

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И ПЕСТИЦИДОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЛОДОСМЕННОГО СЕВООБОРОТА И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

И.Н. БЕЛОУС, доктор с.-х наук, e-mail: belous-nm@mail.ru

Г.П. МАЛЯВКО, доктор с.-х наук, e-mail: gpmalyavko@yandex.ru

В.Ф. ШАПОВАЛОВ, доктор с.-х наук, e-mail: bishutina@rambler.ru

Е.В. ПРОСЯННИКОВ, доктор с.-х наук, e-mail: gpmalyavko@yandex.ru

С.М. СЫЧЕВ, доктор с.-х наук, e-mail: sichev_65@mail.ru

Л.П. ХАРКЕВИЧ, доктор с.-х наук, e-mail: malyavkogr@bgsha.com

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В полевом опыте дана оценка влияния систем удобрения различной степени насыщенности в сочетании с пестицидами на продуктивность плодосменного севооборота (пять ротаций 1993-2012 гг.) и агрохимические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы Новозыбковской ГСОС ВНИИА. Установлено, что применение 40 т/га навоза + N₂₀₀P₁₀₀K₂₄₀ в комплексе с пестицидами способствует повышению продуктивности плодосменного севооборота в среднем за ротацию на 2,05 т/га з.е. относительно контроля (без удобрений).

Применение минеральной системы удобрения в комплексе с пестицидами обеспечило увеличение продуктивности севооборота на 1,34-2,21 т/га з.е., при максимальном показателе 3,66 т/га з.е. на фоне N₆₀₀P₃₀₀K₇₂₀ + пестициды. На контрольном варианте за 20 лет зафиксировано снижение содержания в пахотном слое почвы органического вещества на 0,23%, подвижных фосфатов на 32,9%, обменного калия на 42,3%, суммы обменных оснований на 37,0%, возросла гидролитическая кислотность почвы на 12,9%. Внесение подстилочного навоза 400 т/га обеспечило увеличение содержания органического вещества с 2,09 до 2,13%, 200 т/га навоза + N₁₀₀₀P₅₀₀K₁₂₀₀ с 2,06 до 2,11% или на 0,05%, N₂₀₀₀P₁₅₀₀K₃₆₀₀ с 2,23 до 2,30 или 0,07%.

В результате вертикальной миграции за пять ротаций плодосменного севооборота содержание ¹³⁷Cs на контрольном варианте в пахотном слое (0-20 см) уменьшилось на 1,5%, в варианте навоз 200 т/га + N₁₀₀₀P₅₀₀K₁₂₀₀ – на 5,5% и возросло в слое почвы 20-60 см на 0,7%, в варианте N₂₀₀₀P₁₀₀₀K₂₄₀₀ его содержание в пахотном слое уменьшилось на 2,5% и увеличилось в слое почвы 20-60 см на 0,7%, в варианте N₃₀₀₀P₁₅₀₀K₃₆₀₀ в пахотном слое снизилось на 14,8% и возросло в слое 20-60 см на 9,8%.

Ключевые слова: удобрения, севооборот, продуктивность, плодородие, почва.

Для цитирования: Белоус И.Н., Малявко Г.П., Шаповалов В.Ф., Просянников Е.В., Сычев С.М., Харкевич Л.П. Влияние систем удобрений и пестицидов на продуктивность плодосменного севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 4(44):187-195. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-187-195

INFLUENCE OF FERTILIZER AND PESTICIDE SYSTEMS ON THE PRODUCTIVITY OF GRAIN-GRASS-TILLED CROP ROTATION AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SODDY-PODZOLIC SANDY SOIL

I.N. Belous, G.P. Malyavko, V.F. Shapovalov, E.V. Prosyannikov, S.M. Sichev, L.P. Kharkevich

