

УДК 631.878:631.445.25:631.582

**УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ЗВЕНЕ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ
ПРИ ВНЕСЕНИИ ТОРФА И ТОРФЯНЫХ КОМПОСТОВ**

В. А. ДЕМИН, М. А. ЯЛТОНСКИЙ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В работе представлены результаты полевого опыта (за 3 года), в котором изучалась эффективность торфяных компостов разного состава в звене кормового севооборота (турнепс, кукуруза, ячмень) в Красноярском крае. Определены величина и качество продукции, продуктивность севооборота. Рассчитаны вынос и баланс элементов питания, а также коэффициенты их использования и экономические показатели.

Сибирское земледелие до настоящего времени носило типично экстенсивный характер. Несмотря на возросшие темпы химизации сельского хозяйства, в среднем в одиннадцатой пятилетке ежегодно на 1 га пашни здесь приходилось около 2 т органических и 27 кг д. в. минеральных удобрений [4]. В результате баланс гумуса и элементов питания в почвах данного региона был дефицитным [4, 8, 18], но особенно сильно выражен этот дефицит на вновь освоенных серых лесных почвах [5]. Важная роль в повышении плодородия таких почв принадлежит местным органическим удобрениям (навоз, помет, торф, солома и т. д.). Многие вопросы, связанные с использованием подстилочного навоза в качестве удобрения, в крае проработаны достаточно полно [1]. Изучается и эффективность жидкого навоза [5]. Однако совсем мало исследованы возможности использования в условиях Восточной Сибири торфяных удобрений, хотя для европейской части страны и Западной Сибири вопросы их применения в значительной мере были выяснены [3, 7, 10]. Внесение органических удобрений, при производстве которых использовался торф, позволило существенно повысить плодородие малогумусных почв и урожайность сельскохозяйственных культур в Белоруссии, Прибалтике, Нечерноземной зоне РСФСР [9]. Вместе с тем имеющийся опыт применения торфяных удобрений нельзя механически переносить в такой регион, как Восточная Сибирь, характеризующийся резко континентальным климатом, укороченным теплым весенне-летним периодом и сезонной длительной мерзлотой в почвах. Все это свидетельствует о необходимости научного обоснования эффективности торфа как удобрения в местных условиях.

Запасы торфа, пригодные для нужд сельского хозяйства, составляют здесь около 4 млрд. т. В основном они сосредоточены в Красноярском крае [4]. На сибирских фермах, как правило, нет навозохранилищ, поэтому приготовление торфяных компостов и смесей с использованием полужидкого навоза и помета позволит, с одной стороны, решить проблему органических удобрений, а с другой утилизировать навоз. Однако исследователи до сих пор не пришли к единому мнению о целесообразности использования торфа для производства удобрений [2, 14], о лучших соотношениях торфа и навоза в компосте [3, 12], о целесообразности процесса компостирования [2, 7, 9, 12], об эффективности совместного применения торфа и торфяных компостов с минеральными удобрениями [2, 7, 12].

В задачи настоящих исследований входило изучить в условиях резко континентального климата Восточной Сибири влияние торфа и торфяных компостов, применяемых раздельно и совместно с минеральными удобрениями, на уровень и качество урожая культур звена кормового севооборота, агрохимические показатели серой лесной тяжелоуглинистой почвы, выявить оптимальные нормы торфяных компостов и соотношения в них торфа и навоза (помета), обеспечивающие высокую их окупаемость при комплексной оценке системы удобрения.

Методика

Опыты проводили в колхозе «Сибирь» Больше-Муртинского района в северной части Красноярской лесостепи на серой лесной почве в 1982—1985 гг. в звене кормового севооборота турнепс — кукуруза — ячмень. Во времени было произведено последовательно 3 закладки опыта. Средние исходные агрохимические показатели почв каждого из трех участков были близки: гумус по Тюрину — 3,4—3,5 %; рН_{сол} — 6,2—6,3; гидролитическая кислотность — 2,0—2,1, сумма поглощенных оснований — 33,4—36,4 мэкв на 100 г; содержание подвижных форм фосфора и калия по Чирикову — соответственно 21,5—26,2 и 13,1—13,5 мг на 100 г.

