



Н.П.Вострухин, М.И.Гуляка, кандидаты сельскохозяйственных наук
Н.П.Вострухина, А.И.Симачева, Г.С.Усович, научные сотрудники
Белорусская зональная опытная станция по сахарной свекле

УДК 631.5:631.445.2

Роль севооборота, систем основной обработки почвы и удобрения в сохранении и повышении плодородия дерново-подзолистой почвы

На основе многолетних исследований, проведенных в стационарных полевых опытах на дерново-подзолистой почве центральной зоны Республики Беларусь, установлен положительный агрономический эффект от применения правильного чередования культур, комбинированной системы основной обработки почвы и оптимального уровня органических и минеральных удобрений в севообороте на плодородие почвы и продуктивность культур.

Среди многих проблем, которые необходимо безотлагательно решать для обеспечения устойчивого развития земледелия в республике, первостепенное значение имеет осуществление комплекса мер по сохранению и повышению плодородия почвы.

Создание высокоплодородного фона – обязательное условие формирования устойчивого по годам высокого урожая сельскохозяйственных культур и надлежащего его качества.

В предлагаемой работе на основе многолетних исследований, проведенных в стационарных опытах на Белорусской зональной опытной станции по сахарной свекле, рассматривается действие на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почв состава и чередования культур, систем основной обработки почвы и интенсивности применения органических и минеральных удобрений в полевом севообороте.

Плодородие почвы в различных видах полевых севооборотов. Изучение севооборотов с целью разработки агротехнических основ их построения для зоны свеклосеяния республики ведется с 1962 г. Всего заложено в трехкратной повторности 13 экспериментальных 10-польных севооборотов, полностью развернутых в пространстве и во времени. В первой ротации (1963–1972 гг.) вносили относительно небольшое количество удобрений под озимые и пропашные культуры. С 1973 г. и по настоящее время сохраняется увеличенная (близкая к оптимальной) их доза. В 1992 г. закончилась третья ротация и с 1993 г. продолжается четвертая.

Структура посевов, дозы органических и минеральных удобрений, урожайность зерновых и сахарной свеклы, продуктивность севооборотов приведены в таблице 1.

On the basis of long-term research made in the stationary fields on turf-podzol soils in the center part of Belarus it has been established a positive agronomic effect on soil fertility and productivity of cereals by means of application of the cereals right interchange, the combined system of the basic land cultivation and optimum level of manures and fertilizers in crop rotation.

Чередование культур и дозы удобрений в основном севообороте (46) занятый пар (люпин кормовой, в 4-й ротации горох на зерно) – P45K60, озимая пшеница – N60P45K60, сахарная свекла – 40 т/га подстилочного навоза N120P90K150, ячмень с подсевом клевера – N60P45K60, клевер – P45K60, озимая пшеница – N60P45K60, сахарная свекла – 40 т/га навоза N120P90K150, ячмень – N60P45K60, картофель – 40 т/га навоза N120P90K150, кукуруза – N120P90K150. Общим фоном ежегодно в двух полях под сахарную свеклу проводилось известкование доломитовой мукой (5 т/га) и совместно с почвенными гербицидами вносилась борная кислота (6 кг/га).

По прошествии двух ротаций севооборота основные агрохимические показатели слоя почвы 0–20 см изменились следующим образом (46): рН (KCL) с 4,6 до 6,2, гидролитическая кислотность с 4,5 до 1,1 мг-экв, степень насыщенности основаниями с 32 до 90%, содержание подвижного фосфора с 5,9 до 19,0 и обменного калия с 6,4 до 15,6 мг на 100 г почвы, содержание гумуса с 1,9 до 2,1%. За последние десять лет кислотность почвы, содержание гумуса, P₂O₅ и K₂O достигли и удерживались на оптимальном уровне (табл.2). Различия в содержании других макро- и микроэлементов по вариантам в среднем за 1990–1994 гг. составили: магния 29–32 мг на 100 г почвы, бора 0,9–1,0, меди 1,1–1,4, цинка 3,8–5,0, серы 12,4–14,0 и кальция 1204–1431 мг на 1 кг почвы.