FSBEI HE «BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: *In the field experiment, the influence of fertilizer systems of various degrees of saturation in combination with pesticides on the productivity of the fruit-shifting crop rotation (five rotations 1993-2012) and agrochemical properties of the sod-podzolic sandy soil of the Novozybkovskaya GSOS VNIIA was assessed. It was found that the use of 40 t/ha of manure + N₂₀₀P₁₀₀K₂₄₀ in combination with pesticides contributes to an increase in the productivity of the crop rotation on average per rotation by 2.05 t/ha of grain relative to control (without fertilizers). The use of a mineral fertilizer system in combination with pesticides provided an increase in crop rotation productivity by 1.34-2.21 t/ha of grain, with a maximum value of 3.66 t/ha of grain against the background of N₆₀₀P₄₀₀K₇₂₀ + pesticides. In the control variant, over 20 years, a decrease in the content of organic matter in the arable soil layer was recorded by 0.23%, mobile phosphates by 32.9%, exchangeable potassium by 42.3%, the amount of exchangeable bases by 37.0%, the hydrolytic acidity of the soil increased by 12.3%. The introduction of litter manure of 400 t/ha provided an increase in the organic matter content from 2.09 to 2.13%, 200 t/ha of manure + N₁₀₀₀P₅₀₀K₁₂₀₀ from 2.06 to 2.11% or by 0.05%, N₂₀₀₀P₁₅₀₀K₃₆₀₀ from 2.23 to 2.30 or 0.07%. As a result of vertical migration over five rotations of the fruit-shifting crop rotation, the content of ¹³⁷Cs per the control variant in the arable layer (0-20 cm) decreased by 1.5%, in the variant manure 200 t/ha + N₁₀₀₀P₅₀₀K₁₂₀₀ by 5.5% and increased in the soil layer 20-60 cm by 0.7%, in the variant N₂₀₀₀P₁₀₀₀K₂₄₀₀ its content in the arable layer decreased by 2.5% and increased in the soil layer 20-60 cm by 0.7%, in the N₃₀₀₀P₁₅₀₀K₃₆₀₀ variant, it decreased by 14.8% in the surface layer and increased by 9.8% in the 20-60 cm layer.*

Keywords: fertilizers, crop rotation, productivity, fertility, soil.

Решение важнейшей проблемы современного земледелия – повышение продуктивности агрофитоценозов, напрямую связано с дилеммой сохранения и воспроизводства уровня плодородия почв, на основе снижения расходов материальных средств и затрат энергии на производство растениеводческой продукции [1,2]. Сокращение в последние два десятилетия объемов применения органических, минеральных удобрений, химических мелиорантов привело к резкому снижению уровня содержания органического вещества, других элементов питания, ухудшению физико-химических свойств почвы и уменьшению продуктивности возделываемых культур [3].

Ряд исследователей связывает положительное влияние минеральных удобрений на продуктивность культур с их влиянием на изменение уровня плодородия почвы [4]. Систематическое 35-летнее применение минеральных удобрений в пятипольном севообороте способствовало повышению содержания гумуса в пахотном горизонте на 0,48-0,56%. С повышением ежегодных доз органических и минеральных удобрений отмечено увеличение накопления углерода органического вещества, а также улучшения других агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы легкого гранулометрического состава [5, 6].

Почва служит объектом, в котором активно проявляются все процессы, связанные с трансформацией радионуклидов, именно в почве начинается основное их движение в имеющем место круговороте веществ [7-9]. Эти процессы требуют долговременного изучения миграций основного радионуклида – ¹³⁷Cs и его встраивание в общий биогеохимический цикл с последующим влиянием на качество растениеводческой продукции.

В связи с этим проведение полевых исследований на дерново-подзолистой песчаной почве, в условиях умеренного климата с периодическими засухами даёт возможность получить в достаточной степени исчерпывающую информацию о влиянии совместного применения удобрений и химических средств защиты растений на изменение основных показателей почвенного плодородия и продуктивность культур севооборота.

Цель исследований – оценка комплексного влияния удобрений и средств защиты растений на продуктивность плодосменного севооборота и агрохимические показатели почвы в условиях радиоактивного загрязнения.

Методика

Полевые исследования проведены на опытном поле Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии. Почва – дерново-подзолистая, песчаная. Содержание органического вещества (по Тюрину) 1,9-2,3%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) 350-372 и 71-106 мг/кг соответственно, pH_{KCl} – 6,9-7,0; Нг – 0,51-0,56 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощённых оснований 10,0-16,4 мг-экв/100 г почвы. Плотность загрязнения ^{137}Cs 526-666 кБк/м². Делянки в опыте размещены в 4-х кратной повторности, общая площадь делянки – 90 м², учетная – 70 м². Учет урожая сплошной, поделяночно.