Из низинного торфа, полужидкого навоза и помета согласно схеме опыта предварительно готовили компосты в буртах массой 30 т каждый. После созревания их анализировали [15] и вносили в занятый пар под турнепс, запахивая плугом. В опыте применяли торфонавозный и торфопометный компосты (ТНК и ТПК), а также торфонавозную смесь (ТНС). Последствие изучали в 1-й год в посевах кукурузы, во 2-й — в посевах ячменя.

Схема опыта и количество питательных веществ, внесенных с органическими и минеральными удобрениями под культуры севооборота, представлены в табл. 1. Минеральные удобрения вносили под культуру весной. В схеме опыта, заложенного в 1982 г. (поле 1), нормы N, P и K минеральных удобрений в трех последних вариантах были эквивалентны содержанию их соответственно в 30 и 60 т торфонавозного компоста 3 : 1 для сравнительного изучения эффективности торфяных компостов и минеральных удобрений, а также их сочетаний в половинных дозах. Общее количество РК внесли за один прием, N — за три: под турнепс и кукурузу — по 40 %, под ячмень — 20 % (табл. 2).

В закладках опытов 1983 и 1984 гг. (поле 2 и 3) нормы минеральных удобрений в аналогичных вариантах рассчитывали на

планируемую прибавку урожайности с учетом необходимости поддержания бездефицитного баланса азота и фосфора и слабодифицитного калия (табл. 1). Использовали аммиачную селитру, двойной гранулированный суперфосфат и сульфат калия.

Повторность опыта 4-кратная, размер делянок 125 м². Учетная площадь для турнепса 54,0 м², кукурузы — 52,5, ячменя — 100 м².

Таблица 1

Нормы удобрений (кг д. в. на 1 га) для полей 2 и 3 в 1982—1985 гг.

Вариант (нормы удобрений, т/га)	Содержание в органических удобрениях		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 — без удобрений			
2—ТНК 1:1,60	398	121	140
3—ТНК 3:1,30	205	62	67
4 —ТНК 3:1,60	410	123	134
5 —ТНК 3:1,90	615	185	201
6—ТНС 1:1,60	338	128	138
7 —ТНК 5:1,60	420	123	112
8 —ТПК 3:1,60**	520	261	167
9 —ТПК 5:1,60	437	180	140
10 — навоз бесподстилочный, 30	120	60	101
11 —помет, 15	130	145	93
12 —торф, 30	218	68	46
13—без удобрений	—	—	—
14—ТНК 3:1, 30 + NPK*	213	66	56
15 —торф, 30+ NPK*	229	76	29
16 —NPK*	—	—	—

* Нормы минеральных удобрений в среднем по полям 2 и 3: под турнепс — 90N50P210K, под кукурузу — 80N40P60K, под ячмень — 40N60P60K-

** В среднем по полям 2 и 3.

В опыте выращивали следующие сорта и гибриды культур: турнепс Эсти-Наэрис, кукурузу Днепропетровский 247, ячмень Агул. Агротехника возделывания соответствовала рекомендуемой системе земледелия Красноярского края.

Вегетационный период 1982 г. характеризовался недостатком тепла и влаги. В 1983 г. наблюдалась сильная июньская засуха. Обильные осадки в течение весны 1984 г., жаркий июнь и прохладная вторая половина лета с небольшими, но регулярно выпадающими осадками способствовали нормальному росту зерновых и турнепса. Из-за недостатка тепла во второй половине лета кукуруза развивалась хуже. В 1985 г. в течение лета осадков выпало больше нормы. Температурный режим был близок к норме. Из-за пасмурной погоды осенью затягивалось созревание зерновых.

Учет урожая проводили сплошным методом, поделаячно путем взвешивания.

Пропашные культуры убирали вручную (отдельно корни и ботву), ячмень — зерноуборочным комбайном. Отбор растительных и почвенных образцов осуществляли методами, рекомендованными для полевых опытов. Агрохимические анализы растительных и почвенных проб проводили общепринятыми методами согласно ГОСТ. Продуктивность культур севооборота в переводе на кормовые единицы рассчитывали на основании данных химического анализа основной и побочной продукции по стандартной методике. Сбор переваримого протеина определяли с использованием коэффициентов переваримости по Томме [16]. Для математической обработки данных применяли метод дисперсионного анализа. Экономическую оценку эффективности удобрений проводили с использованием специальных методических разработок, норм выработки и расценок, утвержденных для краевого объединения «Сельхозхимия».

