

УДК 631.872:631.445.24

Е. Н. БОГАТЫРЕВА, Т. М. СЕРАЯ, О. М. БИРЮКОВА, Е. Н. МЕЗЕНЦЕВА, Р. Н. БИРЮКОВ

ДИНАМИКА МИНЕРАЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь,

e-mail: brissa@mail.ru

(Поступила в редакцию 12.01.2012)

Введение. В сложившейся хозяйственно-экономической ситуации стабильное развитие агропромышленного комплекса республики в условиях рыночной экономики невозможно без применения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Перспективным приемом, обеспечивающим оптимизацию функционирования и стабильное повышение ресурсного потенциала почв пахотных земель, является заплата соломы. Заплата соломы в агроценозах не только целесообразна с точки зрения экономических и экологических целей, но и позволяет вовлечь в биологический круговорот биофильные элементы питания и органическое вещество, ежегодно отчуждаемые с урожаем побочной продукции растениеводства.

При изучении круговорота элементов в системе «органическое удобрение – почва – растение» неизбежно возникает задача выяснения темпов разложения органического субстрата, что определяет доступность элементов питания, внесенных с органическим удобрением, для возделываемых культур. Вопросам изучения темпов разложения разных видов органических удобрений в почве уделяли внимание многие авторы [1–3]. Например, исследования по изучению степени минерализации пожнивно-корневых остатков различных сельскохозяйственных культур представлены в работах Н. А. Павловец с соавт. [4, 5]. Несмотря на большое количество научных работ в данном направлении, динамика минерализации запаханной соломы изучена недостаточно, что обуславливает необходимость уточнения и дальнейшего изучения интенсивности протекания минерализационных процессов в зависимости от видового состава побочной продукции и удобрения азотом.

Процесс разложения запаханной соломы, как и любого органического вещества, внесенного в почву, является сложным и многоступенчатым [6, 7]. Наиболее интенсивно разложение соломы протекает в течение первых 3 месяцев после ее заделки в почву. За этот период разлагается около 30–50 % от ее исходного количества (за год потери веса соломы достигают 50–80 %), остальная часть минерализуется позднее [8–11]. Несмотря на то что в состав различных видов соломы входят идентичные химические компоненты, соотношение между разными группами органических соединений значительно варьирует, вследствие чего темпы разложения в почве запаханной побочной продукции существенно отличаются. Для благоприятного разложения соломы и активного функционирования микроорганизмов наиболее оптимальным соотношением углерода к азоту является (20–30) : 1. Поскольку солома сельскохозяйственных культур в основном характеризуется более высоким отношением С : N, то одним из эффективных приемов ускорения минерализации побочной продукции является добавление к ней компенсирующей дозы минерального азота.

Цель исследований – изучение динамики и скорости минерализации соломы при заделке в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом.

Объекты и методы исследования. Модельно-полевые опыты по изучению динамики и скорости минерализации соломы в дерново-подзолистых почвах были проведены с разными видами

соломы в 2008–2011 гг.: в 2008 г. была заложена на минерализацию солома рапса, в 2009 г. – солома люпина, в 2010 г. – солома ячменя и кукурузы.

Исследования проводили в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве и в СПК «Щемяслица» на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке почве. Дерново-подзолистая супесчаная почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} 5,6–5,9, содержание P_2O_5 – 140–160 мг/кг, K_2O – 160–180 мг/кг почвы, гумуса – 2,23–2,52 %. Пахотный слой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы имел следующие агрохимические характеристики: pH_{KCl} 5,4–5,7, содержание P_2O_5 – 275–315 мг/кг, K_2O – 180–200 мг/кг почвы, гумуса – 1,65–1,80 %.

Агрохимические показатели почвы определяли по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91).

Опыт предусматривал изучение динамики и скорости минерализации разных видов соломы с дополнительным внесением азота и без него. Компенсирующие дозы минерального азота были рассчитаны с учетом создания оптимального соотношения $C : N = (20–30) : 1$. В качестве минерального удобрения использовали карбамид.

В мешочки из стеклоткани размером 25×40 см помещали 1,0 кг почвы (в пересчете на воздушно-сухую) и 25 г (в пересчете на стандартную влажность – 16 %) соломы изучаемых культур. Глубина заделки мешочков – 15–17 см. Все образцы закладывали одновременно в сентябре на весь период исследований.