Анализ результатов многолетних исследований позволяет заключить, что на дерново-подзолистой почве при 20% сахарной свеклы в севообороте (в звене занятый пар или горох-озимые - свекла и клевер одного года

пользования-озимые - свекла) проведение известкования в двух полях из расчета по полной гидролитической кислотности и внесение на один гектар севооборотной площади 12–18 т подстилочного навоза, 230–346 кг д.в. NPK обеспечивают создание высокоплодородного фона почвы и стабильное получение с одного гектара не менее 35–40 ц зерновых, 400 ц сахарной свеклы и 80–90 ц к.е. за один год ротации севооборота.

Системы основной обработки почвы в севообороте и ее плодородие. Изучение изменения плодородия

почвы в зависимости от длительного применения различных систем основной обработки почвы в севообороте проводилось в двух стационарных полевых опытах, один из которых заложен на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с 1957–1959 гг., другой – на дерново-подзолистой супесчаной почве с 1974–1976 гг. Повторность вариантов систем основной обработки почвы трехкратная.

Исследования в опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве проводились в 9-польном сево-

Таблица 1. Структура посевов, удобрения, урожайность отдельных культур и продуктивность различных видов полевых севооборотов

Варианты севооборотов	Структура посевов, %				Удобрения на 1 га севооборотной площади в среднем за год		Урожайность, ц/га			Выход основной и побочной продукции, ц/га к.е. за один год ротации, 1973-1992 гг.
	травы		зерновые и зерно-бобовые	пропашные	навоз, т	NPK, кг д.в.	озимой пшеницы	сахарной свеклы	ячменя	
	клевер	горх с овсом								
136	10	-	50	40	-	-	22,5	158	17,6	37
13а	10	-	50	40	12	-	30,4	283	25,8	59
46	10	-	50	40	12	231	35,0	377	40,3	82
56	10	-	50	40	18	346	36,2	418	42,5	90
5а	10	-	50	40	18	462	36,0	417	41,1	89
1	10х	-	50	40	12	231	37,2	381	40,5	83
126	-	10	50	40	12	231	35,5	369	39,8	78
12а	-	10	50	40	15	240	37,5	397	42,6	80
106	-	10	40	50	12	231	38,2	379	41,6	79
10а	-	10	40	50	19	260	39,2	389	45,2	83
26	10	-	50	40	12	231	35,5	396	41,1	72
6а	10	-	60	40	12	212	36,2	390	43,5	72
9а	10	-	50	40	16	231	38,7	372	40,8	90
116	-	10	80	10	-	173	37,0	-	30,6	47
11а	-	10	80	10	12	231	33,0	-	33,4	48
НСР 0,95							2,7	20	3,3	

х клевер с тимopheевкой

Таблица 2. Агрохимические свойства почвы (0–20 см) в различных видах полевых севооборотов

Варианты севооборотов	рН (в КС1)		Гумус, %		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	1985-1989 гг.	1990-1994 гг.	1985-1989 гг.	1990-1994 гг.	мг на 100 г почвы		1985-1989 гг.	1990-1994 гг.
136	6,2	6,4	1,7	1,9	6,3	11,4	4,6	8,0
13а	6,2	6,4	2,1	2,3	8,3	12,7	7,7	9,5
46	6,2	6,4	2,2	2,5	17,6	21,8	15,4	19,5
56	6,0	6,3	2,4	2,7	21,7	25,7	18,1	22,7
5а	6,0	6,3	2,5	2,7	24,4	28,7	23,1	26,0
1	6,1	6,4	2,2	2,3	15,3	20,2	13,2	15,1
126	6,2	6,4	2,0	2,3	15,6	19,0	14,7	16,1
12а	6,2	6,5	2,3	2,6	18,6	22,2	19,1	22,0
106	6,2	6,4	2,2	2,4	17,6	22,5	15,7	17,9
10а	6,2	6,4	2,3	2,7	21,0	24,5	21,2	22,2
26	6,2	6,4	2,1	2,5	16,0	21,6	15,2	17,5
6а	6,1	6,3	2,3	2,5	16,3	20,6	15,0	17,5
9а	6,1	6,4	2,3	2,5	17,5	19,8	14,7	16,6
116	6,1	6,4	2,0	2,2	13,9	19,1	12,0	15,1
11а	6,2	6,4	2,2	2,5	16,8	21,4	16,3	20,3