Результаты

Урожайность культур. Уровень урожайности изучаемых в опытах культур значительно варьировал по годам в зависимости от обеспеченности растений в течение вегетационного периода теплом и влагой. Наибольшая урожайность турнепса как в контроле, так и в опытных вариантах была в 1984 г., а кукурузы и ячменя — в 1985 г.

Торфяные компосты повышали урожайность культур и в год применения, и в последствии, причем помет как компонент компостов оказалась значительно эффективнее навоза. Если при внесении ТНК 5:1 в норме 60 т/га урожайность турнепса увеличилась на 87 ц/га, то в варианте с ТПК 5:1 при той же норме — на 138 ц/га (табл. 3, варианты 7 и 9). Максимальная прибавка урожая корнеплодов (220 ц/га) в среднем за 2 года получена от совместного применения ТНК 3:1 и минеральных удобрений. При раздельном применении торфяных компостов лучшие результаты дало внесение ТПК 3:1 и ТНК 1:1 в норме по 60 т/га — прибавки соответственно 217 и 144 ц/га (варианты 8, 2). Последствие компостов на кукурузу и ячмень оказалось аналогичным. В среднем за 3 года с увеличением доли торфа в компостах эффективность их как удобрений снижалась, а при увеличении нормы ТНК 3:1 с 30 до 90 т/га урожайность кормовых культур возрастала, но прибавка от каждой дополнительно внесенной тонны компоста уменьшалась (варианты 3, 4, 5). Влияние на урожайность культур ТНК 3:1 и навоза, внесенных в норме 30 т/га, было близким, при этом

Таблица 2

Нормы минеральных удобрений (кг д. в.) в вариантах 14, 15, 16 под культуры севооборота в поле 1 (сравнительное изучение эффективности ТНК и минеральных удобрений)

Вариант	Удобрение, т/га	N P K			N	
		под турнепс			под кукурузу	под ячмень
14	ТНК 3:1, 30 + NPK эквивалентно 30 т ТНК 3:1	75	70	90	75	40
15	Торф, 30 + NPK эквивалентно 30 т навоза	70	70	110	56	
16	NPK эквивалентно 60 т ТНК 3:1	150	140	180	150	80

Урожайность кормовых культур (ц/га) и содержание в продукции протеина, сахара и нитратов (% на абсолютно сухую массу)

Вариант	Корнеплоды турнепса, 1982—1984 гг.				Зеленая масса кукурузы, 1983—1985 гг.			Зерно ячменя, 1984—1985 гг.	
	урожай- ность	протеин	сахар	NO ₃	урожай- ность	протеин	NO ₃	урожай- ность	сырой бе- лок
1	264	6,1	56,1	0,06	227	5,9	0,17	13,8	9,1
	286	5,8	56,5	0,07	258	5,8	0,16	15,2	10,7
2	408	9,5	47,3	0,34	322	8,1	0,16	19,8	9,3
3	341	7,3	53,8	0,11	267	7,0	0,14	16,9	9,3
4	382	7,8	52,4	0,17	305	8,3	0,18	18,8	9,8
5	414	8,7	50,7	0,21	332	9,1	0,18	20,5	10,1
6	387	7,7	52,2	0,19	302	8,4	0,16	18,9	9,4
7	351	6,0	58,5	0,11	275	7,1	0,14	17,6	9,3
8*	503	11,9	45,4	0,68	360	9,1	0,17	20,1	11,2
9	402	8,5	53,0	0,25	306	8,0	0,15	18,8	9,6
10	353	7,6	52,1	0,19	273	7,8	0,16	16,6	9,2
11	388	9,2	49,4	0,30	288	7,9	0,12	16,5	9,3
12	272	6,6	57,0	0,06	247	6,6	0,14	16,2	9,3
14*	506	10,1	49,5	0,55	386	9,8	0,19	27,4	15,9
15*	460	7,1	55,0	0,21	358	8,8	0,17	26,1	13,2
16*	443	7,8	50,3	0,21	342	8,3	0,20	25,1	14,2
НСР ₀₅	35				28			1,9	

* Здесь и последующих таблицах — данные для турнепса и кукурузы в среднем по полям 2 и 3, для ячменя — по полю 2. Для сравнения в контрольном варианте данные за эти годы приведены в знаменателе.

каждая тонна сухого вещества навоза окупалась прибавкой урожая почти в 2 раза большей, чем 1 т компоста.

