

Российская академия сельскохозяйственных наук
Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и
защиты почв от эрозии (ВНИИЗ и ЗПЭ)

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СОЛОМОЙ И
РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧЗ

Курск – 2009

Усовершенствованная технология удобрения сельскохозяйственных культур соломой и другими растительными остатками разработана и подготовлена коллективом сотрудников ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ, кандидатами сельскохозяйственных наук Ереминой Р.Ф., Чуян Н.А., Брескиной Г.М. и Чуян О.Г..

Технология удобрения сельскохозяйственных культур соломой и другими растительными остатками, в отличие от разработанных ранее технологий рационального использования растительных остатков как органических удобрений (2003, 2005), предлагает **ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПОСТИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ПОЛЕ** и предназначена для использования её на предприятиях АПК различных форм собственности, обладающих различным антропогенным ресурсом и направлена на обеспечение воспроизводства плодородия почвы, повышения урожайности сельскохозяйственных культур с одновременным снижением затрат невозобновляемой антропогенной энергии в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях недостаточного ресурса органических удобрений (навоза) и недоступности минеральных из-за высоких цен.

ВВЕДЕНИЕ

Основой плодородия почв и получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является органическое вещество почвы, выполняющие продукционно-воспроизводящие и техногенно-защитные функции (Д.А. Фокин, 1994). Расход органического вещества почвы через минерализацию компенсируется за счет пожнивно-корневых остатков и внесенных органических удобрений, большую часть и которых составляет навоз и торф. Но в связи с реформированием сельского хозяйства животноводство оказалось в упадке, поголовье скота резко снизилось, снизился и выход навоза в десять и более раз. Потребность в нем удовлетворяется на 25-30%, что не может компенсировать расход органического вещества почвы. Добыча торфа также резко снизилась из-за дороговизны энергоносителей. Поэтому возникла необходимость использования органического вещества растительного происхождения, а именно: соломы, неиспользуемой на кормовые цели и другие хозяйственные потребности; ботву сахарной и кормовой свёклы, пожнивные и поукосные посевы на зеленое удобрение (рапса, горчицы, гороха, викоовсяной смеси), сидератов и т.п. Расширение посевов многолетних трав также позволяет решать эту задачу, но и сено, и зеленая масса многолетних трав на данном этапе не востребованы животноводством, поэтому в данной работе многолетние травы как источник органического вещества в почве не рассматриваются.

1. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОСТАТКИ КАК ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕСУРС

Самым существенным и доступным из перечисленных выше источников органического вещества является солома. Но лишь небольшая часть соломы используется как удобрения и на корм скоту. Большая часть её сжигается на поле или в резервных скирдах после 1 – 2 лет хранения. Сжигание же соломы вместе со стерней наносит большой вред окружающей среде и, прежде всего, почве и её плодородию, так как при сжигании 4 – 5 тонн соломы со стерней с 1 га безвозвратно теряется 20-25 кг азота и 1500-1700 кг углерода (Васильев, Филиппов, 1989; Благовещенская, Тришина, 1986; Гамаюнова, 1986).

Из каждой же тонны соломы, внесенной в почву, образуется 1,5-1,75 ц/га гумуса (Справочная книга по органическим удобрениям, 2001). Примерно такое же количество гумуса образуется из 5-6-ти тонн ботвы сахарной свеклы или другой зеленой массы.

По содержанию органического вещества солома в 3,5-4,0 раза превышает навоз, в зеленой массе сидератов такое же, как и в навозе, а в ботве сахарной свеклы чуть ниже, поэтому потребность земледелия в органических удобрениях можно удовлетворить не на 25-30%, а на 70-80% за счет органического вещества растительного происхождения.

Использование соломы и других растительных остатков в качестве органических удобрений вызвано не отказом от навоза, а стремлением найти новый де-

шевый источник обеспечения почвы органическим веществом – основой потенциального плодородия почвы.

Кроме того с 1 т соломы злаковых или 5-6 тонн зеленой массы (ботвы сахарной и кормовой свеклы, сидератов), в почву поступает значительное количество питательных веществ: азота – 5,4-6,1 кг, фосфора – 1,2-1,4 кг, калия – 6,2-11,1 кг, кальция – 2,3-9,4 кг, магния – 0,8-3,4 кг и серы – 1,1-2,0 кг. С соломой бобовых, поступает в почву больше азота и меньше калия: азота – 18,0-18,5 кг, фосфора – 3,8-4,1 кг, калия – 6,0-6,2 кг, кальция – 11,4-12,1 кг, магния – 2,3-2,7 кг и серы – 1,4-25,1 кг.

В Курской области выход соломы составляет 2,2 млн. тонн, из них примерно половина (1,1 млн. тонн) – излишки. Кроме соломы в настоящий период невостребованной является и ботва сахарной свеклы, производство которой составляет 2,4 млн. тонн. Её полностью можно использовать как органическое удобрение.

В пересчете на подстилочный навоз с соломой и ботвой в почву можно внести около 5-ти млн. тонн навоза, что составляет около 40-50% от потребности для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в земледелии области.

Но непосредственная заделка соломы и других растительных остатков в почву на требуемую глубину под культуры оказывает депрессирующее влияние на рост и развитие растений, а следовательно, и на урожайность сельскохозяйственных культур. Это объясняется двумя факторами: а) наличием в соломе фенолкарбоновых кислот и образованием токсических продуктов при её разложении в почве; б) ухудшением условий азотного питания растений при закреплении минеральных форм азота почвы почвенными микроорганизмами при внесении органического вещества с широким отношением углерода к азоту (C:N), за исключением соломы бобовых (Кольбе, Штумпе, 1972; Верниченко, Мишустин, 1980).

Во ВНИИЗ и ЗПЭ в течение 1994-2004 гг. была разработана технология рационального (эффективного) использования соломы и других растительных остатков как органических удобрений через их **ПОВЕРХНОСТНОЕ КРОМПОСТИРОВАНИЕ НА ПОЛЕ** совместно с низкими дозами извести, азотных, фосфорных и сложных удобрений, гипса, вермикомпоста, зеленого удобрения, применяемых в качестве антидепрессирующих добавок (Технология..., 2003; Технология..., 2005).

Технология **ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПОСТИРОВАНИЯ** растительных остатков на поле является малоэнергоёмким способом эффективного использования органического вещества растительного происхождения, исключая его депрессирующее влияние на рост и развитие растений, а следовательно, и на урожайность сельскохозяйственных культур.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПСТИРОВАНИЯ СОЛОМЫ И ДРУГИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ПОЛЕ

Технологическая последовательность подготовки соломы и других растительных остатков для их эффективного использования включает следующие процессы:

1. Измельчение побочной продукции во время уборки или вслед за уборкой возделываемой культуры.
2. Внесение антидепрессирующих добавок-компонентов минерального или органического происхождения.
3. Поверхностная заделка компостируемой массы (побочная продукция + антидепрессирующая добавка).
4. Выдержка компостируемой массы в поверхностном слое почвы (от поверхностной заделки до основной обработки почвы).
5. Основная обработка почвы.

Ниже приводится характеристика осуществления каждого процесса, необходимые ресурсы и технические средства для осуществления каждого процесса, а также выходные показатели возделываемых культур в севообороте «сахарная свекла – ячмень – горох – озимая пшеница» при поверхностном компстировании растительных остатков.

2.1. Необходимые ресурсы на 1 га посева при технологии удобрения возделываемых культур соломой и другими растительными остатками разного уровня интенсивности

№ п/п	Ресурсы	Культура	Уровень обеспеченности ресурса		
			Низкий	Средний	Высокий
1.	Живой труд, чел.-час/га	Сахарная свекла	134,74	137,07	140,25
		Ячмень	4,34	4,77	5,03
		Горох	4,80	5,06	5,39
		Озимая пшеница	4,89	5,16	5,30
2.	Минеральные удобрения	Сахарная свекла	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
		Ячмень	-	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
		Горох	-	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀
		Озимая пшеница	-	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
3.	Антидепрессирующая добавка, известь 1,5 ц/га (50 кг/ т соломы, 10 кг/т ботвы)	Сахарная свекла	+	+	+
		Ячмень	+	+	+
		Горох	-	+	+
		Озимая пшеница	-	+	+

4.	Горючее, кг/га	Сахарная свекла	132,6	149,3	160,6
		Ячмень	50,6	55,7	61,9
		Горох	51,1	58,7	63,4
		Озимая пшеница	44,0	51,6	56,1

2.2. Выходные показатели возделывания с/х культур при удобрении их растительными остатками с поверхностным компостированием при разном уровне интенсивности

№ п/п	Выходные показатели	Культура	Уровень обеспеченности ресурса		
			Низкий	Средний	Высокий
1.	Урожайность, ц/га	Сахарная свекла	300-320	350-370	400-450
		Ячмень	25-30	35-38	40-45
		Горох	20-22	25-28	30-35
		Озимая пшеница	30-35	40-45	50-55
2.	Качество урожая - сахаристость, % - белок, % - белок, % - клейковина	Сахарная свекла	18,0	18,4	18,6
		Ячмень	9,4	11,0	12,0
		Горох	25,2	27,5	31,5
		Озимая пшеница	27-29	30-31	32-33
3.	Затраты невозобновляемой антропогенной энергии, ГДж/га	Сахарная свекла	9,5-10,0	16,3-20,0	25,5-27,0
		Ячмень	4,9-6,2	8,2-9,5	11,5-12,8
		Горох	3,0-3,3	4,2-4,8	5,7-5,9
		Озимая пшеница	3,9-4,7	8,6-9,5	13,0-13,9

2.3. Характеристика технологических процессов (приемов)

Код приема	Наименование технологического процесса	Условия эффективного применения	Технические средства		Уровень обеспеченности ресурса		
			Энергетические	С.-х. машины	Низкий	Средний	Высокий
1.	Измельчение растительной массы (соломы, ботвы, сидератов)	а) Длина резки не должна превышать 8-10 см б) Неравномерность распределения не должна превышать 25%			+	+	+
1.1.	Во время уборки		СК-5 «Нива» СК-6 «Колос» Дон - 1500	ПУН – 5 ПУН – 6	+	+	+
1.2.	Вслед за уборкой		МТЗ, ЮМЗ-80/82 МТЗ-80/82 Т – 150К Е-281 КСК-100	ФХ-280/320 КС-1,8 «Вихрь» КПКУ-75 - -	+	+	+
1.3	Ботва сахарной свеклы и кормовой свеклы, сидераты измельчаются с одновременной заделкой в аэрируемый слой почвы после внесения антидепрессивной добавки и (или) удобрений		ДТ-75 МТЗ 80/82 Т-150К МТЗ-80/82 ДТ-75	БДТ-3 БДТ-3 БДТ-7 БДМ БДМ	+	+	+