Образцы извлекали из почвы в трех повторностях в четыре срока: 1-й – осенью перед наступлением устойчивых заморозков (ноябрь); 2-й – весной в начале активной вегетации озимых зерновых культур (апрель); 3-й – в период активного потребления элементов минерального питания сельскохозяйственными культурами (июнь); 4-й – в период уборки зерновых культур (август). Данный опыт имитировал процесс минерализации соломы на протяжении вегетационного периода.

По убыли сухого вещества, отнесенного к первоначальному весу соломы, рассчитывали степень ее минерализации. Для определения убыли сухого вещества после извлечения мешочков из почвы высыпали из них почву с соломой, удаляли из нее проникшие туда корни сорных растений. После этого методом декантации в воде отделяли остатки соломы от почвы, сливая всплывшие остатки через сито (диаметр отверстий – 0,25 мм). Отмытую массу сушили в термостате до сухого состояния при температуре 105 °С и взвешивали.

Поскольку опытные поля расположены на расстоянии 30 км друг от друга, метеорологические условия в СПК «Щемяслица» и ГП «Экспериментальная база им. Суворова» в годы проведения модельно-полевых опытов характеризовались довольно близкими значениями как по количеству выпавших осадков, так и по среднесуточной температуре воздуха. В целом гидротермический режим во время проведения исследований был близким к средним многолетним значениям с небольшими колебаниями по отдельным месяцам.

Результаты и их обсуждение. Изучение минерализационных процессов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показало, что наиболее интенсивно минерализация соломы протекала в течение первых двух месяцев после закладки опыта. Темпы минерализации соломы разных культур различны, что, по-видимому, обусловлено биохимическими свойствами компонентов, входящих в ее состав. Максимальная степень минерализации характерна для соломы кукурузы (48 %), несколько медленнее минерализовалась солома люпина и ячменя – 40 и 36 % соответственно. Интенсивность процессов минерализации при разложении соломы рапса минимальна (17 %) (таблица).

В последующие пять месяцев наблюдалось замедление темпов разложения всех видов соломы. За это время минерализация соломы увеличилась только на 12–18 %. На довольно резкое снижение процессов разложения в связи с низкой температурой воздуха и почвы в зимний и ранневесенний период указано в работе [12]. По мнению авторов, за период август–декабрь разлагается в 10 раз больше соломы, чем за декабрь–апрель. В отличие от этих данных в наших

исследованиях интенсивность минерализационных процессов в начале опыта превышала минерализацию соломы за декабрь–апрель в 1,5–3 раза. По данным Л. А. Гришиной с соавт. [11], за период октябрь–май потери веса соломы ячменя составляли до 51 %, что согласуется с нашими данными по этой культуре (48 %).

**Динамика минерализации соломы сельскохозяйственных культур в дерново-подзолистых почвах,
% (к исходной навеске в пересчете на сухое вещество)**

Срок отбора образца	Легкосуглинистая почва				Супесчаная почва			
	рапс	люпин	кукуруза	ячмень	рапс	люпин	кукуруза	ячмень
<i>Солома</i>								
Закладка опыта	0	0	0	0	0	0	0	0
Через 2 мес.	17	40	48	36	14	37	40	33
Через 7 мес.	29	57	66	48	23	44	51	46
Через 9 мес.	40	73	77	66	36	66	69	61
Через 11 мес.	49	75	83	70	46	72	80	67
<i>Солома + N</i>								
Через 2 мес.	24	48	60	45	20	45	50	42
Через 7 мес.	35	63	69	56	31	53	60	50
Через 9 мес.	45	74	80	71	42	69	76	65
Через 11 мес.	53	78	85	73	51	75	83	69

С наступлением более теплого периода, характеризующегося увеличением активности почвенных микроорганизмов и более благоприятными погодными условиями, темпы минерализации возрастали. Так, за 11 месяцев в зависимости от видового состава минерализовалось 49–83 % соломы.