Торфонавозные смеси несколько уступали компостам аналогичного состава по действию на урожайность кормовых культур, хотя различия математически недостоверны.

Торф в чистом виде мало влиял на урожайность турнепса и кукурузы и повышал урожайность зерна ячменя во 2-й год последствия на 2,4 ц/га.

Качество продукции и продуктивность севооборота. В среднем за 3 года при внесении разных норм торфяных компостов содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе корнеплодов турнепса повышалось на 1,2—5,8 %, а сахара снижалось на 2,3—10,7 %. Содержание нитратов в корнеплодах под влиянием компостов возрастало, но было, как правило, ниже предельно допустимых концентраций. Последствие компостов в 1-й год выразилось в повышении содержания протеина у кукурузы на 1,1 — 3,3 % при незначительном изменении содержания нитратов.

Следует отметить, что влияние органических удобрений на эти показатели качества продукции в различные годы было неоднозначным. В отдельные, особенно засушливые годы содержание сахара под влиянием ТНК 1 : 1—3 : 1 практически не снижалось, а протеина — либо не изменялось, либо слабо повышалось. Во влажные теплые годы картина менялась: содержание протеина в растениях возрастало более значительно, особенно при внесении ТПК, а содержание сахара снижалось. Торф и ТНК с высокой долей торфа во все годы слабо влияли на содержание протеина и сахара в продукции.

На 2-й год последствия компостов содержание сырого белка в зерне ячменя не изменялось во все годы и лишь в вариантах 14, 15, 16, где вносили минеральные удобрения, оно повышалось на 20—40 %.

Изменения таких показателей, как сбор кормовых единиц, сухих веществ и переваримого протеина за ротацию севооборота в среднем по трем полям, подчинялись той же закономерности, что и изменения

Таблица 4
Продуктивность севооборота,
сбор сухих веществ, сахара
и переваримого протеина (ц/га) в среднем
по трем полям за 1982—1985 гг.

Вариант	Сбор за ротацию севооборота			Сбор сахара в корнеплодах турнепса, 1982—1984 гг.
	корм. ед.	сухих веществ	переваримого протеина	
1	91	104	4	16
	102	119	5	18
2	129	145	8	19
3	110	125	6	19
4	123	139	8	21
5	135	153	9	22
6	124	138	7	21
7	115	130	6	22
8	142	163	12	20
9	127	141	8	22
10	111	125	7	19
11	116	131	8	19
12	100	114	5	17
14	165	190	13	23
15	152	177	10	25
16	147	168	10	22

урожайности, а их значения находились в обратной зависимости от содержания торфа в компосте и в прямой — от его нормы (табл. 4).

Изучение эффективности ТНК 3: 1 и эквивалентных норм минеральных удобрений, проведенное в поле 1, показало, что в вариантах с минеральными удобрениями дополнительный сбор кормовых единиц был в 2,6, сухих веществ — в 2,5, переваримого протеина — в 3,8 раза больше, чем в вариантах с ТНК. Аналогичные результаты были получены при изучении эффективности навоза и минеральных удобрений в Восточной Сибири [13].

Торф в чистом виде при норме 30 т/га в сумме за 3-летний цикл звена севооборота слабо влиял на урожайность культур. Не повышалась его эффективность и на фоне минеральных удобрений.

Максимальный сбор сахара отмечен при совместном внесении компоста и торфа с минеральными удобрениями (варианты 14, 15). В среднем за 3 года увеличение сбора сахара в большинстве вариантов происходило за счет роста урожайности корнеплодов.

Вынос и баланс питательных веществ. Вынос элементов питания с единицей урожая основной продукции с учетом побочной зависел от погодных условий, нормы и вида удобрений. В засушливые годы вынос азота на единицу продукции был низким для всех культур, а в более влажные и теплые годы он значительно возрастал. Торфяные компосты разного состава и при разных нормах в среднем за 3 года увеличили вынос азота 1 т корнеплодов турнепса на 6—45 %, калия — на 4—20 %. Вынос фосфора изменился мало

Таблица 5
Вынос питательных веществ (кг на 10 ц основной продукции с учетом побочной)