2.	Внесение одной из антидепрессующих добавок и (или) удобрений (после измельчения массы)	Равномерность	МТЗ-80/82 МТЗ-80/82 ДТ-75 Т-150К МТЗ -50/52 Джон Дир ЛТЗ-155 РТМ-100 МТЗ-50/52	ІРМГ-4 РУМ-3 РУМ-5 РУМ-8 НРУ-0,5 Амазонс РУП-10 МВУ-0,5 РТТ-4,2			
2.1. Учет качества растительных остатков и возделываемой культуры							
2.1.1. При поверхностном компостировании соломы злаковых							
	а) под культуры сплошного сева (ячмень, овес)				известь 1,5 ц/га	известь 1,5 ц/га + (NPK) ₃₀	известь 1,5 ц/га (NPK) ₆₀
	б) под пропашные культуры (сахарная свекла, кукуруза)				известь 1,5 ц/га	известь 1,5 ц/га (NPK) ₆₀	известь 1,5 ц/га (NPK) ₉₀
	в) под горох и бобовые культуры				-	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀
	г) под гречиху и просо				-	(NPK) ₃₀	(NPK) ₆₀
2.1.2. При ПК соломы гороха и других бобовых							
	а). под озимую пшеницу				-	(NPK) ₄₀	(NPK) ₈₀
	б). другие зерновые (ячмень, овёс, гречиха, просо)				-	P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀
	в.) под кукурузу на з/массу				-	(NPK) ₄₅	(NPK) ₉₀
2.1.3. При ПК ботвы сахарной свеклы							

	а). под культуры сплошного сева кроме озимой пшеницы				известь 1,5 ц/га	известь 1,5 ц/га + (NPK) ₃₀	известь 1,5 ц/га (NPK) ₆₀
	б) под кукурузу				известь 1,5 ц/га	известь 1,5 ц/га + (NPK) ₄₀	известь 1,5 ц/га (NPK) ₈₀
2.1.4. При ПК сидератов небобовых культур							
	а). под озимую пшеницу				известь 1,5 ц/га	известь 1,5 ц/га + (NPK) ₄₀	известь 1,5 ц/га (NPK) ₈₀
	б) кукурузу				известь 1,5 ц/га	известь 1,5 ц/га + (NPK) ₄₅	известь 1,5 ц/га (NPK) ₉₀
3.	Заделка компостируемой массы (растительные остатки + антидепрессирующая добавка или удобрение)	Глубина заделки 8-10 см, перемешивание в аэрируемом слое почвы	ДТ-75 МТЗ - 1221 МТЗ-80/82 Т-150 К	БДМ - БДТ-3 БДТ-7	+	+	+
4.	Выдержка компостируемой массы в поверхностном аэрируемом	Срок выдержки зависит от культуры и погодных условий			+	+	+
4.1.	При ПК соломы гороха и других бобовых под озимую пшеницу	3-4 недели			+	+	+
4.2.	При ПК ботвы сахар-	6-7 недель			+	+	+

	ной свеклы под гречиху						
4.3.	При ПК соломы злаковых под сахарную свеклу, кукурузу, ячмень, овес, гречиху	5-6 недель			+	+	+
5.	Основная обработка почвы	Только после выдержки в аэрируемом слое почвы					
5.1.	Для озимых культур – поверхностная обработка, совмещенная с предпосевной		ДТ-75 Т-150 К МТЗ-80/82	КПШ-5 КПШ-9 КПУ-400			
5.2.	Для основных культур – вспашка на требуемую глубину		МТЗ 80/82 ДТ-75 Т-150К ДТ-75	ПН-3-35 ПН-4-35 ПН-5-35 ПОН			

3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ АГРОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВОЗА И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ КАК ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

3.1. Агрономическая эффективность навоза и растительных остатков как органических удобрений при различных способах заделки

Исследованиями установлено, что поверхностное компостирование соломы злаковых и бобовых культур, ботвы сахарной свеклы и растительных остатков кукурузы на черноземе типичном Курской области под различными культурами имело преимущество перед непосредственной их заделкой сразу же после уборки предшественника на требуемую глубину под возделываемые культуры (табл. 3).

3. Влияние способов заделки побочной продукции на урожайность возделываемых культур и продуктивность зернопропашного севооборота (микророльный опыт, 1997-2001 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га					П, ц/га к.э.
	гречиха	кукуруза з/масса	озимая пшеница	сахарная свекла	ячмень	
1. Контроль (без удобрений)	18,6	282	35,7	418	44,2	386
2. ПР РО 3/15 т/га** + известь 0,5 т/га	20,4	331	42,4	675	53,5	506
3. ПР РО 3/15 т/га + аммиачная селитра 0,9 т/га	21,2	350	37,5	684	49,8	521
4. ПР РО 3/15 т/га + известь 0,5 т/га + N ₃₀	20,4	366	42,6	669	52,6	525
5. ПЗ РО 3/15 т/га*** + известь 0,5 т/га	19,6	368	40,5	601	49,9	497
6. НЗ РО 3/15 т/га + N ₃₀	18,6	308	38,6	581	50,6	460
7. НЗ РО 3/15 т/га + известь 0,5 т/га + N ₃₀	17,9	410	38,3	611	53,3	495
8. Навоз 10 т/га	19,6	396	42,9	674	53,8	535

*) Последствие органических удобрений и извести;

**) ПР РО – поверхностное компостирование 3 т/га соломы или 15 т/га ботвы сахарной свеклы;

***) ПЗ РО - непосредственная заделка 3 т/га соломы или 15 т/га ботвы сахарной свеклы.

Урожайность сахарной свеклы при поверхностном компостировании соломы озимой пшеницы повышалась на 58-103 ц/га (17,4-21,0%), кукурузы на зеленую массу при ПК соломы гречихи – на 42-47 ц/га (5,1-8,0%), озимой пшеницы при ПК растительных остатков кукурузы – на 1,9-4,7 ц/га (6,0-10,4%), гречихи при ПК соломы ячменя – на 1,0-2,6 ц/га (6,2-8,2%) и ячменя при ПК ботвы сахарной свеклы на 2,9-3,4 ц/га (7,1-8,2%) в зависимости от антидепрессорирующей добавки, внесенной для ускорения разложения растительных остатков.

Из всех возделываемых культур в опыте более всего на непосредственную заделку соломы ячменя реагировала гречиха, урожайность которой по фону непосредственной заделки соломы была на уровне контроля или ниже его на 1,0 ц/га.

Сахарная свекла, как культура с длительным периодом вегетации, также хорошо отзывалась на способы заделки растительных остатков. И хотя ее урожайность при непосредственной заделки соломы озимой пшеницы не снижалась по сравнению с контролем, но все же она была ниже на 17,4-21,0 %, чем при поверхностном компостировании соломы сразу же после уборки.

Влияние способов заделки растительных остатков на урожайность зеленой массы кукурузы, в отличие от сахарной свеклы и гречихи, неустойчиво. При внесении соломы гречихи с аммиачной селитрой преимущество было за поверхностным компостированием, а при удобрении соломой с известью или известью в сочетании с аммиачной селитрой преимущество было за непосредственной заделкой соломы. Это связано с биологическими особенностями растений кукурузы, для которой предпочтительна нейтральная или слабощелочная реакция среды, которую и создает известь.

3.2. Агрономическая и энергетическая эффективность навоза и растительных остатков как органических удобрений под отдельные культуры

Использование соломы и других растительных остатков как органических удобрений через их поверхностное компостирование на поле обеспечивало такую же урожайность и продуктивность возделываемых культур, как и ежегодное внесение 10 т/га навоза в эквивалентных по сухому органическому веществу дозах (табл. 4). В 10 тоннах навоза содержится примерно 2,0 т сухого органического вещества. Такое же его количество содержится в 3-х тоннах соломы или в 15-ти тоннах ботвы сахарной свеклы. Прибавки урожайности в наших опытах при ПК растительных остатков и при внесении навоза были одинаковыми по сравнению с контролем (фон без удобрений) и составили: озимая пшеница по кукурузе – 3,8 – 5,8 ц/га (14,9 – 20,6%) и по гороху – 8,6 – 10,0 ц/га (27,2 – 36,2%), сахарной свеклы по озимой пшенице 98 – 122 ц/га (29,0 – 33,1%), зеленой массы кукурузы по гречихе – на 55 – 98 ц/га (19,3 – 23,0%), гороха по яровой пшенице и гречихе – 4,0 – 8,2 ц/га (32,0 – 40,9%), гречихи по сахарной свекле 3,7 – 4,9 ц/га (17,7 – 23,4%) и ячменя по сахарной свекле – 4,0 – 10,2 ц/га (20,7 – 36,4%) в зависимости от компонентов поверхностного компостирования растительных остатков.

Высокая агрономическая эффективность соломы и других растительных остатков как органических удобрений способствует снижению энергетических, ма-

4. Влияние навоза и растительных остатков (РО) как органических удобрений на урожайность основных сельскохозяйственных культур и энергоёмкость производства продукции

№ вариантов	Варианты опытов	Озимая пшеница		Сахарная свекла		Ячмень		Гречиха		Кукуруза на зеленый корм	
		У*	Э	У*	Э	У*	Э	У*	Э	У*	Э
1.	Контроль без удобрений	27,6	123	393	27	38,6	81	20,9	200	387	19
2.	ПК РО 3/15 т/га** - фон	37,6	106	467	28	42,6	72	23,0	208	408	20
3.	Фон + известь 0,5 т/га	36,2	132	515	27	48,8	86	25,3	236	442	24
4.	Фон + аммиачная селитра 0,9 ц/га	35,1	170	507	29	46,6	98	24,6	256	476	25
5.	Фон + известь 0,5 т/га + аммиачная селитра 0,9 ц/га	37,1	210	515	33	48,1	101	25,8	293	454	30
6.	Навоз 10 т/га	36,1	228	547	34	49,3	110	24,7	391	487	27

*) У – урожайность, ц/га;

Э – энергоёмкость производства продукции (затраты невозобновляемой антропогенной энергии на 1 ц основной продукции), МДж/ц.

***) Поверхностное компостирование 3 т/га соломы или 15 т/га ботвы сахарной свеклы.

териальных и трудовых затрат на возделывание с/х культур по сравнению с навозом, внесенных в эквивалентных по сухому органическому веществу дозах.