В вариантах с внесением компенсирующей дозы азота отмечено повышение интенсивности минерализационных процессов, что обусловлено усилением деятельности микроорганизмов при внесении в почву дополнительного азота. Наиболее сильное влияние на деструкционные процессы добавление минерального азота оказывало в начальный период, увеличивая разложение соломы рапса на 7, люпина – на 8, ячменя – на 9 % по сравнению с вариантами, в которых азот не вносили. Особенно заметно влияние компенсирующей дозы азота на усиление процесса минерализации при разложении соломы кукурузы, где убыль сухого вещества увеличилась на 12 % по сравнению с вариантом без азота. В работе [12] также показано, что через пять недель после закладки опыта степень разложения соломы кукурузы составила 34–42 %, добавление минерального азота усиливало минерализацию на 15–20 %. В последующие периоды наблюдалось постепенное нивелирование интенсивности минерализационных процессов между вариантами без азота и при внесении минерального азота. Установлено, что через 11 месяцев, несмотря на то, что преимущество вариантов с добавлением азота еще сохранялось, тем не менее разница в вариантах с азотом и без него была незначительной, варьируя в пределах 2–5 % в зависимости от вида соломы. По данным Г. Кольбе, Г. Штумпе [12], добавление минерального азота лишь на короткое время ускоряет минерализацию соломы, с увеличением длительности опыта ускоренная минерализация со временем уравнивается ее замедлением.

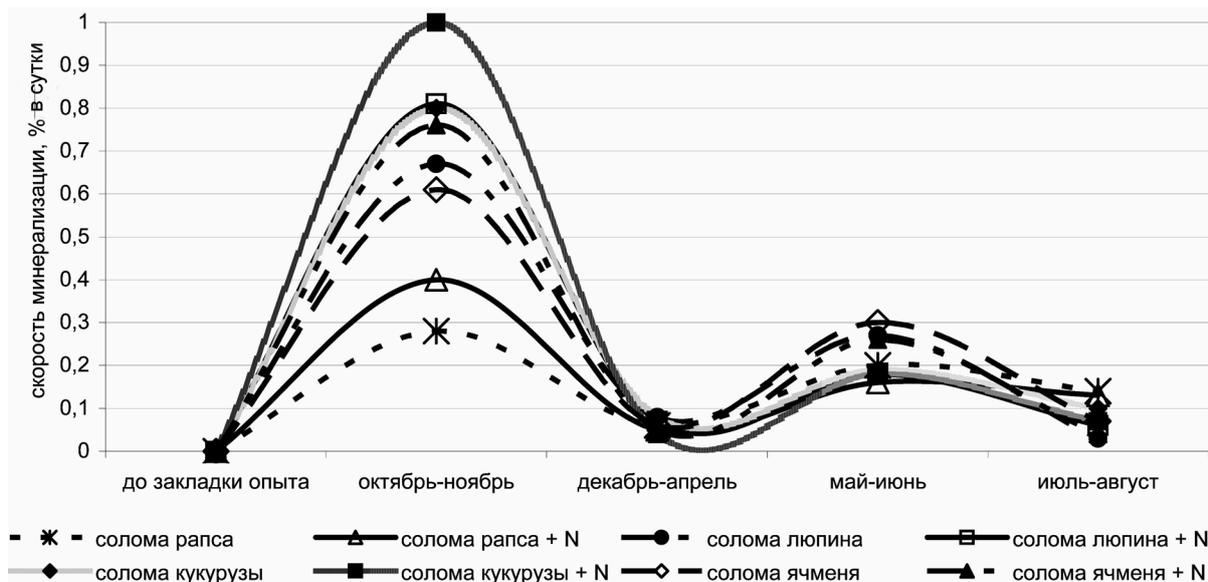
Для процессов минерализации соломы в супесчаной почве характерны те же закономерности, что и для легкосуглинистой почвы. Максимальная интенсивность минерализационных процессов отмечена в первые два месяца. За это время в варианте без дополнительного внесения азота минерализовалось 14–40 % соломы. При внесении компенсирующих доз азота степень разложения соломы варьировала в пределах 20–50 %. Со временем темпы минерализации соломы изучаемых культур снижались. В течение последующих пяти месяцев в опытных вариантах дополнительной минерализации подверглось всего 7–13 % сухого вещества соломы. По истечении 11 месяцев степень минерализации соломы рапса в среднем составила 48 %, люпина – 74, кукурузы – 82 и ячменя – 68 %.

Отличительной чертой минерализационных процессов соломы в супесчаной почве по сравнению с легкосуглинистой были более низкие темпы их протекания, что, вероятно, обусловлено меньшей микробиологической активностью почвы [13].