Вариант	Турнепс, 1982—1984 гг.			Кукуруза, 1983—1985 гг.			Ячмень, 1984—1985 гг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	1,6	1,4	4,7	1,4	0,9	3,2	22,5	16,1	22,7
	1,6	1,4	4,4	1,5	1,0	3,3	28,7	19,5	23,3
2	2,2	1,3	4,9	1,9	0,9	3,0	21,7	14,7	22,2
3	1,9	1,4	5,0	1,7	0,9	2,9	21,6	14,3	22,0
4	2,0	1,4	4,9	2,0	1,0	2,8	23,5	14,6	23,9
5	2,3	1,5	5,7	2,2	0,9	2,5	24,7	13,9	23,0
6	2,0	1,4	5,2	1,9	0,9	2,9	23,1	14,8	23,4
7	1,7	1,4	5,1	1,7	0,9	3,0	23,5	15,2	23,5
8	2,7	1,4	5,0	2,2	1,1	3,1	27,7	16,0	24,9
9	2,2	1,4	5,2	1,9	1,0	3,0	23,6	14,3	23,0
10	2,0	1,4	5,4	1,8	0,9	3,2	22,2	15,7	23,6
11	2,3	1,5	5,0	1,9	1,0	3,0	23,5	16,4	23,6
12	1,8	1,5	5,4	1,6	0,9	2,9	23,1	15,6	24,9
14	2,5	1,4	5,2	2,4	1,0	2,9	40,1	17,3	25,1
15	1,8	1,2	4,6	2,2	1,0	2,8	35,2	16,9	27,2
16	2,0	1,3	4,6	2,0	0,9	2,7	33,6	17,6	24,5

Баланс питательных веществ (% к выносу) в звене севооборота в среднем по трем полям за 1982—1985 гг.

Вариант	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	внесено	вынос	баланс	внесено	вынос	баланс	внесено	вынос	баланс
	кг/га			кг/га			кг/га		
1	—	95	—	70	—	210	—	210	—
		104		78		218		218	
2	398	186	214	121	102	119	140	318	44
3	205	138	148	62	88	70	67	264	25
4	410	168	244	123	102	121	134	295	45
5	615	199	309	185	111	167	201	336	60
6	338	167	202	128	100	128	138	309	45
7	420	135	311	123	92	134	112	276	41
8	520	250	208	261	124	210	167	385	43
9	437	180	243	180	104	173	140	319	44
10	120	143	84	60	93	64	101	295	34
11	130	176	74	145	103	141	93	295	32
12	218	115	190	68	79	86	46	240	19
14	413	280	148	176	138	127	336	397	85
15	429	207	207	186	114	163	309	335	92
16	200	201	99	110	108	102	280	322	87

(табл. 5). В последствии компостов вынос азота единицей урожая кукурузы возрастал на 20—57 %, вынос фосфора изменялся незначительно, а калия снижался на 6—20 %. Эти показатели у ячменя (2-й год последствия компостов) в среднем за 2 года существенно не изменялись. Лишь в вариантах с минеральными удобрениями возрастал вынос азота единицей продукции на 20—40 %, при этом вынос фосфора и калия оставался прежним. Минеральные удобрения, внесенные в норме, эквивалентной содержанию питательных веществ в ТНК 3:1, в большей мере, чем компост, увеличивали вынос азота единицей урожая кормовых культур по сравнению с контролем. Вынос фосфора и калия в обоих случаях изменялся мало.

Хозяйственный баланс, при расчете которого учитывали только поступление питательных веществ с удобрениями в почву и вынос их урожаем, различался по вариантам опыта. Во всех случаях при внесении торфяных компостов баланс азота был положительным — 148—309 % к выносу (табл. 6). Причем значения его возрастали с увеличением нормы компоста (варианты 3, 4, 5) и повышением доли торфа (варианты 2, 4, 7, 8, 9). При внесении норм минеральных удобрений, рассчитанных на планируемую прибавку урожая, а также навоза и помета в норме 30 и 15 т/га в сумме за 3-летний цикл звена севооборота баланс азота в среднем по трем полям складывался отрицательно (74—99 % к выносу). При внесении компоста в нормах 60 и 90 т/га баланс фосфора в среднем по трем полям был положительным (119—210 % к выносу), при нормах 30 т/га — отрицательным. Баланс калия оказался дефицитным во всех вариантах с компостами (19—60 % к выносу), что связано с возделыванием калиелюбивых культур в севообороте и несбалансированностью торфяных компостов по калию. Внесение дополнительно к компосту минеральных удобрений несколько улучшило баланс калия (85% к выносу).