Затраты невозобновляемой антропогенной энергии на производство основной продукции по фону ПК растительных остатков были ниже, чем по фону внесения навоза по всем культурам, но различались в зависимости от антидепрессивной добавки. Энергоемкость производства зерна озимой пшеницы по сравнению с навозом снижалась на 18-96 МДж/ц по кукурузе и на 42-99 МДж/ц по соломе гороха, зерна ячменя – на 9-24 МДж/ц, гороха – на 107-147 МДж/ц, гречихи – на 98-183 МДж/ц, корнеплодов сахарной свеклы – на 5-7 МДж/ц и зеленой массы кукурузы – на 2-3 МДж/ц.

Для сельскохозяйственных предприятий с низким антропогенным ресурсом подготовка растительных остатков для заделки в почву посредством поверхностного компостирования без антидепрессивных добавок очень выгодна. Удобрение растительными остатками обеспечивает значительную прибавку урожайности, которая составляет для озимой пшеницы по гороху 10,0 ц/га, сахарной свеклы – 154 ц/га, зеленой массы кукурузы – 16 ц/га, ячменя – 4,0 ц/га, гречихи – 2,1 ц/га и гороха 6,0 ц/га по сравнению с фоном без удобрений. Причем, энергоемкость производства 1 ц продукции по такому фону была равна или ниже контроля.

4. УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ

Внесение соломы и других растительных остатков как органических удобрений положительно влияет не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на качество продукции, что очень важно для земледельцев в рыночных условиях.

Использование растительных остатков кукурузы через их поверхностное компостирование на поле с известью или азотом аммиачной селитры оказывало такое же влияние на качество зерна озимой пшеницы, как и внесение 10 т/га навоза в севообороте. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы сорта «Московская - 39» по обоим фонам было практически одинаковым и составляло 29,0-29,6% соответственно (табл. 5).

Применение извести в качестве компонента ПК РО кукурузы практически не снижает качества зерна озимой пшеницы. Поэтому при отсутствии азотных удобрений можно использовать известняковую или доломитовую муку в дозе 1,5 ц/га.

Общего азота и сырого протеина озимая пшеница, удобренная растительными остатками, содержала несколько больше, чем удобренная навозом – на 0,06-0,11 и 0,40-0,63% соответственно.

При внесении в качестве органического удобрения соломы гороха под озимую пшеницу качество зерна ее повышается по сравнению с возделыванием ози-

мой пшеницы при ПК растительных остатков кукурузы. Содержание клейковины по фону внесение соломы гороха было на 1,0-1,7% выше, чем по фону растительных остатков кукурузы. Но по фону навоза и соломы гороха независимо от компонента поверхностного ее компостирования содержание клейковины было одинаковым – 30%.

5. Влияние навоза и растительных остатков кукурузы как органических удобрений на качество зерна озимой пшеницы

№ вариантов	Варианты опытов	Общий азот, %		Сырой протеин,				Клейковина, %	
				%		кг/га			
		1*	2	1	2	1	2	1	2
1.	Контроль без удобрений	1,92	2,03	10,92	11,58	3,17	3,20	27,0	26,3
2.	ПК РО 3 т/га - фон	-	2,57	-	14,67	-	5,31	-	30,0
3.	Фон + из-весть 0,5 т/га	2,29	2,59	13,05	14,78	4,66	5,35	28,8	30,0
4.	Фон + N ₃₀	2,33	2,61	13,28	14,89	4,49	5,23	29,0	30,0
5.	Фон + из-весть 0,5 т/га + N ₃₀	2,34	2,62	13,34	14,95	4,78	5,55	28,3	30,0
6.	Навоз 10 т/га	2,23	2,60	12,65	14,81	4,35	5,40	29,6	30,0

*) 1 - озимая пшеница по кукурузе;

2 – озимая пшеница по гороху.

**) Поверхностное компостирование растительных остатков в дозе 3 т/га.

Использование растительных остатков кукурузы как органических удобрений с различными антидепрессорирующими добавками – компонентами повышало также и качество зерна яровой пшеницы. Содержание сырого протеина увеличилось по сравнению с контролем на 0,63-1,55%, клейковины – на 1,2-2,4% при высоком ее содержании на контроле – 34,8%.

И если содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы при удобрении ее растительными остатками кукурузы повышалось на 5,6-13,7%, то сбор сырого протеина в связи с повышением урожайности увеличивался на 22,9-59,0% (табл. 6), что говорит о возможности получать зерно высокого качества при меньших энергетических затратах.

Значительного влияния на содержание общего фосфора и калия в зерне яровой пшеницы растительные остатки по сравнению с навозом не оказывали. Но для зерна яровой пшеницы особого значения, в отличие от содержания общего азота, сырого белка и клейковины, это не имеет значения.

6. Влияние навоза и растительных остатков кукурузы как органических удобрений на качество зерна яровой пшеницы

№ вариантов	Варианты опытов	N	P	K	Сырой белок		Клейковина, %
					%	кг/га	
		%					
1.	Контроль без удобрений	1,97	0,64	0,60	11,33	3,85	34,8
2.	ПК РО кукурузы 1,5 т/га-фон	2,08	0,65	0,65	11,96	4,82	35,6
3.	Фон + известь 0,3 т/га	2,08	0,64	0,62	11,96	4,72	36,0
4.	Фон +N ₃₀	2,24	0,67	0,60	12,88	6,12	37,2
5.	Фон + известь 0,3 т/га + N ₃₀	2,24	0,67	0,61	12,92	6,16	37,2
6.	Навоз 10 т/га	2,23	0,67	0,61	12,82	6,11	37,0

Положительное влияние растительных остатков как органических удобрений на черноземе типичном ЦЧЗ отмечено не только на качество яровой и озимой пшеницы, но и на качестве зеленой массы кукурузы – важного корма для животных. Максимальное содержание общего азота в зеленой массе кукурузы отмечалось по фону ПК соломы гречихи с двухкомпонентной антидепрессирующей добавкой и составило 2,44%. Это выше чем по фону навоза на 0,11% (табл. 7).

Содержание сырого протеина в зеленой массе кукурузы при удобрении соломой гречихи и с известью, и с аммиачной селитрой не уступало удобрению навозом и составило 13,28%. По выходу сырого протеина с единицы площади удобрения кукурузы соломой гречихи, и удобрение навозом равноценны.

7. Влияние навоза и соломы гречихи как органического удобрения на качество зеленой массы кукурузы

№ вариантов	Варианты опытов	N	P	K	Сырой протеин	
					%	кг/га
		%				
1.	Контроль без удобрений	2,11	0,58	1,70	12,03	4,65
2.	ПК РО гречихи 3 т/га-фон	2,31	0,62	1,75	13,17	5,10
3.	Фон + известь 0,5 т/га	2,33	0,63	1,80	13,28	5,87
4.	Фон +N ₃₀	2,33	0,65	1,85	13,28	6,32
5.	Фон + известь 0,5 т/га + N ₃₀	2,44	0,65	1,80	13,90	6,31
6.	Навоз 10 т/га	2,33	0,64	1,80	13,28	6,47

Положительное влияние растительных остатков как органических удобрений на качество продукции еще раз говорит о том, что солому и другие растительные остатки необходимо использовать в полной мере в качестве органических удобрений для пополнения почвы свежим органическим веществом.

Следует отметить, что поверхностное компостирование растительных остатков возделываемых культур даже без антидепрессорирующих добавок способствовало улучшению качества продукции. Содержание клейковины в зерне озимой и яровой пшеницы повышалось на 0,7 и 0,8% соответственно, а сырого белка в зеленой массе кукурузы – на 0,75%.

5. ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ КАК ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

5.1. Антидепрессорирующие добавки-компоненты при поверхностном компостировании (ПК) растительных остатков (РО)

Выбор антидепрессорирующих добавок-компонентов зависит от качества компостируемого материала, требований возделываемой культуры, погодных условий и финансовой возможности сельскохозяйственных предприятий.

Использование азота минеральных удобрений в качестве антидепрессорирующей добавки при удобрении растительными остатками (7-10 кг азота на 1 т соломы или 2 кг на 1 т ботвы) является энергоемким компонентом, который устраняет иммобилизацию минерального азота почвы, но не устраняет токсичность кислых продуктов разложения свежего органического вещества. Поэтому предложено использовать в качестве антидепрессорирующих добавок кальцийсодержащих соединений, и прежде всего, известняковую и доломитовую муку. Содержащийся в них кальций, нейтрализуя кислые продукты разложения, будет способствовать развитию полезных микроорганизмов (олигонитрофилов, нитрификаторов, аммонификаторов), которые оказывают существенное влияние на азотный режим почвы (Кулешов, Гаджиева, 1983; Васильева, Муха, 1966; Гринченко и др., 1973). Это положительно сказывается на урожайности возделываемых культур и на качестве продукции (см. п. 3 и 4).

Менее всего на состав антидепрессорирующих добавок реагирует озимая пшеница, удобренная соломой гороха, и горох, удобренный соломой гречихи. урожайность озимой пшеницы составила 35,1-37,6 ц/га, а гороха – 23,6-24,8 ц/га (см. табл. 3). Причем, по фону ПК соломы и гороха, и гречихи без внесения антидепрессорирующих добавок урожайность этих культур была такой же как и при ПК соломы с добавками. Это связано с тем, что в соломе гороха соотношение углерода к азоту узкое (20-30:1), что создает благоприятные условия для ее разложения, а горох относится к культурам, которые обеспечивают себя азотом за счет клубеньковых бактерий.

Для быстрого разложения соломы и других растительных остатков необходимо не только узкое соотношение углерода к азоту (20-30:1), но и определенное соотношение углерода к фосфору (C : P= 150-200:1) при котором не происходит биологическое связывание фосфора (Кольбе, Штумпе, 1972). В большинстве же растительных остатков оно гораздо шире. Поэтому в качестве антидепрессориру-

щих добавок при ПК растительных остатков предложено использовать не только азот минеральных удобрений и известь, но и вещества, содержащие фосфор, серу и другие питательные элементы. Это постой и двойной суперфосфат, гипс, фосфогипс, томасшлак и другие отходы промышленного и химического производства.

В мелкоделяночных и научно-производственном опытах на черноземе типичном в ОППХ ВНИИЗ и ЗПЭ Медвенского района Курской области применение кальций – и фосфорсодержащих соединений в качестве антидепрессорирующих добавок при ПК РО обеспечивало практически такую же агрономическую эффективность, как и классическая добавка – азот аммиачной селитры (табл. 8). Это говорит об их взаимозаменяемости, что создает хороший маневр для специалистов АПК: использовать в качестве антидепрессорирующих добавок при использовании растительных остатков как органических удобрений то, что имеется в с/х предприятии, а при ПК соломы гороха как при посеве гороха при удобрении его соломой злаковых и вовсе обойтись без них.