Достаточно объективной количественной оценкой процесса минерализации является скорость минерализации соломы за единицу времени. Установлено, что скорость распада была неравномерной во времени. В дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее высокая скорость минерализации соломы характерна для первоначального этапа, что, по-видимому, обусловлено наличием доступных легкоразлагаемых органических соединений, при этом выявлены отличия в скорости минерализации соломы в зависимости от ее видового состава. Максимальная скорость минерализации (0,80 % в сутки) без дополнительного азота отмечена для соломы кукурузы, немного медленнее за единицу времени разлагалась солома люпина и ячменя – 0,67 и 0,61 % в сутки соответственно, самую низкую скорость разложения имела солома рапса – 0,28 % в сут. При добавлении азота скорость минерализации соломы нарастала, варьируя в пределах 0,40–1,00 % в сутки (рисунок).

Различия в скорости распада соломы в зависимости от видового состава и опытных вариантов были особенно значительны в начальный период минерализации. В последующие периоды в результате усиления контакта соломы с почвой, ее механического разрушения и развития деструкционных процессов они постепенно сглаживались. Так, в зимний и ранневесенний период скорость минерализации находилась на уровне 0,04–0,08 % в сутки независимо от вида соломы и вариантов опыта. В это время года скорость распада характеризовалась минимальными показателями, что обусловлено прежде всего погодными условиями – дефицитом тепла и низкой температурой воздуха, способствующих снижению жизнедеятельности микроорганизмов. Однако, несмотря на холодное время года, полного прекращения минерализационных процессов не наблюдалось. По мнению Л. А. Гришиной с соавт. [11], снежный покров, являясь хорошим термоизолятором, защищает почву от экстремальных перепадов температур, вследствие чего под снегом микроорганизмы способны поддерживать температуру около нуля, обеспечивая замедленную переработку органического вещества. Кроме того, развитие процессов промерзания–оттаивания почвы в периоды зимнего и весеннего снеготаяния усиливает механическое разрушение соломы.

С наступлением теплого периода и активизацией жизнедеятельности микроорганизмов скорость минерализации увеличивалась, достигая в опытных вариантах 0,16–0,30 % в сутки. Тем не менее скорость распада за единицу времени в этот период характеризовалась более низкими значениями по сравнению с таковыми, полученными в начальный период разложения соломы. Ближе к осени скорость разложения в опытных вариантах уменьшалась до уровня 0,03–0,14 % в сутки. Снижение скорости минерализации, по-видимому, обусловлено потерей за истекшее время большей части легкодоступных органических соединений, входящих в состав соломы



Скорость минерализации соломы в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

изучаемых культур, а скорость разложения труднорастворимых компонентов, в частности лигнина, характеризуется значительно более медленными темпами.

Аналогичные закономерности в изменении скорости минерализации соломы в зависимости от срока разложения и вариантов опыта были установлены в дерново-подзолистой супесчаной почве. Несмотря на то что скорость распада соломы за единицу времени по временным периодам в супесчаной почве достаточно приближена к показателям, полученным в легкосуглинистой почве, выявлены отличительные особенности, обусловленные влиянием физико-химических свойств и гранулометрическим составом данных почв. Установлено, что на начальном этапе в супесчаной почве скорость минерализации соломы была менее интенсивной, достигая в вариантах без азота 0,23–0,67 % в сутки, с дополнительным азотом – 0,34–0,82 % в сутки. В холодное время года скорость распада была практически одинакова во всех опытных вариантах на обеих почвах. В последующие периоды для супесчаной почвы характерна более высокая напряженность скорости распада по сравнению с легкосуглинистой. Выявленные закономерности, возможно, связаны с тем, что в осенний период в супесчаной почве жизнедеятельность почвенных микроорганизмов затухала быстрее, чем в легкосуглинистой. В весенний период, наоборот, более легкая по гранулометрическому составу супесчаная почва быстрее прогревалась и созревала, следовательно, в ней быстрее возобновлялась микробиологическая деятельность.

В целом, за 11-месячный срок в дерново-подзолистых почвах солома кукурузы разлагалась сильнее по сравнению с соломой других сельскохозяйственных культур (в среднем 83 %). В несколько меньшей степени минерализовалась солома люпина (75 %), затем ячменя (70 %). Значительно медленнее минерализовалась солома рапса – в среднем только на 50 %. По степени и скорости минерализации в дерново-подзолистых почвах в зависимости от видового состава солому можно расположить в следующий убывающий ряд: кукуруза > люпин > ячмень > рапс.