Коэффициенты использования питательных веществ (КИ) растениями из почвы и удобрений. В посевах турнепса в среднем за 3 года КИ подвижного фосфора из почвы был равен 7, КИ калия — 44 %, а в среднем за ротацию по трем полям растения использовали подвижного фосфора 5, калия — 29 % (табл. 7).

Из минеральных удобрений за ротацию севооборота культуры потребовали в среднем 53 % азота, 31 % фосфора и 49 % калия.

Коэффициенты использования питательных веществ из почвы и органических удобрений (%) за 1982—1985 гг.

Удобрение, т/га	Турнепс			Всего за ротацию		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Из почвы	76*	7	44	66*	5	29
ТНК 1:1, 60	13	15	55	23	27	77
ТНК 3:1, 30	12	19	69	21	28	81
ТНК 3:1, 60	9	13	48	18	26	64
ТНК 3:1, 90	8	13	56	17	22	63
ТНС 1:1, 60	11	12	55	21	23	72
ТНК 5:1, 60	4	9	46	10	17	59
ТПК 3:1, 60	19	12	83	28	18	100
ТПК 5:1, 60	11	11	61	20	19	78
Навоз, 30	25	22	67	40	37	85
Помет, 15	40	14	74	63	23	91
Торф, 30	3	6	55	9	13	65

* Использование N—NO₃ из почвы с учетом текущей нитрификации.

Значения КИ элементов питания из компостов и минеральных удобрений рассчитывали разностным способом. Данные табл. 7 показывают, что при увеличении доли торфа в компостах (варианты 2, 4, 7, 8, 9) и повышении их нормы (варианты 3, 4, 5) КИ из компостов снижались. За ротацию севооборота в среднем по трем полям наибольшее количество питательных веществ использовано при внесении ТПК 3:1 в норме 60 т/га (вариант 8): азота — 28 %, фосфора—18, калия — 100 %, а также при внесении ТНК 1:1 в той же норме (вариант 2) — соответственно 23, 27 и 77 %. Заметим, что азот из ТПК (варианты 8, 9) использовался в 1,5—2,0 раза лучше, чем из ТНК (варианты 4, 7).

Минимальные значения КИ отмечены для чистого торфа (вариант 12) и ТНК 5:1 (вариант 7). В среднем по трем полям за ротацию севооборота КИ азота из навоза (вариант 10) был в 1,9 раза выше, чем из такой же дозы ТНК 3:1 (вариант 3), но несколько ниже, чем из минеральных удобрений. Фосфор и калий навоза и ТНК использовался растениями так же или лучше, чем из минеральных удобрений. В связи с высоким содержанием фосфора в ТПК и помете значения КИ этого элемента были невысокими. Около половины использованных из компостов за ротацию азота и фосфора и большая часть калия потреблялись первой культурой.

Изменение агрохимических показателей почвы. В поле 1 внесение торфяных компостов и минеральных удобрений за 3-летний цикл звена севооборота существенно не отразилось на основных агрохимических показателях почвы. В вариантах без органических удобрений отмечена тенденция к снижению содержания гумуса в почве. Заметных тенденций в изменении содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое почвы не отмечено.

Экономическая эффективность применения органических и минеральных удобрений. Применение торфяных компостов в кормовом севообороте на серых лесных тяжелосуглинистых почвах с соотношением торфа и навоза 1—3:1 обеспечивало получение с 1 га 182—134 руб. условно чистого дохода, а при соотношении торфа и помета 3—5:1—226—176 руб. При увеличении нормы компоста (3:1) с 10 до 30 т на 1 га севооборота условно чистый доход возрастал со 101 до 147 руб., но уровень рентабельности снижался с 89 до 43 %. При повышении доли торфа в компосте с навозом от 1:1 до 3:1 условно чистый доход на 1 т компоста снижался на 27 %, а при дальнейшем обогащении его торфом до 5:1 — более чем в 4 раза.

Наибольший чистый доход в опытах (467 руб.) получен при внесении на 1 га севооборота 10 т ТНК 3:1 совместно с минеральными

удобрениями в норме 77N43P103K. Применение чистого торфа было убыточно как в варианте с одним торфом, так и по фону минеральных удобрений.