5.2. Сроки выдержки компостируемой массы

Для ускоренного разложения соломы и других остатков а следовательно, и для исключения отрицательного влияния продуктов разложения свежего органического вещества на с/х культуры большое значение имеет срок выдержки компостируемой массы (растительные остатки + антидепрессорирующая добавка) от поверхностной заделки до основной обработки почвы. Срок же выдержки компостируемой массы в поверхностном, аэрируемом, слое почвы во многом зависит от погодных условий конкретного периода, календарного срока компостирования, качества растительных остатков и др. При сухой и жаркой погоде он может быть ниже, а при влажной и холодной – длиннее. Самые лучшие условия для разложения растительных остатков складываются при теплой и влажной погоде.

Возделываемые в регионе культуры на черноземе типичном по-разному реагировали на срок выдержки компостируемой массы от поверхностной заделки до основной обработки почвы. Для озимой пшеницы и кукурузы лучшим был меньший срок выдержки – 3 недели для озимой пшеницы и 4-5 недель для кукурузы независимо от компонента ПК соломы.

Урожайность озимой пшеницы составила 30,1-31,8 ц/га при меньшем сроке выдержки (3 недели) и 25,8-27,7 ц/га – при его удлинении до 4-х недель. При удобрении соломой гречихи урожайность зеленой массы кукурузы была на 35-40 ц/га, а соломой ячменя – на 20-25 ц/га выше при сроке выдержки компостируемой массы 4-5 недель, чем при его удлинении до 7-8 недель.

Для поздней яровой культуры – гречихи, удобрение ботвой сахарной свеклы, преимущество имел более длительный срок выдержки массы до 7-8 недель.

При ПК соломы озимой пшеницы под сахарную свеклу срок выдержки компостируемой массы зависит и от компонентов. При внесении извести с соломой урожайность была выше при сроке выдержки 4 недели, при внесении с соломой аммиачной селитры срок выдержки не имел значения, так как урожайность была одинаковой и при сроке выдержки 4 недели, и при 7-8 неделях. Поэтому при удобрении сахарной свеклы соломой озимой пшеницы необходимо ориентироваться на срок выдержки 5-6 недель.

8. Влияние кальций- и фосфорсодержащих антидепрессорирующих добавок при поверхностном компостировании растительных остатков на урожайность возделываемых культур (в ц/га)

№ вариантов	Варианты опыта	Озимая пшеница по		Сахарная свекла по пшенице		Кукуруза по ячменю	Яровая пшеница по кукурузе	Гречиха по сахарной свекле	Просо по ячменю *
		гороху	кукурузе	озимой	яровой				
1.	Контроль (без удобрений)	52,5	32,1	376	274	493	34,0	15,1	17,0
2.	ПК РО 3/15 т/га - фон	58,9	33,7	416	340	574	39,5	16,6	18,4
3.	Фон + известь 0,3 т/га	61,2	36,8	428	382	586	44,0	17,8	18,7**
4.	Фон + N ₃₀	59,1	40,2	429	384	609	47,5	17,1	18,2
5.	Фон + P _C 40	61,0	40,6	425	370	63	49,5	17,1	19,9
6.	Фон + P _{ДС} 40	-	40,6	-	370	591	45,0	-	-
7.	Гипс 1,0 ц/га	-	38,8	-	356	579	43,8	-	20,3

*) Просо в научно-производственном опыте;

***) Под просо известь заменена нитрофоской в дозе 1,0 ц/га.

9. Влияние срока выдержки компостируемой массы в поверхностном слое почвы при поверхностном компостировании растительных остатков на урожайность возделываемых культур (в ц/га)

№ вариантов	Варианты опыта	Озимая пшеница		Кукуруза		Сахарная свекла		Гречиха	
		1*	2	1	2	1	2	1	2
1.	Контроль (без удобрений)	22,5	22,4	316	297	380	373	20,8	21,0
2.	ПК РО 3/15 т/га - фон	30,1	26,1	-	-	-	-	-	-
3.	Фон + известь 0,5 т/га	30,2	26,4	389	340	482	456	23,4	27,2
4.	Фон + N ₃₀	30,9	27,7	417	376	486	480	23,7	25,6
5.	Фон + известь 0,5 т/га + N ₃₀	31,2	27,7	381	364	442	487	25,0	26,6
6.	Фон + вермикомпост 6 ц/га	31,08	26,9	373	365	472	485	26,3	30,1
7.	Фон + пожнивная культура на зеленое удобрение	30,6	25,8	395	356	508	483	27,6	29,1
8.	Навоз 10 т/га	31,0	26,7	411	381	540	504	24,3	25,5

*) 1 – срок выдержки для озимой пшеницы 3 недели, для остальных культур – 4 недели;

2) - срок выдержки для озимой пшеницы 4 недели, для остальных культур – 7-8 недель.

В условиях ЦЧЗ при посеве озимой пшеницы по кукурузе на зеленую массу из-за иссушения почвы трудно выдержать компостируемую массу в поверхностном слое почвы в течение оптимального срока, поэтому лучше такое поле засеять яровой пшеницей.

5.3. Растительные остатки как органические удобрения в севообороте

Использование соломы и других растительных остатков как органических удобрений в севообороте зависит от биологических особенностей удобряемой культуры, качества растительных остатков и почвенно-климатических условий. Солома и бобовых, и злаковых культур может быть использована под большинство возделываемых культур на чернозёмах Лесостепи ЧЦЗ: преимущественно под пропашные, бобовые, зерновые.

На почвах севернее чернозёмной зоны применение соломы бобовых под озимые зерновые не рекомендуется из-за короткого срока от уборки гороха до посева озимых. Но на чернозёмах Лесостепи ЦЧЗ использование соломы гороха на удобрение под озимую пшеницу вполне приемлемо и зависит от срока уборки гороха. Горох достаточно рано созревает и должен быть убран за 3-4 недели до посева озимой пшеницы. Солому, гороха, как и другие растительные остатки, надо заделывать в поверхностный слой почвы сразу же после её измельчения (см. п. Технологии). При этом основную обработку почвы (поверхностную) совмещают с предпосевной. Посев озимой пшеницы получается качественным, всходы отличными, так как снижаются потери влаги, и солома гороха имеет узкое соотношение углерода к азоту и успевает за 3-4 недели до посева достаточно хорошо разложиться в поверхностном, биологически активном, аэрируемом слое почвы.

При запоздалой уборке гороха солому его используют для удобрений яровой пшеницы, что значительно улучшает качество её зерна, увеличивая содержание клейковины на 3-4 % даже без компенсирующей дозы азота или других антидепрессорирующих добавок.

Под бобовые культуры (горох) солома злаковых культур также может быть использована на удобрение без компенсирующей дозы азота, но с обязательным её поверхностным компостированием на поле. Урожайность гороха при удобрении его соломой гречихи повышалась на 3-5 ц/га и была такой же как и при поверхностном компостировании соломы гречихи с аммиачной селитрой, что связано с возможностью гороха обеспечивать себя азотом посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями.

На чернозёмах типичных Курской области (ЦЧЗ) с высокой биологической активностью эта закономерность сохраняется и при возделывании сахарной свеклы, кукурузы и проса, у которых максимальное потребление азота приходится на вторую половину периода вегетации. Так, в опытах ВНИИЗ и ЗПЭ удобрение сахарной свёклы соломой озимой пшеницы в дозе 3т/га, но с предварительным её поверхностным компостированием на поле, урожайность корнеплодов повыша-

лась на 49 ц/га по сравнению с контролем и была ниже, чем на варианте удобрения соломой с аммиачной селитрой всего на 10 ц/га (табл. 10).

10. Влияние соломы как органического удобрения при её поверхностном компостировании на поле на урожайность возделываемых культур на чернозёме типичном ЦЧЗ

№ вариантов	Варианты опыта	Озимая пшеница по гороху	Горох по		Сахарная свекла по озимой	Просо по яровой пшенице
			яровой пшенице	ячменю		
1. Контроль (без удобрений)		34,5	17,0	15,1	308	14,6
2. ПК соломы 3 т/га - фон		45,7	22,0	16,6	357	16,6
3. Фон + N ₃₀		44,5	21,5	16,1	363	16,9

При таком использовании соломы и других растительных остатков (правильный подбор возделываемых культур и способ заделки соломы, учёт качества растительных остатков, выбор антидепрессорирующей добавки) снижаются затраты невозобновляемой антропогенной энергии на производство продукции в 1,2-1,3 раза по сравнению с неудобренными участками и в 1,5-1,0 раза - при внесении антидепрессорирующих добавок. Это очень важно для сельскохозяйственных предприятий с низким уровнем антропогенных ресурсов (отсутствие удобрений, средств защиты растений и сельскохозяйственной техники).

6. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ УДОБРЕНИИ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ И НАВОЗОМ

При удобрении возделываемых культур соломой и другими растительными остатками с внесением антидепрессорирующих добавок наблюдается их положительное влияние на водно-физические, физико-химические, биологические и агрохимические свойства почвы (Яценко, 2000; Регулирование..., 2006).

Так как содержание органического вещества в соломе на данный момент наибольшее, то внесение соломы является действенным и быстрым приёмом повышения содержания органического вещества в почве и, прежде всего, негумифицированного органического вещества (НОВ), от содержания которого в основном и зависит урожайность с/х культур (Володин и др., 1990).

В полевых опытах ВНИИЗ и ЗПЭ положительная роль соломы и других растительных остатков на содержание и состав органического вещества в чернозёме типичном была такой же, как и внесение навоза в эквивалентных по сухому органическому веществу дозах. Содержание негумифицированного органического вещества составило 0,32 и 0,34 % соответственно фонемам внесения растительных остатков и навоза. А удобрение возделываемых культур в течение 11 лет соломой и другими растительными остатками с внесением антидепрессорирующих добавок (известки, нитрофоски, аммиачной селитры) повышало содержание гумуса в почве на одну и ту же величину, что и внесение навоза в равных по сухому органическому веществу дозах (27,01 т/га) - на 0,39 и 0,35 % соответственно (табл. 11).