Подстилочный навоз крупного рогатого скота с влажностью в среднем 77,2%, содержанием азота – 0,53%, фосфора – 0,25%, калия – 0,57% вносили под картофель (80 т/га). Минеральное удобрение в форме аммиачной селитры (34,4%N), двойного гранулированного суперфосфата (48% P₂O₅) и калия хлористого (56% K₂O) вносили в предпосевную подготовку почвы под картофель, овес и люпин на зеленый корм. Под озимую рожь всю дозу фосфорного удобрения вносили в предпосевную обработку почвы осенью. Азотные и калийные удобрения применяли дробно: N₇₀K₆₀ (N₃₀K₃₀ до посева + N₄₀K₃₀ в весеннее возобновление вегетации); N₁₄₀K₁₂₀ (N₃₀K₃₀ до посева + N₉₀K₉₀ в весеннее возобновление вегетации + N₄₀ в фазу выхода в трубку); N₂₁₀K₁₈₀ (N₃₀K₃₀ до посева + N₇₀K₁₅₀ в весеннее возобновление вегетации + N₉₀ в фазу выхода в трубку).

При возделывании сельскохозяйственных культур севооборота применяли следующие пестициды: на картофеле – зенкор 50% с.п. – 0,7 кг/га, ридомил 75% с.п. – 2,5 кг/га, карате 50% к.э. – 0,15 л/га; на овсе – диален 50% в.р. – 1,6 л/га, байлетон 25% с.п. – 0,6 кг/га, вофатокс 18% с.п. – 1,0 кг/га; на люпине – прометрин – 3,5 кг/га, вофатокс 18% с.п. – 1,0 кг/га; на озимой ржи фундазол 50% с.п., бейноран - 0,6 кг/га; кампозан М 4,0 л/га; байлетон 25% с.п. – 0,6 кг/га; вофатокс – 18% с.п. – 1,0 кг/га.

Лабораторно-аналитические исследования проводили в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ по общепринятым методикам. Содержание ^{137}Cs определяли на измерительном комплексе УСК «Гамма +» с программным обеспечением «Прогресс – 2000» в геометрии Маринелли.

Объект исследований – агроценоз в плодосменном севообороте (картофель – овес – люпин на зеленую массу – озимая рожь): агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность растений.

Результаты исследований

Анализ погодных условий за годы проведения исследований свидетельствует, что по сравнению со среднемноголетней (+6,5°C), среднегодовая температура воздуха повысилась в 2003 до +7,5°C, в 2008 – до +8,9°C. Максимальная среднемесячная температура воздуха отмечена в 2010 году в июне + 22,3°C, июле +28,4°C и августе +25,3°C, что значительно превышало среднемноголетнее значение. В период вегетации в среднем выпало осадков – 377,9 мм с колебаниями по годам от 299,4 мм в 2008 году до 462,3 мм – в 2005 году. Дефицит проявился в мае 2003, 2008, 2012, июне 2003, 2008, июле 2012, августе 2004, 2007, 2013 годов. Избыточно увлажненными были – 2005, 2006, 2007, умеренными – 1996, 2011, 2012, оптимальными – 1993, 1994, 1998, 2001, 2004, 2006, засушливыми – 1995, 1999, 2002, 2003, 2005, 2008, 2010 годы. Нами установлено, что изучаемые системы удобрения оказали положительное влияние на продуктивность культур плодосменного севооборота (табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовая продуктивность севооборота, т/га (зерновые единицы)

Вариант Ротация	Контроль	Навоз 80 т/га	Навоз 40 т/га + N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀	N ₄₀₀ P ₂₀₀ K ₄₈₀	N ₆₀₀ P ₃₀₀ K ₇₂₀	Навоз 40 т/га + N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀ + пестициды	N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀ + пестициды	N ₄₀₀ P ₂₀₀ K ₄₈₀ + пестициды	N ₆₀₀ P ₃₀₀ K ₇₂₀ + пестициды
I, 1993-1996	1,83	2,18	3,01	2,68	3,37	3,22	3,66	3,16	3,98	3,87
II, 1997-2000	1,50	2,13	2,78	2,36	2,89	2,96	3,34	2,55	3,40	3,48
III, 2001-2004	1,35	2,00	2,43	2,30	2,68	2,45	3,22	2,31	3,04	3,10
IV, 2005-2008	1,31	1,80	2,71	2,36	2,87	3,09	3,33	2,64	3,23	3,69
V, 2009-2012	1,28	2,42	3,25	2,92	3,44	3,81	3,93	3,27	2,35	4,15
Среднее	1,45	2,11	2,84	2,52	3,05	3,11	3,50	2,79	3,20	3,66

