

## **ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И УГЛЕРОДА В СОЛОМЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ**

**Е.Н. Богатырева, Т.М. Серая, Е.Г. Мезенцева,  
О.М. Бирюкова, Р.Н. Бирюков**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время применение интенсивных систем земледелия в сложившейся экономической ситуации особенно остро требует разработки технологических приемов возделывания культур на основе рентабельности производства сельскохозяйственной продукции. Значительным резервом в улучшении оптимизации аграрных биоценозов в условиях изменения структуры посевных площадей и переходом на бесподстилочное содержание скота является запашка соломы в качестве органического удобрения. Использование этого агротехнического приема оказывает положительное влияние на гумус, обогащая почву органическим веществом; повышает биологическую активность почвы, являясь доступным энергетическим материалом для почвенной микрофлоры; улучшает агрохимические показатели почвенного плодородия за счет поступления биофильных элементов питания; оптимизирует физические свойства почвы [1-4].

Запашка соломы способствует не только повышению плодородия почвы и имеет большую экологическую значимость, но и является экономически выгодным приемом, обеспечивающим экономией материальных, энергетических и трудовых затрат, что в конечном итоге увеличивает рентабельность производства сельскохозяйственной продукции [5, 6].

Основным показателем эффективности применения любого агротехнического приема является прибавка урожайности возделываемых культур. Действие соломы как удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур противоречиво и неоднозначно. По данным В.И. Ульяновчика с соавторами [7], запашка соломы озимой ржи (4,7-5,2 т/га) не оказала заметного влияния на сбор клубней картофеля. В работе [8] установлено отрицательное действие соломы озимой пшеницы, запаханной в дозе 7 т/га без внесения азота, что проявилось в уменьшении урожая ячменя на 3,5 ц/га. По данным П.И. Никончика с соавторами [9], на фоне минеральных удобрений при запашке соломы озимой ржи дважды за ротацию 8-польного севооборота наблюдалась тенденция снижения его продуктивности.

В то же время в ряде опытов установлено, что запаханная солома оказывает положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур уже в первый год использования [2, 10]. В исследованиях некоторых авторов отмечено положительное влияние соломы на урожайность во второй и третий годы после запашки. Так, А.А. Каликинским с соавторами [11] не установлено существенной прибавки урожая семян люпина от запашки 5 т/га соломы на фоне внесения ком-

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

пенсирующей дозы азота в год внесения; не оказала запаханная солома влияния на урожайность зерна озимой ржи и в первый год последействия; положительное влияние соломы проявилось только на третий год после ее внесения в почву – получена прибавка клубней картофеля на уровне 18,2-38,5 ц/га. В работе [12] также не отмечено положительного эффекта от применения соломы озимой ржи в количестве 5 т/га в прямом действии на урожайность картофеля. Однако, в первый год последействия при выращивании ячменя солома обеспечила прибавку урожая зерна на уровне 28%; во второй год на посевах смеси сераделлы с овсом запаханная солома увеличила урожайность кормовой массы на 30%.

Противоречивость полученных результатов обусловлена тем, что влияние соломы на урожайность сельскохозяйственных культур зависит от комплекса взаимосвязанных факторов: почвенно-климатических условий, предшественника, биологических особенностей возделываемой культуры, химических компонентов, входящих в состав соломы, ее анатомического строения и т.п. Немаловажное значение при этом имеет соотношение C/N, поскольку чем это соотношение уже, тем быстрее разлагается солома, при увеличении этого соотношения деструкция соломы микроорганизмами затруднена. Наиболее благоприятным соотношением углерода к азоту, обеспечивающим активное функционирование почвенных микроорганизмов, энергичное разложение соломы и необходимый уровень азотного питания растений, считают 20-30:1 [13]. При широком соотношении углерода к азоту (80-100:1) происходит биологическое закрепление минерального азота почвы в плазме размножающихся микроорганизмов. Это связано с тем, что внесение соломы в почву всегда активизирует микрофлору почвы, однако доступного азота соломы недостаточно для покрытия потребности микроорганизмов в этом элементе, используемом при синтезе белка. Следовательно, недостаток азота микроорганизмы будут компенсировать путем использования азотного запаса почвы из-за сравнительно большого потребления ими этого элемента, вследствие чего ухудшаются условия азотного питания растений, что в конечном итоге может привести к снижению урожайности культуры, под которую была запахана солома. Для того, чтобы уменьшить иммобилизацию минерального азота почвы при удобрении соломой и обеспечить оптимальное соотношение C/N для беспрепятственного разложения растительных остатков, вносят компенсирующую дозу азота с удобрениями. При последующем отмирании почвенной микрофлоры иммобилизованный азот вновь становится доступным для растений и используется последующими культурами, что положительно сказывается на их урожайности. При этом в зависимости от условий разложения и химического состава соломы в течение первых трех месяцев минерализуется около 30-50% запаханной побочной продукции, за год – 50-80%, остальная часть минерализуется позднее [14-17]. Поэтому ценность соломы как органического удобрения заключается в том, что она обладает длительным действием.

