.

А.Л. Шенявский (1972) приводит данные о количестве гумуса, образуемого при возделывании различных сельскохозяйственных культур (изогумусовые коэффициенты Себийотта), согласно которым для горчицы на зеленое удобрение этот показатель равен "0". Не увеличивалось содержание органического вещества в почве при запашке горчицы также в исследованиях J. Tassot (1974), но одновременно для увеличения количества органического вещества автор рекомендует запахивать райграс, рожь и даже шестирядный ячмень. В длительном же опыте в Голландии (L.J. Wisselink, 1961 – по Дж. У. Кук, 1970) запахивание зеленой массы ржи под картофель, турнепс и овес обеспечило большие прибавки урожая, но никаких изменений в содержании органического вещества почвы не произошло.

А. Kurpatowska (1973) сообщает, что запаханная зеленая масса промежуточной озимой ржи в смеси с озимой викой и озимым рапсом вместе с 10 т навоза в условиях Польши в большей степени восстанавливала в почве органическое вещество, чем внесение одного навоза в дозе 20 т/га.

В исследованиях E. Schnieder (1972) за 20 лет опыта применение одних минеральных удобрений снизило содержание гумуса в почве, внесение навоза + NPK повысило, а зеленое удобрение + NPK сохранило его на исходном уровне. Положительное влияние промежуточного зеленого удобрения на содержание гумуса отмечено в ряде других зарубежных работ (W. Schulte, 1970; L. Moser, 1973 и др.).

Большое место в зарубежных работах, особенно в ГДР, ПНР, ФРГ, отводится использованию промежуточных культур на зеленое удобрение в сочетании с соломой. Это связано с тем, что процесс специализации привел к возникновению хозяйств "безнавозного типа". В ФРГ число хозяйств, занимающихся только производством зерна и не имеющих животноводства, достигает 25-30% от общего количества хозяйств. Во многих хозяйствах зерновые культуры занимают 100% площади. Здесь широко применяют промежуточные культуры на зеленое удобрение. В обычных же севооборотах они используются, как правило, на кормовые цели (В.Г. Лошаков, 1971).

Солома – это хорошее органическое удобрение. Однако недостатком ее является малое содержание питательных веществ и очень широкое соотношение С:N, что сильно замедляет ее разложение. При этом весь освобождающийся азот используется микроорганизмами, а при недостатке его в разлагающемся материале они потребляют его из почвы, что нередко приводит к снижению урожая последующих культур. Добавление богатой азотом зеле-

ной массы промежуточных культур с узким соотношением С:N компенсирует дефицит его в органической массе соломы и ускоряет ее разложение (Г. Колбе, Г. Штумпе, 1969; Boguslawski; J. Девчик, 1970). Установлено, что при безнавозном типе хозяйств достаточным применением минеральных удобрений в сочетании с зеленым удобрением промежуточных культур и соломой может быть успешно решена замена навоза как органического удобрения. Как отмечают Boguslawski; J. Девчик (1970), одно зеленое удобрение не в состоянии оказать глубокого влияния на почву. Лишь совместное применение соломы и зеленого удобрения способно улучшить свойства почвы, в том числе и повысить содержание в ней углерода. Такого же мнения придерживается и J. Tassot (1974).

В исследованиях Тимирязевской сельскохозяйственной академии (В.Г. Лошаков и др., 1975, 1989; А.С. Воробьев и др., 1978) запашка пожнивной горчицы на зеленое удобрение в зерновом севообороте повышала биологическую активность почвы и содержание доступных форм азота. При этом увеличивалось число актиномицетов и других групп наиболее активной почвенной микрофлоры и в 1,5-2 раза возрастало количество углекислоты, выделяющейся из почвы. Увеличивалось также количество водопрочных агрегатов, а при запашке в сочетании с соломой поддерживался положительный баланс гумуса в почве.

В Белоруссии исследований о влиянии промежуточных культур на плодородие почвы, и, в частности, на содержание органического вещества проведено очень мало. Имеются лишь данные по многолетнему люпину на зеленое удобрение (К.И. Довбан, 1981). При запашке одной зеленой массы не отмечено увеличения количества гумуса в почве. Заделка же только корневых и пожнивных остатков или запашка надземной массы совместно с корневыми остатками оказывала положительное влияние на содержание гумуса в почве (К.И. Довбан, 1981).