обороте со следующим чередованием культур: сахарная свекла, ячмень с подсевом клевера, клевер, озимая рожь, картофель, сахарная свекла, ячмень, люпин кормовой (с 1994 г. горох на зерно), озимая рожь.

Системы основной обработки почвы:

1. Вспашка на глубину 20 см под все культуры севооборота;

2. Вспашка на 25 см под пропашные и на 20 см под другие культуры;

3. Вспашка на 30 см под пропашные и на 20 см под другие культуры;

4. Безотвальное рыхление на 30 см под пропашные и лущение дисковое на 8–10 см под другие культуры;

5. Вспашка на 20 см с последующим безотвальным рыхлением на 30 см (в 4-й ротации севооборота вспашка ярусная на 30 см) и вспашка на 20 см под другие культуры (в 4-й ротации лущение дисковое).

Фоны удобрений:

1. 40 т/га подстилочного навоза N90P60K120 под пропашные, N60P60K90 под зерновые и P45K45 под культуры занятого пара (люпин, горох) и клевер;

2. 80 т/га навоза N120P90K160, N90P90K120 и P60K60 соответственно. Общим фоном известкование

под озимую рожь (5 т/га доломитовой муки) и борная кислота (6 кг/га) под сахарную свеклу.

Воздействие систематического известкования, клеверосеяния, внесения органических и минеральных удобрений и других факторов вызвало довольно значительные изменения агрохимических свойств 0–20 см слоя почвы: за три ротации севооборота pH (KCl) возросло с 5,6 до 6,4, содержание подвижного P₂O₅ с 12,6 (фон I) и 16,1 (фон II) до 31,0 и 36,2, обменного K₂O с 4,9 и 5,9 до 18,2 и 26,4 мг на 100 г почвы, гумуса с 2,3 до 3,1 и 3,6%. Агрохимические показатели на вариантах с отвальной вспашкой на 20, 25 и 30 см под пропашные различались несущественно, а применение в севообороте системы безотвальной и поверхностной обработки (вар.4) выявило тенденцию к дифференциации пахотного слоя по плодородию (табл.3). Содержание других макро- и микроэлементов в среднем за 1990–1992 гг. на вар.1 и 4 в слое 0–20 см составило: магния 34 и 36 (I фон), 32 и 36 (II фон) мг на 100 г почвы; кальция 1756 и 1636, 1774 и 1872; серы 16,4 и 14,3, 14,2 и 17,2; цинка 10,4 и 8,2, 8,0 и 7,4; меди 1,3 и 1,4, 1,4 и 1,4; бора 1,0 и 1,2, 1,0 и 1,1 мг на 1 кг почвы соответственно.

Таблица 3. Агрохимические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при проведении под все культуры севооборота вспашки на 20 см (вариант 1) и безотвальной и поверхностной обработки (вариант 4)