Научно-практический интерес представляет количественная оценка содержания элементов питания в неразложившихся остатках соломы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом при разложении побочной продукции на протяжении вегетационного периода.

Цель исследований – оценить содержание элементов питания и углерода в неминерализованных остатках соломы сельскохозяйственных культур при ее трансформации в дерново-подзолистых почвах.

## МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Модельно-полевые исследования по оценке изменения содержания элементов питания и углерода в неминерализованных остатках при заделке соломы в почву в зависимости от степени ее минерализации 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 «Щемыслица» 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%. Определение агрохимических показателей почвы проводили 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 содержания основных элементов питания и углерода в неминерализованных остатках разных видов соломы с дополнительным внесением азота и без него. Компенсирующие дозы минерального азота 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 соломы изучаемых культур (в пересчете на стандартную влажность – 16%). Глубина заделки мешочков – 15-17 см. Все образцы закладывали одновременно 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) (табл. 1). Данный опыт имитировал изменение содержания элементов питания и углерода в неминерализованных остатках соломы на протяжении вегетационного периода.

Таблица 1

### Сроки отбора неминерализованных остатков соломы, заложенной на минерализацию в дерново-подзолистые почвы

Срок отбора образца	Рапс яровой	Люпин узколистный	Кукуруза	Ячмень яровой
Закладка опыта	18.09.2008 г.	24.09.2009 г.	20.09.2010 г.	20.09.2010 г.
Извлечение образцов через 2 мес.	18.11.2008 г.	24.11.2009 г.	24.11.2010 г.	24.11.2010 г.
Извлечение образцов через 7 мес.	20.04.2009 г.	26.04.2010 г.	25.04.2011 г.	25.04.2011 г.
Извлечение образцов через 9 мес.	19.06.2009 г.	23.06.2010 г.	22.06.2011 г.	22.06.2011 г.
Извлечение образцов через 11 мес.	21.08.2009 г.	25.08.2010 г.	26.08.2011 г.	26.08.2011 г.

Для определения массы неминерализованного остатка и химического состава образцов после извлечения мешочков из почвы высыпали из них смесь почвы с соломой, из которой удаляли проникшие туда корни растений (если таковые имелись). После этого методом декантации в воде отделяли остатки соломы от почвы, сливая всплывшие остатки через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Отмытую массу сушили в термостате до сухого состояния при температуре 105 °С и взвешивали. После чего образцы анализировали на содержание основных элементов питания и углерода.

В исходных образцах соломы и извлеченных из почвы определяли зольность (ГОСТ 26714-85), содержание сухого вещества (ГОСТ 26713-85), органического углерода (ГОСТ 27980-88) и основных элементов питания (азот (ГОСТ 13496.4-93), фосфор (ГОСТ 26657-85), калий (ГОСТ 30504-97), кальций (ГОСТ 28901-91), магний (ГОСТ 30502-97)).

Метеорологические условия в СПК “Щемыслица” 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, поскольку опытные поля расположены на расстоянии 30 км друг от друга. В целом, гидротермический режим во время проведения исследований был близким к средним многолетним значениям с небольшими колебаниями по отдельным месяцам.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении динамики минерализации соломы выявлена однотипность в темпах ее разложения в дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах. Разница заключалась только в несколько меньшей скорости разложения соломы в супесчаной почве, что, возможно, обусловлено более низкими показателями ее микробиологической активности [18].