Выводы

1. В Красноярской лесостепи на серой лесной тяжелосуглинистой почве с низким содержанием азота и высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия в звене кормового севооборота турнепс — кукуруза — ячмень при комплексной оценке изучаемых систем удобрения наиболее эффективным оказалось внесение в среднем на 1 га севооборота 10 т ТНК 3:1 и минеральных удобрений в норме 77N43P103K. При этом получены наиболее высокие продуктивность севооборота (165 ц корм. ед. на 1 га), выход переваримого протеина (13 ц/га) и чистый доход (467 руб/га). Окупаемость 1 кг д. в. удобрений составила 6,3 корм. ед.

2. ТНК 3:1 и навоз, внесенные в нормах по 10 т на 1 га (30 т под турнепс с учетом последствий на кукурузу и ячмень), одинаково влияли на продуктивность севооборота. При этом каждая тонна сухой массы навоза обеспечивала почти в 2 раза большую прибавку урожая, чем такое же количество компоста. При внесении ТПК в норме 20 т на 1 га севооборота продуктивность его была на 30—40 % выше, чем в соответствующих вариантах ТНК,

3. Увеличение доли торфа в компосте с навозом от 1:1 до 3:1 снижало условно чистый доход 1 т компоста на 27 %, а при дальнейшем обогащении его торфом до 5:1 — более чем в 4 раза.

4. Увеличение нормы ТНК 3:1 с 10 до 30 т на 1 га севооборота обеспечивало повышение его продуктивности в среднем со 110 до 135 ц корм. ед. и чистого дохода — со 101 до 147 руб/га. Дополнительный сбор кормовых единиц на 1 т компоста снижался при этом с 64 до 48 кг, а уровень рентабельности — с 89 до 43 %.

5. Минеральные удобрения в нормах, эквивалентных содержанию основных питательных веществ в 60 т ТНК 3:1, позволили увеличить продуктивность севооборота в 2,6 раза и сбор переваримого протеина в 3,8 раза по сравнению с уровнем этих показателей в варианте с компостом.

6. Применение торфа в норме 10 т на 1 га севооборота как в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений было убыточным.

7. Компосты с узким отношением торфа к навозу и помету (1:1—3:1) способствовали некоторому повышению содержания сырого белка в турнепсе (1-й год действия) и кукурузе (1-й год последствий). При этом содержание сахара в корнеплодах турнепса несколько снижалось, а содержание нитратов повышалось, но оно было, как правило, ниже предельно допустимых концентраций. В кукурузе содержание нитратов не изменялось.

8. В зависимости от нормы и состава внесенных торфяных компостов вынос азота и калия на 1 т корнеплодов турнепса (с учетом ботвы) повышался соответственно на 6—45 и 4—20 %, а вынос фосфора не изменялся. Вынос азота кукурузой (1-й год последствий) возрастал на 20—57 %, фосфора — не изменялся, а калия — снижался на 6—20 %. Последствие органических удобрений на 2-й год не сказалось на выносе питательных веществ единицей урожая ячменя.

9. Коэффициенты использования растениями питательных веществ из торфяных компостов уменьшались с увеличением в последних доли торфа. В среднем за ротацию севооборота КИ для азота были равны 10—28 %, фосфора — 17—28, калия 59—100 %. Азот из ТПК использовался в 1,5—2,0 раза лучше, чем из ТНК. Из навоза и помета растения потребляли соответственно азота 40 и 63 %, фосфора — 37 и 23, калия — 85 и 91 %; из минеральных удобрений в среднем за ротацию: азота — 53 %, фосфора — 31, калия — 49 %.

Коэффициенты использования нитратного азота из почвы составили в среднем 66 %, подвижного фосфора — 5, калия — 29 %.

10. Баланс азота в почве при внесении торфяных компостов был положительным (148—309 % к выносу); он возрастал с увеличением дозы компоста и при повышении в нем доли торфа. Баланс фосфора складывался положительно (119—210 % к выносу) только при нормах компоста 60 т/га и выше в сумме за 3-летний цикл звена севооборота. Баланс калия оказался отрицательным при всех нормах компостов (19—60 % к выносу), но на фоне минеральных удобрений (77N43P103K в среднем на 1 га севооборота) дефицит его сократился до 85 % к выносу.