Год исследования	Варианты системы обработки	Фон I				Фон II			
		Слой почвы, см							
		0-20	20-25	25-30	30-40	0-20	20-25	25-30	30-40
pH (KCl)									
1965-1967	1	5,6	5,8	5,6	5,4	5,7	5,7	5,5	5,5
	4	5,8	5,7	5,6	5,2	5,6	5,5	5,4	5,4
1976-1978	1	6,1	5,9	5,3	5,0	6,0	5,9	5,4	5,1
	4	6,3	5,6	5,2	5,2	6,0	5,6	5,2	5,1
1990-1992	1	6,4	6,4	6,3	6,1	6,4	6,4	6,3	6,2
	4	6,3	6,3	6,1	6,0	6,4	6,3	6,2	6,1
Содержание гумуса, %									
1976-1978	1	2,7	2,5	2,0	1,0	2,8	2,7	1,9	1,2
	4	2,7	2,2	1,4	0,8	3,0	2,7	2,0	1,4
1990-1992	1	3,1	2,8	2,5	2,3	3,6	3,4	3,0	2,4
	4	3,4	2,8	2,3	2,1	3,6	3,0	2,5	2,7
P ₂ O ₅ , мг на 100 г почвы									
1965-1967	1	12,6	13,0	12,6	12,2	16,1	14,8	13,6	14,5
	4	14,0	13,2	13,9	12,5	15,5	15,2	12,9	15,4
1976-1978	1	32,2	27,5	23,1	20,6	36,1	32,4	25,4	24,1
	4	28,3	20,7	22,8	20,9	35,5	24,9	23,5	23,4
1990-1992	1	31,0	28,0	25,2	24,1	36,2	34,3	30,2	27,5
	4	32,4	23,6	22,9	24,1	37,1	32,7	30,4	26,4
K ₂ O, мг на 100 г почвы									
1965-1967	1	4,9	5,6	5,9	4,9	5,9	6,3	6,1	5,8
	4	5,5	6,3	4,7	4,6	6,8	6,4	5,8	4,8
1976-1978	1	15,8	14,0	8,3	4,7	21,3	19,7	12,2	8,1
	4	14,8	6,8	4,7	3,0	20,7	11,9	6,9	4,8
1990-1992	1	18,2	13,9	13,9	12,8	26,4	22,2	20,6	17,6
	4	19,0	9,0	11,2	11,1	29,2	20,3	17,5	15,8

Продуктивность севооборота по сбору кормовых единиц в среднем за один год ротации при различных системах основной обработки почвы существенно не различалась, в том числе и по вариантам 1 и 4 – 1-я ротация 47 и 47 (фон I), 2-я ротация 60 и 60, 3-я ротация 59 и 58 ц/га основной продукции. Сахарной свеклы (культуры, которая, казалось бы, наиболее отзывчива на увеличение мощности пахотного горизонта) получили: фон I (среднее за 24 года 4-х ротаций севооборота) – вар. 1 – 375, 2 – 366, 3 – 366, 4 – 370, 5 – 371 ц/га, фон II (среднее за 21 год) – 383, 379, 374, 371, 380 ц/га соответственно.

На дерново-подзолистой супесчаной почве исследования проводились в 9-польном севообороте с чередованием культур: озимая рожь на зеленый корм + поукосно люпин кормовой, озимая рожь, сахарная свекла, ячмень с подсевом клевера, клевер, озимая рожь, картофель, сахарная свекла, ячмень. В среднем за ротацию на один гектар севооборотной площади внесено 33 т подстильного торфяного навоза и 214 кг д.в. NPK (N74P57K83), известкование в двух полях под озимую рожь (по 5 т/га доломитовой муки).

Варианты систем основной обработки почвы в севообороте: 1 – вспашка на 20 см под все культуры, 2 – замена вспашки лущением дисковым или отвальным (мелкой вспашкой) на 10-12 см в 2-х полях (под ячмень после свеклы), 3 – замена вспашки лущением в 4-х полях (под ячмень и озимую рожь на зерно), 4 – замена вспашки лущением в 6-ти полях (в занятом пару, под озимую рожь, ячмень и картофель), 5 – лущение во всех 8-ми полях, 6 – лущение + безотвальное рыхление на 20 см во всех полях.

Разные системы основной обработки почвы (в конце 1-й и 2-й ротаций) не оказывали влияния на pH (KCL), гумус же, P_2O_5 и K_2O более интенсивно накапливались в верхнем (0–10 см) слое при полной замене вспашки лущением (табл.4). Содержание других макро- и микроэлементов в пахотном слое изменялось вне зависимости от систем обработки почвы – в конце 2-й ротации: магния 20–22 мг на 100 г почвы, кальция 1500–1700, серы 7–9, цинка 4–7, меди 1,0–1,2 и бора 0,9–1,1 мг на 1 кг почвы.