Под действием удобрений продуктивность 1 га севооборотной площади в среднем за пять ротаций (1993-2012 гг.) в зависимости от применяемой системы удобрения изменялась от 1,45 до 3,66 т/га (зерновых единиц) или в 2,52 раза относительно контроля. Необходимо отметить, что в севообороте на контрольном варианте (без удобрений) отмечено снижение продуктивности, что является следствием уменьшения уровня плодородия почвы с течением времени. Применение 80 т/га подстильного навоза повышало продуктивность плодосменного севооборота на 0,66 т/га зерновых единиц относительно контроля или на 145,5%. Органоминеральная система удобрений (навоз 40 т/га + N₂₀₀P₁₀₀K₂₄₀) увеличивала продуктивность севооборота относительно контроля на 1,39 т/га з.е. (195,9%), а к органической системе удобрения рост продуктивности в среднем достиг уровня 134,6%. Увеличение продуктивности севооборота отмечено за счет сочетания взаимодействия органического и минерального удобрения. Применение минеральной системы с последовательно возрастающими дозами NPK обеспечило повышение продуктивности севооборота относительно контроля на 173,8-214,5%. Применение органоминеральной системы в сочетании с пестицидами способствовало повышению продуктивности севооборота по отношению к контролю на 2,05 т/га зерновых единиц, при величине прибавки от средств защиты растений – 0,66 т/га зерновых единиц.

Последовательно возрастающие дозы минерального удобрения в комплексе с пестицидами повышали продуктивность севооборота по сравнению с контролем в среднем на 1,34-2,21 т/га зерновых единиц. Максимальная продуктивность севооборота 3,66 т/га зерновых единиц отмечена по минеральной системе удобрения с повышенной дозой N₆₀₀P₃₀₀K₇₂₀ в комплексе с пестицидами.

За пять ротаций плодосменного севооборота продуктивность практически одного уровня обеспечило применение органоминеральной (навоз 40 т/га + N₂₀₀P₁₀₀K₂₄₀) и минеральной с повышенными дозами системы удобрения N₆₀₀P₃₀₀K₇₂₀ в комплексе со средствами защиты растений 3,50 и 3,66 т/га зерновых единиц соответственно.

Систематическое применение органических, минеральных удобрений и пестицидов оказало влияние на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой песчаной почвы (табл. 2), что соответствует современным данным о поддержании плодородия почв [10, 11].

На контрольном варианте (без удобрения) за 5 ротаций плодосменного севооборота наблюдалось уменьшение содержания органического вещества от 1,91 до 1,68 или на 0,23% (табл. 2). Результаты проведённых опытов подтверждаются данными длительных исследований П. А. Солдатовой и Л. П. Обручниковой [12], где на супесчаной почве за двадцатилетний период содержание органического вещества уменьшилось на 0,19%.

Динамика агрохимических показателей дерново-подзолистой песчаной почвы под влиянием применяемых средств химизации (слой 0-20 см)