Установлено, что с увеличением срока минерализации на обеих почвах независимо от опытных вариантов, вес неминерализованного остатка при разложении соломы изучаемых культур в дерново-подзолистых почвах последовательно уменьшался при наиболее интенсивных потерях органической массы в начальный период проведения модельно-полевых исследований (табл. 2). Через два месяца после заделки соломы в дерново-подзолистые почвы в вариантах без азота вес неминерализованного остатка соломы кукурузы составил 56%, люпина – 61%, ячменя – 65%, рапса – 85% от исходного. Удобрение соломы азотом активизировало интенсивность минерализационных процессов, увеличивая темпы ее разложения на 7-11% по сравнению с вариантами без азота.

В течение следующих пяти месяцев в связи с низкой температурой почвы темпы убыли: вес неминерализованного остатка всех видов соломы снижался. За зимне-ранневесенний период (декабрь-апрель) он по сравнению с предшествующим уменьшился только на 12-26%.

С наступлением теплого периода в результате активизации жизнедеятельности микроорганизмов интенсивность трансформации заделанной соломы увеличивалась. Установлено, что с течением времени различия в темпах минерализации побочной продукции в вариантах с компенсирующей дозой азота и без него постепенно нивелировались. Несмотря на то, что к концу первого года после заделки

соломы в дерново-подзолистые почвы преимущество вариантов с добавлением азота еще сохранялось, разница в вариантах с азотом и без него была незначительной, варьируя в пределах 2-5% в зависимости от вида соломы. Неминерализованный остаток соломы кукурузы в зависимости от опытных вариантов составлял 16-19% от его исходного количества, люпина – 24-27%, ячменя – 29-31%, рапса – 48-53%.

Исследования показали, что содержание золы в исходных образцах в зависимости от вида соломы варьировало в пределах 4,6-6,1% (табл. 3). По мере увеличения степени минерализации побочной продукции зольность неразложившихся остатков соломы изучаемых культур возрастала. В начальный период эти изменения по сравнению с соломой других культур были менее значительными у кукурузы и люпина. За осенний период зольность неминерализованных остатков соломы этих культур в зависимости от вариантов опыта увеличилась в 1,6-2 раза по сравнению с аналогичными показателями в исходной массе. Через 11 месяцев содержание золы в неразложившемся остатке соломы люпина было выше в среднем на 12,9% (или в 3,1 раза), кукурузы – на 13,5% (или в 3,9 раза), чем в образцах до закладки опыта.

При минерализации соломы ячменя по истечении двух месяцев в варианте без азота зольность неминерализованного остатка повысилась на 12,9%, с добавлением азота – на 15,6% по сравнению с первоначальными величинами; через 11 месяцев эти показатели увеличились в 4,9 и 5,6 раза соответственно.

В соломе изучаемых культур, в пересчете на 1 тонну, содержание элементов питания до начала опыта изменялось в широких пределах при довольно постоянном содержании углерода. В исходных образцах содержалось 6,5-8,6 кг/т азота, 4,4-6,9 кг фосфора, 19,0-31,8 кг калия, 4,1-9,2 кг кальция, 1,5-3,8 кг магния и 469-477 кг/т углерода (табл. 2).

В результате развития минерализационных процессов химический состав соломы сельскохозяйственных культур заметно изменялся, причем эти изменения были типичны как для вариантов с азотом, так и для вариантов без азота и подчинялись одним и тем же закономерностям независимо от гранулометрического состава почвы. При этом на начальном этапе в связи с более интенсивной трансформацией соломы при внесении компенсирующей дозы азота содержание элементов питания и углерода в неминерализованных остатках было несколько ниже, чем в вариантах с чистой соломой, которое в дальнейшем практически исчезало.

В неразложившихся остатках соломы всех культур наиболее быстрыми темпами уменьшалось как абсолютное, так и относительное содержание калия (табл. 2, 3). При этом динамика изменения содержания этого элемента во времени однотипна для всех видов соломы. В образцах, извлеченных из дерново-подзолистых почв через два месяца после закладки опыта, абсолютное содержание калия уменьшилось в соломе рапса с 31,8 кг/т сухой массы до 2,9-3,0 кг/т, люпина – с 20,4 до 1,7-2,0 кг/т, кукурузы – с 21,0 до 1,6-2,1 кг/т, ячменя – с 19,0 до 1,6-1,8 кг/т, т.е. в неминерализованном остатке соломы содержалось всего 8-10% калия от исходного его количества. Относительное содержание калия за осенний период в среднем по опытным вариантам снизилось в соломе рапса с 3,18% до 0,37%, люпина – с 2,04% до 0,32%, кукурузы – с 2,10% до 0,37%, ячменя – с 1,90% до 0,28%.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2