Замена вспашки на глубину 20 см лущением тяжелой дисковой бороной и мелкой вспашкой на 10–12 см или в сочетании его с безотвальным рыхлением на 20 см не привела к достоверному снижению суммарной продуктивности севооборота, выраженной в кормовых единицах – в 1-й ротации 48–50, во 2-й – 58–62 ц/га в среднем за один год (основная продукция).

Влияние уровня применения органических и минеральных удобрений в севообороте на плодородие почвы. Исследования проводились в 8-польном севообороте с 25%-ным насыщением сахарной свеклой. Опыт заложен в 1981–1983 гг. в трех последовательно открывавшихся полях. В 1990 г. закончилась первая и продолжается вторая ротация севооборота. Чередование культур во 2-й ротации: занятый пар (горох с овсом на зеленый корм), озимая рожь, сахарная свекла, ячмень с подсевом клевера, клевер, озимая рожь, сахарная свекла, ячмень.

Органические удобрения (подстильный торфонавоз) вносились в двух полях под сахарную свеклу в дозах: 0, 40, 60, 80, 100, 120 т/га (0, 10, 15, 20, 25, 30 т/га севооборотной площади за один год ротации).

Таблица 4. Агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы при различных системах основной ее обработки (фон I – лущение дисковое)

Год исследования	Слой почвы, см	Варианты систем основной обработки почвы в севообороте					
		1	2	3	4	5	6
pH (KC1)							
1974-1976	0-20	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
1983-1985	0-20	6,1	6,3	6,2	6,3	6,2	6,3
1992-1994	0-10	6,7	6,7	6,6	6,6	6,7	6,7
	10-20	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Содержание гумуса, %							
1983-1985	0-20	2,5	2,6	2,6	2,3	2,6	2,6
1992-1994	0-10	3,4	3,8	3,7	3,6	3,9	3,7
	10-20	3,4	3,9	3,6	3,6	3,4	3,6
P_2O_5 , мг на 100 г почвы							
1974-1976	0-20	17,7	15,0	16,4	15,6	15,6	16,5
1983-1985	0-20	21,4	23,4	23,5	23,3	23,5	23,2
1992-1994	0-10	27,5	27,4	28,4	27,9	32,2	30,2
	10-20	26,7	27,1	28,6	28,0	25,8	27,2
K_2O , мг на 100 г почвы							
1974-1976	0-20	12,1	12,2	12,2	10,7	12,2	12,9
1983-1985	0-20	19,8	20,0	22,2	21,4	21,4	22,5
1992-1994	0-10	28,9	33,6	36,2	34,4	33,5	35,6
	10-20	30,4	27,7	27,9	25,5	28,8	33,5

Каждая делянка с указанной выше дозой навоза разбита на три фона: I – только Р45К45 под горох с овсом и клевер, II – НРК близкое к оптимуму под все культуры и III – НРК повышенное – 11,195 и 360 кг/га д.в. за один год ротации соответственно. Известкование проводилось общим фоном два раза в севообороте (под озимые) из расчета по полной гидролитической кислотности. Повторность вариантов опыта 4-х кратная. Площадь делянки (посевной) 62,6–60 м. кв. Почва дерново-среднеподзолистая пылеватая связная супесь, подстилаемая с глубины 80 см связным песком, переходящим с глубины 190 см в песок рыхлый. Агрохимическая характеристика 0–20 см слоя в период закладки опыта: рН (сол.) 6,0, содержание гумуса 2,6%, P₂O₅ – 25 и K₂O – 15 мг на 100 г почвы. По истечении 1-й ротации рН (KCL) увеличилось до 6,6 и установилось четко выраженное повышение содержания гумуса, фосфора и калия по мере увеличения количества внесенных навоза и минеральных удобрений (табл.5). Выход основной продукции в кормовых единицах на один гектар при минимальной и максимальной дозах навоза по фонам варьировал в пределах: I – 63,6–68,0 ц/га, II – 70,3–73,6 и III – 67,1–69,3 ц/га.