В республике проводились исследования по изучению использования люпина на зеленое удобрение в основных посевах. В опытах И.Г. Стрелкова и др. (1968) на супесчаной почве в варианте с запашкой зеленой массы на фоне минеральных удобрений за 8-летнюю ротацию севооборота намечалось снижение содержания гумуса в почве (с 1,68 до 1,58%). При сочетании зеленого удобрения с навозом количество его осталось на исходном уровне (1,69%), а при использовании люпина на корм и заделке растительных остатков с таким же количеством навоза намечалась тенденция к повышению (1,75%). В другом длительном опыте, который проводился на песчаной почве (И.А. Юшкевич, 1973 – по Т.Н. Кулаковской, 1978), в варианте зеленое удобрение + NPK на 12-й год опыта содержание гумуса в пахотном слое снизилось на 0,20%, внесение навоза 7,5 т/га в год + зеленое удобрение обеспечило нулевой баланс и только при внесении 17,5 т/га навоза с разовой запашкой зеленых удобрений отмечено повышение на 0,41%, или в год на 0,034%. Эти данные согласуются с результатами других исследований, выполненных в СССР и за рубежом. В опытах И.В. Тюрина, В.К. Михновского (1967) после пятикратной запашки люпина в фазу цветения вместо накопления гумуса и общего азота в почве отмечена достоверная их убыль. Когда запахивали более огрубевшую зеленую

массу (в фазу блестящих бобин), содержание гумуса и азота в почве поддерживалось на исходном уровне, а при заделке только растительных остатков отмечена тенденция к их накоплению. Об усилении разложения гумусовых веществ в почве под влиянием богатой азотом свежей растительной массы свидетельствуют также работы Е.Н.Мишустина (1956), А.В.Рыбалкина и Е.В.Кононенко (1958).

В наших исследованиях изучалась возможность повышения содержания органического вещества (гумуса) в почве за счет промежуточных культур в севооборотах плодосменного типа, которые в республике имеют наибольшее распространение.

Результаты исследований, представленные в таблице, показывают, что при применяемой системе удобрений (навоз 11,2 т/га + NPK) во всех севооборотах обеспечен положительный баланс гумуса в почве. Однако в севооборотах с промежуточными культурами, используемыми на корм, его накопилось значительно больше, чем в севообороте без промежуточных культур.

По отношению к исходному содержанию в контрольном севообороте (№1) ежегодное увеличение составило 1,4%, а в севооборотах с 37,5% промежуточных культур (№№ 4,6,8,9) – 1,8-2,1%. Наибольшая прибавка запасов гумуса по отношению к контрольному севообороту (№1) обеспечена в севообороте 8, где в качестве промежуточных культур возделывались озимая рожь на зеленую массу, клевер и сераделла. В этом же севообороте в почву поступало больше и растительных остатков. Близко к севообороту 8 по величине прибавки гумуса оказался севооборот 4, где в двух полях возделывалась пожнивная горчица на корм и в одном – озимая рожь на зеленую массу. Несколько меньшее увеличение отмечено в севообороте с двумя полями озимой ржи на зеленую массу и одним полем пожнивной горчицы (севооборот 9), хотя растительных остатков в этом севообороте поступило не меньше, чем в севообороте с двумя полями горчицы (№4). Это можно объяснить разными сроками уборки промежуточных культур и в связи с этим неодинаковыми условиями разложения растительных остатков.

Среди севооборотов с одинаковой насыщенностью промежуточными культурами (37,5%) наименьшее увеличение запасов гумуса по отношению к контролю отмечено в севообороте 6, где помимо озимой ржи на зеленую массу возделывались многолетний люпин кормовой и сераделла. В этом севообороте несколько меньше поступило в почву растительных остатков, а также ввиду весенних сроков уборки озимой ржи и люпина (май-июнь) метеорологические условия способствовали более интенсивной их минерализации.

В севооборотах 5 и 7, где из трех полей промежуточных культур в двух полях зеленая масса запахивалась на удобрение, не отмечено увеличения количества гумуса в почве в сравнении с контрольным севооборотом (без промежуточных культур), несмотря на то, что в этих севооборотах в почву поступило больше органической массы. В севообороте 5 с запашкой пожнивной горчицы за 8-летний период гумуса образовалось на 28% меньше, чем в севообороте 4 с таким же набором промежуточных культур, но используемых на корм, а в севообороте

Таблица. Накопление органического вещества в почве (0-20 см) в связи с насыщением севооборотов промежуточными культурами

№ сев.	Процент промежуточных культур			Исходное содержание гумуса в начале опыта		Поступило в почву абсолютно сухой органической массы за 8 лет опыта, т/га			Содержание гумуса в конце опыта			Увеличение в среднем за год		
	все-го	озимых	из них: подсевных, пожвн.	т/га	% к массе почвы	навоза	корневых и пожвн. остатков	всего	т/га	к массе почвы	к исходному	т/га	к массе почвы	к севообороту 1
1	0	0	0	61,7	2,47	31,4	25,3	56,7	68,8	2,76	111,5	0,89	0,034	100
3	25	12,5	-	63,7	2,55	31,4	29,8	61,2	72,0	2,86	113,0	1,02	0,039	115
4	37,5	12,5	25	60,7	2,43	31,4	33,0	64,4	70,5	2,81	116,1	1,23	0,047	138
5	37,5	12,5	25	61,0	2,44	31,4	36,5	67,9	68,1	2,71	111,6	0,89	0,034	100
6	37,5	12,5	25	60,2	2,41	31,4	31,9	63,3	69,0	2,75	114,6	1,10	0,042	124
7	37,5	12,5	25	61,2	2,45	31,4	36,2	67,6	68,6	2,73	112,1	0,92	0,035	103
8	37,5	12,5	25	60,7	2,43	31,4	33,7	65,1	70,9	2,82	116,8	1,28	0,049	144
9	37,5	25	12,5	62,4	2,50	31,4	33,3	64,7	71,6	2,84	114,7	1,15	0,044	129