11. Изменение содержания гумуса в почве научно-производственного опыта с изучением навоза и растительных остатков как органических удобрений

№ вариантов	Всего внесено за 11 лет						
	Органических удобрений, т/га	Минеральных удобрений, т/га	Известки, т/га	СОВ, т/га	Гумус, %		
					1994	2004	+/-
1.	Солома – 39,5 Ботва – 30,0	Аммиачная селитра – 2,0	3,5	27,01	4,86	5,25	+0,39
2.	Навоз – 78,0 Солома – 16,5	Нитрофоска – 1,0 Простой суперфосфат – 1,0 Аммиачная селитра – 1,0	5,0	27,01	5,08	5,43	+0,35

Наличие в почве свежего органического вещества, как в виде растительных остатков, так и в виде навоза повышало биологическую активность почвы. Разложение хлопчатобумажной ткани за период от максимального потребления питательных веществ культурой до её уборки по фонемам поверхностного компостирования соломы и других растительных остатков в среднем за ротацию 4-х польного севооборота было одинаковым независимо от компонента поверхностного компостирования и таким же как и при внесении навоза и составило: по растительным остаткам - 49,5-52,0 %, но навозу - 53,6 % и на контроле - 37,0 %.

Органическое вещество почвы также является регулятором физико-химических и агрофизических свойств почвы, так как оно склеивает и цементирует почвенные агрегаты, способствуя оструктурированию почвы. Использование соломы, а также ботвы сахарной свёклы и РО кукурузы в качестве органических удобрений в опытах ВНИИЗ и ЗПЭ в зернопропашном севообороте «кукуруза гречиха - озимая пшеница - сахарная свёкла – ячмень» положительно влияло на структурный состав и водопрочность агрегатов, а также на объёмную массу почвы (табл. 12).

12. Влияние соломы и других растительных остатков на показатели агрофизических свойств почвы

Варианты опытов	Количество агрегатов, %.		Объёмная масса, г/см ³	
	Структурных размером 0,25 мм	Водопрочных размером 3-0,25 мм	0-10 см	0-30 см
Контроль (без удобрений)	75,7	53,1	1,15	1,26
ПК РО* + известь 0,5 т/га	76,6	66,0	0,09	1,22
ПК РО + N ₃₀	77,1	68,9	1,10	1,25
ПК РО + известь 0,5 т/га + N ₃₀	82,5	72,7	1,06	1,24
Навоз 10 т/га ежегодно	26,7	62,3.	1,04	1,24

*) РО - ежегодное количество растительных остатков в сухом органическом веществе составляло 2,0 т/га.

Самое высокое содержание структурных агрегатов наблюдалось при поверхностном компостировании растительных остатков с внесением двухкомпонентной антидепрессирующей добавки (извести и N₃₀) и составило 82,5%. Здесь же отмечено и наибольшее содержание водопрочных агрегатов размером 3-0,25 мм - 72,7 %. По другим фонам применения растительных остатков количество структурных и водопрочных агрегатов было ниже, но такое же как и по навозу или чуть выше.

Определение объёмной массы почвы показало, что она значительно снижалась по фонам использования соломы и других растительных остатков как органических удобрений в поверхностном слое почвы 0-10 см на 0,06-0,09 г/см³ по сравнению с контролем. В пахотном же слое только при ПК РО с известью отмечено незначительное снижение объёмной массы почвы на 0,03 г/см³ при объёмной массе по навозу 1,24 г/см³ и на контроле - 1,26 г/см³. Поэтому в целом влияние растительных остатков и навоза на агрофизические свойства практически одинаково.

Изменение физико-химических свойств за ротацию 4-х польного зернопашного севооборота незначительны. Но наблюдается тенденция к незначительному подкислению почвы при ПК РО с аммиачной селитрой и незначительному подщелачиванию - при ПК РО с известью. Такие же закономерности, как и в кислотности почвы, отмечены в содержании обменно-поглощённого кальция в ППК. Оно изменялось на 0,2-0,4 мг-экв. на 100 г почвы, что составляет около 1 % от всего его содержания. Это связано, по-видимому, с высокой буферностью, чернозёма типичного.

Систематическое применение соломы и других РО в качестве органических удобрений обогащает почву не только органическим веществом, но и необходимыми элементами питания для растений, так как содержащиеся, в РО питательные вещества освобождаются в процессе их разложения и переходят в почвенный раствор. Так, в опытах ВНИИЗ и ЗПЭ на чернозёме типичном внесение соломы и других растительных остатков в севообороте позволило увеличить содержание в почве подвижных форм питательных веществ (табл. 13), за исключением фосфора. Это, возможно, связано с низким содержанием фосфора в соломе по сравнению с азотом и калием.

13. Влияние растительных остатков на содержание подвижных форм питательных веществ в почве

Варианты опыта	Мг на 100 г почвы				
	N-NO ₃	N-NH ₄	Сумма	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без удобрений)	0,70	1,20	1,90	10,6	11,6
ПК РО* + известь 0,5 т/га	0,79	1,32	2,12	10,7	13,2
ПК РО + N ₃₀	0,78	1,38	2,16	10,6	12,5
ПК РО + известь 0,5 т/га + N ₃₀	0,72	1,35	2,07	10,6	12,5
Навоз 10 т /га ежегодно	0,84	1,36	2,20	12,6	12,5

**) РО - ежегодное количество растительных остатков в сухом органическом веществе составляло 2,0 т/га.*

Содержание же подвижного фосфора в почве по фону навоза выше, чем по фону растительных остатков (соломы и ботвы) на 2,0-2,1 мг на 100 г почвы. Это следует учитывать при использовании соломы и других растительных остатков как органических удобрений и дополнительно на таких полях вносить фосфорные удобрения в дозе 6 - 7 кг P₂O₅ на 1 т соломы или 1,0 -1,5 кг на 1 т ботвы сахарной свёклы.

Определение интегрального уровня воспроизводства плодородия почвы по соотношению интенсивностей поступления энергии органического вещества в почву и расхода её через минерализацию (А.С. № 1481661, 1989) показало, что воспроизводство плодородия почвы характеризуется как расширенное и по фону РО, и по фону навоза практически под всеми с/х культурами, показатель направленности воспроизводства плодородия почвы был выше единицы (табл. 14).

Причем, применение соломы гречихи на удобрение под кукурузу, несмотря на высокий расход энергии под пропашной культурой, обеспечивало расширенное воспроизводство плодородия почвы. Показатель направленности воспроизводства плодородия почвы был выше единицы и составил по фонам

применения растительных остатков 1,03-1,07, на контроле - 0,85 и по фону навоза - 1,20.

14. Влияние видов органических удобрений на уровень воспроизводства плодородия почвы на чернозёме типичном

Варианты опыта	Озимая пшеница по		Кукуруза	Сахарная свёкла	Ячмень	Гречиха	Горох
	гороху	кукурузе					
Контроль (без удобрений)	1,19	1,46	0,85	0,27	0,96	0,80	1,28
ПК РО - фон	1,63	-	-	-	1,31	0,95	1,82
Фон + известь 0,5	1,63	1,63	1,03	0,48	1,20	1,07	1,79
Фон + N ₃₀	1,68	1,67	1,07	0,54	1,22	1,04	1,82
Фон + известь 0,5 т/г + N ₃₀	1,74	1,73	1,07	0,52	1,23	1,07	1,88
Навоз 10 т/га	1,97	1,93	1,30	0,53	1,26	1,06	1,90

Следует также использовать ботву сахарной свёклы в качестве органического удобрения через её поверхностное компостирование на поле, которая наравне с навозом обеспечивала расширенное воспроизводство плодородия почвы и под ячменём, и под гречихой, показатель направленности воспроизводства плодородия почвы при этом был такой же, как и по фону навоза.

Следовательно, недопустимо сжигание соломы на полях, а гниение ботвы в буртах. Их надо использовать по назначению - вернуть в почву для её же оздоровления и повышения урожайности возделываемых культур.

7. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАВОЗА И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ КАК ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ

Преимущество соломы и других растительных остатков как органических удобрений по сравнению с навозом наглядно проявилось и в севооборотах, демонстрационного (научно-производственного) опыта с различным набором возделываемых культур. Сравнительная эколого-экономическая оценка изучаемых видов органических удобрений (навоза и растительных остатков) показала равноценность их по агрономической эффективности и преимущество растительных остатков с их поверхностным компостированием – по энергетической и экономической эффективности (табл. 15 и 16).

15. Сравнительная эффективность навоза и растительных остатков как органических удобрений в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу – озимая пшеница – сахарная свекла»

№ п/п	Наименование	Единица измерения	ПК РО 6,2/15 т/га + известь 1,5 т/га + N ₁₀₈	Навоз 48 т/га + известь 2,0 т/га
1.	Уровень воспроизводства плодородия	-	1,06	1,06
2.	Производительность агроэко-системы севооборота:			
	а) на единицу ресурса	МДж-день/ГДж	0,141	0,142
	б) на единицу денежных затрат	МДж-день/руб.	1,68	6,72
	в) на единицу трудовых затрат	МДж-день/чел.-час	2,85	8,08
3.	Урожайность:			
	а) кукурузы на зеленую массу	ц/га	339	344
	б) озимая пшеница		26,0	25,8
	в) сахарная свекла		309	283
4.	Продуктивность звена севооборота	ц/га к.е.	204	179
5.	Энергоемкость производства продукции	МДж/ц к.е.	104	244
6.	Затраты невозобновляемой антропогенной энергии	ГДж/га	21,2	43,7
7.	Стоимость выращенной продукции	руб./га	43260	39620
8.	Условно чистый доход	руб./га	25701	20294
9.	Затраты денежных средств	руб./га	17559	19326
10.	Себестоимость продукции	руб./ц к.е.	8601	108,0
11.	Коэффициент энергетической эффективности	-	11,0	7,4
12.	Фактический экономический эффект	руб./га	5407	-
13.	Рентабельность	%	146,4	105,0
14.	Затраты трудовых средств	чел.час/га	239,8	255,4
15.	Экономическая эффективность	-	2,46	2,05

16. Эффективность навоза и растительных остатков как органических удобрений в звене севооборота «гречиха - горох - озимая пшеница» (научно-производственный опыт, 1999-2001 гг.)