### Содержание элементов питания и углерода в неминерализованных остатках при минерализации соломы в дерново-подзолистых почвах

Ва- ри- ант	Срок отбора образца	Немини- рализо- ванный остаток, кг/т	Содержание в неминерализованном остатке											
			N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO		C	
			кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%
<b>солома рапса ярового</b>														
со- ло- ма	до закладки опыта	1000	7,0	100	4,7	100	31,8	100	9,2	100	1,5	100	471	100
	через 2 мес.	846	6,5	92	2,5	54	3,0	10	2,2	23	1,1	71	354	75
	через 7 мес.	742	6,1	87	2,1	45	2,4	8	2,0	21	1,0	64	300	64
	через 9 мес.	617	5,6	79	1,7	37	2,0	6	1,8	19	0,9	58	242	51
	через 11 мес.	526	5,2	74	1,4	30	1,7	5	1,7	18	0,8	53	194	41
со- ло- ма + N	через 2 мес.	780	6,2	89	2,4	51	2,9	9	2,0	22	1,0	65	316	67
	через 7 мес.	669	5,8	83	2,0	43	2,3	7	1,8	19	0,9	60	256	54
	через 9 мес.	563	5,3	76	1,6	34	1,8	6	1,6	17	0,8	54	210	45
	через 11 мес.	483	5,1	73	1,4	29	1,6	5	1,6	17	0,7	48	172	37
<b>солома люпина узколистного</b>														
со- ло- ма	до закладки опыта	1000	8,6	100	6,9	100	20,4	100	4,6	100	3,8	100	469	100
	через 2 мес.	613	5,9	69	3,7	53	2,0	10	1,5	32	0,7	19	276	59
	через 7 мес.	498	5,5	64	1,5	22	1,1	5	1,4	30	0,5	14	221	47
	через 9 мес.	309	4,3	50	0,9	14	0,6	3	1,0	22	0,4	10	128	27
	через 11 мес.	265	3,8	44	0,8	11	0,3	2	0,9	20	0,3	9	108	23
со- ло- ма + N	через 2 мес.	533	5,5	64	3,3	48	1,7	8	1,2	26	0,6	17	235	50
	через 7 мес.	420	5,1	60	1,4	20	1,0	5	1,2	26	0,4	12	184	39
	через 9 мес.	284	4,1	47	0,9	13	0,5	3	0,9	20	0,3	9	116	25
	через 11 мес.	238	3,6	41	0,7	10	0,3	1	0,8	18	0,3	8	96	20
<b>солома кукурузы</b>														
со- ло- ма	до закладки опыта	1000	7,0	100	6,0	100	21,0	100	4,1	100	2,5	100	477	100
	через 2 мес.	560	6,1	87	2,9	49	2,1	10	1,6	40	0,9	35	259	54
	через 7 мес.	415	5,4	78	2,0	33	1,1	5	1,5	36	0,7	27	188	40
	через 9 мес.	268	3,8	54	1,2	21	0,6	3	1,2	28	0,5	21	114	24
	через 11 мес.	185	3,0	42	1,0	17	0,4	2	0,9	22	0,4	16	76	16
со- ло- ма + N	через 2 мес.	451	5,3	76	2,5	41	1,6	8	1,4	34	0,7	29	205	43
	через 7 мес.	354	4,8	69	1,8	30	1,0	5	1,3	32	0,6	22	158	33
	через 9 мес.	220	3,4	49	1,1	19	0,5	2	1,1	26	0,5	18	91	19
	через 11 мес.	164	2,7	39	0,9	15	0,3	1	0,8	20	0,4	15	67	14
<b>солома ячменя ярового</b>														
со- ло- ма	до закладки опыта	1000	6,5	100	4,4	100	19,0	100	4,2	100	1,7	100	474	100
	через 2 мес.	653	6,0	92	2,6	60	1,8	10	2,4	57	0,8	49	268	56
	через 7 мес.	528	5,5	85	2,1	48	1,3	7	2,2	53	0,8	47	214	45
	через 9 мес.	360	5,0	76	1,3	29	0,6	3	1,6	38	0,7	40	136	29
	через 11 мес.	312	4,8	75	1,0	22	0,5	3	1,4	33	0,7	38	116	25