Система удобрения за пять ротаций севооборота	С орг., %			pH _{KCl}			Nг			S			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	1993 г.	2008 г.	2012 г.	1993 г.	2008 г.	2012 г.	ммоль-экв. на 100 г. почвы						мг/кг почвы					
							1993 г.	2008 г.	2012 г.	1993 г.	2008 г.	2012 г.	1993 г.	2008 г.	2012 г.	1993 г.	2008 г.	2012 г.
Контроль (без удобрений)	1,91	1,72	1,68	6,90	6,84	6,50	0,54	0,59	0,61	10,0	7,2	6,3	370	285	248	71	47	41
Навоз 400 т/га	2,09	2,11	2,13	6,95	6,57	6,55	0,56	0,53	0,60	12,2	8,2	8,0	369	372	376	78	90	94
Навоз 200 т/га + N ₁₀₀₀ P ₅₀₀ K ₁₂₀₀	2,06	2,08	2,11	6,95	6,57	6,53	0,51	0,53	0,55	10,8	6,3	5,5	359	393	398	76	101	108
N ₁₀₀₀ P ₅₀₀ K ₁₂₀₀	2,20	1,95	1,98	7,01	6,47	6,43	0,54	0,59	0,60	16,4	6,3	5,6	350	363	371	80	98	102
N ₂₀₀₀ P ₁₀₀₀ K ₂₄₀₀	2,20	2,17	2,19	7,05	6,77	6,55	0,54	0,63	0,65	15,8	9,9	9,4	358	370	388	93	113	117
N ₃₀₀₀ P ₁₅₀₀ K ₃₆₀₀	2,23	2,28	2,30	7,00	6,76	6,70	0,54	0,76	0,78	15,0	9,2	8,8	365	373	391	106	166	171
Навоз 200 т/га + N ₁₀₀₀ P ₅₀₀ K ₁₂₀₀ + пестициды	2,09	2,11	2,13	6,92	6,52	6,54	0,52	0,53	0,56	10,6	7,4	6,6	372	380	396	76	106	110
N ₁₀₀₀ P ₅₀₀ K ₁₂₀₀ + пестициды	2,21	2,23	2,26	6,95	6,58	6,53	0,55	0,59	0,62	12,4	8,2	8,0	372	382	396	79	102	106
N ₂₀₀₀ P ₁₀₀₀ K ₂₄₀₀ + пестициды	2,38	2,37	2,39	7,05	6,78	6,53	0,55	0,58	0,61	16,2	10,8	9,6	370	380	386	86	116	119
N ₃₀₀₀ P ₁₅₀₀ K ₃₆₀₀ + пестициды	2,28	2,32	2,36	7,00	6,80	6,70	0,54	0,56	0,60	16,0	8,2	8,0	366	382	386	88	168	172

Отмечено уменьшение содержания подвижного фосфора с 370 до 248 мг/кг почвы или на 32,9% и обменного калия с 71 до 41 мг/кг или на 42,3%, суммы поглощенных оснований от 10,0 до 6,3 ммоль-экв на 100 г почвы или на 37%, возросла гидролитическая кислотность с 0,54 до 0,61 ммоль-экв на 100 г. почвы (12,9%). Следовательно, ведение сельскохозяйственного производства на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава без систематического внесения удобрений (органических и минеральных) приводит к деградации почвенного плодородия в относительно короткий временной период.

Внесение 400 т/га подстилочного навоза и 200 т/га подстилочного навоза в сочетании с минеральными удобрениями $N_{1000}P_{500}K_{1200}$ и пестицидами за пять ротаций севооборота не только обеспечило сохранение содержания органического вещества на исходном уровне, но и имело тенденцию к его повышению с 2,09 до 2,13%. Применение подстилочного навоза КРС 200 т/га и минерального удобрения $N_{1000}P_{500}K_{1200}$ за пять ротаций плодосменного севооборота способствовало повышению содержания органического вещества в почве с 2,06 до 2,11%, минерального удобрения $N_{3000}P_{1500}K_{3600}$ с 2,23 до 2,30% или на 0,07%. Повышение содержания органического вещества в почве, по-видимому, связано с высокой урожайностью культур плодосменного севооборота по варианту тройных доз НРК и поступлением значительного количества органического вещества с корневыми и пожнивными остатками в почву.

Применение минеральных удобрений в дозе $N_{1000}P_{500}K_{1200}$ и $N_{2000}P_{1000}K_{2400}$ не способствует поддержанию органического вещества в почве на исходном уровне, на этих вариантах отмечалось его снижение с 2,20 до 1,98, с 2,20 до 2,19 соответственно (-0,22; -0,01%).

Под влиянием органического удобрения (подстилочного навоза КРС) снижалась сумма поглощённых оснований с 12,2 до 8,0 ммоль – экв. на 100 г. почвы, а по органо-минеральной системе удобрения – от 10,8 до 5,5 ммоль – экв на 100 г. почвы. Аналогичная тенденция наблюдается и по минеральной системе удобрения.

Величина обменной кислотности pH_{KCL} на контроле за 5 ротаций севооборота увеличилась с 6,90 до 6,50. Органические, органоминеральные и минеральные удобрения способствовали увеличению обменной кислотности почвы.

Внесение подстилочного навоза КРС в дозе 400 т/га за пять ротаций севооборота привело к повышению содержания подвижного фосфора с 369 до 376 мг/кг почвы и обменного калия с 78 до 94 мг/кг почвы.

Органоминеральная система удобрения способствовала повышению содержания подвижного фосфора с 359 до 398 мг/кг и обменного калия с 76 до 108 мг/кг в почве. По минеральной системе удобрения с применением низких, средних и повышенных доз НРК отмечалось повышение содержания в почве подвижного фосфора соответственно с 350 до 371, с 358 до 388 и 365 до 391 мг/кг почвы.