Наименование технико-экономических показателей	Единица измерения	ПК РО соломы 10,8 т/га + известь 1,5 т/га	Навоз 30 т/га + известь 1,5 т/га
1. показатель направленности воспроизводства плодородия почвы	-	1,88	1,49
Производительность агроэкосистемы севооборота:	МДж-день/ГДж	0,134	0,131
а) на единицу ресурса			
б) на единицу денежных затрат	МДж-день/руб	2,31	1,06
в) на единицу трудовых затрат	МДж-день/чел.-час	268,1	119,1
3. Продуктивность звена севооборота	ц/га к.е	121	120
4. Энергоёмкость (энергетическая себестоимость) производства продукции	МДж/ц к.е.	215	448
5. Коэффициент энергетической эффективности	-	14,5	10,1
6. Урожайность с/х культур:			
а). гречихи	ц/га	10,5	12,3
б). гороха	ц/га	31,6	25,6
в). озимой пшеницы	ц/га	40,8	42,3
7. Стоимость выращенной продукции	руб./га	7874,6	8163,9
8. Затраты денежных средств	руб./га	4196,8	5753,2
9. Условно-чистый доход	руб./га	3743,6	2410,7
10. Себестоимость продукции	руб./ц к.е.	34,63	47,94
11. Фактический экономический эффект	руб./га	1332,9	-
12. Рентабельность	%	89,4	41,9
13. затраты невозобновляемой антропогенной энергии	ГДЖ/га	17,8	35,9
14. Экономическая эффективность	-	1,88	1,42
15. Затраты трудовых средств	чел,- час/га	16,6	34,4

Преимущества удобрения растительными остатками, достигаемые благодаря устранению работ по уборке, хранению и вывозу соломы и других растительных остатков, видим и в значительной экономии энергетических, материальных и трудовых затрат. При измельчении 3-х тонн соломы и оставлении её на поле как органического удобрения экономия составляет 170-175 руб./га и 3,50-4,06 чел.-час/га по сравнению с традиционной уборкой (сволакиванием и скирдованием). По сравнению же с навозом экономия энергетических, денежных и трудовых затрат ещё значительней и составляет 4,48 -5,62 чел.- час/га и 790-829 руб./га соответственно.

Затраты горючего при традиционной уборке соломы 3 т/га составляют 5,6 кг/га, при измельчении и оставлении соломы на поле - 2,2 кг/га, а на внесение транспортировку и погрузку 10 т/га навоза - 12,3 кг/га.

Все перечисленные выше преимущества предлагаемой технологии удобрения сельскохозяйственных культур соломой и другими растительными остатками позволяют повышать и доход, и рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур по сравнению с внесением навоза.

8. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЕ И ИЗВЕСТИ ПРИ ПК РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Разработанная ранее технология рационального использования соломы и других растительных остатков в качестве органических удобрений очень привлекательны для с/х предприятий, имеющих низкий антропогенный ресурс, то есть для тех, кто на данном этапе не располагает достаточным количеством минеральных удобрений и других материальных ресурсов для повышения урожайности возделываемых культур, а также приостановления деградации почвы (стабилизация содержания гумуса, оптимизация свойств почвы, защита почв от эрозии и т.п.).

В связи с принятием национального проекта по развитию АПК на федеральном уровне должна улучшаться материальная база с/х предприятий, то есть повышаться так называемый антропогенный ресурс и в том числе количество минеральных удобрений, оптимальный уровень применения которых при использовании соломы и других растительных остатков как органических удобрений для основных культур и приводится ниже.

Влияние различных доз минеральных удобрений и извести на урожайность возделываемых культур и качество продукции изучали в полевом опыте при ПК РО в зернопропашном севообороте «сахарная свёкла – ячмень - горох – озимая пшеница». Под сахарную свёклу вносили солому озимой пшеницы в дозе 3 т/га, под ячмень - ботву сахарной свёклы в дозе 15 т/га, под горох – солому ячменя и под озимую пшеницу - солому гороха 3 т/га. Количество внесённого органического вещества ежегодно составило 2,1 т/га. Изучалось 2 уровня растительных остат-

ков (0 и 3/15 т/га), три уровня извести (нулевой, низкий и повышенный) и 4 уровня минеральных удобрений (нулевой, средний, повышенный и высокий). Те же дозы минеральных удобрений и извести изучались параллельно и на фоне без растительных остатков.

Влияние различных доз удобрений и извести на урожайность сахарной свёклы и ячменя имело и сходство, и различие. Сходство заключалось в том, что урожайность возделываемых культур по всем фонам минеральных удобрений и извести при ПК РО была выше соответствующих вариантов без использования растительных остатков: сахарной свёклы на 48-138 ц/га, (10,5-36,5%), ячменя на 2,7.-5,2 ц/га (8,2-17,6 %), гороха на 3,8-10,3 ц/га (12,8-37,8%) и озимой пшеницы на 3,9-9,69 ц/га (9,6-25,3%) в зависимости от доз минеральных удобрений (табл. 17).

Но влияние различных доз минеральных удобрений и извести на урожайность этих же культур в пределах фона с использованием РО как органических удобрений было неоднозначным. Так, применение средней дозы минеральных удобрений (N₉₀P₉₀K₉₀) при ПК соломы озимой пшеницы под сахарную свёклу с низкой дозой извести (50 кг на 1 т соломы) было самым эффективным. Повышение урожайности по сравнению с контролем составило 196 ц/га, а по сравнению с такой же дозой минеральных удобрений, но без извести 75 ц/га.

Внесение двойной (высокой) дозы извести с теми же дозами минеральных удобрений было менее эффективным. Прибавка урожайности корнеплодов сахарной свёклы составила 12-47 ц/га, а при одинарной (низкой) - 21-75 ц/га. И все дозы минеральных удобрений при увеличении дозы извести в два раза практически были равноценны.

На ячмене в отличие от сахарной свёклы, некоторое преимущество перед средней дозой (NPK)₄₀ имело внесение повышенных и высоких доз удобрений (N₈₀P₈₀K₈₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀). Увеличение урожайности составило 2,5-3,8 ц/га (7,7-12,2 %) по фону без извести и 4,3-5,6 ц/га (15,8-20,2 %) - по фону с известью 10 кг на 1 т ботвы сахарной свёклы (1,5 ц/га). При внесении минеральных удобрений по фону ПК ботвы сахарной свёклы с известью в дозе 20 кг/т (3,0 ц/га), как и на сахарной свёкле, все дозы минеральных удобрений были равноценны.

Использование соломы ячменя в качестве органического удобрения также повышало урожайность зерна гороха по всем удобренным вариантам как и сахарной свёклы и ячменя: по фону без извести – на 3,8-6,0 ц/га (12,8-21,7%), а по фонам извести на 6,1-10,3 ц/га (20,2-37,8%) по сравнению с фоном без соломы.

Внесение различных доз минеральных удобрений (средних – P₄₀K₄₀, повышенных – P₈₀K₈₀ и высоких – P₁₂₀K₁₂₀) на фоне поверхностного компостирования соломы ячменя оказывало одинаковое влияние на урожайность гороха, как по фону извести, так и без него. Только внесение извести усилило действие РК удобрений при ПК соломы ячменя под горох.

При отсутствии минеральных удобрений можно при ПК соломы ячменя под горох (да и других злаковых культур) внести в качестве антидепрессивной добавки одну известь в дозе 50 кг/т соломы. Урожайность гороха по этому фону бы-

ла выше, чем по фону РК удобрений без извести и составила 35,7 ц/га при такой же энергоемкости зерна гороха – 150 и 148 МДж/ц соответственно.

На урожайность озимой пшеницы при удобрении ее соломой гороха вынесение различных доз минеральных удобрений не оказало заметного влияния. По всем удобренным фонам она была такой же как и при ПК соломы гороха и без удобрений, и без извести и колебалась от 47,0-49,1 ц/га при урожайности по фону ПК соломы гороха без антидепрессивной добавки – 47,6 ц/га. Следовательно, при соблюдении технологии ПК соломы гороха на поле с/х предприятиям, особенно с низким антропогенным ресурсом, внесение минеральных удобрений не имеет смысла. Это с точки зрения качества зерна озимой пшеницы они необходимы, с чем будет сказано ниже.

Заслуживает внимания и ПК растительных остатков с одной только известью в качестве антидепрессивной добавки. Прибавка урожайности корнеплодов сахарной свёклы по сравнению с контролем составила 40 и 70 ц/га (12,5-21,2%), зерна ячменя - 7,2-7,7 ц/га (43,3-46,9 %), гороха – 13,5-12,0 ц/га (60,8-54,0%) и озимой пшеницы – 12,1-9,1 ц/га (34,1-25,6%) соответственно одинарной и двойной дозам извести. Это важно для с/х предприятий с низким антропогенным ресурсом, так как затраты невозобновляемой антропогенной энергии на производство 1 ц основной продукции здесь такие же как и на контроле, а энергетическая эффективность выше контроля.

Несмотря на некоторое отличие влияния различных доз минеральных удобрений и извести на урожайность возделываемых культур, в целом продуктивность севооборота « сахарная свекла – ячмень – горох – озимая пшеница» мало различалась по дозам удобрений и извести. Разница в сборе кормовых единиц составила 3,0-6,0 ц/га (0,8-1,6 %) по фону одинарной дозы извести и 11,1-5,0 ц/га (3,0-1,4 %) - по двойной дозе извести, что говорит о бесполезном вложении антропогенных ресурсов в виде повышенной и высокой доз минеральных удобрений.

17. Влияние различных доз минеральных удобрений и извести на урожайность возделываемых культур и продуктивность звена севооборота "сахарная свёкла-ячмень" при поверхностном компостировании растительных остатков

№ вариан- ан-	Варианты опыта	Урожайность, ц/га								Продуктивность, ц/га к.е.	
		сахарная свёкла		ячмень		горох		озимая пшеница			
		РО	без РО	РО	без РО	РО	без РО	РО	без РО	РО	Без РО
1.	Контроль (без удобрений)	320	303	16,6	15,4	22,2	19,8	35,5	35,9	248	228
2.	ПК РО 3/15* т/га - фон 1	353	302	22,5	16,2	29,4	19,5	47,6	38,0	285	226
3.	Фон 1 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀ **	441	374	20,7	26,3	33,6	29,8	47,3	46,8	330	293
4.	Фон 1 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	439	385	32,5	30,5	34,5	29,2	47,7	44,1	340	299
5.	Фон 1 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	440	435	31,2	29,6	33,6	27,4	49,1	43,7	349	323
6.	ПК РО 3/15 т/га + известь*** 50/10 кг/т (1,5 ц/га) -фон 2	360	350	23,8	22,1	35,7	24,8	47,6	39,7	298	273
7.	Фон 2 + (NPK) ₉₀₋₄₀	516	378	27,2	27,0	37,2	27,3	47,3	46,8	367	310
8.	Фон 2 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	478	425	32,7-	30,0	36,8	26,7	48,3	46,4	370	322
9.	Фон 2 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	461	450	31,5	26,3	36,1	30,	49,1	47,8	373	353
10.	ПК РО 3/15 т/га + известь 100/20 кг/т (3,0 ц/га) – фон 3	3 390	328	24,3	19,5	34,2	24,4	44,6	40,7	303	254
11.	Фон 3 +(NPK) ₉₀₋₄₀	453	410	29,8	27,2	38,8	28,5	48,5	50,0	360	31
12.	Фон 3 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	486	423	30,4	28,0	38,7	29,2	47,0	50,8	371	327
13.	Фон 3 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	476	479	31,3	28,2	37,3	28,9	46,4	49,3	365	322

*) В числителе - доза соломы 3 т/га, в знаменателе - доза ботвы сахарной свёклы - 15 т/га;

**) Доза удобрений: (NPK)₉₀- под сахарную свеклу, (NPK)₄₀- под ячмень, (PK)₄₀- под горох и (NPK)₄₀ – под озимую пшеницу. Повышенные и высокие дозы удобрений увеличены соответственно в 2 и 3 раза;

***) В числителе - доза извести на 1 т соломы, в знаменателе - на 1 т ботвы, в скобках - по фону без извести.

Значительное влияние минеральных удобрений и извести на фоне ПК растительных остатков отмечено не только на урожайность возделываемых культур, но и на качество основной продукции. Самое значительное увеличение качества корнеплодов сахарной свёклы было при внесении средней дозы минеральных удобрений (NPK)₉₀ и низкой дозы извести -50 кг/т. Повышение сахаристости корнеплодов по этому фону составило 1,0-1,1 % по сравнению с фоном без растительных остатков, и на 1,8-2,2 % - по сравнению с контролем. (табл. 18.), что говорит о преимуществе использования соломы как органического удобрения совместно с минеральными удобрениями и известью.