Вариант	Срок отбора образца	Неминерализованный остаток, кг/т	Содержание в неминерализованном остатке											
			N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO		C	
			кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%
со-ло-ма + N	через 2 мес.	563	5,2	80	2,4	55	1,6	8	2,1	51	0,7	43	223	47
	через 7 мес.	472	4,9	76	1,9	43	1,2	6	2,0	47	0,6	37	180	38
	через 9 мес.	320	4,9	75	1,2	28	0,5	3	1,4	34	0,6	36	117	25
	через 11 мес.	286	4,7	73	0,9	20	0,5	3	1,3	30	0,6	33	102	21

Таблица 3

**Изменение химического состава соломы сельскохозяйственных культур при ее минерализации в дерново-подзолистых почвах**

Вариант	Срок отбора образца	Зольность, %	Содержание в неминерализованном остатке, % на сухое вещество						C/N
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	C	
<b>солома рапса ярового</b>									
солома	до закладки опыта	5,9	0,70	0,47	3,18	0,92	0,15	47	67
	через 2 мес.	16,3	0,77	0,30	0,36	0,26	0,13	42	55
	через 7 мес.	19,1	0,83	0,29	0,33	0,27	0,13	40	49
	через 9 мес.	21,7	0,90	0,28	0,33	0,29	0,14	39	44
	через 11 мес.	26,3	0,99	0,27	0,32	0,32	0,15	37	37
солома + N	через 2 мес.	19,0	0,80	0,31	0,37	0,26	0,13	41	51
	через 7 мес.	23,3	0,87	0,30	0,35	0,27	0,14	38	44
	через 9 мес.	25,5	0,95	0,29	0,33	0,29	0,15	37	39
	через 11 мес.	28,7	1,06	0,28	0,33	0,33	0,15	36	34
<b>солома люпина узколистного</b>									
солома	до закладки опыта	6,1	0,86	0,69	2,04	0,46	0,38	47	54
	через 2 мес.	10,0	0,97	0,60	0,32	0,24	0,12	45	47
	через 7 мес.	11,5	1,11	0,31	0,22	0,28	0,11	44	40
	через 9 мес.	17,2	1,39	0,30	0,19	0,33	0,12	41	30
	через 11 мес.	18,5	1,44	0,29	0,13	0,35	0,12	41	28
солома + N	через 2 мес.	11,7	1,03	0,62	0,31	0,23	0,12	44	43
	через 7 мес.	12,5	1,23	0,33	0,23	0,28	0,11	44	36
	через 9 мес.	18,3	1,44	0,31	0,19	0,33	0,12	41	28
	через 11 мес.	19,5	1,49	0,30	0,12	0,34	0,12	40	27
<b>солома кукурузы</b>									
солома	до закладки опыта	4,6	0,70	0,60	2,10	0,41	0,25	48	68
	через 2 мес.	7,4	1,08	0,52	0,37	0,29	0,16	46	43
	через 7 мес.	9,1	1,31	0,48	0,26	0,36	0,16	45	35
	через 9 мес.	14,7	1,42	0,46	0,24	0,43	0,20	43	30
	через 11 мес.	17,5	1,60	0,54	0,20	0,50	0,22	41	26
солома + N	через 2 мес.	9,1	1,18	0,55	0,36	0,31	0,16	45	39
	через 7 мес.	11,1	1,36	0,51	0,28	0,37	0,16	44	33
	через 9 мес.	17,3	1,55	0,51	0,22	0,48	0,21	41	27
	через 11 мес.	18,7	1,65	0,56	0,18	0,51	0,23	41	25

Вариант	Срок отбора образца	Зольность, %	Содержание в неминерализованном остатке, % на сухое вещество						С/Н
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	C	
<b>солома ячменя ярового</b>									
<b>солома</b>	до закладки опыта	5,2	0,65	0,44	1,90	0,42	0,17	47	73
	через 2 мес.	18,1	0,91	0,40	0,28	0,37	0,13	41	45
	через 7 мес.	18,8	1,05	0,40	0,25	0,42	0,15	41	39
	через 9 мес.	24,2	1,38	0,36	0,18	0,44	0,19	38	28
	через 11 мес.	25,3	1,56	0,31	0,17	0,44	0,21	37	24
<b>солома + N</b>	через 2 мес.	20,8	0,92	0,43	0,28	0,38	0,13	40	43
	через 7 мес.	23,8	1,04	0,41	0,25	0,42	0,13	38	37
	через 9 мес.	26,6	1,53	0,38	0,17	0,44	0,19	37	24
	через 11 мес.	28,9	1,65	0,31	0,17	0,45	0,20	36	22

В образцах, извлеченных через 11 месяцев после закладки соломы в дерново-подзолистые почвы, абсолютное содержание калия составляло только 1-5% (или 0,3-1,7 кг/т) от исходных величин.