7, где закладывались многолетний горький люпин и сераделла, его накопилось на 16% меньше, чем в севообороте 6, где эти же культуры возделывались на кормовые цели (люпин вместо горького – кормовой). Следовательно, в вариантах с запашкой промежуточных культур на зеленое удобрение (фаза бутонизации – цветение) не только не образовалось дополнительного количества гумуса за счет поступившей в почву зеленой массы, но его не накопилось в этих вариантах и за счет корней промежуточных культур. Это свидетельствует о большей минерализации почвенного гумуса при запашке в почву молодой зеленой массы с узким соотношением С:N. По нашим определениям, отношение С:N в надземной массе пожнивной горчицы равнялось 10,2-12,1:1, а в корнях 21,6-22,8:1. С.А.Воробьев, В.Г.Лошаков (1979) наблюдали быструю минерализацию органической массы горчицы микроорганизмами при отношении С:N 10,6-12,1:1. Установлено, что при разложении органического вещества с соотношением С:N более узким чем 20-25:1 идет интенсивная его минерализация (М.Ф.Федоров, 1954, 1963). Об усилении разложения гумусовых веществ в почве под влиянием богатой азотом свежей растительной массы свидетельствуют также работы Е.Н.Мишустина (1956), А.В.Рыбалкина и др. (1958), И.В.Тюрин, В.К.Михновского (1967), И.Г.Стрелкова (1968), J. Ziemińska, J. Kovus (1960).

Таким образом, литературные данные и наши исследования свидетельствуют о том, что в вопросе о способах использования промежуточных культур (на корм или зеленое удобрение) не может быть однозначного ответа. В зависимости от специализации и системы ведения хозяйства (с животноводством или без животноводства), типа применяемых севооборотов (плодосменный, зерновой, кормовой) и системы удобрений (навозная, безнавозная) могут преследоваться различные цели, ради которых возделывается промежуточная культура.

В условиях Беларуси в плодосменных севооборотах с навозно-минеральной системой удобрений промежуточные культуры целесообразнее использовать на кормовые цели, чем на зеленое удобрение. При этом не только увеличивается выход продукции с единицы земельной площади, но и значительно повышается содержание гумуса в

почве за счет корневых и пожнивных остатков. Запашка многолетнего люпина, подсеивной сераделлы и поживной горчицы на зеленое удобрение (как правило, в фазу бутонизации – цветения) не ведет к дополнительному накоплению гумуса в почве, а продуктивность севооборота при этом ниже, чем при использовании на кормовые цели. Однако в специализированных зерновых севооборотах, где неизбежно размещение зерновых по зерновым, поживные культуры на зеленое удобрение являются эффективным средством для улучшения фитосанитарного состояния посевов и увеличения сборов зерна.

В настоящее время в институте земледелия продолжаются исследования по изучению промежуточных культур в специализированных севооборотах (включая и севообороты зернового направления), где они используются на кормовые цели и зеленое удобрение как в чистом виде, так и в сочетании с соломой. После завершения третьей ротации 8-польных севооборотов в 2001-2003 гг. им будет дана полная агроэкономическая оценка.

Литература

1. Воробьев С.А. Накопление растительных остатков и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве в севооборотах с разным насыщением зерновыми культурами // Известия ТСХА. – 1979. Вып. 4. С. 11-18.
2. Кук Дж. У. Регулирование плодородия почвы. – Москва: Колос, 1970. – 520 с.
3. Лошаков В.Г. Использование промежуточных культур в севооборотах. – Москва: ВНИИТЭИСХ, 1971. – 56 с.
4. Рюбензам Э., Рауэ К. Земледелие. – Москва: Колос, 1969. С. 291-293.
5. Тюрин И.В., Михновский В.К. Влияние зеленого удобрения на содержание гумуса и азота в дерново-подзолистой почве // Известия АН СССР. Серия биологических наук. – 1961. – № 3. – С. 337-351.
6. Шенявский А.Л. Оценка плодородия почвы методом гумусового баланса // Сельское хозяйство за рубежом. – 1972.
7. Юшкевич И.А. Как повысить плодородие легких почв. – Минск: Ураджай, 1981. – 176 с.