Изучаемые системы минеральных удобрений различной степени насыщенности в сравнении с исходным содержанием повышали содержание обменного калия в почве при внесении низких доз от 80 до 102 мг/кг, средних от 93 до 117, повышенных от 106 до 171 мг/кг, при оптимальном содержании обменного калия в почве от применения полного минерального удобрения за ротацию севооборота в дозе $N_{600}P_{300}K_{720}$.

По истечению пятой ротации плодосменного севооборота в результате протекающего процесса миграции ^{137}Cs по почвенному профилю 0-60 см установлено, что на контрольном варианте в слое почвы (0-20 см) содержание ^{137}Cs относительно первой ротации севооборота понизилось на 1,5%, при этом отмечено увеличение его концентрации в нижележащих слоях почвенного профиля. Так, под пахотным слоем почвы 20-30 см содержание ^{137}Cs возросло на 1,3%, в слое почвы 30-40 см на 0,12%, в слое почвы 40-50 на 0,05, а в слое почвы 50-60 см его содержание возросло на 0,03% (рис.).

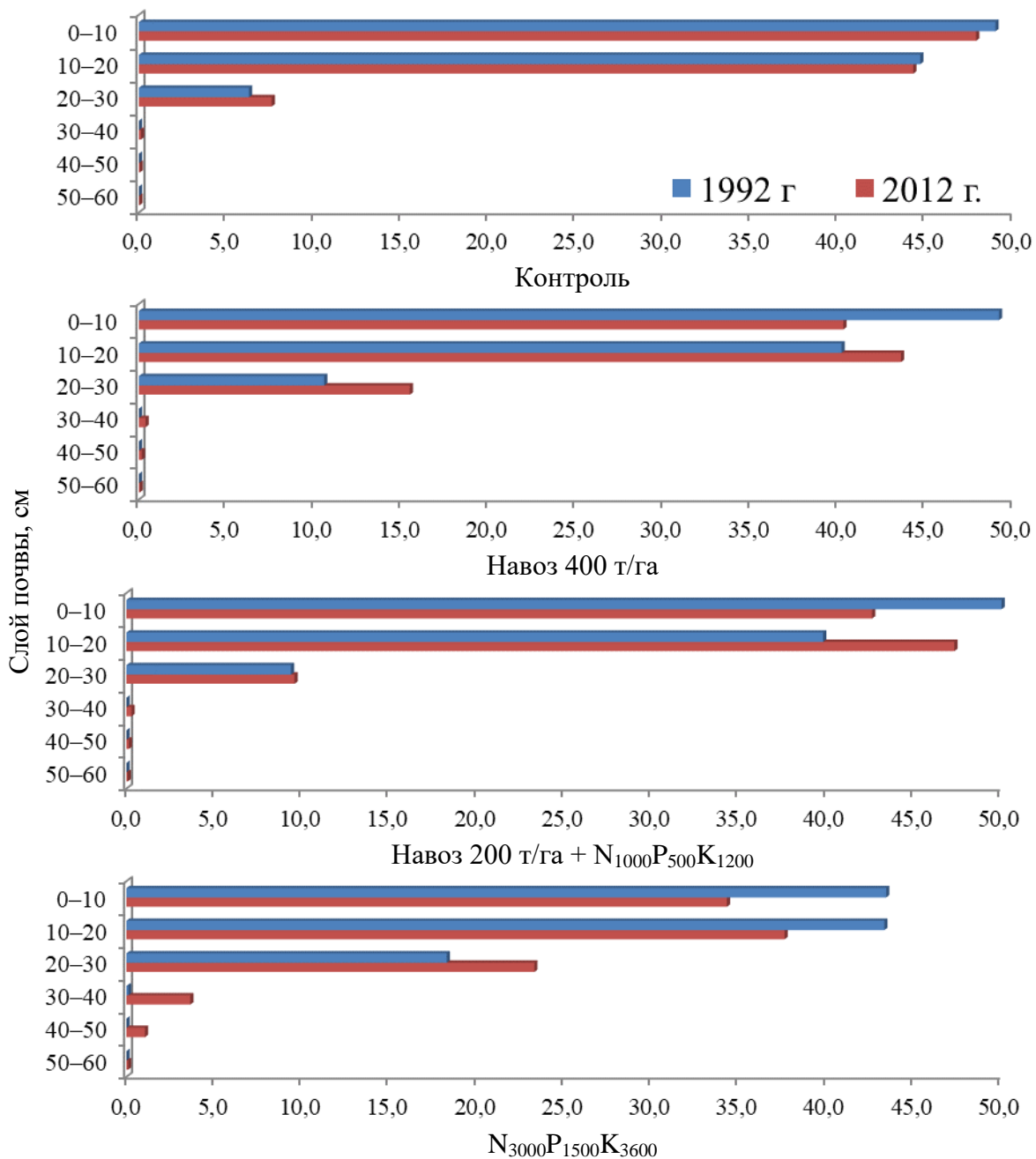


Рис. Распределение ¹³⁷Cs по слоям почвы под влиянием удобрений*, %, * – внесено удобрения за пять ротаций севооборота

Применение органоминерального и минерального удобрения в средних и повышенных дозах также способствовало перемещению ¹³⁷Cs по почвенному профилю. По органоминеральной системе удобрения к концу пятой ротации севооборота содержание ¹³⁷Cs в слое 0-20 см уменьшилось на 1,2%. Отмечена миграция ¹³⁷Cs вниз по почвенному профилю, где его содержание в слое 20-30 см возросло на 0,9%, в слое 30-40 см на 0,2%, в слоях 40-50 и 50-60 см на 0,08 и 0,02% соответственно.

На варианте с применением средних доз минеральных удобрений миграция ¹³⁷Cs по почвенному профилю осуществлялась более активно. Так, в слое почвы 0-10 см содержание ¹³⁷Cs в сравнении с четвертой ротацией севооборота уменьшилось на 4,6%, в слое 10-20 см его концентрация повысилась с 45,2 до 47,3% (+2,1%). Отмечено увеличение концентрации ¹³⁷Cs в слое почвы 20-30 см на 2,3%, в слое 30-40 см на 0,12%, в слоях 40-50 и 50-60 см на 0,06 и 0,02% соответственно. Процесс миграции ¹³⁷Cs на варианте с применением высоких