В отличие от калия, темпы снижения содержания кальция и магния в неминерализованных остатках в результате развития процессов трансформации соломы изучаемых культур в дерново-подзолистых почвах зависели от ее вида. Через 2 месяца абсолютное содержание кальция в неразложившихся остатках в зависимости от видового состава соломы в среднем варьировало в пределах 1,4-2,3 кг/т побочной продукции, что было на 46-77% меньше по сравнению с первоначальными значениями. Данные показатели для магния находились на уровне 0,7-1,1 кг/т и 32-82% соответственно. При этом за осенний период максимальная убыль содержания кальция в неминерализованном остатке характерна для соломы рапса, минимальная – для соломы ячменя. В то время как наиболее сильное снижение содержания магния отмечено в соломе люпина, наименьшее – в соломе рапса. Через 11 месяцев после закладки опыта абсолютное содержание кальция в соломе рапса в среднем по опытным вариантам составило 1,7 кг/т, люпина – 0,9 кг/т, кукурузы – 0,9 кг/т, ячменя – 1,4 кг/т, что в зависимости от вида соломы было в 3-6 раз ниже от первоначального количества. Различия в содержании магния были еще более существенными – количество магния уменьшалось от 2 до 13 раз. Несколько иная зависимость наблюдалась по относительному содержанию данных элементов в неминерализованных остатках соломы. В наибольшей степени их относительное количество по сравнению с исходным содержанием уменьшалось в начальный период разложения. В дальнейшем наблюдался некоторый прирост в относительном накоплении кальция и магния.

Наиболее высокие темпы убыли абсолютного содержания фосфора в соломе, заложенной на минерализацию в дерново-подзолистые почвы, отмечены в первые два месяца. За этот период содержание фосфора в неразложившихся остатках независимо от вида соломы уменьшилось в среднем на 50%, за 11 месяцев – на 70-89% (или 3,3-6,2 кг/т) по сравнению с исходным его количеством.

Что касается относительного содержания фосфора, то на первоначальном этапе наиболее выраженное снижение данного показателя наблюдалось в не-



разложившихся остатках соломы рапса (с 0,47% в исходном образце до 0,31%). В неминерализованных остатках соломы других культур изменения были менее выражены. В последующие периоды относительное содержание фосфора мало менялось на протяжении всего опыта, за исключением данного показателя в соломе люпина.

В отличие от зольных элементов, между абсолютным и относительным содержанием азота наблюдалась обратная зависимость. В разлагающейся соломе изучаемых культур на протяжении всего периода минерализации при уменьшении абсолютного содержания азота отмечено увеличение его относительных величин. При этом установлено, что снижение абсолютного содержания азота, в отличие от других элементов питания, характеризовалось более низкими темпами. В среднем этот показатель в неминерализованных остатках соломы, извлеченных из дерново-подзолистых почв, в процессе разложения органической массы в течение двух месяцев уменьшился на 9-33%. К концу проведения модельно-полевых опытов в неразложившейся соломе сохранялось 41-74% азота от его исходного содержания при более низких показателях в соломе люпина и кукурузы, при более высоких – в соломе рапса и ячменя.

Относительное содержание азота в остатках соломы рапса за осенний период увеличилось в зависимости от опытных вариантов с 0,70% до 0,77-0,80%, люпина – с 0,86% до 0,97-1,03%, кукурузы – с 0,70% до 1,08-1,18%, ячменя – с 0,65% до 0,91-0,92%. Наиболее высокое относительное содержание азота в неразложившихся остатках соломы сельскохозяйственных культур (в 1,4-2,4 раза превышающее первоначальные значения) для всех вариантов опыта было отмечено через 11 месяцев после закладки опыта. На аналогичное поведение азота, приводящее к существенному накоплению относительного его содержания при снижении абсолютного, указано также в работах [19, 20]. По мнению авторов работ [14, 17, 21], столь своеобразное поведение азота при разложении растительных остатков, приводящее к уменьшению его абсолютного и увеличению относительного содержания, по-видимому, является вторичным и обусловлено ресинтезом белковых соединений в виде плазмы микроорганизмов, при отмирании которых образуются высокомолекулярные азотсодержащие органические соединения. Эти вещества могут взаимодействовать с трудно разлагаемыми продуктами соломы, в частности, с лигнином, вследствие чего процентное содержание азота при разложении соломы может увеличиваться.