Оптимальные или близкие к ним нормы удобрений, позволяющие поддерживать высокое плодородие почвы и получать с гектара не менее 35–40 ц зерновых и 400 ц

сахарной свеклы, --60–80 т/га подстилочного навоза N120-90P90K150 под свеклу и N60-90P45K60 под зерновые.

Выводы

Многолетними исследованиями в стационарных полевых опытах на дерново-подзолистой почве центральной зоны Республики Беларусь установлено:

– в полевом севообороте с 20%-ным насыщением сахарной свеклой проведение известкования из расчета по полной гидролитической кислотности в двух полях, внесение на гектар севооборотной площади в среднем за год 12–18 т подстилочного навоза и 231–346 кг д.в. НРК гарантируют повышение и поддержание плодородия почвы на оптимальном уровне и получение до 90 ц/га к.ед. основной и побочной продукции;

– наиболее рациональная комбинированная система основной обработки почвы в севообороте (вспашка на глубину 20–22 см под пропашные и поверхностная под другие культуры) не вызывает снижения плодородия пахотного горизонта почвы и продуктивности полевых культур севооборота;

– внесение на гектар под сахарную свеклу 60–80 т подстилочного навоза N120-90P90K150 и зерновые N60-90P45K60 позволяет сохранять высокое плодородие почвы и стабильно получать с гектара не менее 35–40 ц зерна и 400 ц корнеплодов сахарной свеклы.

Таблица 5. Изменение агрохимических свойств почвы, продуктивности культур и севооборота в зависимости от уровня применения удобрений в нем (1-я ротация)

Варианты опыта	Удобрения на 1 га севооборотной площади в среднем за год					Урожайность, ц/га			Выход к.ед. за один год ротации (осн. продукция), ц/га	Агрохимические свойства 0-20 см слоя почвы (ср. за 1988-1990 гг.)			
	навоз, т	НРК, кг д.в.				оз. пшеница	сахарная свекла	ячмень		рН в КС1	Содержание		
		всего	из них								гумуса, %	P ₂ O ₅ , мг на 100 г почвы	K ₂ O
ФОН I													
1	-	22	-	11	11	32,0	340	24,0	59,0	6,6	2,6	21	11
2	10	"	-	"	"	33,0	384	26,6	63,6	6,6	2,8	22	12
3	15	"	-	"	"	33,9	400	28,2	65,5	6,6	2,7	20	14
4	20	"	-	"	"	33,5	415	29,0	66,6	6,7	3,0	22	15
5	25	"	-	"	"	33,4	401	29,1	65,7	6,6	3,2	25	17
6	30	"	-	"	"	34,3	420	30,5	68,0	6,6	2,9	25	20
ФОН II													
1	-	195	60	56	79	35,2	402	38,7	67,9	6,6	2,6	26	14
2	10	"	"	"	"	36,4	420	40,2	70,3	6,6	2,8	28	19
3	15	"	"	"	"	36,5	427	41,7	71,3	6,6	2,8	27	20
4	20	"	"	"	"	36,4	446	42,9	72,9	6,6	3,0	26	19
5	25	"	"	"	"	35,6	434	42,4	71,8	6,5	3,1	27	22
6	30	"	"	"	"	36,2	454	42,8	73,6	6,6	3,1	26	24
ФОН III													
1	-	360	113	101	146	32,4	419	41,2	65,2	6,5	2,7	29	25
2	10	"	"	"	"	33,4	432	41,8	67,1	6,6	2,9	28	24
3	15	"	"	"	"	33,7	438	42,2	68,2	6,5	2,8	28	28
4	20	"	"	"	"	33,7	458	42,2	69,6	6,6	2,9	27	26
5	25	"	"	"	"	34,6	448	40,3	68,4	6,6	2,9	30	26
6	30	"	"	"	"	34,4	458	41,2	69,3	6,6	3,0	31	27
НСР 095						5,0	20	5,0					