Сахаристость же корнеплодов при внесении высокой дозы минеральных удобрений (NPK)₂₇₀ снижалась по сравнению со средней дозой на 0,4-0,5 %, что способствовало снижению сбора сахара по этим фонам. Ведь 1 % сахаристости, даёт прибавку сбора сахара 3-5-кг/га. А так как урожайность корнеплодов при ПК соломы озимой пшеницы с минеральными удобрениями в средней дозе самая высокая (516 ц/га), а сахаристость выше, то и сбор сахара при внесении этой дозы минеральных удобрений с низкой дозой извести по фону соломы был самым высоким - 95,5 ц/га.

Качество зерна ячменя характеризуется, прежде всего, физическими показателями (масса 1000 зерен, натура, выравненность и крупность), а также содержанием белка. Все эти показатели повысились при ПК ботвы с сахарной свёклы со средней дозой минеральных удобрений N₄₀P₄₀K₄₀ и низкой дозы извести (10 кг/т), но более всего масса 1000 зерен - на 4,5 % и крупность - на 4,7 % по сравнению с фоном без растительных остатков. Натура и выравненность зерна ячменя повышались менее значительно - на 2,5 и 2,7 %. Но тенденция к повышению физических показателей качества зерна ячменя имеется на всех удобренных вариантах с ПК ботвы сахарной свёклы.

Содержание сырого белка в зерне ячменя при ПК ботвы сахарной свёклы было более высоким при внесении повышенных и высоких доз минеральных удобрений с известью. Поэтому дозу минеральных удобрений следует устанавливать в зависимости от целей: для пивоваренных - вносится средняя доза минеральных удобрений с низкой дозой извести; для фуражных - повышенная доза минеральных удобрений в сочетании с одинарной дозой извести. Это значительно позволит сократить затраты энергетических и материальных ресурсов на производство продукции требуемого качества. Внесение высоких доз минеральных удобрений нецелесообразно, так как качество зерна ячменя такое же, как и при внесении повышенных доз.

Влияние соломы ячменя на качество зерна гороха, в отличие от влияния РО на качество корнеплодов сахарной свёклы и зерна ячменя, было не таким значительным, как на урожайность, только на отдельных вариантах было выявлено достоверное повышение содержания сырого протеина в зерне гороха на 1,2-1,6 % по сравнению с соответствующими вариантами удобрений без соломы. Это связано с биологическими особенностями культуры гороха, который обеспечивает себя азотом за счёт клубеньковых бактерий, в

результате чего происходит сглаживание различий в питательных режимах на фонах удобрения с растительными остатками и без них.

В отличие от культуры гороха, для получения зерна озимой пшеницы высокого качества необходимо внесение средней дозы минеральных удобрений - $(NPK)_{40}$ и извести в дозе 50 кг/т соломы гороха, так как изучаемые показатели качества зерна (масса 1000 зерен, натура, сырая клейковина) здесь были самыми высокими (42,1 г, 830 г и 32,9 % соответственно).

Внесение высоких и повышенных доз минеральных удобрений - $(NPK)_{80}$ и $(NPK)_{120}$ не оказало существенного влияния на показатели качества зерна также как и на урожайность озимой пшеницы.

Заметно улучшались качество зерна озимой пшеницы при использовании соломы гороха в качестве органического удобрения по сравнению с фоном без соломы. Содержание сырой клейковины увеличивалось на 1,2-5,3 % по фону без извести, на 2,4-4,2 % - по фону извести 50 кг/т и на 3,4-3,6 % - по двойное дозе извести в зависимости от доз минеральных удобрений.

Различия в натуре (вес 1 л зерна) также были существенными при сравнении фонов минеральных удобрений и извести с соломой гороха и без соломы, разница составила 7-12 г. менее выраженной была разница в массе 1000 зерен, что может быть связано с засушливыми условиями периода вегетации 2009 года. Содержание влаги в течение лет; весны и лета было близко к влажности завядания.

18. Влияние различных доз минеральных удобрений и извести на некоторые показатели качества основной продукции возделываемых культур при ПК растительных остатков

№ вариантов	Варианты опыта	Сахарная свек-		Ячмень				Горох		Озимая пшеница	
		Сахаристость %		белок, %		крупность. %		Белок, %		Клейковина, %	
		PO	без PO	PO	без PO	PO	без PO	PO	без PO	PO	без PO
1.	Контроль (без удобрений)	16,4	16,5	9,12	8,94	80,5	39,4	21,00	21,38	27,6	26,9
2.	ПК PO 3/15 т/га- фон 1	18,0	16,4	8,95	9,75	85,3	80,8	21,64	20,63	28,2	27,3
3.	Фон 1 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	18,2	18,3	8,78	9,40	86,5	77,8	22,56	21,00	28,7	27,5
4.	Фон 1 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	18,5	18,2	9,23	9,5	86,8	82,4	21,31	21,31	31,0	28,2
5.	Фон 1 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	17,8	17,9	9,91	9,74	86,8	86,6	21,00	21,00	32,8	27,5
6.	ПК PO 3/15 т/га + известь 50/10 кг/т (1,5 ц/га) - фон 2	18,1	16,8	9,40	9,58	89,0	86,4	21,64	22,06	32,6	28,4
7.	Фон 2 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	18,4	17,3	9,12	9,23	89,4	85,3	22,00	21,0	32,9	29,4
8.	Фон 2 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	18,5	17,5	9,92	9,92	88,5	87,8	21,31	21,69	32,18	29,3
9.	Фон 2 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	17,3	17,6	9,75	10,00	86,5	85,4	21,50	21,31	31,6	29,2
10.	ПК PO 3/15 т/га + известь 100/20 кг/т (3,0 ц/га) – фон 3	18,1	16,8	9,40	10,20	85,4	84,9	21,64	21,88	32,5	28,9
11.	Фон 3 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	18,4	17,3	9,91	10,20	84,3	82,0	21,64	21,69	32,8	29,3
12.	Фон 3 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	18,5	17,5	9,58	9,91	85,6	8,5	22,38	21,0	32,7	29,3
13.	Фон 3 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	17,9	17,6	9,92	10,00	86,7	86,4	22,06	20,94	32,8	29,3

*) Обозначения те же, что и в таблице 17.

9. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ КАК ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Для всесторонней оценки влияния различных доз минеральных удобрений и извести при ПК растительных остатков на процесс связывания энергии агроэкосистемой и регулирование баланса энергии органического вещества кроме показателей агрономической эффективности использовались биоэнергетические эколого-экономические показатели.

Исследованиями установлено, что производительность АЭС "сахарная свёкла – ячмень – горох – озимая пшеница" на единицу совокупного энергетического ресурса была выше по всем вариантам внесения минеральных удобрений и извести по сравнению с соответствующими вариантами без внесения растительных остатков (табл. 19). Самое значительное повышение производительности изучаемой агроэкосистемы отмечено при внесении средней дозы минеральных удобрений (NPK)₉₀ под сахарную свёклу, (NPK)₄₀ под ячмень, (PK)₄₀ – под горох и (NPK)₄₀ под озимую пшеницу с одинарной (низкой) дозой извести (50/10 кг/т или 1,5 ц/га) и составило 15,6%.

Увеличение антропогенной нагрузки внесением повышенных и высоких доз минеральных удобрений способствовало повышению производительности на АЭС единицу ресурса не так значительно - на 14,5-13,7% и 12,4-9,6 % соответственно что говорит о непроизводительных затратах антропогенной энергии на возделывание с/х культур. Это наглядно демонстрируется и данными по энергоёмкости и энергетической эффективности производства продукции. Затраты невозобновляемой антропогенной энергии на 1 ц кормовых единиц по фону внесения средних доз минеральных удобрений с низкой дозой извести с растительными остатками снижались на 16,2 %, а производительность АЭС на единицу ресурса повышалась на 15,6 % при самом высоком коэффициенте энергетической эффективности среди удобренных вариантов – 17,9.

Чем выше доза минеральных удобрений, тем менее заметны различия в энергетической их эффективности в зависимости от растительных остатков и фона извести. Так, при внесении средних доз удобрений разница в энергетической эффективности составила 1,7-2,3-2,1 при внесении повышенных доз - 1,2-1,4-1,4 и при внесении высоких доз - 0,8-0,9-1,0. Следовательно, даже если с/х предприятия обладают значительным антропогенным ресурсом, им можно ограничиться внесением средних доз минеральных удобрений и низкой дозы извести при использовании растительных остатков как органических удобрений.

Важным показателем в использовании растительных остатков как органических удобрений в сочетании с минеральными удобрениями и известью является их влияние на уровень воспроизводства плодородия почвы. В агроэкосистеме «сахарная свёкла – ячмень – горох - озимая пшеница» воспроизводство плодородия почвы, определённое по органического вещества в почву

и расхода её через минерализацию (А.С. № 1481681, 1983), характеризовалось как расширенное по всем удобренным фенам и с РО и без них.