Абсолютное содержание углерода в неминерализованных остатках при разложении соломы рапса в дерново-подзолистых почвах с течением времени уменьшалось. Через 2 месяца в зависимости от опытных вариантов его содержание снизилось на 25-33% (или на 117-155 кг/т сухой массы) к концу опыта данные показатели составили 37-41% от исходной величины.

Для соломы люпина, кукурузы и ячменя по всем опытным вариантам характерны аналогичные закономерности по снижению содержания углерода в неразложившихся остатках. Отличие заключается в том, что в остатке соломы этих культур, по сравнению с соломой рапса, к концу проведения исследований содержание углерода было ниже в 1,7-2,6 раза при практически одинаковом его количестве в побочной продукции до закладки опыта.

Относительное содержание углерода в неминерализованных остатках в процессе разложения соломы изучаемых культур также уменьшалось. Через 11 месяцев в

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

образцах, извлеченных из дерново-подзолистых почв, в относительном выражении содержание углерода в остатке соломы рапса упало в среднем с 47% до 37%, люпина – с 47% до 41%, кукурузы – с 48% до 41%, ячменя – с 47% до 37%.

Вполне закономерно, что в результате изменений, которым подвержен химический состав соломы сельскохозяйственных культур при минерализации в дерново-подзолистых почвах, меняется соотношение между элементами питания. В этом случае важным моментом является определение изменений в углеродно-азотном соотношении в процессе развития деструкционных процессов. Установлено, что с увеличением срока минерализации всех видов соломы отношение углерода к азоту в неминерализованных остатках менялось в сторону уменьшения. При этом для соломы всех культур характерно некоторое сужение этого соотношения в вариантах с добавлением азота. К концу проведения модельно-полевых исследований во всех неразложившихся остатках соломы, извлеченных из дерново-подзолистых почв, соотношение C/N характеризовалось благоприятными показателями (20-30:1). Исключение составила солома рапса, в которой даже через 11 месяцев протекания процессов разложения данное соотношение было несколько выше оптимального и достигало 34-37:1.

### ВЫВОДЫ

1. В модельно-полевых опытах на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах установлено, что через 11 месяцев после закладки количество неразложившегося остатка соломы кукурузы в среднем составляло 17%, люпина – 25%, ячменя – 30%, рапса – 50% от исходной массы. Наиболее интенсивные потери в массе соломы наблюдались в течение первых двух месяцев после закладки опыта.

2. За осенний период абсолютное содержание калия в соломе в зависимости от ее видового состава в среднем снизилось на 90-91%, фосфора – на 42-55%, кальция – на 46-77%, магния – на 32-82% по сравнению с исходным количеством. По истечении 11 месяцев содержание данных элементов в неминерализованных остатках составляло 2-5%, 11-30%, 18-32% и 9-51% соответственно от первоначальных показателей. Относительное содержание калия в соломе уменьшилось в среднем до уровня 0,13-0,33%, фосфора – 0,28-0,55%, кальция – 0,33-0,51%, магния – 0,12-0,23% против 1,90-3,18%, 0,65-0,86%, 0,41-0,92%, 0,15-0,38% в первоначальных образцах соответственно.

3. Через два месяца абсолютное содержание азота в неминерализованных остатках соломы в результате разложения органической массы в среднем уменьшилось на 9-33%. Через 11 месяцев в неразложившейся соломе сохранялось 41-74% азота от его исходного содержания. Уменьшение абсолютного содержания азота в соломе, заложенной на минерализацию, по сравнению с другими элементами питания характеризовалось более низкими темпами. Для азота наблюдалась обратная зависимость между абсолютными и относительными показателями. Наиболее высокое относительное накопление азота в неразложившихся остатках соломы сельскохозяйственных культур (в 1,4-2,4 раза превышающее первоначальные значения) отмечено через 11 месяцев после закладки опыта.

4. При разложении соломы в дерново-подзолистых почвах абсолютное содержание углерода в неминерализованных остатках с течением времени уменьша-

лось. Через 2 месяца в зависимости от вида соломы абсолютное содержание углерода в среднем снизилось на 29-51%, к концу опыта данные показатели составили 15-39% от исходной величины. В относительном выражении содержание углерода через 11 месяцев в остатках соломы упало с 47-48% до 37-41%.