доз минеральных удобрений за ротацию севооборота протекал более интенсивно. Концентрация ^{137}Cs на этом варианте в пахотном горизонте почвы 0-10 см уменьшилась относительно предыдущей ротации севооборота от 39,0 до 34,3% (-4,7%), а в слое 10-20 см его содержание увеличилось на 1,1%, повысилась концентрация ^{137}Cs также в слое почвы 20-30 см на 0,9%. Отмечена миграционная активность ^{137}Cs в слое 30-60 см. Установлено увеличение содержания ^{137}Cs в слое 30-40 см на 0,68%, в слое 40-50 см – на 0,97%, при этом в слое почвы 50-60 см его содержание возросло на 0,05%.

Заключение

Наибольшую продуктивность плодосменного севооборота 3,66 т/га з.е. в среднем за 20 лет обеспечила минеральная система удобрения ($\text{N}_{600}\text{P}_{400}\text{K}_{720}$) в комплексе с пестицидами. Возрастающая урожайность культур плодосменного севооборота по варианту тройных доз НРК способствует поступлению значительного количества органического вещества с корневыми и пожнивными остатками в почву, что косвенно поддерживает микробиотический компонент и стабильность почвенного плодородия.

Внесение навоза 40 т/га + $\text{N}_{200}\text{P}_{100}\text{K}_{240}$ или минеральной системы удобрения $\text{N}_{400}\text{P}_{200}\text{K}_{480}$ в комплексе со средствами защиты растений на дерново-подзолистой песчаной почве приводит к увеличению содержания органического вещества, подвижных форм калия и фосфора, которые обеспечивают сбалансированность почвенного поглощающего комплекса и устойчивость гомеостатического равновесия.

Применение удобрения увеличивает подвижность ^{137}Cs и способствует более интенсивной миграции в глубокие слои почв, а также его «консервации».