19. Биоэнергетические показатели функционирования агроэкосистемы сахарная свёкла-ячмень – горох – озимая пшеница в зависимости от доз минеральных удобрений и извести при поверхностном компостировании (РО) растительных остатков (P0)

№ вариантов	Варианты опыта	Растительные остатки				Без растительных остатков			
		Э*	К _{ЭЭ}	γ	К	Э	К _{ЭЭ}	γ	К
1.	Контроль (без удобрений)	82	27,6	1,22	0,099	87	26,5	1,15	0,098
2.	ПК РО 9/15 т/га** - фон 1.	60	31,9	1,54	0,120	82	27,8	1,15	0,097
3.	Фон 1 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀ ***	130	17,0	1,70	0,134	146	15,3	1,64	0,124
4.	Фон 1 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	187	12,0	1,81	0,144	210	8,8	1,64	0,128
5.	Фон 1 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	237	9,4	1,74	0,145	258	8,6	1,59	0,134
6.	ПК РО 9/15 т/га + известь 50/10 кг/т (6 ц/га)**** - фон 2	82	18,3	1,54	0,147	90	26,2	1,35	0,119
7.	Фон 2 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	130	17,9	1,77	0,156	151	15,6	1,57	0,135
8.	Фон 2 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	174	12,6	1,85	0,158	206	11,2	1,63	0,138
9.	Фон 2 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	232	9,9	1,79	0,158	248	9,2	1,69	0,139
10.	ПК РО 9/15 т/га + известь 100/20 кг/т (12,0 ц/га) – фон 3	89	21,2	1,56	0,126	103	21,6	1,34	0,106
11.	Фон 3 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	137	16,8	1,83	0,154	158	14,7	1,66	0,136
12.	Фон 3 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	187	11,9	1,83	0,154	212	10,5	1,73	0,137
13.	Фон 3 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	243	9,0	1,79	0,149	280	7,9	1,73	0,136

*) Э - энергоёмкость производства продукции, МДж/ц к.е., К_{ЭЭ}- коэффициент энергетической эффективности - показатель направленности воспроизводства плодородия почвы; К - производительность агроэкосистемы на единицу совокупного энергетического ресурса, МДж-день/ГДж; **). В числителе - количество соломы за севооборот, в знаменателе - доза ботвы сахарной свёклы; ***) Количество минеральных удобрений за севооборот, кг/га д.в.; ****) В числителе - доза извести на 1 т соломы, в знаменателе - на 1 т ботвы, в скобках за севооборот, ц/га.

Но всё же при удобрении растительными остатками с минеральными удобрениями и известью оно было выше,

Показатель направленности воспроизводства плодородия почвы (γ) здесь составил 1,70-1,81 по фону без извести и 1,77-1,85 - по фону с известью. Без растительных остатков показатель направленности был ниже: 1,59-1,64 по фону без извести и 1,57-1,73 - по фону с известью.

Это говорит о том, что затраты невозобновляемой антропогенной энергии в виде минеральных удобрений могут быть снижены при использовании РО как органических удобрений, ведь уровень воспроизводства плодородия почвы был более высоким при внесении минеральных удобрений с растительными остатками, а затраты невозобновляемой антропогенной энергии здесь были практически такими же как и по фону без растительных остатков и составили 42,9-80,9 и 42,6-87,4 ГДж/га в зависимости от доз минеральных удобрений соответственно по фону растительных остатков и без них.

При внесении средних доз минеральных удобрений и низкой дозы извести ежегодные затраты невозобновляемой антропогенной энергии в зерно-пропашном севообороте с горохом составили 11,9-11,7 ГДж/га и были близкими к оптимальным, так как по А. А. Созинову и Ю.Ф.Новикову (1985) КПД агроэкосистемы достигает максимума при насыщении её невозобновляемой антропогенной энергией, равной 13,583 ГДж/га.

Анализ показателей эколого-экономической оценки применения минеральных удобрений при использовании растительных остатков как органических удобрений говорит с тем, что и с экономической стороны такой способ применения минеральных удобрений очень выгоден. Себестоимость 1 центнера кормовых единиц в севообороте сахарная свекла – ячмень – горох – озимая пшеница по фону растительных остатков без извести была ниже по сравнению с фоном без РО на 9-21 руб., а по фонам с известью на 12-21 и 18-27 руб. соответственно дозам извести 50/10 и 100/20 кг/т (6,0 и 12,0 ц/га) (табл. 20).

Применение РО на удобрение повышало условно-чистый доход, рентабельность и экономическую эффективность производства продукции (возделывания с/х культур). Но с увеличением доз минеральных удобрений и извести названные показатели экономической оценки снижаются.

В условиях, когда минеральные удобрения в с/х предприятии отсутствуют, для экономии ресурсов наиболее приемлемо удобрение культур РО с известью в качестве антидепрессивной добавки, но с обязательным их поверхностным компостированием на поле, это обеспечивало наиболее высокую рентабельность (231 - 249 %) и экономическую эффективность (3,39 – 3,50) возделывавших культур при самой низкой себестоимости продукции (97 - 108 руб./ц кормовых единиц).

С экологических позиций удобрение с/х культур РО также выгодно. Производительность АЭС севооборота на единицу денежных и трудовых затрат значительно увеличивалась по сравнению с фоном без растительных ос-

татков по всем вариантам удобрения и известно, что связано и с повышением урожайности и со снижением затрат труда на уборку соломы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование соломы и других растительных остатков является перспективным приёмом использования их в качестве органических удобрений, обеспечивающим повышение урожайности и продуктивности возделываемых культур, расширенное воспроизводство плодородия почвы при снижении затрат невозобновляемой антропогенной энергии на производстве продукции по сравнению с традиционной системой удобрений (навозом и минеральными удобрениями), но только при условии ВЫПОЛНЕНИЯ ВСЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПСТИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ПОЛЕ.

Предлагаемая технология удобрения сельскохозяйственных культур растительными остатками привлекательна для сельскохозяйственных предприятий любой формы собственности с различным антропогенным ресурсом.

Для сельскохозяйственных предприятий с низким антропогенным ресурсом; ресурсом при ПК РО на поле можно ограничиться только внесением одной из антидепрессорирующих добавок - аммиачной селитры в дозе 30 и 6 кг/т (первая цифра на 1 т соломы, 2-я - на 1 т ботвы), извести в дозе 50/10 кг/т, простого суперфосфата в дозе 33/7 кг/т двойного суперфосфата и гипса в дозе 25/5 кг/т, вермикомпоста 200/40 кг/т.

Для с/х предприятий с высокими финансовыми возможностями ПК РО на поле следует осуществлять с известью в дозе 50 кг на 1 т соломы и 10 кг на 1 т ботвы с внесением минеральных удобрений в дозах: под сахарную свёклу - (NPK)₉₀, под ячмень для пивоваренных целей - (NPK)₄₀, а для фуражных - (NPK)₈₀, под горох - (PK)₄₀ и под озимую пшеницу после гороха - (NPK)₄₀.

20. Показатели эколого-экономической оценки звена севооборота сахарная свёкла – ячмень – горох – озимая пшеница в зависимости от доз минеральных удобрений и извести при ПК растительных остатков

№ вариан	Варианты опыта	Растительные остатки					Без растительных остатков				
		УЧД*	С	УР	П	Р	УЧД	С	УР	П	Р
1.	Контроль (без удобрений)	49596	107	186	202	34,3	50304	115	193	212	32,7
2.	ПК РО 3/15 т/га** - фон 1	58757	97	249	224	41,0	51367	114	198	191	32,3
3.	Фон 1 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀ ***	71614	132	164	163	45,0	59665	145	141	150	39,2
4.	Фон 1 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	60200	168	105	130	46,8	47770	189	84	117	40,4
5.	Фон 1 + N ₅₁₀ P ₆₃ K ₆₃₀	47722	198	69	106	47,3	38783	219	55	104	40,2
6.	ПК РО 3/15 т/га + известь 50/10 кг/т (6,0 ц/га)**** - фон 2	71711	104	231	246	49,8	60139	113	196	201	38,2
7.	Фон 2 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	78825	131	164	170	49,8	55272	144	120	151	42,0
8.	Фон 2 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	63302	166	103	135	50,8	46933	187	78	119	42,3
9.	Фон 2 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	46575	201	62	110	52,8	38035	213	51	103	44,2
10.	ПК РО 3/15 т/га + известь 100/20 кг/т (12,0 ц/га) – фон 3	82204	108	250	200	39,9	54850	127	170	172	34,8
11.	Фон 3 + N ₁₇₀ P ₂₁₀ K ₂₁₀	70718	140	141	125	49,9	57966	160	116	144	42,1
12.	Фон 3 + N ₃₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	60628	174	94	125	49,0	48228	192	77	113	41,9
13.	Фон 3 + N ₅₁₀ P ₆₃₀ K ₆₃₀	45589	213	58	100	46,6	40480	240	52	92	40,7

*) П - производительность агроэкосистемы на единицу денежных затрат; Р - производительность агроэкосистемы на единицу трудовых затрат; УЧД - условно-чистый доход; **) Обозначения те же, что и в таблице 19.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В.А.; Филиппова И.В. Справочник по органическим удобрениям. -М.: Россельхозиздат. -1988. -256 с.
2. Благовещенская В.А., Тришина Т.А. Использование соломы в современном земледелии//Химия в сельском хозяйстве.-1986. Л 10. С. 26-26-31.
3. Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н. Влияние соломы на почвенные процессы и урожайность сельскохозяйственных культур //Использование соломы как органического удобрения. - М.: Наука. -1980. -0.3-33.
4. Володин В.М., Федорченко А.Е., Бирюкова Л.И., Ерёмина Р.Ф. А.С. № 1481681. Способ прогнозирования воспроизводства плодородия почвы. А.С. 1401681//БИ. -1989. № 19. С. 201.
5. Гамаюнова В.В. Влияние запахивания и сжигания соломы на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур//Орошаемое земледелие. -1986. № 31. С. 1-16.
6. Ерёмина Р.Ф., Федорченко А.Е., Машенко С.С, Чуян О.Г. Способ удобрения почвы. Патент РФ № 2258347//БИ. -2005.
7. Кольбе Г., Штумпе Г. Солома как удобрение//Пер. с немецкого. - М.: Колос. -1972. -68 с.
8. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. - Курск. 1999. 48 с.
9. Технологии поверхностного компостирования соломы и других растительных остатков при использовании их в качестве органических удобрений. - Курск. -2003. 15 с.
10. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на чернозёмах Лесостепи ЦЧ5. -Курск. -2005. -20 с.
11. Фокин Д. А. О роли органического вещества в функционировании природных и сельскохозяйственных экосистем // Почвоведение. – 1994. №4. – С. 40-45.
12. Яценко Н. А. Агроэкологическая эффективность поверхностного компостирования растительных остатков на черноземе типичном ЦЧЗ. Автореферат канд. дисс. – Курск. 2000. – 18 с.
13. Созинов А. А. Новиков Ю. Ф. Энергетическая цена индустриализации//Природа, 1985. №5. – С. 11-19.