5. К концу проведения модельно-полевых исследований во всех извлеченных из дерново-подзолистых почв неразложившихся остатках соломы соотношение C/N характеризовалось благоприятными показателями (20-30:1). Исключение составила солома рапса, в которой данное соотношение было несколько выше оптимального и достигало 34-37:1.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Продуктивность севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения / Т.М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2011. – № 11 – С. 28-35.

2. Сидоров, М.И. Использование соломы на удобрение / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков // Земледелие. – 1988. – № 11. – С. 48-50.

3. Русакова, И.В. Солома – важный фактор биологизации земледелия / И.В. Русакова, Н.А. Кулинский, А.А. Мосалева // Земледелие. – 2003. – № 1. – С. 9.

4. Нурмухаметов, Н.М. Солома и сидераты – важные средства повышения микробиологической активности почвы / Н.М. Нурмухаметов // Земледелие. – 2001. – № 6. – С. 14.

5. Анохина, Т.А. Запашка соломы гречихи как элемент биологического земледелия / Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров, Т.Г. Бардиян // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2009. – №2. – С. 62-67.

6. Черкасов, Г.Н. Использование растительных остатков как органических удобрений / Г.Н. Черкасов, Н.А. Чуян, Р.Ф. Еремина // Плодородие. – 2007. – № 6. – С. 22-23.

7. Ульянчик, В.И. Роль зеленой массы, растительных остатков редьки масличной, соломы и минеральных удобрений на продуктивность картофеля и ячменя / В.И. Ульянчик, С.Н. Кобринец, Т.В. Гончаревич // Почва – удобрение – плодородие – урожай: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 16-18 февр. 2009 г. / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т почвоведения и агрохимии, БОП; редкол. В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2009. – С. 221-223.

8. Карелин, Г. Наиболее целесообразное использование соломы / Г. Карелин, Н. Володарская // Земледелие. – 1974. – № 8. – С. 57-59.

9. Никончик, П.И. Комплексное влияние систем удобрений, способа использования пожнивной культуры и запашки соломы на продуктивность зернового севооборота / П.И. Никончик, А.Ч. Скируха, А.А. Усеня // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 6 (67). – С. 24-28.

10. Солома на удобрение / Ю.В. Буденный [и др.] // Земледелие. – 1990. – № 12. – С. 53-55.

11. Каликинский, А.А. Влияние удобрения соломой на урожай сельскохозяйственных культур в звене севооборота / А.А. Каликинский, Р.Р. Вильдфлуш, В.И. Барейша // Проблемы накопления и использования органических удобрений: материалы науч. конф., Минск, 17-18 сент. 1975 г. / БелНИИПА; редкол.: С.Г. Скоропанов [и др.]. – Минск, 1976. – С. 87-90.

12. Мерзлая, Г.Е. Сравнительная эффективность систем удобрения в севообороте на дерново-подзолистой песчаной почве / Г.Е. Мерзлая, Н.М. Белоус, М.Г. Драганская // *Агрохимия*. – 2002. – №1. – С. 42-47.

13. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе (пер. с нем.). – М.: Колос, 1972. – 88 с.

14. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.

15. Солома – органическое удобрение: рекомендации / В.А. Деревягин, М.Е. Кравченко, И.В. Русакова; ВНИПТИОУ. – Владимир, 1989. – 68 с.

16. 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.

17. Гришина, Л.А. Трансформация органического вещества почвы / Л.А. Гришина, Г.Н. Копчик, М.И. Макаров. – М.: Изд-во ИГУ, 1990. – 88 с.

18. 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. Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию основания ин-та (5-8 июля 2011 г.)*. – Минск, 2011. – С. 257-259.

19. 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.

20. 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.

21. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

### **CONTENT CHANGE OF NUTRIENTS AND CARBON IN AGRICULTURAL CROPS STRAW IN PROCESSES IT TRANSFORMATION IN SOD-PODZOLIC SOILS**

**E.N. Bogatyreva, T.M. Seraya, E.G. Mezentseva,  
O.M. Biryukova, R.N. Biryukov**

#### **Summary**

In model-field experiments the dynamics of nutrients and carbon content in inmineralizing residues of the different straw kinds in processes of its transformation in sod-podzolic soils is studied.

*Поступила 6 февраля 2012 г.*