Литература

1. Просянкин Е.В., Малякко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // *Агрохимический вестник*. – 2021. – № 6. – С. 45-49.
2. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. 10.24411/2309-348X-2020-11198
3. Волынкина О.В., Копылов, А.Н., Кириллова Е.В. Влияние агрохимических свойств почвы и удобрений на урожайность культур в зернопропашном севообороте // *Агрохимический вестник*. – 2020. – № 5. – С. 17-22.
4. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. Влияние систем удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность культур, продуктивность севооборотов с разным насыщением бобовыми и плодородие дерново-подзолистой почвы в Центральном Нечерноземье // *Агрохимический вестник*. – 2021. – № 2. – С. 15-23.
5. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. Роль пожнивно-корневых остатков в восстановлении плодородия почв // *Плодородие*. – 2020. – № 4. – С. 10-12.
6. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Влияние основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2021. – № 4 (40). – С. 53-58.
7. Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистем. – М.: Наука, – 2021. – 237 с.
8. Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К. и др. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России // *Почвоведение*. – 2020. – № 12. – С. 1521-1536.
9. Белоус Н.М., Воробьева Л.А., Белоус И.Н. Оптимальные параметры плодородия почвы для производства нормативно чистой сельскохозяйственной продукции на территории, загрязненной радионуклидами: Монография. Брянск, – 2012. – 92 с.

10. Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М., Малявко Г.П. и др. Эффективность применения средств химизации при возделывании овса на радиоактивно загрязненной почве в отдаленный период после аварии на ЧАЭС // Вестник Брянской ГСХА. – 2020. – № 6 (82). – С. 16-25.
11. Шаповалов В.Ф., Малявко Г.П., Силаев А.Л., Дзудзило А.Н. Агрonomическая и экономическая эффективность защитных мероприятий при реабилитации естественных кормовых угодий // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 5. – С. 25-38.
12. Солдатов П.А., Обручникова Л.П. Влияние систем удобрений на показатели плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивность севооборота // Бюллетень ВИУА. – 2001. – № 114. – С. 161-162.

References

1. Prosyannikov E.V., Malyavko G.P., Mameev V.V. The current state of natural resources of plant growing in the Bryansk region. *Agrochemical Bulletin*, 2021, no.6, pp. 45-49. (In Russian)
2. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Grydunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Development of the production of legumes and cereals in Russia based on the use of breeding achievements. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 4 (36), pp. 5-17. (In Russian)
3. Volynkina O.V., Kopylov, A.N., Kirillova E.V. Influence of agrochemical properties of soil and fertilizers on crop yield in grain-tillage crop rotation. *Agrochemical Bulletin*, 2020, no. 5, pp. 17-22. (In Russian)
4. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O. Influence of fertilizer systems and methods of basic tillage on crop yields, productivity of crop rotations with different saturation of legumes and fertility of sod-podzolic soil in the Central Non-Chernozem region. *Agrochemical Bulletin*, 2021, no. 2, pp. 15-23. (In Russian)
5. Turusov V.I., Rich O.A., Dronova N.V., Balyunova E.A. The role of crop-root residues in restoring soil fertility. *Plodorodie*, 2020, no. 4, pp. 10-12. (In Russian)
6. Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. The influence of basic tillage, fertilizers and plant protection products on the productivity of winter wheat. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 4 (40), pp. 53-58. (In Russian)
7. Nikitishen V.I. Soil fertility and stability of functioning of agricultural systems. Moscow, Nauka Publ., 2021, 237 p. (In Russian)
8. Sychev V.G., Naliukhin A.N., Shevtsova L.K., etc. The influence of fertilizer systems on the content of soil organic carbon and crop yields: the results of long-term field experiments of the geographical network of Russia. *Soil management*. 2020, no. 12, pp. 1521-1536. (In Russian)
9. Belous N.M., Vorobyova L.A., Belous I.N. Optimal parameters of soil fertility for the production of normatively clean agricultural products in the territory contaminated with radionuclides: Monograph. Bryansk, 2012, 92 p. (In Russian)
10. Shapovalov V.F., Belous N.M., Malyavko G.P. etc. The effectiveness of the use of chemicals in the cultivation of oats on radioactively contaminated soil in the long-term period after the Chernobyl accident *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2020, no. 6 (82), pp. 16-25. (In Russian)
11. Shapovalov V.F., Malyavko G.P., Silaev A.L., Dzudzilo A.N. Agronomic and economic efficiency of protective measures in the rehabilitation of natural forage lands. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2014, no. 5, pp. 25-38.
12. Soldatov P.A., Obrozhnikova L.P. The influence of fertilizer systems on the fertility of sod-podzolic light loamy soil and crop rotation productivity. *Bull. VIUA*. 2001, no. 114, pp. 161-162. (In Russian)