Заключение. В модельно-полевых опытах на дерново-подзолистых почвах установлено, что наиболее интенсивно минерализация соломы протекала в течение первых двух месяцев после закладки опыта. За этот период степень минерализации соломы кукурузы составила 40–48 %, люпина – 37–40, ячменя – 33–36, рапса – 14–17 %. Внесение компенсирующих доз азота более положительное влияние на процессы разложения соломы оказало в начальный период, увеличив ее минерализацию на 6–12 % по сравнению с вариантами без азота. В последующем наблюдалось нивелирование в степени минерализации между вариантами без азота и при удобрении азотом. Через 11 месяцев солома кукурузы минерализовалась в среднем на 83 %, люпина – на 75, ячменя – на 70, рапса – на 50 %.

Максимум в скорости минерализации соломы характерен для начального этапа: в вариантах без азота – 0,23–0,80 % в сутки и при внесении азота – 0,34–1,00 % в сутки. Минимальная скорость разложения соломы характерна для зимнего и ранневесеннего периода – 0,03–0,08 % в сутки.

Литература

1. Минерализация различных видов органических удобрений в дерново-подзолистой супесчаной почве / В. А. Тикавий [и др.] // Сб. науч. тр. / БелНИИПА. – Минск, 1993. – Вып. 28: Почвоведение и агрохимия. – С. 187–193.
2. Минерализация различных органических удобрений в дерново-подзолистой супесчаной почве / В. В. Лапа [и др.] // Сб. науч. тр. / БелНИИПА. – Минск, 2000. – Вып. 31: Почвоведение и агрохимия. – С. 163–171.
3. Минерализация различных видов органических удобрений в дерново-подзолистой супесчаной почве / В. В. Лапа [и др.] // Сб. науч. тр. / БелНИИПА. – Минск, 2004. – Вып. 33: Почвоведение и агрохимия. – С. 87–92.
4. Минерализация растительных остатков в дерново-подзолистой суглинистой почве / Н. А. Павловец [и др.] // Межведомст. темат. сб. / БелНИИПА. – Минск, 1989. – Вып. 20: Почвенные исследования и применение удобрений. – С. 106–110.
5. Павловец, Н. А. Минерализация послеуборочных растительных остатков озимой ржи, картофеля, клевера красного в дерново-подзолистой суглинистой почве / Н. А. Павловец, В. В. Мудрагелова, Л. И. Берестова // Сб. науч. тр. / БелНИИПА. – Минск, 1990. – Вып. 26: Почвоведение и агрохимия. – С. 71–79.
6. Использование соломы и сидератов на удобрение в биологизированных системах земледелия: прак. руководство / В. А. Корчагин [и др.]; Самар. НИИСХ. – Самара, 2002. – 27 с.
7. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах) / Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 222 с.

8. *Александрова, Л. Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
9. Солома – органическое удобрение: рекомендации / В. А. Деревягин, М. Е. Кравченко, И. В. Русакова; ВНИПТИОУ. – Владимир, 1989. – 68 с.
10. *Лебедева, Т. Б.* Трансформация растительного вещества и гумусное состояние чернозема выщелоченного при использовании удобрений и известковании / Т. Б. Лебедева, С. М. Надежкин, М. В. Арефьева // *Агрохимия*. – 2006. – № 11. – С. 18–24.
11. *Гришина, Л. А.* Трансформация органического вещества почвы / Л. А. Гришина, Г. Н. Копчик, М. И. Макаров. – М.: Изд-во ИГУ, 1990. – 88 с.
12. *Кольбе, Г.* Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе; пер. с нем. – М.: Колос, 1972. – 88 с.
13. *Мезенцева, Е. Г.* Ферментативная активность дерново-подзолистых почв в зависимости от систем удобрения / Е. Г. Мезенцева, Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию основания Ин-та почвовед. и агрохимии, Минск, 5–8 июля 2011 г. – Минск, 2011. – С. 257–259.

E. N. BOGATYROVA, T. M. SERAYA, O. M. BIRYUKOVA, E. G. MEZENTSAVA, R. N. BIRYUKOV

DYNAMICS OF STRAW MINERALIZATION IN SOD-PODZOLIC SOILS

Summary

The tempos of mineralization of straw of agricultural crops in the first 11 years after conducting field experiments on sod-podzolic soils are studied. It is determined that corn straw is mineralized on average by 83 %, lupine straw – by 75 %, barley straw – by 70 %, rape straw – by 50 %.

The maximum speed of straw mineralization is typical of the autumn period: 0,23–0.80 % per day without nitrogen and 0.34–1.00 % per day with nitrogen fertilization. The minimum speed of straw decomposition is typical of winter and early spring – 0.03–0.08 % per day.