11. Применение в изучаемых нормах органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте в течение трех лет практически не отразилось на основных агрохимических показателях почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андропова Т. М. Навоз и уржа. — Красноярск, 1974. — 2. Бердышев А. П. Торф как удобрение. — В кн.: Проблемы повышения эффективности торфа в сельск. хоз-ве. — М.: Наука, 1984, с. 78—86. — 3. Булатова Г. И., Тюменцев Н. Ф. Отзывчивость полевых культур на торфяные удобрения в опытах на различных почвах. — В кн.: Эффективность применения удобрения в сельск. хоз-ве Западной Сибири. — Тр. Новосиб. с.-х. ин-та. — Новосибирск, 1973, т. 55, с. 23—24. — 4. Жуков Г. А. Проблемы химизации земледелия Сибири. — Новосибирск: Наука, 1985. — 5. Замяткина Л. Е. Применение жидкого навоза в качестве удобрения на выщелоченных черноземах лесостепи Красноярского края. — Сиб. вест. с.-х. науки, 1985, № 6, с. 12—14. — 6. Инструкция по проверке качества органических удобрений. — М.: Колос, 1971. — 7. Касаткин М. И. Торфяные удобрения и их воздействие на плодородие дерново-подзолистых почв. — Автореф. дис. — Л., 1962. — 8. Кильби И. Я., Лазуткин В. М. Баланс гумуса в почвах, потребность и ресурсы органических удобрений в Красноярском крае. — В кн.: Баланс органического вещества и плодородие почв в Восточной Сибири. — Новосибирск: ВАСХНИЛ, сиб. отдел., 1985, с. 3—9. — 9. Кирюшин В. И., Мостовой М. И., Усенко В. И. и др. Особенности использования торфяных ресурсов Сибири. — В кн.: Проблемы использования торфяных ресурсов Сибири и Дальнего Востока в сельск. хоз-ве. Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф., окт. 1983 г. Томск — Новосибирск, 1983, с. 9—12. — 10. Кольцов А. Х. Эффективность торфяных удобрений. — В кн.: Проблемы использования торфяных

ресурсов Сибири и Дальнего Востока в сельск. хоз-ве. Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конфер., окт. 1983 г. Томск — Новосибирск, 1983, с. 22—23. — 11. Майборода Н. М. Системы удобрения в севооборотах. — В кн.: Обработка почвы и удобрения в севооборотах. — Красноярск, 1973, с. 83—183. — 12. Полунин С. Ф., Зябкина Г. А., Степченкова Е. Ф. Влияние торфа на некоторые физико-химические свойства и урожайность. — В кн.: Проблемы повышения эффективности торфа в сельск. хоз-ве. — М.: Наука, 1984, с. 95—104. — 13. Синягин И. И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений. — М.: Россельхозиздат, 1980. — 14. Скоропанов С. Г. Научно-практический опыт западного региона по производству торфяных удобрений и возможность использования его в Сибири и на Дальнем Востоке. — В кн.: Проблемы использования торфяных ресурсов Сибири и Дальнего Востока в сельск. хоз-ве. Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конфер., окт. 1983 г. Томск — Новосибирск, 1983, с. 3—5. — 15. Сорокина О. А. Влияние освоения и сельскохозяйственного использования на гумусовое состояние серых лесных почв. — В кн.: Баланс органического вещества и плодородие почв в Восточной Сибири. — Новосибирск: ВАСХНИЛ, сиб. отдел., 1985, с. 43—52. — 16. Томмэм М. Ф. Корма СССР. — М.: Колос, 1964. — 17. Ялтонский М. А. Роль торфяных удобрений в создании бездефицитного баланса органического вещества в земледелии Красноярского края. — В кн.: Повышение эффективности использования мелиорированных земель. — Красноярск, 1985, с. 76—77.

Статья поступила 5 октября 1987 г.

SUMMARY

In 1982—1985 it proved most efficient on the average to apply 10 tons of peat-manure compost (3:1) and mineral fertilizers at the rate of 77N43P103K per 1 ha of fodder crop rotation (turnip, corn, barley) on gray forest heavy loams with low amount of nitrogen and high amount of mobile forms of phosphorus and potassium in the rotation link. In this case productivity of the rotation (165 centners of fodder units per 1 ha), the amount of digestible protein (13 centners/ha), and net return (467 roubles/ha) were the highest. Higher portion of peat in the compost with manure resulted in lower conditional net return. Application of peat, both pure and on fertilizer background, was unprofitable. The balance of nutrients in the soil of the experimental area was: in nitrogen — 74—309 %, in phosphorus — 64—210, in potassium — 19—92 % to that removed by crops.